

1048

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVAȚĂMINTULUI

Conf. dr. ing. CORNELIU BOB

Conf. dr. ing. PARASCHIVA VELICA

# MATERIALE DE CONSTRUCȚII

MINISTERUL ÎNVAȚĂMINTULUI  
ȘI AL ȘCOLII  
DEPARTAMENTUL DE  
BIBLIOTECA ȘI  
TEHNICĂ  
INVENTAR NR. 1288



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ  
BUCUREȘTI

5/2

II-616

P R E F A Ț A

Cursul „Materiale de construcții“ — elaborat de conf. dr. ing. Corneliu BOB și conf. dr. ing. Paraschiva VELICA — se adresează studenților secțiilor de ingineri de la facultățile de construcții, el putând fi util și studenților subingineri cum și inginerilor din cercetare, proiectare și execuție. Acest curs constituie una din primele discipline de profil cu care studentul ia contact în facultățile de construcții, bagajul de cunoștințe primit — preluat și în multe situații prelucrat în cadrul celorlalte discipline de specialitate — prezentând o pondere însemnată în formarea inginerescă a viitorului specialist.

Pentru înțelegerea deplină a cunoștințelor legate de producerea, proprietățile și punerea în operă a diferitelor materiale de construcții, studentul — viitor inginer — trebuie să posede cunoștințe bine fundamentate de chimie, fizică, mecanică teoretică, mecanică tehnică și geologie. În acest scop, după capitolul introductiv, următoarele trei capitole cuprind noțiuni de bază de chimie fizică generală, aspecte esențiale privind proprietățile fizico-mecanice ale materialelor și modul de determinare a acestor proprietăți, cum și noțiuni generale de petrografie și pietre naturale pentru construcții.

Capitolele 5, 6, 7, 8, 9 și 10 sînt consacrate materialelor organice de construcții : lianții minerali, mortarele, betoanele, ceramicele și metalele ; sînt prezentate în mod sistematic materiile prime, principalele etape ale proceselor tehnologice de fabricare, caracteristicile fizico-mecanice și chimice ale materialelor, tipurile de produse și domeniile lor de folosire. Este demnă de remarcat contribuția autorilor la introducerea unor paragrafe noi și la dezvoltarea altora — comparativ cu alte lucrări similare — privind materialele cu o pondere de folosire tot mai mare în ultimul timp. Amintim astfel : utilizarea cimenturilor în construcții cu indicarea precisă a domeniilor de folosire a diferi-

Referent științific : prof. dr. ing. Vasile Moldovan

Redactor : ing. Virginia Rusu  
Tehnoredactor : Ilinca Prosan  
Coperta : Victor Wegeman

or tipuri de cimenturi fabricate în R.S.R.; betoanele speciale  
betoanele ușoare, blocuri ceramice pentru zidării și corpuri  
ceramice pentru planșee și acoperișuri, produse noi din sticlă,  
ofele metalice formate la rece și altele.

În următoarele trei capitole sînt tratate materialele de natură  
ganică (lemnul, materialele bituminoase și materialele din po-  
neri), care în prezent sînt larg utilizate ca materiale de con-  
ucții. Se insistă asupra produselor moderne din lemn și asupra  
sibilităților de utilizare a produselor de polimeri în locul ma-  
rialelor clasice.

Ultimul capitol se referă la materialele de izolație, protecție  
finisaj, acestea fiind abordate în context cu cunoștințele pe  
re trebuie să le aibă un viitor inginer constructor.

Cursul de față, scris de un inginer constructor și un inginer  
imist, pentru studenții constructori, abordează, într-o tratare  
iginală, clară și sistematică, problematica vastă a studiului  
nterialelor de construcții, în concordanță cu cele mai recente  
lizări din domeniul respectiv.

Lucrarea a fost elaborată de autori, după cum urmează:  
conf. dr. ing. Corneliu Bob capitolele 1, 2, 3, 6, 7, 10, 11 și  
rțial capitolul 14, iar conf. dr. ing. Paraschiva Velica cap. 4, 5,  
9, 12, 13 și parțial capitolul 14.

Prof. emerit ing. CONSTANTIN AVRAM  
M.c. al Academiei R.S.R.

șișoara, decembrie 1976

## Capitolul 1 — INTRODUCERE

Prin materiale de construcții se înțelege totalitatea produselor, naturale sau artificiale, folosite la executarea unei construcții, de la fundații pînă la finisaje. Studiul materialelor este indispensabil unui viitor inginer constructor, proiectant sau executant, deoarece cunoașterea numai a caracteristicilor mecanice ale materialelor, efectuarea corectă a calculelor de rezistență și alcătuirea judicioasă a structurilor, cît și pricepera în organizarea executării construcțiilor sînt neîndestulătoare. Durabilitatea materialelor și implicit a construcțiilor este afectată de factori de natură fizică, chimică și biologică din mediul exterior, durata de exploatare a construcțiilor depinzînd de modul în care materialele rezistă la asemenea agenți distructivi. Rezultă că inginerul proiectant trebuie să cunoască condițiile mediului în care se va executa și funcționa lucrarea și să prescrie materialele adecvate, iar împreună cu inginerul executant să cunoască procesul tehnologic de fabricare, caracteristicile tehnice și metodele de încercare ale materialelor, pentru a stabili modul de comportare la punerea în operă și în exploatare a acestora. Pe de altă parte, inginerul trebuie să fie preocupat nu numai de rezistența și durabilitatea edificțiilor pe care le proiectează sau le execută, ci și de realizarea unor construcții estetice și în același timp economice. De aceea, în funcție de condițiile de execuție și exploatare ale unei anumite construcții, este necesar a fi alese materialele cele mai ieftine, dar corespunzătoare din punct de vedere tehnic.

În context cu cele arătate mai sus, obiectul cursului de materiale de construcții este următorul:

- prezentarea succintă a materiilor prime și auxiliare ce stau la baza obținerii materialelor de construcții;
  - descrierea fazelor principale ale proceselor de fabricație cu implicațiile lor asupra proprietăților tehnice ale materialelor;
  - determinarea caracteristicilor fizico-mecanice și chimice, modul în care acestea influențează comportarea materialelor și domeniul lor de folosire;
  - studiul comportării materialelor de construcții la acțiunile distructive fizico-mecanice, chimice și biologice ale mediului exterior, cu îndicarea mijloacelor de protecție;
  - prezentarea domeniilor de folosire a materialelor de construcții.
- Pentru înțelegerea problemelor ce se pun în studiul materialelor, cursul începe cu un capitol de chimie generală în care sînt inserate o serie de



fenomene fizice și chimice, specifice proprietăților materialelor de construcții și continuă cu unul în care sînt prezentate proprietățile generale și metodele de încercare ale materialelor, cu precizarea principiilor și metodologiei de determinare a acestor proprietăți.

Industria materialelor de construcții, ca și celelalte ramuri ale industriei noastre socialiste, s-a dezvoltat într-un ritm necontenit, — înregistrîndu-se în anii 1976—1977 un ritm de peste 19% —, ajungînd astăzi să satisfacă necesitățile vastului program de investiții.

Conferința Națională a Partidului Comunist Român din 7—9 decembrie 1977 a adoptat programul privind măsurile suplimentare de dezvoltare economico-socială a României pînă în anul 1980 și a stabilit orientările generale cu privire la planul cincinal 1981—1985.

În domeniul materialelor de construcții măsurile suplimentare se referă la majorarea producției de prefabricate din beton și a panourilor din material lemnos, la lărgirea utilizării deșeurilor în procesele de industrializare și lemnului, la sporirea și diversificarea producției de prefabricate ușoare pentru extinderea soluțiilor constructive moderne și eficiente. De asemenea, se prevede creșterea productivității muncii, cu un ritm mediu anual de 6,7% față de 5,7% cît era stabilit prin planul cincinal pentru ramura economiei forestiere și materialelor de construcții; în construcții-montaj — a stabilit o creștere a productivității muncii cu 2,1% (9,7% ritm mediu anual față de 9,4% prevăzut inițial în planul cincinal).

În perioada 1981—1985 se va dezvolta producția de ciment, va sporii substanțial producția de elemente prefabricate din beton armat cu un grad ridicat de integrare și echipare, se va extinde industrializarea lucrărilor, va fi majorată și diversificată producția materialelor și elementelor de construcții din mase plastice, a plăcilor de faianță, gresie și ceramică glazurată.

## Capitolul 2

### NOȚIUNI DE CHIMIE GENERALĂ

#### 2.1. LEGĂTURI CHIMICE. STRUCTURA MOLECULELOR

##### 2.1.1. Tipuri de legături chimice

Legăturile chimice se referă la forțele de legare între ei a atomilor, ioniilor, sau moleculelor în diferite substanțe. Sub formă de atomi liberi stabili există numai gazele rare și metalele în stare de vapori; atomii celorlalte elemente se găsesc combinați fie între ei, fie, mai ales, cu atomii altor

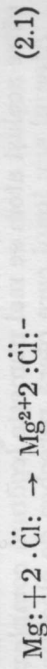
elemente. Majoritatea substanțelor din natură sau cele artificiale sînt combinate în atomi diferiți.

În urma studiilor întreprinse s-a ajuns la concluzia că există trei moduri principale prin care atomii se pot uni între ei, adică trei tipuri de legături chimice:

- legătura ionică sau electrovalența;
- legătura covalentă sau covalența;
- legătura metalică.

În afara acestor trei tipuri fundamentale de legături chimice, există și un alt gen de legături, mai slabe, între *molecule*:  
— legătura van der Waals;- legătura de hidrogen.

**2.1.1.1. Legătura ionică.** Legăturile ionice se stabilesc între atomi cu caracter chimic foarte diferit. În funcție de locul pe care-l ocupă în sistemul periodic al elementelor, unii atomi cedează ușor electronii de pe ultimul strat energetic devenind ioni pozitivi, iar alții acceptă electroni, devenind ioni negativi. Ionii formați se atrag între ei prin forțe electrostatice ce formează o electrovalență sau o legătură ionică. Compușii ionici sînt electric neutri, suma sarcinilor pozitive dintr-o cantitate dată de compoziție fiind egală cu suma sarcinilor negative. De exemplu, clorura de magneziu se formează conform ecuației:



Atomul de magneziu are pe ultimul strat energetic doi electroni (cele două puncte), iar atomul de clor are șapte electroni pe care-i reține foarte energic și manifestă o tendință pronunțată pentru un electron necesar completării stratului energetic exterior. Rezultă că cei doi electroni ai atomului de magneziu trec la cei doi atomi de clor; drept rezultat se formează ionii  $\text{Mg}^{2+}$  și  $2 \text{Cl}^-$ , care datorită semnului contrar al sarcinilor se atrag reciproc și formează  $\text{MgCl}_2$ .

Tendința unui element de a forma legătura ionică se exprimă în chimia modernă prin *electronegativitate*. Caracterul electronegativ al unui element se poate exprima prin energia (*A*) necesară pentru a accepta un electron suplimentar unui atom neutru.

Dacă la acceptarea electronului suplimentar are loc o degajare de energie procesul se desfășoară de la sine, iar atomul este electronegativ.

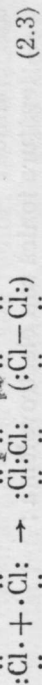
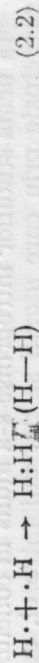
Pe de altă parte, electropozitivitatea unui element este dată de lucrul mecanic (*I*) necesar extragerii unuia sau mai multor electroni din atomul neutru. Măsura electronegativității unui atom se poate considera diferența (*I—A*) sau alte exprimări ale acestor mărimi.

Pentru formarea unei legături prin electrovalență trebuie ca elementele să fie foarte diferite ca electronegativitate.

**2.1.1.2. Legătura covalentă.** Legătura covalentă sau atomică se formează prin punerea în comun a uneia sau mai multor perechi de electroni între atomii care interacționează. Spre deosebire de electrovalență, covalența este o legătură adevărată. Atomii legați covalent ocupă poziții fixe



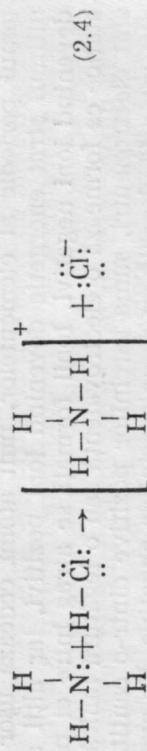
unități față de alții, formînd la un loc o moleculă cu structura definită.  
Exemple de legături covalente, sînt :



În cazul covalenței, prin valență se înțelege o pereche de electroni și se marchează printr-o liniuță.

*Legătura coordinativă* se realizează pe seama unei perechi de electroni care aparține numai unuia din atomii care se combină și care se numesc electroni neparticipanți (nu sînt implicați în legături chimice).

De exemplu, reacția amoniacului cu un acid constă în legarea unui proton, cedat de acid, la electronii neparticipanți ai azotului :



Legătura coordinativă formată prin unirea unilaterală a doi electroni de către același atom se mai numește *legătură complexă* sau *legătură dipolară*.

Atomul sau ionul care oferă perechea de electroni pentru formarea unei legături se numește *donor*, iar cel care primește perechea se numește *acceptor*.

Legătura covalentă se formează, întotdeauna, prin contopirea a doi orbitali atomici, cîte unul de la fiecare atom care se leagă, spre a forma un orbital molecular comun, care aparține, în cazul atomilor identici, în egală măsură ambilor atomi. În figura 2.1, a este prezentată formarea orbitalului  $H_2$  prin contopirea celor doi orbitali atomici ai hidrogenului. Se formează o legătură covalentă care se numește legătură  $\sigma$ .

*Legătura polară* este o legătură covalentă între doi atomi diferiți, în care perechea de electroni de legătură nu este situată simetric în raport

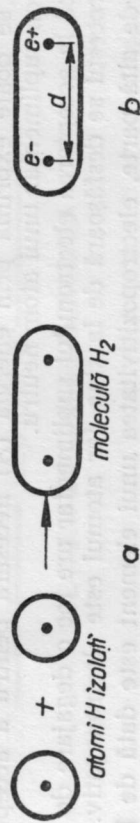


Fig. 2.1. Legătură covalentă.

cu cei doi atomi legați, ci se deplasează într-o măsură oarecare spre unul dintre aceștia (celelalte legături covalente sînt nepolare). De exemplu, în molecula de HCl, perechea de electroni este deplasată mai mult spre atomul de clor și acesta se încarcă cu sarcină negativă, iar atomul de hidrogen cu sarcină pozitivă. În această situație molecula a devenit un dipol electric (fig. 2.1, b). Polarizarea unei molecule se poate realiza și sub acțiunea unui câmp de forțe oarecare (electric) ; rezultă o polarizare in-

dusă, care este temporară și dispare cu dispariția câmpului de forțe. Momentul electric  $\mu$  al unei molecule polare este (v. fig. 2.1, b) :

$$\mu = e \cdot d \quad (2.5)$$

Cum sarcina electronului este  $4,8 \cdot 10^{-10}$  u.e.s., iar lungimea dipolului este de același ordin de mărime ca și diametrul moleculei, adică  $10^{-8}$  cm, rezultă că unitatea de măsură a momentului dielectric este :

$$10^{-18} \text{ u.e.s. cm} = 1 \text{ debye (1 D)}.$$

**2.1.1.3. Legătura metalică.** Această legătură apare numai între atomii metalelor în stare solidă sau lichidă și se caracterizează prin aceea că permițivitatea din electroni să circule cu mare ușurință de la un atom la altul. Electronii se repartizează egal, statistic, între

toți ionii vecini din rețea fiind, în același timp, foarte mobili (fig. 2.2). Rezultă că între doi atomi vecini se găsește numai fracțiuni de legături simple. Deoarece legăturile metalice nu sînt dirijate, atomii (mai corect ionii) se așază în una din rețelele cristaline cu structura cea mai compactă și mai săracă în energie ca : rețeaua cubică compactă, rețeaua cubică centrată intern și rețeaua hexagonală compactă.

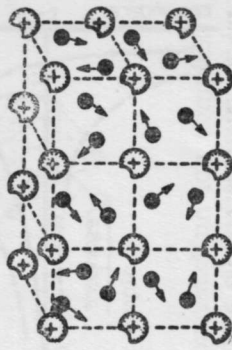


Fig. 2.2. Legătură metalică.

**2.1.1.4. Legătura van der Waals.** Între moleculele corpurilor există forțe de atracție slabe, puse în evidență de van der Waals, care a explicat abaterile comportării gazelor reale de la legile gazelor ideale (v. punctul 2.2.1).

Forțele de atracție dintre moleculele nepolare, numite și *forțe de dispersie* sînt forțe nedirijate și apar datorită fluctuațiilor momentane ale învelșurilor electronice ale atomilor. Energia potențială  $E_p$  a moleculelor nepolare ale unui gaz este dată de :

$$E_p = \frac{B}{r^{12}} - \frac{A}{r^6} \quad (2.6)$$

în care  $B/r^{12}$  este potențialul forțelor de respingere, datorate sarcinilor de același semn ale electronilor exteriori, iar  $A/r^6$  reprezintă potențialul forțelor de atracție.  $A$  și  $B$  sînt constante, iar  $r$  este distanța dintre nucleele atomilor cei mai apropiați ai moleculelor considerate.

Atracția van der Waals dintre moleculele polare este dată de forțele de orientare și inducție. Acestea explică asocierea moleculelor polare în lichide, precum și condensarea gazelor cu moleculă polară. Energia potențială medie a acestor forțe este analoagă cu a forțelor de dispersie a moleculelor nepolare.

În figura 2.3 este prezentată variația forțelor de respingere și de atracție, cît și rezultanta lor (în ordonată) funcție de distanța dintre centrele particulelor (în abscisă). Se constată că la o anumită distanță forțele de atracție sînt egale cu cele de respingere, formîndu-se un echilibru stabil între forțe, caracteristic structurii spațiale a fiecărei substanțe. Energia de legătură van der Waals este mult mai mică decît în cazul electrovalențelor.

2.1.1.5. **Legătura de hidrogen.** S-a constatat că anumite lichide, cum sunt  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $HF$  și mai puțin  $HCl$ , prezintă „anomalii” în comparație cu hidrurile unor elemente vecine în sistemul periodic, cum sunt  $CH_4$ ,  $H_2S$ ,  $H_2$ ,  $H_2$  etc. Aceste anomalii constau în puncte de topire și de fierbere mai înalte, densități, capacități calorice și călduri de vaporizare mai ridicate și datoresc legăturii de hidrogen.

Legătura de hidrogen se explică astfel: hidrogenul este legat covalent de unul din atomii electronegativi și printr-o legătură de tip special (marcată prin puncte în formule) de celălalt atom. Atomul de hidrogen legat covalent se deosebește de toți ceilalți atomi prin particularitatea că norul electronic din jurul său este foarte subțire; sarcina pozitivă a nucleului H este ecranată spre exterior de numai doi electroni. Pe de altă parte, dacă atomul de care este legat covalent hidrogenul este puternic electronegativ, norul electronic este atras spre acesta (legătura X—H este polarizată), iar nucleul H, mai puțin ecranat, poate exercita o forță de atracție asupra unui alt atom electronegativ Y; atracția este cu atât mai puternică cu cât Y are volum mai mic. Atracția cu H are volum mai mic. Atracția protonului H se exercită asupra uneia din perechile de electroni neparticipanți (electroni ce nu sînt implicați în legături chimice) ale atomului Y. În această cauză legătura de hidrogen este de obicei liniară; cînd structura moleculei nu permite liniaritatea, ea poate adopta și o formă angulară:

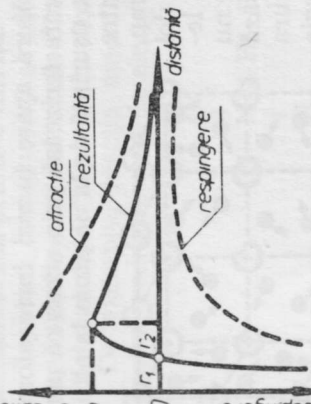
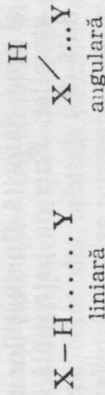
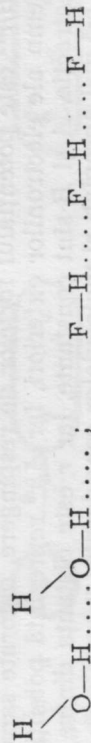


Fig. 2.3. Variația forțelor de atracție și de respingere dintre molecule.



Cele mai des întilnite legături de hidrogen sînt:



Legătura de hidrogen este deci de natură electrostatică, dar de un tip special, depinzînd de prezența unui atom de hidrogen legat covalent și a doi atomi foarte electronegativi. Această legătură este mai tare decît cea prin forțe van der Waals, dar mai slabă decît o electrovalență.

## 2.1.2. Structura moleculelor simple și complexe

În context cu forțele de legătură dintre atomi, prezentate mai sus, în figura 2.4 sînt date, schematic, structurile cîtorva molecule simple: biatomice ale  $H_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$  (2.4, a); triatomice ale  $CO_2$  și  $CS_2$  (2.4, b); apei (2.4, c);

amoniacului  $NH_3$  (2.4, d); metanului  $CH_4$  (2.4 e); pentaclorurii de fosfor  $PCl_5$  (2.4, f); hexafluorurii de sulf  $SF_6$  (2.4, g).

Moleculele complexe au o structură centrică; în jurul atomului central, pe o primă sferă sînt legați, prin covalențe, alți atomi sau grupuri de atomi, iar pe a doua sferă exterioră sînt legați prin electrovalență ioni. Atomul

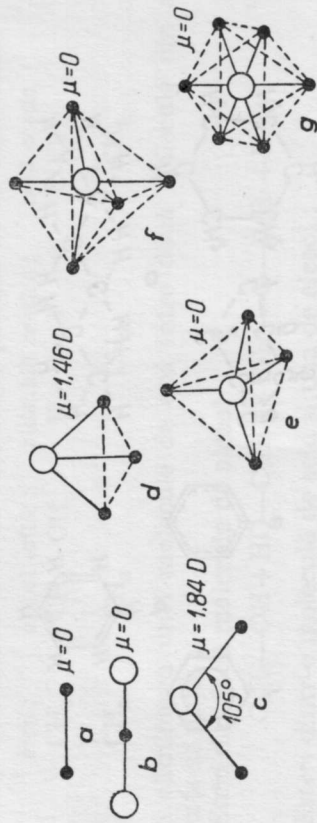


Fig. 2.4. Structura unor molecule simple.

central împreună cu primul înveliș de atomi formează un ion complex a cărui sarcină electrică este egală și de semn contrar cu suma sarcinilor ionilor de pe a doua sferă de acțiune. Asemenea structuri au soluțiile apoase ale acizilor oxigenați așa cum este acidul sulfuric,  $H_2SO_4$  și acidul fosforic,  $H_3PO_4$  etc.

## 2.1.3. Structura compușilor organici

Hidrocarburile (compuși chimici ai carbonului cu hidrogenul) pot avea unul sau mai mulți atomi de carbon legați în lanțuri sau în cicluri, dîndu-se *hidrocarburi aciclice*, respectiv *hidrocarburi ciclice*.

Cînd atomii de carbon sînt legați între ei numai prin legături covalente simple (se pune în comun o singură pereche de electroni) se numesc *alcani*, dacă atomii au și legături duble (se pun în comun două perechi de electroni), hidrocarburile se numesc *alchene*, iar dacă sînt legături triple (se pun în comun trei perechi de electroni) se numesc *alchine*. Hidrocarburile ciclice în care atomii de carbon sînt legați prin legături simple se numesc *cicloalcani*.

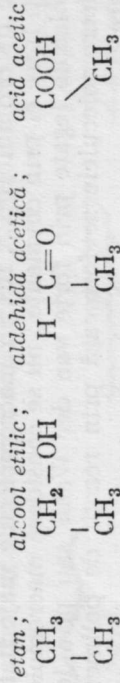
Figura 2.5, a prezintă un exemplu de moleculă aciclică cu legături simple (alcani), la care din cauza direcției valențelor carbonului după colțurile unui tetraedru legătura este după o linie în zigzag. O reprezentare mai generală poate fi imaginată prin înlocuirea atomilor de hidrogen cu grupări diferite de atomi (radicali-R), cum sînt:  $-CH_3$ ,  $-C_2H_5$  etc.

Hidrocarburile ciclice cu atomii de carbon legați prin legături simple (cicloalcani) pot avea, spre exemplu, cinci atomi de carbon — ciclohexan sau șase — ciclohexan (fig. 2.5, b). În acest caz, însă, atomii sînt așezați în două planuri (fig. 2.5, c) din motive similare cu cele arătate la alcani (fig. 2.5, a); atomii 1, 3, 5 sînt în planul inferior, iar 2, 4, 6 în cel superior.

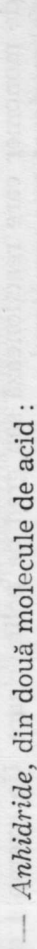
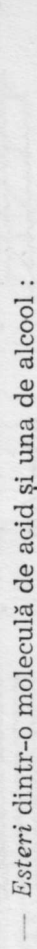
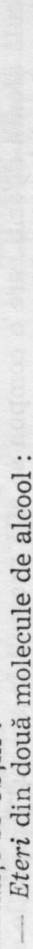
Dacă legăturile dintre atomii de carbon au energie mai mare, astfel încît nu pot lega exterior decît un singur atom de hidrogen, hidrocarbu-



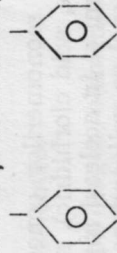
O grupă importantă de substanțe astfel obținute sînt : *alcooli*, *fenolii*, caracterizați prin prezența în moleculă a grupării funcționale *hidroxil* ( $-\text{OH}$ ), *aldehidele* și *cetonele*, caracterizate prin gruparea funcțională *carbonil* ( $>\text{C}=\text{O}$ ), *acizii*, caracterizați prin gruparea funcțională *carboxil* ( $-\text{COOH}$ ). Structurile acestor substanțe, plecînd de la etan, sînt :



Prin eliminarea unei molecule de apă între două molecule din aceste substanțe se obțin :

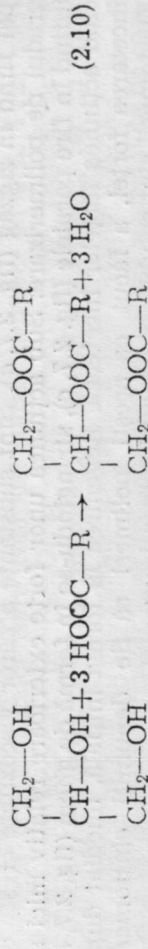


O altă grupare mai obișnuită este *aminogenul* ( $-\text{NH}_2$ ), care prin substituirea hidrogenului din hidrocarburi generează substanțele numite *amine*. Printre derivații aromatici ai hidrocarburilor, importanți pentru materiale de construcții, sînt cei cu hidroxilul și aminogenul ; de exemplu fenolul  $\text{OH}$  și anilina  $\text{NH}_2$ .



Derivații cu doi hidroxili la doi atomi de carbon alăturați sînt importanți în chimia organică ; dintre aceștia cel mai simplu este *glicolul*. Substanțe active din punct de vedere chimic sînt cele care conțin un ciclu cu trei atomuri, ca oxidul de etilenă, care este cel mai simplu derivat sub formă de ciclu din trei atomi. Substanțele în componența cărora intră această grupare se numesc *epoxizi* și sînt folosite la diverse lucrări (reparații, finisaje, anticorrosive).

Dintre derivații cu trei hidroxili la trei atomi de carbon alăturați, cel mai simplu este *glicerina*, componentă de bază din grăsimile naturale în care se găsește esterificată cu acizi grași organici,



Între derivații cu grupări funcționale diferite, o importanță deosebită o are prezența simultană în moleculă a grupărilor hidroxil împreună cu un carbonil și prezența simultană a carboxilului și aminogenului ; din



motiv, *plastomeri*; în plus sub acțiunea unor forțe se deformează plastici prin încălzire, un plastomer se deformează mai ușor ceea ce se explică prin dilatarea termică, astfel că moleculele, mai distanțate între ele, pot fi deplasate mai ușor; asemenea plastomeri se denumesc plastomeri termoplastici. Unii plastomeri continuă însă reacția de polimerizare sau policondensare în timpul încălzirii, se creează punți de legătură chimică între

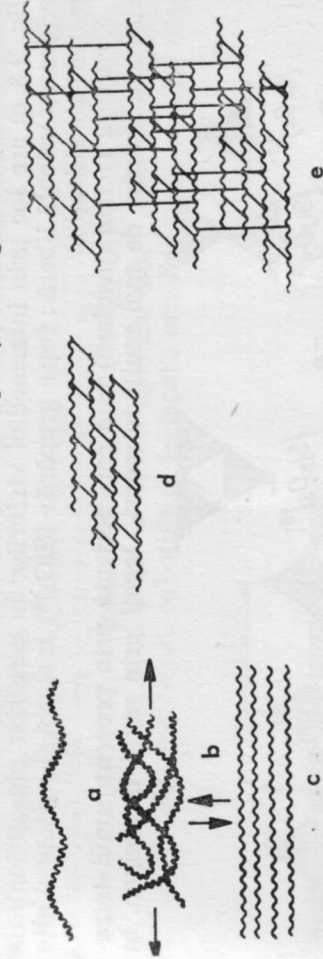


Fig. 2.7. Structura macromoleculor.

moleculele lamelare, legându-se puternic unele de altele; acești plastomeri se numesc *termoreactivi*, iar produsul rezultat este o moleculă tridimensională (fig. 2.7, e).

*Moleculele tridimensionale* sînt solide și rigide, insolubile în solvenți organici, în care nici nu se umflă și au o rezistență mare la coroziune.

## 2.1.4. Structura silicaților

Siliciul este, după oxigen, elementul cel mai răspîndit în scoarța pămîntului (27,7%, în masă), compușii oxigenați ai siliciului (bioxidul de siliciu și silicații) avînd cea mai mare pondere. Silicații naturali și cei artificiali (cimentul, ceramica, sticla etc.) prezintă un interes major pentru domeniul materialelor de construcții.

Cele mai frecvente combinații ale siliciului sînt:

— *Silicea*,  $\text{SiO}_2$ , cristalină și amorfă. Silicea cristalină (cuartul) este unul din mineralele de bază ale rocilor (v. cap. 4). Silicea amorfă se găsește în cenușa vulcanică și în unele roci sedimentare (diatomit și tripoli).

— *Acizii silicici* constituie silicea hidratată, dintre care acidul ortosilicic  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  există în soluții apoase la concentrații mici. Este instabil și se formează prin policondensare compuși solizi insolubili în apă. Prin condensarea moleculelor de  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  și eliminarea de  $\text{H}_2\text{O}$ , rezultă acizi ca  $\text{H}_6\text{Si}_2\text{O}_7$  (pirosilicic),  $\text{H}_2\text{SiO}_3$  (metasilicic),  $\text{H}_2\text{Si}_2\text{O}_5$  (disilicic), iar în final prin policondensare și eliminarea completă a apei rezultă  $(\text{SiO}_2)_n$ .

Aluminosilicații naturali, care prezintă interes pentru materialele de construcții provin din bioxid de siliciu polimerizat  $\text{Si}_n\text{O}_{2n}$ , la care x atomi de siliciu au fost substituiți cu x atomi de aluminiu, formînd complexul  $[\text{Si}_{(n-x)}\text{Al}_x\text{O}_{2n}]^{x-}$ ; valențele nesatisfăcute ale acestui complex îl fac in-

stabil și se combină cu diverși cationi, formând aluminosilicați (feldspații), care formează circa 50% din scoarța pământului.

Silicații se pot găsi și sub formă de metasilicați  $M_2SiO_3$  și ortosilicați  $M_4SiO_4$ , (M — metal).

Structura silicaților poate să fie izolată, lanț, bandă, stratificată sau spațială. Elementul structural al silicaților îl constituie gruparea  $[SiO_4]^{4-}$ , prin unirea căreia se ajunge la un anumit tip de structură. Unirea tetraedrilor (fig. 2.8, a) are loc prin intermediul vîrfurilor în care sînt plasați ionii de oxigen cu valență liberă; între grupările  $[SiO_4]^{4-}$  mai pot fi plasate și alte grupări ale silicaților.

Structura izolată (insulară) este caracterizată prin prezența unui tetraedru sau grupări de mai mulți tetraedri, legați prin punți de oxigen, în

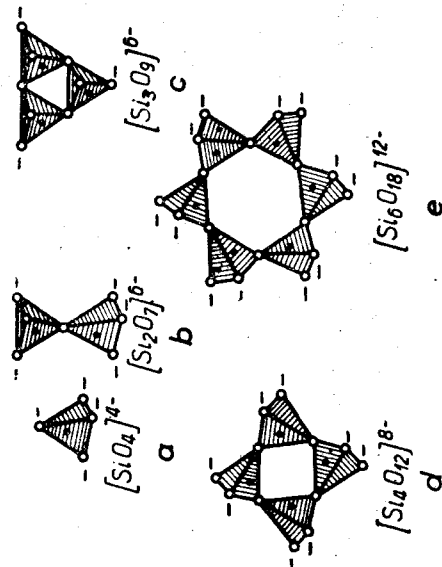


Fig. 2.8. Structura izolată a silicaților.

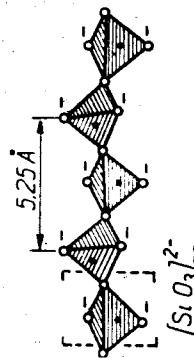


Fig. 2.9. Structura lanț a silicaților.

grupări izolate (fig. 2.8, a, b, c, d, e); pe figuri sînt trecuți și radicalii rezultați prin unirea tetraedrilor în grupări izolate. Cățiva silicați cu structură izolată (fig. 2.8, a) sînt:

— olivinele care sînt silicați de Mg și Ca, cu denumirile forsterit  $2MgO \cdot SiO_2$ , monticelit  $(MgO \cdot CaO \cdot SiO_2)$  etc;

— multitul, format din tetraedri și octaedri izolați de  $[SiO_4]^{4-}$  și respectiv  $[AlO_6]^{6-}$  — cu formula  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ .

Structura lanț se formează prin unirea mai multor tetraedri  $[SiO_4]^{4-}$ , prin intermediul punților de oxigen, într-un șir (fig. 2.9).

Structura bandă se formează prin unirea a două lanțuri de tetraedri, rezultînd radicalul ce se repetă  $[Si_4O_{11}]^{6-}$  (fig. 2.10). Dintre acești silicați interesează tremolitul și crisolitul (hidrosilicați de calciu și magneziu) făcînd parte din familia azbestului.

Structura stratificată rezultă dintr-o asociere nelimitată de benzi în plan (fig. 2.11), tetraedri fiind comasați în șase inele prin punți de oxigen, radicalul structurii, care se repetă, fiind  $[Si_2O_5]^{2-}$ . Dintre silicații care interesează în industria materialelor de construcții, sînt:

— mica ( $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$ ), în structura căreia apar tetraedri  $[SiO_4]^{4-}$  și  $[AlO_4]^{5-}$ , ordonați în straturi formate din inele de șase tetra-

edre  $[SiO_4]^{4-}$ , și două tetraedre  $[AlO_4]^{5-}$  intercalate între două inele hexagonale și participînd la legarea benzilor între ele (fig. 2.12);

— caolinitul ( $2SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2H_2O$ ) ia naștere ca structură prin eliminarea ionilor de potasiu din mică. În structura caolinitului există inele hexagonale de tetraedre  $[SiO_4]^{4-}$  legate între ele prin punți de oxigen. Stratul hexagonal este legat cu un alt strat de octaedre  $[AlO_2(OH)_4]$  (fig. 2.13, c);

— montmorilonitul ( $4SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot H_2O$ ) are o structură asemănătoare cu caolinitul (fig. 2.13, b).

Structura spațială este alcătuită din mai multe tetraedre  $[SiO_4]^{4-}$ , dispuse hexagonal și care se intersectează reciproc prin toate vîrfurile, formînd punți de oxigen; rezultă că toți anionii  $O^{2-}$  au valențele satisfăcute (fig. 2.14). Principali silicați cu structură spațială sînt: cuarțul, tridimitul, cristobalitul, nefelinul, caliofilitul, feldspații etc. Feldspații rezultă din

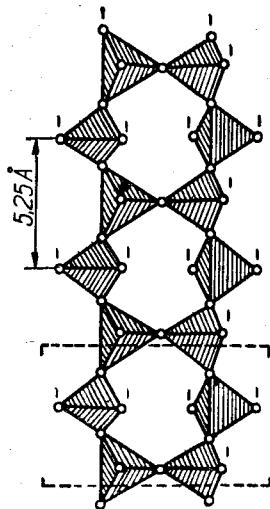
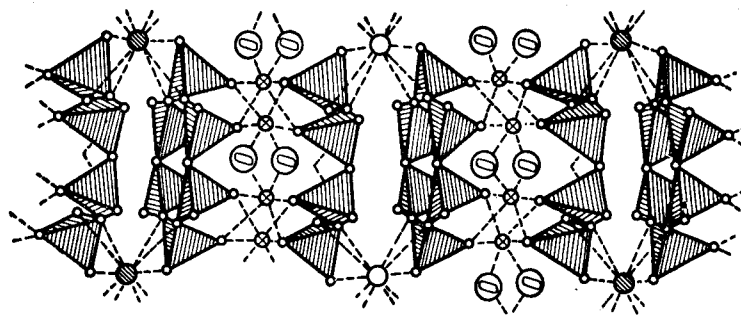


Fig. 2.10. Structura bandă a silicaților.



$K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$

●  $K^+$  ○  $(OH)^-$   
⊙  $Al^{3+}$  ○  $O^{2-}$

Fig. 2.12. Structura micel.

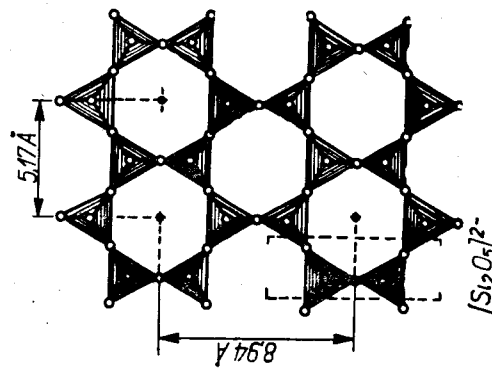


Fig. 2.11. Structura stratificată a silicaților.

radicalul electronegativ  $[Si_{(n-x)} \cdot Al_x \cdot O_{2n}]^{x-}$ , prin saturare cu ioni electropozitivi de metale, în special din grupele I și II. Dacă se notează acești ioni cu  $M^+$ , respectiv  $M^{2+}$ , formulele brute ale feldspaților sînt :

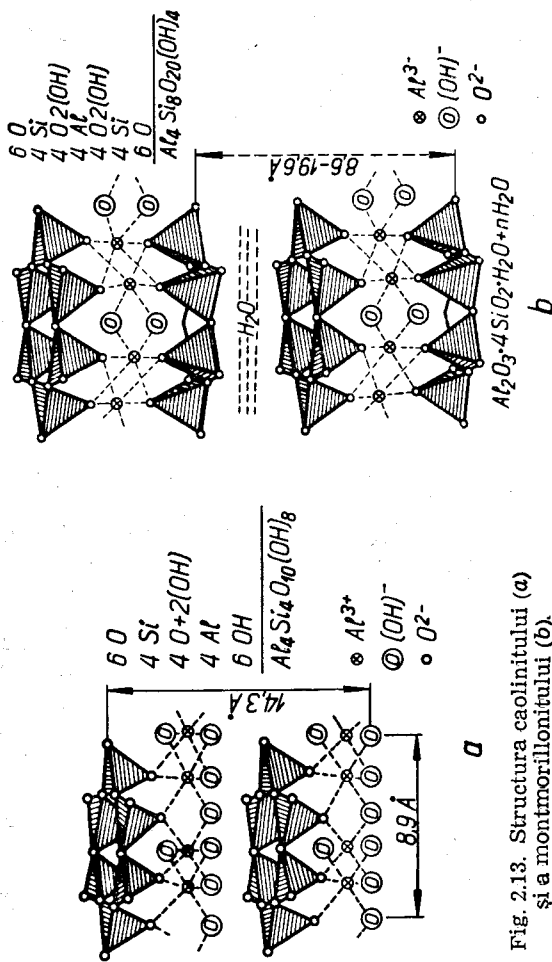
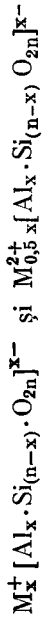


Fig. 2.13. Structura caolinitului (a) și a montmorillonitului (b).

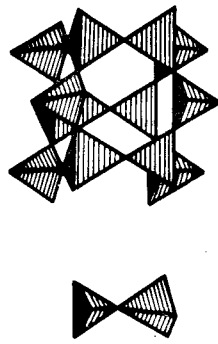


Fig. 2.14. Structura spațială a silicaților.

Structura feldspaților este formată din grupe  $[SiO_4]^{4-}$  și  $[AlO_4]^{5-}$ , orientate în inele de patru tetraedre.

## 2.2. STĂRILE DE AGREGARE ALE SUBSTANTELOR

### 2.2.1. Starea gazoasă

Starea gazoasă se caracterizează prin tendința gazelor de a ocupa, în mod uniform, tot spațiul ce le stă la dispoziție; gazele n-au formă și nici volum propriu și se amestecă între ele în orice proporție.

Majoritatea gazelor obișnuite sînt formate din molecule ce se găsesc în mișcare rectilinie dezordonată, cu viteze cu atât mai mari cu cît tempera-

tura gazului este mai ridicată. Gazele mai pot fi formate și din atomi (gazele inerte și majoritatea vaporilor de metale), din electroni (razele catodice) sau din ioni (se găsesc în pătura superioară a atmosferei — ionosferă).

Gazele ideale sînt gazele ale căror proprietăți se supun exact legii gazelor ideale. Ecuația lor de stare, pentru un mol de gaz, este :

$$pV = RT, \quad (2.14)$$

în care :  $p$  este presiunea ;  $V$  — volumul molar ;  $R$  — constanta generală a gazelor (aprox. 2 cal/mol·grad) ;  $T$  — temperatura absolută.

Proprietățile gazelor reale se abat sistematic de la proprietățile gazelor ideale. Pentru a utiliza ecuația de stare a gazelor ideale, dată mai sus, la comportarea gazelor reale, van der Waals a introdus în această ecuație doi termeni de corecție care se referă la volumul propriu al moleculelor și la atracția lor reciprocă. Ecuația lui van der Waals este :

$$\left( p + \frac{a}{V^2} \right) (V - b) = RT. \quad (2.15)$$

Termenul  $a/V^2$  este corecția care ține seama de atracția reciprocă dintre molecule și acționează ca o presiune exterioară care comprimă gazul, fapt pentru care se mai numește presiune internă.

Termenul  $b$  reprezintă o corecție care ține seama de volumul pe care-l ocupă efectiv moleculele ; corecția de volum  $b$  este de aproximativ patru ori volumul real al unei molecule.

### 2.2.2. Starea lichidă

Lichidele sînt formate tot din molecule, dar spre deosebire de gaze, moleculele lichidului sînt mai apropiate unele de altele, iar distanța medie dintre molecule este constantă, lichidele avînd volum constant. Moleculele lichidelor au o energie cinetică mare care le împiedică să formeze structuri permanente, ele schimbîndu-și repede poziția una față de alta : lichidele au deci o formă variabilă.

În afara lichidelor formate din molecule mai există și topiturile de săruri și de metale. Topiturile de săruri sînt formate din cantități egale de ioni pozitivi și negativi, iar topiturile de metale sînt formate dintr-un amestec de atomi și ioni ai aceluiași metal, precum și dintr-un număr de electroni egal cu numărul ionilor pozitivi prezenți în soluție.

Asocierea moleculelor unui lichid se caracterizează prin stabilirea unei legături puternice între molecule, date de forțe de dispersie van der Waals sau de forțe de orientare van der Waals în cazul moleculelor cu caracter de dipol. Prin atracția moleculelor polare în lichid se formează o asociere de două sau mai multe molecule asociate sînt apa, alcoolii, acetona etc. Asociațiile moleculare sînt cu atât mai numeroase și mai dezvoltate cu cît temperatura lichidului este mai joasă.

Tensiunea superficială a lichidelor reprezintă totalitatea forțelor tangențiale  $\sigma$  de atracție care se exercită asupra moleculelor de la suprafața

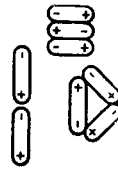


Fig. 2.15. Asocierea moleculelor polare la lichide.



unui lichid cu tendința de a reduce această suprafață. Pentru explicarea tensiunii superficiale se consideră o parte dintr-un lichid, la un moment dat, în repaus absolut (fig. 2.16). Se poate observa că moleculele din interior (nehașurate) sînt supuse forțelor de atracție ale moleculelor vecine în mod uniform și egal, situație în care forțele de atracție se echilibrează reciproc. Moleculele de la suprafață (hașurate) sînt puternic atrase de moleculele din stratul interior și de către cele învecinate și foarte puțin de moleculele din faza gazoasă; forțele de atracție rămîn astfel necompensate, stratul superficial fiind supus la o rezul-tantă a forțelor înspre interiorul lichidului care se transformă în forțele tangențiale  $\sigma$ . Sub acțiunea acestor forțe de suprafață, numite tensiune superficială, un lichid aflat în repaus tinde să ia cea mai mică suprafață de contact cu mediul înconjurător. Tensiunea superficială depinde de natura lichidului, a mediului ambiant, de temperatură etc.; ea scade liniar cu temperatura, iar la o anumită valoare critică a temperaturii devine zero.

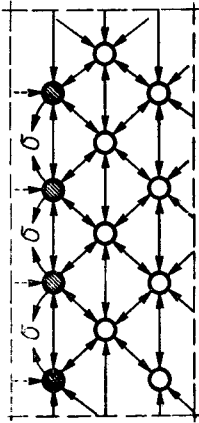


Fig. 2.16. Tensiunea superficială a lichidelor

Viscozitatea lichidelor sau *frecarea internă* reprezintă rezistența care există la deplasarea unor straturi vecine ale lichidului. Viscozitatea se datorește tot forțelor intermoleculare care se opun deplasării tangențiale a unui strat de lichid pe suprafața unui alt strat din același lichid aflat în repaus.

Viscozitatea lichidelor se apreciază după coeficientul de viscozitate dinamic  $\eta$ , care este :

$$\eta = \frac{\pi p r^4}{8 l V} t, \quad (2.16)$$

în care :

$V$  este volumul de lichid scurs în timpul  $t$  la temperatura de  $20^\circ \text{C}$  ;  
 $r$ ,  $l$ , — raza și lungimea tubului prin care se scurge lichidul ;  
 $p$  — presiunea exercitată asupra lichidului.

Coeficientul de viscozitate se măsoară în „poise“ în cazul în care toate celelalte valori sînt în mărimi CGS. Coeficientul de viscozitate dinamică depinde de temperatura lichidului, fiind cu atât mai mic cu cît temperatura este mai ridicată. În sistemul S.I. 1 poise =  $10^{-3} \text{N} \cdot \text{s/m}^2$ .

### 2.2.3. Starea solidă

2.2.3.1. **Structura materiei solide.** Solidele sînt formate din atomi, ioni simpli sau compleși, molecule sau macromolecule, care formează o structură în care aceste particule nu-și schimbă poziția una față de alta, ci oscilează numai în jurul acestor poziții cu amplitudini diferite în funcție de temperatură ; solidele au volum și formă constante.

Starea normală a materiei solide este cea cristalină ; aceasta este o stare de ordonare aproape perfectă a particulelor componente atomi, molecule

sau ioni, în tipare geometrice regulate, contrastînd cu starea dezordonată a lichidelor și gazelor. Substanțele solide se prezintă sub formă de cristale propriu-zise, cu forme geometrice vizibile macroscopic și microscopic, fie ca agregate policristaline, cum sînt marmura, majoritatea metalelor și gheața, a căror structură cristalină nu poate fi stabilită decît cu ajutorul razelor X sau prin alte metode fizice. După mărime cristalele sînt : *fenocristale*, mai mari de 5 mm ; *microcristale* între 5 mm și 1 micron ; *criptocristale*, mai mici de 1 micron.

Cristalele se pot forma *din lichide* (topituri), prin răcirea sub punctul de topire, *din soluții saturate*, prin răcire (solubilitatea se micșorează cu temperatura) sau *din soluții* prin evaporarea solventului ; cristalele se pot forma și direct *din vapori*, prin răcire în mediu omogen (zăpadă) sau prin condensare pe suprafețe reci. În toate cazurile cristalele sînt mici la început și cresc cu timpul, prin depunere de substanță.

Suprafața solidelor cristaline, privită cu ochiul liber poate să apară omogenă, netedă și lucioasă, dar în realitate să prezinte foarte multe neomogenități și defecte (pori, fisuri, rugozități) de dimensiuni microscopice sau submicroscopice. Asemenea defecte pot să fie provocate de temperatura și umiditatea mediului sau de tensiunea superficială a cristalelor de la suprafață care au apărut în timpul solidificării.

Materia solidă se poate găsi și în stare amorfă (fără formă), cum sînt rășinile (substanțe organice) ale căror particule componente se află într-o stare de dezordine avansată sau completă. Prin asemănarea lor cu sticlele, aceste solide se mai numesc și sticle sau lichide subrăcite. Substanțele amorfe sînt compuse din molecule sau ioni de dimensiuni uriașe în comparație cu moleculele obișnuite. Forma dezordonată a moleculelor amorfe este asemănătoare cu a lichidelor cu deosebire ca în lichide ; macromoleculele compuse nu au aceeași libertate de mișcare ca în lichide ; macromoleculele fiind unite prin legături slabe, dar numeroase, materialele amorfe se comportă ca niște lichide cu viscozitate foarte mare. Solidele amorfe sînt mai bogate în energie decît solidele cristalizate, din care cauză sînt dure, dar mai fragile ; ele nu sînt stabile ci au tendința de a trece în solide cristaline care sînt, mai sărace în energie. La temperatură obișnuită această transformare se face încet, durînd sute sau mii de ani.

La solidele cu structură amorfă, cît și la gaze și lichide, proprietățile fizice (densitate, conductivitate termică etc.) sînt aceleași indiferent de direcție : această proprietate se numește *izotropie*, iar substanțele, *medii izotrope*. La solidele cristaline proprietățile fizice variază în funcție de direcție, caracteristica se numește *anizotropie*, iar substanțele care o prezintă formează *medii anizotrope*. De remarcat că și proprietățile mecanice (rezistență, deformabilitate) se pot manifesta izotrop sau anizotrop, dar modul de manifestare este diferit, față de proprietățile fizice.

2.2.3.2. **Sisteme cristaline.** Cristalele au forme poliedrice, mărginite prin fețe plane care se întretaie în muchii, iar acestea se întilnesc în colțuri (noduri). Formele reale ale cristalelor (observabile la microscop) variază mult și nu sînt întotdeauna perfect regulate. Dacă forma cristalelor unei substanțe poate varia după condițiile în care a avut loc cristalizarea, unele fețe dezvoltîndu-se mai mult decît altele, unghiurile dintre fețe sînt însă constante pentru aceleași specii cristaline.

| Denumirea  | Celula elementară | Raportul parametrilor   | Exemple  |
|--|-------------------|---|--|
| Sistemul cubic<br>Forma fundamentală:<br>lă: cubul   |                   | $a : a : a$<br>( $a = b = c$ )<br>$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$                                    | 8% din substanțele cunoscute:<br>NaCl; KCl; PbS;<br>FeS <sub>2</sub> ; C (diamant);<br>Pb; Ag; Au; Fe; Cu  |
| Sistemul patratic<br>(tetragonul)<br>Forma fundamentală:<br>lă: prisma patratică                                     |                   | $a : a : c$<br>( $a = b \neq c$ )<br>$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$                                 | 5% din substanțele cunoscute:<br>TiO <sub>2</sub> ; SnO <sub>2</sub> ; Sn  |
| Sistemul hexagonal<br>Forma fundamentală:<br>hexagonul   |                   | $a : a : a : d$<br>( $a = b = c \neq d$ )<br>$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$<br>$\delta = 120^\circ$ | 7% din substanțele cunoscute:<br>H <sub>2</sub> O; (grafit);<br>Mg; Zn; Cd; MgS;<br>Fe   |
| Sistemul romboedric<br>(trigonul)<br>Forma fundamentală:<br>romboedru  |                   | $a : a : a$<br>( $a = b = c$ )<br>$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$                                 | SiO <sub>2</sub> (cuart); As;<br>Sb; Bi; CaCO <sub>3</sub><br>(calcita); MgCO <sub>3</sub> ;<br>NaNO <sub>3</sub>  |
| Sistemul rombic<br>(ortorombic)<br>Forma fundamentală:<br>romb<br>(prisma ortorombică<br>a lui Lamy)                 |                   | $a : b : c$<br>( $a \neq b \neq c$ )<br>$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$                              | 28% din substanțele cunoscute:<br>MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O;<br>BaSO <sub>4</sub> ; K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ;<br>CaCO <sub>3</sub> (aragonită)      |
| Sistemul monoclinic<br>(clincrombic)<br>Forma fundamentală:<br>monoclinic (paralelipipedul monoclinic al lui Müller) |                   | $a : b : c$<br>( $a \neq b \neq c$ )<br>$\alpha = \gamma = 90^\circ$<br>$\beta \neq 90^\circ$             | 42% din substanțele cunoscute:<br>CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O;<br>FeSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O;<br>NO <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10H <sub>2</sub> O |
| Sistemul triclinic<br>(asimetric)<br>Forma fundamentală:<br>triclinic  |                   | $a : b : c$<br>( $a \neq b \neq c$ )<br>$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$                     | 10% din substanțele cunoscute:<br>CuSO <sub>4</sub> 5H <sub>2</sub> O;<br>K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>  |

Fig. 2.17. Sisteme cristaline.

rețetarea regulată în spațiu a elementelor formel poliedrice (fețe, muchii sau colțuri) ale unui cristal se numește simetria cristalinului. Simetria unui cristal este caracterizată prin următoarele elemente:

- planul de simetrie este un plan care taie cristalinul în două jumătăți, în așa fel încât una din ele să coincidă cu imaginea celeilalte într-o oglindă;
- axa de simetrie este o axă care dacă trece, spre exemplu, prin două colțuri ale cristalinului și acesta se rotește în jurul ei cu 90°, cristalinul rămâne identic cu el însuși;
- centrul de simetrie este un punct din interiorul cristalinului, față de care toate fețele, muchiile și colțurile sînt simetrice.

În conformitate cu principiile geometrice, sînt posibile 32 de combinații ale diferitelor elemente de simetrie, astfel încît celelele elementare să se îmbine fără goluri între ele, umplînd întregul spațiu. Există, ca atare, 32 de clase de simetrie ale cristalelor, care la rîndul lor, se grupează în șapte sisteme cristaline (fig. 2.17): cubic, hexagonal, trigonal, tetragonal, rombic, monoclinic și triclinic.

2.2.3.3. Tipuri principale de rețele cristaline. Funcție de felul particulelor care alcătuiesc cristalinul, există următoarele tipuri de rețele cristaline: atomice, ionice, moleculare și metalice.

— *Rețele atomice.* Particulele ce ocupă punctele rețelei sînt atomi neutri, legați între ei prin legături covalente orientate în diferite direcții ale spațiului. Din categoria rețelelor atomice cu legături covalente fac parte C (diamantul, fig. 2.18), Si, ZnS (blenda), care se caracterizează prin duritate foarte mare, temperaturi de topire ridicate și caracter casant la rupere (nu se deformează ci se sparg).

— *Rețele ionice.* În nodurile acestor rețele sînt așezați alternativ ioni pozitivi și ioni negativi, cu volume ionice apropiate. Ionii pot să fie monoatomici sau ioni complecși (compuși din mai mulți atomi). Ionii simpli sau complecși se atrag reciproc, prin electrovalențe, iar atomii care alcătuiesc ionul complex sînt legați prin covalențe. Una din rețelele cristaline cele mai simple este aceea a clorurii de sodiu (fig. 2.19), care cristalizează în sistemul cubic. Exemple de rețele de ioni complecși sînt: sulfatul de calciu cu rețeaua formată din ioni de Ca<sup>2+</sup> și SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> și azotatul de amoniu cu ionii NH<sub>4</sub><sup>+</sup> și NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Numărul de atomi sau de ioni, care înconjoară un atom (ion) central cu care sînt în interacțiune și se găsesc la cele mai mici distanțe egale de acesta, se numește *număr de coordinație*; la clorura de sodiu numărul de coordinație este 6.

Aceste rețele au duritate și temperatură de topire mijlocie, iar ruperea este casantă.

— *Rețele moleculare.* Particulele ce ocupă nodurile sînt molecule nepolare sau molecule polare (fig. 2.20). În cazul moleculelor nepolare legăturile atomilor din molecule sînt covalente, iar legăturile dintre nodurile

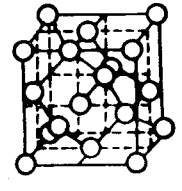
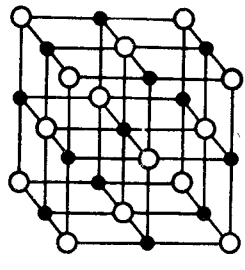


Fig. 2.18. Rețea cristalină atomică.



● Na<sup>+</sup> ○ Cl<sup>-</sup>  
Fig. 2.19. Rețea cristalină ionică.

rețelei (dintre molecule) sînt forțe van der Waals. La moleculele polare, legăturile rețelei sînt date de forțe electrostatice. Deoarece energia acestor legături este redusă, substanțele cu rețele moleculare se caracterizează prin duritate mică și temperatură de topire joasă.

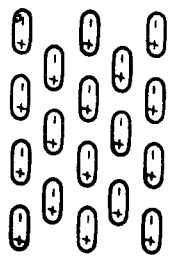


Fig. 2.20. Rețea cristalină moleculară.

— *Rețele metalice*. Nodurile rețelei sînt ocupate de ioni metalici (cationi) și numai temporar de atomi ai metalului. Legăturile sînt în parte ionice și în parte covalente, întreg ansamblul dînd legături metalice. Electronii se găsesc între nodurile rețelei, deplasîndu-se în cristal sub forma unui nor electronic.

Rețelele metalice se caracterizează prin compactitate mare, cele mai multe metale cristalizînd în sistemele hexagonal și cubic (v. cap. 10).

**2.2.3.4. Defecte în rețeaua cristalină.** Rețelele descrise în paragrafele precedente sînt rețele ideale care nu se găsesc în natură ca atare. Dacă ele ar exista în natură, ar fi necesar un consum mare de energie ca să strice echilibrul forțelor interioare și să reacționeze. În natură există rețele reale, care prezintă defecte ce nu pot fi observate cu ochiul liber și nici chiar la examenul roentgenografic.

Defectele pot să apară în cristal fie din cauza modului cum se face răcirea lichidului sau a topiturii, fie din cauza unor acțiuni mecanice exercitate asupra cristalelor gata formate.

În procesul de cristalizare al substanțelor, față de o structură perfect ordonată (fig. 2.21, a) pot să apară următoarele defecte: locuri neocupate în unele noduri ale rețelei (fig. 2.21, b); particule ale aceleiași substanțe,

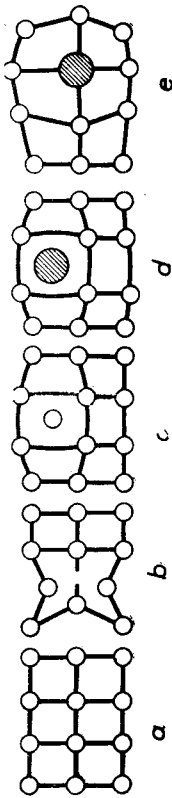


Fig. 2.21. Defecte în rețele cristaline datorită modului de răcire.

asezate între nodurile rețelei (fig. 2.21, c); particule străine mai mari ale unor impurități, plasate între noduri (fig. 2.21, d) sau în nodurile rețelei cristaline ale substanței de bază (fig. 2.21, e). Toate aceste defecte provoacă deformări în zonele învecinate ale rețelei.

Prin acțiuni mecanice exterioare, cum ar fi măcinarea materialelor sau îndoirea unor bare metalice, cît și prin răcirea rapidă a topiturilor, se produc dislocări ale rețelei, cum sînt: deformări la încovoare (fig. 2.22, a); translații la forfecare (fig. 2.22, b) și maclări (fig. 2.22, c).

Prin măcinarea intensă și îndelungată a unor substanțe cristalizate sau la răcirea bruscă a unor topituri viscoase se poate ajunge la situația ca rețeaua cristalină să fie foarte deformată, încît nu mai există așezare ordonată a particulelor; această stare conferă substanțelor instabilitate ce se manifestă prin reactivitate chimică, modificarea proprietăților mecanice

și tendința de cristalizare în timp (pentru a-și ordona structura). Aceste proprietăți sînt folosite în practică: cimentul se macină fin în procesul de fabricare pentru a-i mări reactivitatea chimică și suprafața specifică de contact cu apa (se favorizează astfel reacțiile care determină întărirea);

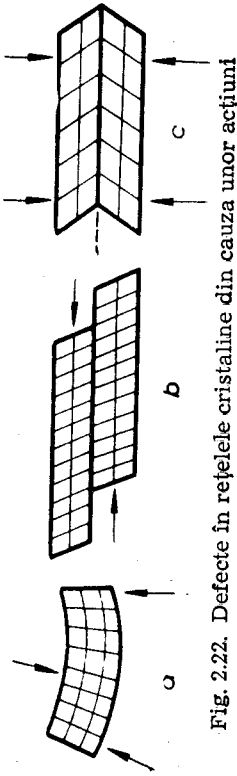


Fig. 2.22. Defecte în rețele cristaline din cauza unor acțiuni mecanice.

în metalurgia pulberilor este utilizată această proprietate a cristalelor reale.

**2.2.3.5. Izomorfism, polimorfism, alotropie.** Izomorfismul este proprietatea unor substanțe chimice diferite de a cristaliza în același sistem. Asemenea substanțe se numesc *izomorfe*. Pentru ca substanțele să fie izomorfe trebuie ca ionii (atomii) ce alcătuiesc rețelele lor să aibă razele ionice apropiate (se admit diferențe de 15%) și numărul de coordinație (rețelele) să fie același. De exemplu, carbonatul de calciu  $\text{CaCO}_3$  și azotatul de sodiu,  $\text{NaNO}_3$  sînt izomorfe, fără a fi înrudite chimic.

O proprietate caracteristică a substanțelor solide izomorfe este formarea de cristale mixte, numite *soluții solide*. Astfel, două substanțe cu rețele de același tip (ionice, atomice sau moleculare) pot da naștere, din topitură sau din soluție suprasaturată, unor cristale unitare. În aceste cristale o parte din ionii, atomii sau moleculele care compun rețeaua sînt înlocuite (întîmplător și statistic) cu alte particule de dimensiuni nu prea deosebite; se produce o substituție izomorfă. Pentru formarea soluțiilor solide legăturile chimice dintre particule, în cristal, trebuie să fie de același tip.

*Polimorfismul* este proprietatea unei substanțe de a cristaliza în două (dimorfism) sau mai multe forme cristaline cu rețele diferite. Există două feluri de transformări polimorfe: transformări ireversibile cînd forma netabilă trece ireversibil în forma stabilă și transformări reversibile cînd fiecare formă este stabilă într-un anumit domeniu de temperatură propriu. Astfel, carbonatul de calciu,  $\text{CaCO}_3$ , cristalizează, la temperaturi joase, în sistemul rombic, numindu-se aragonit, iar la temperaturi peste  $400^\circ\text{C}$  se transformă ireversibil în sistemul hexagonal și se numește calcit. Un alt exemplu este cel al bioxidului de siliciu sub formă de cuarț, care prezintă transformări polimorfe numeroase (fig. 2.23).

Se constată că se produc transformări reversibile atît în sens orizontal cît și în sens vertical; transformările orizontale se fac foarte încet datorită deosebirilor mari dintre rețelele cristaline, necesitînd multe zile de calcinare, iar transformările verticale se fac foarte repede, deosebirile structurale fiind neînsemnate. Astfel, la fabricarea materialelor refractare pe bază de bioxid de siliciu, în procesul de răcire acestea nu revin la  $\beta$ -cuarț,



la  $\gamma$ -tridimit sau  $\beta$ -cristobalit, în funcție de temperatura la care au fost arse ; aceste transformări se produc cu mărirea de volum.

Alotropia este o formă de polimorfism, caracteristic substanțelor formate dintr-un singur fel de atomi. Un caz important este alotropia fierului (fierita).

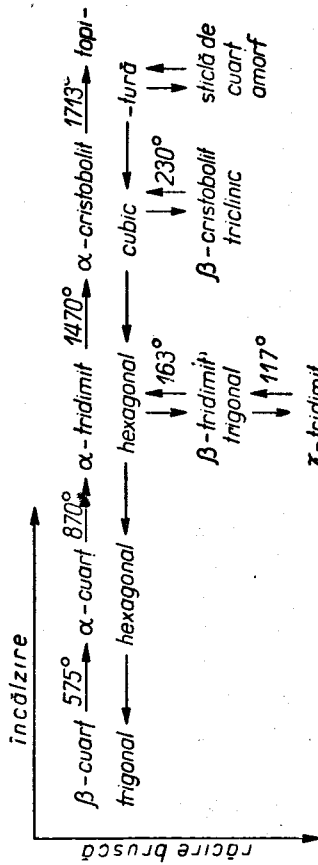


Fig. 2.23. Polimorfismul bioxidului de siliciu.

## 2.2.4. Transformările stărilor de agregare

2.2.4.1. **Transformările gaz-lichid și lichid-gaz.** Substanțele gazoase pot trece în stare lichidă prin răcire, presiunea rămânând constantă sau în comprimare, temperatura rămânând constantă.

În primul caz transformarea se numește **izobară** (fig. 2.24, a). Curba de răcire care se obține arată : scăderea temperaturii substanței gazoase, ramura a—b ; transformarea gazului în lichid, ramura b—c și scăderea tem-

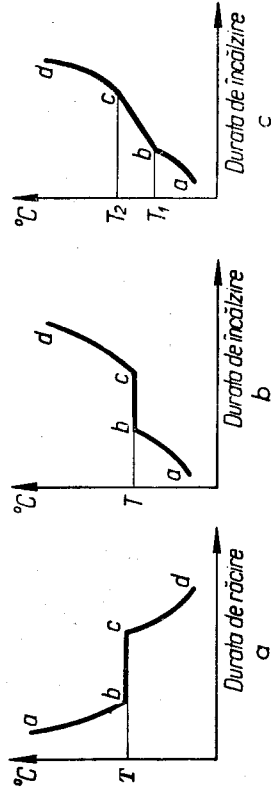


Fig. 2.24. Transformarea izobară gaz-lichid și lichid-gaz.

peraturii lichidului format, ramura c—d. Fenomenul este reversibil, în figura 2.24, b fiind prezentată curba de încălzire, inversă celei de răcire, care ilustrează transformarea completă a unui lichid în vapori. Temperatura de transformare a unui lichid în vapori este o caracteristică a fiecărei substanțe și se numește **temperatură** sau **punct de fierbere**. Din figura 2.24, a se constată că în timpul transformării temperatura rămâne constantă deoarece la trecerea izobară din starea gazoasă în starea lichidă, moleculele reduc energia cinetică pe care o cedează sub formă de energie calorică

și aceasta compensează pierderea de căldură provocată de răcire. Pe de altă parte, la transformarea lichidului în vapori, temperatura rămâne constantă deoarece energia calorică transmisă lichidului prin încălzire se consumă pentru învingerea forțelor de atracție dintre molecule și pentru mărirea energiei cinetice a acestora.

Cantitatea de căldură consumată la vaporizarea unui lichid se numește **căldură de vaporizare** și este egală cu căldura pe care o cedează aceeași substanță când trece din stare gazoasă în stare lichidă. Pentru transformarea unui lichid în vapori, în afara căldurii de vaporizare mai este necesară o cantitate de căldură pentru a aduce corpul la temperatura de fierbere ; această caracteristică se numește **capacitate calorică** și este egală cu cantitatea de căldură necesară unui gram de substanță pentru a-i ridica temperatura cu un grad (valorile medii, pe anumite intervale de temperatură, se numesc **călduri specifice**).

Transformările prezentate mai sus se referă la substanțe pure ; pentru lichide care sînt amestecate cu alte substanțe, transformarea în vapori nu se mai caracterizează printr-un punct de fierbere, ci printr-o zonă de fierbere cu începutul  $T_1$  și sfîrșitul de fierbere  $T_2$  (fig. 2.24, c).

Transformarea gaz-lichid prin comprimare, la temperatură constantă, este un proces **izoterm** și se numește **lichefiere**. În figura 2.25 este prezentată această transformare :

— la temperaturi inferioare valorii  $T_k$ , presiunea crește cu scăderea volumului pînă la un palier de presiune (zona hașurată orizontal, care corespunde transformării gaz-lichid). La sfîrșitul palierului toată substanța este lichefiată, presiunea crescînd foarte mult la o micșorare insensibilă de volum (porțiunea hașurată oblic, lichidele fiind puțin comprisibile ;

— la temperatura critică  $T_k$  curba de lichefiere nu are palier ci numai un punct de inflexiune, corespunzător presiunii critice la care are loc lichefierea ;

— la temperaturi superioare temperaturii critice nu mai este posibilă lichefierea gazului, oricît ar crește presiunea.

Transformarea inversă lichid-gaz se produce prin micșorarea continuă a presiunii.

2.2.4.2. **Transformarea solid-lichid și lichid-solid.** La această transformare densitatea materialului nu variază mult, ceea ce dovedește că distanța dintre particule (atomi, ioni, molecule) este de același ordin de mărime în cele două stări.

O substanță pură cristalizată, prin încălzire se transformă brusc în lichid, la o temperatură fixă, numită **punct de topire** ; această mărime variază foarte puțin cu presiunea.

În timpul topirii, faza lichidă coexistă cu faza solidă, iar temperatura rămîne constantă (fig. 2.26). În procesul de topire se absoarbe căldură de

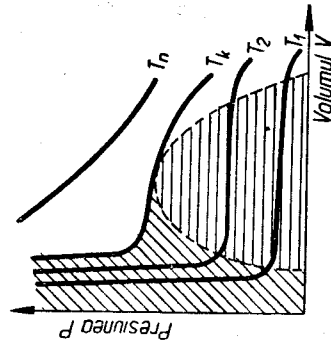


Fig. 2.25. Transformarea izotermă gaz-lichid.

medul înconjurător fără ca temperatura sistemului să varieze; această căldură este denumită *căldură latentă de topire*.

La răcire lichidele se solidifică (cristalizează), la o temperatură fixă, *punctul de solidificare*; în cazul substanțelor pure acest punct este egal cu punctul de topire. În cazul solidificării se cedează o cantitate de căldură egală cu cea provocată de răcirea sistemului, temperatura rămânând constantă.

În mod normal curba de răcire se suprapune curbei de încălzire (fig. 2.27). Inele lichide (topituri) se răcesc însă, sub temperatura de solidificare; fenomenul se numește *subrăcire*. Dacă în lichidul subrăcit începe cristall-

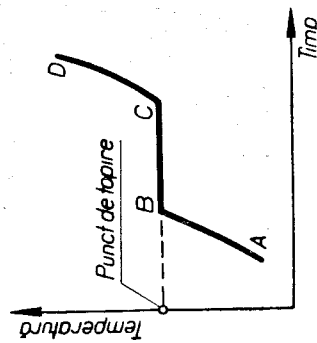


Fig. 2.26. Transformarea solid-lichid.

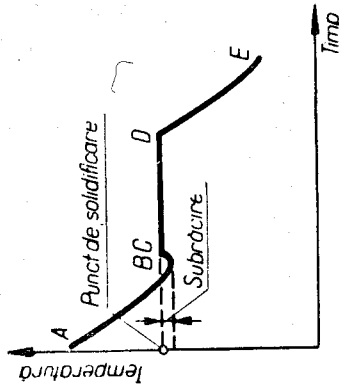


Fig. 2.27. Transformarea lichid-solid.

area, care este favorizată de o mișcare mecanică (frecarea pereților vasului cu o vergea) sau se introduce un cristal mic al aceleiași substanțe, atunci temperatura se ridică pînă la punctul de topire datorită căldurii de cristalizare degajate.

## 2.3. FENOMENE DE INTERFAȚĂ

### 2.3.1. Generalități

La limita de separare a două faze omogenitatea fiecăreia dintre acestea încetează; la suprafețele dintre faze sau interfețe, straturile exterioare de molecule, atomi sau ioni, ale unei faze sînt supuse unor forțe diferite de cele care acționează asupra acestor particule în interiorul fazei. De aceea la interfețe se observă anumite fenomene speciale.

Interfețele sînt denumite în funcție de starea de agregare a fazelor ce vin în contact: solid — s; lichid — l; gaz — g. Astfel, există cinci categorii de interfețe: s—s; s—l; s—g; l—l; l—g. Dintre acestea interesează în mod deosebit fenomenele ce se produc la limita dintre o fază solidă și una gazoasă sau lichidă, fie că aceste faze sînt pure, fie că sînt soluții.

### 2.3.2. Adsorbția

*Adsorbția* este proprietatea unui component dintr-un amestec de gaze sau dintr-o soluție de a se acumula pe o suprafață solidă sau lichidă, în concentrație mai mare sau mai mică decît în restul gazului sau al soluției; *adsorbant* este substanța la suprafața căreia are loc fenomenul (fixează pe suprafața sa alte substanțe), iar *adsorbatul* este componentul adsorbit. Prin adsorbție se modifică (micșorează) tensiunea superficială.

*Absorbția*, spre deosebire de adsorbție, constă în pătrunderea și repartiția mai mult sau mai puțin uniformă, a unei anumite substanțe în toată masa altor substanțe.

*Sorbția* este dată de suma valorilor adsorbției și absorbției. *Desorbția* este fenomenul invers sorbției.

Fenomenul de adsorbție este influențat de presiunea gazului, de concentrația soluției și de temperatură.

Spre exemplu, cantitatea de gaz (azot) adsorbită de cărbunele activ (lemn carbonizat în prezența vaporilor de apă și CO<sub>2</sub>), crește cu presiunea și descrește cu temperatura (fig. 2.28). Curbele indicate în figura 2.28 se numesc *izoterme de adsorbție*.

La adsorbția unui gaz pe un adsorbant solid se degajă o cantitate mică de căldură, numită *căldură de adsorbție*; această căldură este egală sau de același ordin de mărime cu căldura latentă de vaporizare a substanței adsorbite.

Legătura dintre adsorbant și adsorbat se face prin forțe van der Waals, iar primul strat de molecule adsorbite fixează un al doilea sau mai multe straturi de molecule, tot prin forțe van der Waals.

Prin mărirea presiunii gazului, peste o anumită limită, se produce o creștere mare și bruscă a adsorbției, datorită unei lichefierii a gazului în capilarele adsorbantului; fenomenul se numește *condensare capilară*. Adsorbția și condensarea capilară sînt fenomene fizice.

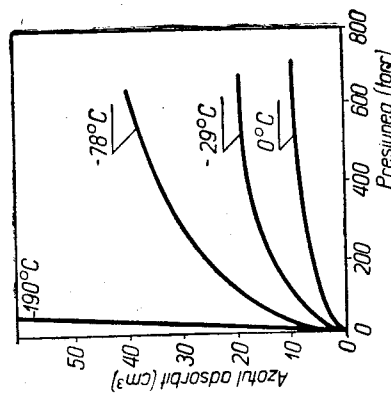


Fig. 2.28. Izoterme de adsorbție.

### 2.3.3. Chemosorbția (chimiosorbția)

Chemosorbția este un tip deosebit de adsorbție în care se stabilesc legături chimice între adsorbant și adsorbat și se formează compuși chimici la suprafața de separație. Fenomenul de chemosorbție se deosebește de cel de adsorbție, prin următoarele:

- chemosorbția se realizează prin electrovalențe și nu prin forțe van der Waals, ca în cazul adsorbției;
- chemosorbția este selectivă, adică un adsorbant nu adsorbe orice adsorbat. De exemplu, oxigenul se chemosorbe pe cărbune, dar nu pe SiO<sub>2</sub>;

-- căldura de chemosorbție (degajată) este mai mare decât cea de adsorbție, ajungând la ordinul de mărime al căldurii de formare a combinațiilor chimice;

-- stratul chemosorbit este întotdeauna format dintr-un singur plan de particule și este independent de presiunea gazului sau de concentrația soluției de adsorbat;

-- particulele chemosorbite nu mai sînt mobile pe suprafața adsorbantului ca în cazul adsorbției, ci sînt fixate în anumite poziții bine determinate, prelungind rețeaua cristalină a acesteia.

Fenomenul de chemosorbție este greu reversibil, iar în unele cazuri este reversibil. Un solid acoperit cu o peliculă chemosorbită poate funcționa mai departe ca adsorbant obișnuit. Chemosorbția este deci o adsorbție de tip deosebit; este o adsorbție chimică.

### 2.3.4. Influența adsorbției asupra proprietăților solidelor

Fenomenele de interfață descrise se produc cu atît mai intens cu cît suprafața are o suprafață specifică mai mare. Aceasta se poate realiza în unul din următoarele procedee:

- măcinarea fină în mori cu bile, mori vibratoare sau mori coloidale;
- corodarea suprafeței solidului cu un anumit agent chimic; suprafața rezultată prin coroziune, fiind neregulată, este mai mare decât cea plană;
- mărirea suprafeței interioare prin calcinare moderată în anumite condiții, cum se procedează la obținerea cărbunelui activ sau la disocierea mică prin calcinare a unor compuși anorganici (de exemplu  $\text{CaCO}_3$ );
- uscarea gelurilor și transformarea lor în xerogeluri cum este silicatul uscat, folosit în procese industriale de adsorbție.

Stratul adsorbit influențează rezistențele mecanice ale solidelor. Astfel, a stabilit că rezistența la întindere a unor baghete de sticlă, încercate pînă la încălzirea în vid la  $350^\circ\text{C}$ , condiții în care se produce desorbția gazelor de pe suprafața sticlei, este de circa 2 ori mai mare decât a unor probe identice, dar păstrate cîteva ore în aer. Fenomenul se poate explica astfel: prezența stratului adsorbit (fig. 2.29, a) dă naștere la niște forțe de desorbție (fig. 2.29, b) pe lângă faptul că dispar forțele de despăcare, manifestă mai pregnant forțele de atracție, caracteristice fenomenului interfațial solid-solid. În acest fel se mărește coeziunea și rezistența materialului.

Aceste fenomene explică și rezistența mare a firelor subțiri, față de cele diametru mai mare, prin lipsa de defecte a suprafeței firelor și prin creșterea mare datorată suprafeței specifice a firului, relativ mare în raport cu volumul său.

De asemenea, stratul adsorbit din faza fluidă influențează frecările între solide. În cazul cînd există stratul adsorbit (fig. 2.30, a), frecările între suprafețele solide sînt mici; coeficienții de frecare  $f = F/P$  sînt subțiri. Dacă se realizează încălzirea prin vid (fig. 2.30, b), înlăturîndu-se stratul adsorbit de fluid, frecarea crește foarte mult.

Prin adsorbție se produce o ușoară mărime de volum a solidelor, deoarece în corpurile poroase adsorbția se produce progresiv dinspre straturile exterioare spre cele interioare, iar schimbările de volum pot provoca fisurarea suprafeței solidului.

Adsorbția modifică și dilatarea termică a solidelor.

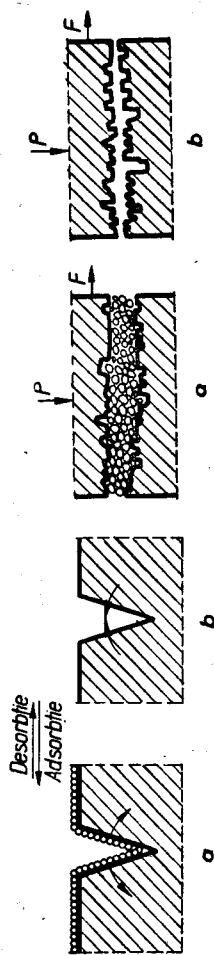


Fig. 2.29. Influența adsorbției asupra rezistenței la întindere.

Fig. 2.30. Influența adsorbției asupra frecării.

### 2.3.5. Liofilia-liofobia

Fenomenele de liofilie și liofobie sînt în legătură directă cu valorile tensiunii superficiale.

Liofilia se caracterizează prin afinitatea dintre un lichid și un solid. Aceasta se datorește faptului că tensiunea superficială a solidului este mai mare decât a lichidului, ceea ce face să fie depășite forțele atractive intermoleculare din lichid și acesta să adere la solid (udă solidul).

Liofobia se manifestă în cazul în care lichidul nu udă suprafața solidului adică tensiunea superficială a lichidului este mai mare decât tensiunea superficială a solidului. Liofilia și liofobia pot fi explicate prin raportul forțelor ce se exercită asupra moleculelor din apropierea interfețelor lichid-solid și lichid-gaz (fig. 2.31).

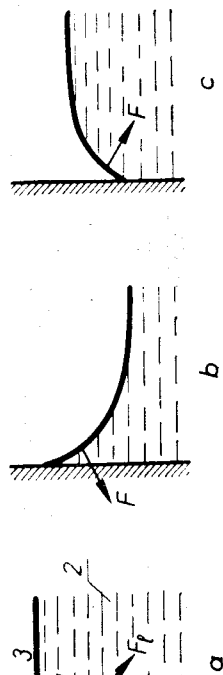


Fig. 2.31. Fenomenul de liofilie-liofobie: 1 - solid; 2 - lichid; 3 - gaz.

O moleculă de lichid din apropierea liniilor de separație solid-lichid și lichid-gaz este supusă la următoarele forțe de atracție (fig. 2.31, a):  $F_s$  (solid),  $F_t$  (lichid),  $F_g$  (gaz), iar rezultanta acestora este  $F$ . Cînd rezultanta  $F$  este îndreptată spre solid (fig. 2.31, b), lichidul udă solidul este deci liofil, iar cînd  $F$  este îndreptată spre lichid (fig. 2.31, c) nu se produce udarea, deci fenomenul este liofob.

O picătură de lichid așezată pe suprafața unui solid (fig. 2.32) ia forma unghiă (fig. 2.32, a), cu  $\theta < 90^\circ$ , în cazul liofiliei, sau elipsoidată (fig. 2.32, b)  $\theta > 90^\circ$ , în cazul liofobiei. Unghiul  $\theta$  se numește unghi de racord.

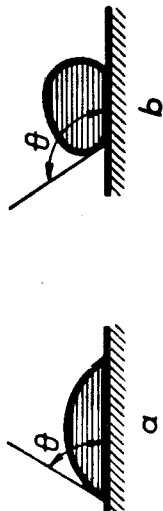


Fig. 2.32. Liofilia și liofobia picăturii de lichid.

Liofilia și liofobia solidelor față de lichide determină fenomenul de ascensiune capilară. Dacă se introduce în apă un tub capilar (diametru mic) sticla (fig. 2.33, a), lichidul ucă pereții tubului, formînd un menisc concav spre exterior și urcă în tub datorită tensiunii superficiale. Înălțimea  $h$  este cu atît mai mare cu cît diametrul tubului este mai mic.

Dacă tubul de sticlă cu diametru mic se introduce în mercur, în loc de apă, atunci sticla se comportă liofob față de mercur, formîndu-se un menisc cu concavitatea spre interior. Mercurul va cobori în tub (fig. 2.33, b) și se produce o ascensiune capilară negativă, cu atît mai mare cu cît diametrul capilar este mai mic.

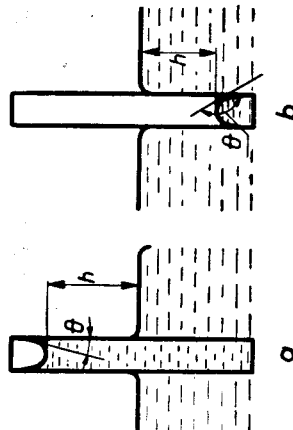


Fig. 2.33. Ascensiunea capilară.

### 2.3.6. Aplicații ale fenomenelor de interfață

Una dintre aplicațiile cele mai frecvente în domeniul materialelor de construcție constă în modificarea caracterului liofil sau liofob al materialului prin folosirea unor substanțe tensioactive.

Substanțele tensioactive sînt de natură organică și au molecula alungită, un capăt nepolar (obișnuit un rest hidrocarbonat) și un capăt polar ionic, terminat cu una din grupările —OH, —COOH sau —SO<sub>3</sub>H. Exemplu de substanțe tensioactive sînt acizii grași cu formula generală  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$ .

Liofobizarea (hidrofobizarea) constă în micșorarea afinității unei substanțe față de lichide (apă). Dacă se consideră un solid cu suprafața hidrofilă (legături polare sau ionice între particule), atunci substanța tensioactivă se adsoarbe cu terminația polară pe solid și cu terminația nepolară spre exterior (fig. 2.34), transformînd suprafața din hidrofilă în hidrofobă. Aplicațiile cele mai importante ale acestei transformări în domeniul materialelor de construcție sînt: stabilizarea argilelor prin hidrofobizare și obținerea cimentului hidrofob.

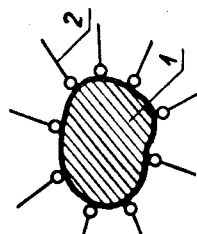


Fig. 2.34. Hidrofobizarea solidelor: 1 — solid hidrofil; 2 — substanță tensioactivă.

Liofilizarea (hidrofilizarea) constă în modificarea liofobiei unor interfețe pentru a obține răspîndirea unui lichid pe suprafața unui solid. Pentru aceasta se folosesc tot substanțe tensioactive cu molecule alungite polare-nepolar. Aceasta se aplică în cazul în care se urmărește formarea unor sisteme disperse stabile (emulsii) între faze nemiscibile. Astfel, pentru a emulsiona uleiuri cu apa se folosesc substanțe tensioactive denumite emulgatori. În funcție de natura emulgatorului și de proporția în care se află componentii se obțin emulsii de ulei în apă, ca mediu de dispersie (fig. 2.35, a), sau de apă în ulei (fig. 2.35, b).

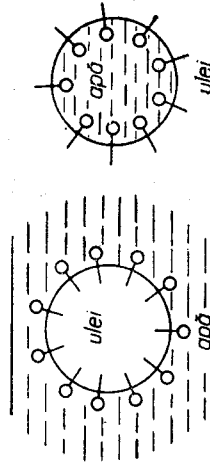


Fig. 2.35. Obținerea emulsiilor.

În ambele cazuri, prin liofilizare reciprocă, se realizează emulsii cu structură diferită; acest procedeu este folosit pentru obținerea de emulsii din bitum de petrol pentru diverse întrebuințări (v. cap. 12).

Liofilizarea se aplică și la curățirea prealabilă a metalelor care urmează a fi acoperite cu alt metal, prin electroliză.

Cromatografia este o metodă de separare a unor amestecuri foarte complexe în substanțele componente atît pentru scopuri de laborator cît și pentru scopuri industriale. Se procedează la trecerea amestecului fluid printr-o coloană care conține adsorbant cu o suprafață specifică mare (cărbone activ, silicagel, oxid de aluminiu etc.).

Flotația este o aplicație practică importantă a fenomenelor de suprafață și are drept scop îmbunătățirea minereurilor. În industrie, minereurile care conțin mineralele utile (cu caracter hidrofob) și resturi, numite steril (cu caracter hidrofil) se macină foarte fin astfel încît forța gravitațională să fie mai mică decît tensiunea superficială dezvoltată la suprafața solid-lichid. Pulberea obținută se răspîndește pe suprafața apei; granulele de steril fiind hidrofile sînt udate cu apă și trase în interiorul lichidului (fig. 2.36), iar mineralele utile nu sînt udate și plutesc la suprafața apei, făcîndu-se astfel separarea.

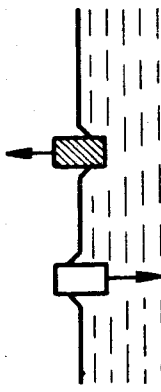


Fig. 2.36. Flotația

## 2.4. SISTEME DE SUBSTANȚE

### 2.4.1. Definiții și clasificări

Se numește *sistem de substanțe* acela rezultat prin punerea în comun a două sau mai multe substanțe, sub formă de particule mai mari sau mai mici; sistemele de substanțe se mai numesc și amestecuri de substanțe.



Substanțele chimice individuale aflate într-un sistem se numesc *componente* și sistemul este *omogen* când în masa lui nu se observă suprafețe de separație; dacă sistemul este alcătuit din două sau mai multe părți, despărțite prin suprafețe, amestecul este *eterogen*. Astfel, o soluție de clorură de sodiu în apă este un sistem omogen monofazic cu doi componenți, iar sistemul apă-gheață este un sistem eterogen bifazic (faza lichidă și cea solidă).

Intr-un sistem de două substanțe, totalitatea particulelor divizate sau dispersate reprezintă *faza dispersată* sau *dispersoid*, iar substanța care le înconjoară, în care se face dispersia se numește *fază dispersantă* sau *mediu de dispersie*.

După mărimea particulelor dispersoidului, există următoarele trei grupe de sisteme de dispersie:

— *soluțiile*, având dimensiunile dispersoidului sub 1 mμ, sînt considerate sisteme omogene deoarece particulele de dispersoid sînt molecule mici, atomi sau ioni;

— *sistemele coloidale* cu dimensiuni ale dispersoidului de ordinul a 1.1...100 mμ, particulele neputînd fi observate și măsurate cu microscopul optic;

— *suspensiile* în care particulele dispersoidului depășesc ordinul de mărime 100 mμ, putînd fi observate cu microscopul optic.

Între aceste tipuri de sisteme nu există limite nete de separație, ci o trecere continuă.

Sistemele de substanțe se pot clasifica și după starea de agregare a substanțelor componente. În tabelul 2.1. sînt date tipurile de sisteme de substanțe, clasificate după starea de agregare a componentelor, în condiții normale de presiune și temperatură.

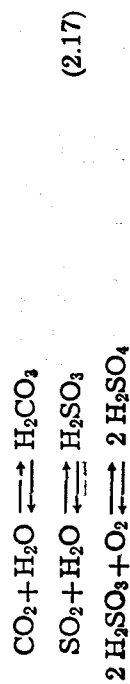
Pentru practică cele mai importante sisteme de substanțe sînt diversele soluții și sisteme coloidale.

## 2.4.2. Soluțiile

2.4.2.1. **Amestecurile de gaze.** Acestea sînt sisteme omogene formate din dispersii moleculare de gaz în gaz. Pentru construcții cel mai important sistem de gaze îl constituie aerul atmosferic, care are următoarea compoziție, în volume: 78% azot; 21% oxigen și 1% gaze inerte. În afară de acești componenți principali aerul mai conține: vapori de apă; CO<sub>2</sub> aproximativ 0,03%, provenind din fenomene biologice și arderea combustibililor; SO<sub>2</sub> (provenit din procese industriale); compuși ai azotului etc.

Aerul atmosferic prezintă interes pentru durabilitatea construcțiilor întrucît produce corodarea lor.

Astfel, existența CO<sub>2</sub> și SO<sub>2</sub> în aer concomitent cu prezența umidității ducе la formarea acidului carbonic și sulfuric, respectiv sulfuros, după ecuațiile:



Tabelul 2.1

Clasificarea sistemelor de substanțe

| Mediul de dispersie | Dispersoidul | Simbolul sistemului | Sisteme posibile în funcție de gradul de dispersie   | Exemple  |
|---------------------|--------------|---------------------|--|--|
| GAZOS               | Gazos        | G-G                 | Dispersie moleculară                                 | Aerul atmosferic   |
|                     | Lichid       | L-G                 | Sistem coloidal<br>Suspensie                         | Nor în aer<br>Burniță  |
|                     | Solid        | S-G                 | Sistem coloidal<br>Suspensie                         | Aerosolii<br>Praful în aer   |
| LICHID              | Gazos        | G-L                 | Dispersie moleculară<br>Sistem coloidal<br>Suspensie | Soluții în lichid<br>Spume coloidale<br>Spume grosiere             |
|                     | Lichid       | L-L                 | Dispersie moleculară<br>Sistem coloidal<br>Suspensie | Lichide miscibile<br>Emulsii coloidale<br>Emulsii                  |
|                     | Solid        | S-L                 | Dispersie moleculară<br>Sistem coloidal<br>Suspensie | Soluții în lichid<br>Soli<br>Nisip în apă                          |
| SOLID               | Gazos        | G-S                 | Dispersie moleculară<br>Sistem coloidal<br>Suspensie | Hidrogen în paladiu<br>Geluri uscate<br>Incluziuni, sulfuri        |
|                     | Lichid       | L-S                 | Sistem coloidal<br>Suspensie                         | Geluri<br>Incluziuni   |
|                     | Solid        | S-S                 | Dispersie moleculară<br>Sistem coloidal<br>Suspensie | Soluții solide<br>Sticla rubin<br>Solide cu structură<br>grunțoasă |

Aceste substanțe pot să atace construcțiile metalice, din piatră și din beton, dacă nu sînt protejate.

**2.4.2.2. Soluții în medii lichide.** Soluțiile în medii lichide sau, prescurtat, soluțiile lichide sînt foarte răspîndite în natură (toate apele naturale sînt soluții de diverse concentrații) și în industrie. Într-o soluție mediu de dispersie se numește *solvent* sau *dizolvant*, iar dispersoidul se numește *solvat*. În general, substanțele se dizolvă de preferință în solvenți cu legături chimice asemănătoare. De exemplu, parafina și grăsimile se dizolvă în hidrocarburi (benzină), deoarece atît solventul cît și dizolvatul au legături covalente, dar nu se dizolvă în apă care are molecule cu dipol moment mare și în care se dizolvă acizi, baze, săruri, cu legături ionice.

Solubilitatea  $S$  a unui material se exprimă prin cantitatea de substanță (g) care se dizolvă în 100 g dizolvant. La temperatura de 20 °C, substanțele „ușor solubile“ corespund condiției  $S > 1$ ; substanțele „greu solubile“ corespund condiției  $1 > S > 0,01$ , iar cele „insolubile“ au  $S < 0,01$ . Solubilitatea depinde de temperatură, presiune, suprafața de contact etc.; creșterea temperaturii crește solubilitatea substanțelor solide. Cînd un solvent se dizolvă cantitatea maximă de dizolvat se obține o soluție saturată; dacă soluția saturată este la temperatură ridicată și se răcește, ea devine soluție suprasaturată deoarece în stare răcită conține un exces de dizolvat. O soluție suprasaturată reprezintă un sistem în echilibru nestabil. Dacă se agită sau dacă se introduce în ea un mic cristal, excesul de dizolvat din soluție cristalizează imediat și soluția devine saturată.

În cele ce urmează se va insista mai mult asupra fenomenelor legate de dizolvarea solidelor în lichide, dizolvarea gazelor și a lichidelor în lichide prezentînd mai mică importanță pentru materialele de construcții.

**Mecanismul dizolvării solidelor în lichide** este diferit după cum solventul este apă sau un lichid organic cu molecule nepolare.

Substanțele solide cu rețeaua cristalină ionică la contactul cu apa se dizolvă după schema arătată în figura 2.37. În prima fază, denumită *faza de solvatare*, ionii de la suprafața solidului atrag moleculele dipol ale apei în conformitate cu sarcinile electrice pe care le au (fig. 2.37, a). Această fază, denumită *hidratarea ionilor*, este însoțită de o degajare de căldură, notată cu  $W_h$ .

În faza următoare, datorită micșorării legăturilor dintre ionii substanței solide ca urmare a apariției moleculelor dipol ale apei se produce ruperea legăturilor de rețea, iar ionii hidratați trec în soluție (fig. 2.37, b). În această fază se absoarbe o cantitate de căldură corespunzătoare creșterii energiei cinetice a ionilor hidratați, care erau fixați în rețeaua cristalină; această căldură de desfacere a particulelor din rețea se notează  $W_r$ . Dizolvarea se poate face cu degajare sau cu absorbție de căldură, după cum căldura necesară desprinderii ionilor din rețea  $W_r$  este mai mică sau mai mare decît căldura de hidratare a ionilor  $W_h$ . Dizolvarea poate, deci, să fie exotermă sau endotermă.

Pentru  $W_h > W_r$ , dizolvarea se face cu degajare de căldură (exoterm), soluția încălzindu-se. Exemplu este dizolvarea CaO, NaOH, CaCl<sub>2</sub> în apă etc.

Cînd  $W_h < W_r$ , dizolvarea este endotermă, iar soluția se răcește; este cazul dizolvării sărurilor hidratate ca: CaCl<sub>2</sub>·6 H<sub>2</sub>O; MgSO<sub>4</sub>·7 H<sub>2</sub>O etc.

După o schemă asemănătoare are loc și disocierea unor substanțe formate din rețele moleculare cu dipoli (fig. 2.38). În acest caz disocierea ionilor nu este totală ca în cazul substanțelor cu rețele ionice, în soluție coexistînd atît ioni hidratați cît și molecule dipol hidratate.

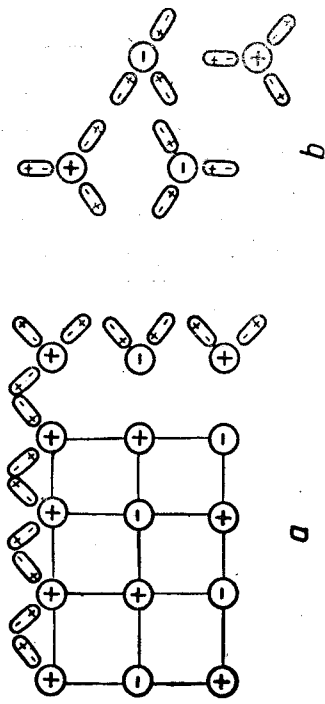


Fig. 2.37. Dizolvarea solidelor cu rețea ionică în apă.

În cazul solidelor cu rețea moleculară și a solvenților organici, dizolvarea începe tot prin asocierea moleculelor solventului cu moleculele periferice ale solidului. Fenomenul se numește *solvatare*, moleculele dizolvatului trecînd în soluție ca molecule solvatare.

Dizolvatul exercită anumite modificări asupra caracteristicilor solventului cum ar fi: punctul de fierbere al soluției este mai ridicat decît al

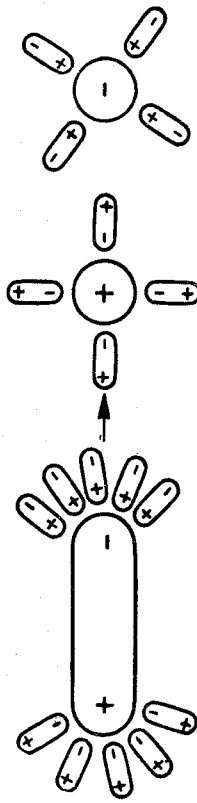


Fig. 2.38. Dizolvarea solidelor cu rețea moleculară în apă.

solventului pur, iar punctul de solidificare este mai mic. Această comportare se datorește reducerii presiunii vaporilor saturați de deasupra soluției ca urmare a modificării tensiunii superficiale. De asemenea, dizolvatul influențează și viscozitatea solventului aceasta fiind cu atît mai mare cu cît concentrația soluției este mai ridicată.

**Presiunea osmotică** a soluțiilor este presiunea echivalentă presiunii hidrostatice care se opune trecerii dizolvatului în soluție, cînd dizolvatul și soluția sînt separate printr-o membrană semipermeabilă. Această presiune apare datorită tendinței particulelor de substanță (molecule, ioni) de a difuza în întregul volum al lichidului. Pentru explicarea fenomenului se consideră un tub în formă de U (fig. 2.39), în care brațele sînt despăr-

e printr-o membrană semipermeabilă  $m$  (pergament, celofan); printr-o fel de membrană trec moleculele mai mici de dizolvant (de exemplu, zahăr) și sînt oprite moleculele mai mari (de exemplu zahărul).

Se presupune că se introduce în brațul  $A$  dizolvant pur, de exemplu apă, iar în brațul  $B$  o soluție de zahăr în apă, astfel ca nivelul în cele două brațe să fie același (fig. 2.39,  $a$ ). Tendința de repartizare uniformă a substanței dizolvate se realizează prin trecerea moleculelor de apă din brațul  $A$  în brațul  $B$  pentru a difuza în soluție. Această trecere se face pînă cînd presiunea atmosferică echilibrează presiunea hidrostatică (fig. 2.39,  $b$ ); rezultă că presiunea osmotică este egală cu presiunea coloanei de soluție  $h$ .

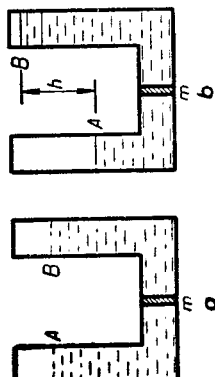


Fig. 2.39. Presiunea osmotică a soluțiilor.

Pentru soluții diluate, presiunea osmotică se supune aceluiași legi ca și gazele ideale. Fenomenele de osmoză se produc atît la întărirea lianților hidraulici cît la acțiunea soluțiilor agresive asupra lianților întăriți.

2.4.2.3. **Soluții solide.** Acestea sînt dispersii moleculare, ionice sau atomice în medii de dispersie solide. Exemplu de asemenea dispersii sînt seriile izomorfe și aliajele, soluții solide (vezi cap. 10).

### 2.4.3. Soluțiile de electroliți

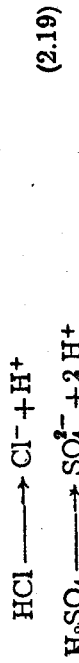
Prin studiul diferitelor soluții, în scopul determinării masei moleculare și ajutorul presiunii osmotice, s-a observat că substanțele organice (zahărul, ureea etc.) au practic aceleași valori ca și cele calculate teoretic, în timp ce soluțiile de acizi, baze și săruri prezintă abateri. S-a ajuns la concluzia că aceste substanțe dizolvate în apă sînt desfac moleculele în ioni în încărcare electrică și conduc curentul electric. Proprietatea unor substanțe de a se desface în ioni, atunci cînd sînt dizolvate în apă se numește *disociere electrolitică* sau *ionizare*; substanțele respective se numesc *electroliți*.

Trecînd un curent electric prin soluție, ionii încărcăți pozitiv (cationii) sînt dirijați spre catod, iar ionii încărcăți negativ (anionii) sînt dirijați spre anod.

Cîteva exemple de disociere electrolitică se dau în continuare. La dizolvarea sărurilor se formează ioni mobili electropozitivi și electronegativi:

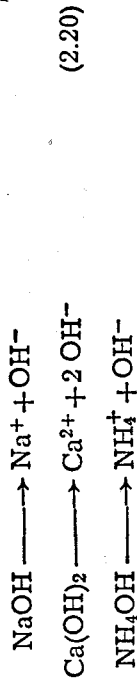


La dizolvarea acizilor se pun în libertate ioni simpli sau complecși electronegativi și ioni de hidrogen electropozitivi:



Ionii de hidrogen formați în soluție se hidratează, formînd ioni de hidrogen  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

Prin dizolvarea bazelor se pun în libertate ioni simpli sau complecși electropozitivi și ioni electronegativi  $\text{OH}^-$ :



S-a stabilit că numai o parte din moleculele dizolvate în soluție se disociază în ioni și că disocierea crește cu diluarea soluției. De asemenea, ionii avînd mișcări dezordonate, se pot ciocni între ei refăcînd moleculele inițiale, care pot din nou să disocieze.

Grădul de disociere reprezintă raportul dintre numărul de molecule disociate și numărul total de molecule dizolvate și depinde de natura substanței și a solventului, de concentrație și temperatură. Din punctul de vedere al gradului de disociere, electroliții sînt:

- electroliți tari, cu grad mare de disociere, din această grupă făcînd parte:  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;
- electroliți mijlocii ca:  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ;
- electroliți slabi, cu grad mic de disociere, ca:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ .

Disocierea electrolitică este o reacție reversibilă deoarece se stabilește un echilibru între moleculele dizolvate și cele disociate în soluția apoasă. Astfel, dacă se notează cu  $\text{AB}$  electrolitul, iar cu  $\text{A}^-$  și  $\text{B}^+$  ionii disociați, se scrie ecuația reversibilă:



Reacțiile de disociere ale electroliților, ca toate reacțiile chimice reversibile în sisteme omogene, decurg conform legii acțiunii maselor. După această lege, viteza cu care se produce o transformare chimică, la o temperatură dată, este proporțională cu produsul maselor sau mai corect, al concentrațiilor substanțelor care se transformă la acea temperatură.

Conform ecuației (2.21), viteza  $v_1$ , de disociere electrolitică (de la stînga la dreapta), este:

$$v_1 = K_1 [\text{AB}], \quad (2.22)$$

în care:

$K_1$  este un coeficient de proporționalitate corespunzător temperaturii la care se află soluția de electrolit;

$[\text{AB}]$  — concentrația substanței dizolvate nedisociate din unitatea de volum (concentrația molară).

Pentru reacția de recombinare a ionilor (de la dreapta la stînga), rezultă:

$$v_2 = K_2 [\text{A}^-] [\text{B}^+], \quad (2.23)$$

în care:  $[\text{A}^-]$ ,  $[\text{B}^+]$  sînt concentrațiile ionilor.

Reacțiile (2.21) se produc de la stînga la dreapta sau invers pînă la atingerea stării de echilibru dinamic cînd  $v_1 = v_2$ , de unde rezultă:

$$K_1 [\text{AB}] = K_2 [\text{A}^-] [\text{B}^+] \quad (2.24)$$

$$K = \frac{K_1}{K_2} = \frac{[A^-][B^+]}{[AB]}, \quad (2.25)$$

care  $K$  este constanta de disociere electrolitică, corespunzătoare temperaturii la care se află soluția.

*Concentrația ionilor de hidrogen (hidroniu).* În funcție de raportul dintre concentrația ionilor de  $H^+$  și cea a ionilor de  $OH^-$  soluțiile pot să fie: neutre când concentrația ionilor de  $H^+$  este egală cu a ionilor de  $OH^-$ ; acide, când concentrația ionilor de  $H^+$  o depășește pe cea a ionilor de  $OH^-$ ; bazice când concentrația ionilor de  $H^+$  este inferioară concentrației ionilor de  $OH^-$ . Soluțiile naturale acide sau bazice pot provoca acțiuni disociative asupra materialelor de construcții, fapt pentru care este necesar să se cunoască concentrația ionilor de hidrogen, notată convențional cu  $pH$ .

*Apa pură, deși practic se consideră că nu disociază, suferă totuși o abă disociere, conform ecuației :*



Constanta de disociere electrolitică a apei pure este :

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}, \quad (2.27)$$

au

$$[H^+][OH^-] = K [H_2O] \quad (2.28)$$

La temperatură normală constanta de disociere a apei (determinată prin măsurarea conductivității electrice) este  $1,8 \cdot 10^{-16}$ , iar concentrația apei în moli a unui litru de apă este  $1000 : 18,016 = 55,56$  ( $M_{H_2O} = 2 \cdot 1,008 + 16 = 18,016$  echiv. gram). Deoarece în apa neutră concentrația ionilor  $H^+$  este egală cu a ionilor  $OH^-$  rezultă :

$$[H^+]^2 = 1,8 \cdot 10^{-16} \cdot 55,56 = 10^{-14}$$

adică :

$$[H^+] = 10^{-7} \quad (2.29)$$

Aceasta este concentrația ionilor de hidrogen a apei pure ; apele acide or avea concentrația în  $H^+$  mai mare (exponential scade sub 7), iar la apele bazice situația este inversă. În mod convențional, s-a hotărât ca în loc de numere exponentiale să se ia numai exponentul cu semn schimbat și să se noteze cu  $pH$  ; Deci  $pH = -\lg [H^+] = 1/\lg [H^+] = -\lg 10^{-7}$ . Rezultă că apele acide au  $pH < 7$ , cele neutre  $pH = 7$ , iar apele bazice  $pH > 7$ .

Valorile  $pH$  ale soluțiilor se determină cu aparatul de precizie ( $pH$ -metre) sau cu ajutorul unor fiși de hirtie de filtru, îmbibate cu coloranți organici numiți indicatori, care-și schimbă culoarea în funcție de  $pH$ -ul soluției.

#### 2.4.4. Apele naturale

Apa este una dintre cele mai răspândite substanțe din natură ; aproape trei sferturi din suprafața globului pămîntesc este acoperită cu apă. După felul lor apele naturale pot fi clasificate în : *ape meteorice* (ploaie, zăpadă) ; *ape de suprafață* (ape curgătoare, lacuri) ; *ape subterane* (de infiltrație, minerale, de izvor) și *apa mărilor* și a *ocanelor*. O mare parte din apa de pe suprafața globului se găsește în stare solidă, în regiunile polare.

Apa pură este compusă din hidrogen (11,2%) și oxigen (88,88%) cu formula chimică  $H_2O$  ; în realitate moleculele de apă sint asociate prin legături de hidrogen, iar structura corectă corespunde formulei  $(H_2O)_n$  în care  $n = 2, 3, \dots$

Apele naturale, în circuitul pe care-l efectuează, își schimbă continuu compoziția datorită substanțelor cu care vin în contact și pe care le dizolvă sau le rețin în suspensie.

*Apele de precipitații* (meteorice) sint cele mai curate dar și ele conțin, în soluție, cantități variabile de gaze aflate în atmosferă :  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $NH_3$  etc. În regiunile industriale apele de precipitații mai conțin  $Cl_2$ ,  $HCl$ ,  $SO_2$  etc.

*Apele de suprafață curgătoare* conțin : gazele din aer ; cationii  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$  etc. și anionii  $HCO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$  etc. Compoziția apelor stătătoare depinde de cea a afluenților, de natura rocii care formează fundul albiei, de regimul ploilor din regiune.

*Apele subterane de infiltrație* conțin  $CO_2$  care acționează asupra rocilor calcaroase cu formarea de  $Ca(HCO_3)_2$  solubil cît și a altor componenți solubili. Prin dizolvarea unor cantități variabile de combinații alcaline, de  $Fe$ ,  $Mn$  etc. apele de infiltrație se mineralizează.

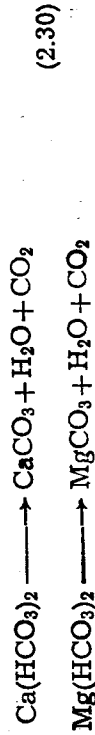
*Apa ocanelor* are o compoziție aproape constantă ; ea conține aproximativ 3,5% săruri, dintre care 2,7% este clorură de sodiu. Mai conține ioni de  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Br^-$ ,  $SO_4^{2-}$  și cantități foarte mici de iod și metale grele. Marea Neagră are un conținut în săruri de 1,8%.

Pe lângă substanțele dizolvate, apa naturală conține permanent în suspensie particule solide de nisip, argilă, resturi de plante și animale, precum și microorganisme de tot felul.

**2.4.4.1. Proprietățile fizice ale apei.** Apa care conține în cantitate mare săruri de calciu și de magneziu se numește *apă dură* ; aceasta fierbe greu alimentele, face puțină spumă cu săpunul și formează multă crustă (piatră de cazan) pe pereții cazanelor.

Totalitatea sărurilor de calciu și de magneziu dizolvate în apă formează *duritatea totală* a apei respective  $D_T$ .

Bicarbonații de calciu și de magneziu formează *duritatea temporară* a apei  $D_t$ . Această duritate se îndepărtează prin fierbere, în urma descompunerii bicarbonaților cu degajare de  $CO_2$  și formarea precipitatelor de  $CaCO_3$  și  $MgCO_3$  :





Celelalte săruri de calciu și magneziu (cloruri, sulfuri, azotați) formează *duritatea permanentă* a apei  $D_p$ .

Duritatea totală a unei ape este dată de suma durtăților temporară și permanentă:

$$D_T = D_t + D_p. \quad (2.31)$$

Duritatea apei se exprimă în grade de durtate, un grad de durtate fiind egal cu un conținut de 10 mg oxid de calciu la un litru de apă.

*Temperatura de solidificare* a apei este  $0^\circ\text{C}$ , iar cea de fierbere  $100^\circ\text{C}$ . Pre deosebire de alte substanțe, la care densitatea crește continuu la răcire, apa are densitatea maximă la  $+4^\circ\text{C}$ ; la temperaturi superioare și inferioare, densitatea apei scade. Gheața la  $0^\circ\text{C}$  are densitatea  $0,91\text{ g/cm}^3$ , volumul ei fiind cu circa 10% mai mare decât al unei mase egale de apă.

O altă proprietate care deosebește apa de alte substanțe este *căldura specifică*; dintre toate substanțele solide și lichide, apa are căldura specifică cea mai mare. De aceea, iarna ea se răcește mai încet, iar vara se încălzește mai greu. Cantitatea de căldură degajată la solidificarea (înghețarea) apei este egală cu cea absorbită la topire și reprezintă  $1,4\text{ kcal}$  pentru fiecare mol de apă.

**2.4.4.2. Apa și materialele de construcții.** Pentru unele materiale de construcții, de tipul pietrelor artificiale (mortare, betoane), apa este un component de bază, ea trebuind să îndeplinească o serie de condiții de ordine în calitativ și cantitativ.

Apele exercită și o acțiune distructivă de natură fizică sau chimică care micșorează durabilitatea construcțiilor.

Astfel, datorită mării volumului prin îngheț se exercită presiuni mari și pereții porilor și capilarelor în care se găsește apa și aceasta duce la degradarea treptată a elementelor de construcții.

Apele care conțin anumiți electroliți, pot duce la coroziunea materialelor de construcții, mai ales în zone industriale în care concentrația electroliților este mai mare.

Apele dure sau cu alte săruri pot produce pete (eflorescențe) pe suprafața elementelor de construcții sau pot, în condiții speciale, să dea loc la cristalizarea sărurilor în interiorul porilor, cristalizare care se produce cu mărirea de volum și provoacă degradarea acestor elemente.

Apele cu conținut foarte redus de săruri, denumite ape moi (apa din ploii și din topirea zăpezilor, apa distilată), au o putere mare de dizolvare și o acțiune degradantă asupra materialelor de construcții care conțin ciment (mortare, betoane).

#### 2.4.5. Sistemele coloidale (coloizii)

**2.4.5.1. Generalități și clasificări.** Așa cum s-a arătat, sistemele coloidale sînt sisteme disperse în care dispersoidul are dimensiuni de ordinul de mărime  $1 \dots 100\text{ m}\mu$  ( $10^{-5} \dots 10^{-7}\text{ cm}$ ).

Uneori prin noțiunea de sistem coloidal se includ atît sistemele propriu-zise (numite soluții coloidale) cît și suspensiile, la care mărimea particulelor de dispersoid depășește  $100\text{ m}\mu$  ( $10^{-5}\text{ cm}$ ). În tabelul 2.1 s-au clasificat

sistemele coloidale în funcție de starea de agregare a substanțelor și de gradul de dispersie. Sistemele coloidale se mai pot clasifica și după alte criterii, printre care:

După *comportarea fazei de dispersie față de particule*, în:

— coloizi liofili, la care faza de dispersie udă particulele;

— coloizi liofobi, la care faza de dispersie nu udă particulele.

După *origine* sistemele coloidale sînt:

— naturale ca: ceața, norii și cele ce se întilnesc în procesul de formare a rocilor, solurilor, mîlului etc.;

— artificiale, care apar în procesele tehnologice de fabricare a materialelor de construcții, săpunului, cauciucului sintetic etc. De asemenea, există în procesul de întărire a cimentului, varului, ipsosului și la lianții bituminosi, lacuri, vopsele etc.

După *natura lor*, coloizii sînt:

— anorganici (hidroxizi, acizi, sulfuri);

— organici (clei, gelatină, albumină, săpun, cauciuc).

Pentru industria construcțiilor și a materialelor de construcții cele mai importante sisteme coloidale sînt dispersiile de solid în lichid, numite *soli* și dispersiile de lichid în solid, numite *geluri*; cînd lichidul din geluri se evaporă se formează geluri uscate numite *xerogeluri*.

Coloizii sînt sisteme macroeterogene deoarece particulele fazei disperse constituie o fază independentă cu o suprafață mare de separare de mediul de dispersie (suprafața specifică este suprafața exterioară a tuturor particulelor provenite dintr-un centimetru cub de substanță compactă). Această suprafață variază între  $60$  și  $6\,000\text{ m}^2$  pentru  $1\text{ cm}^3$  de dispersoid.

Sistemele coloidale se formează prin mai multe căi: condensare sau aglomerarea unor particule mici și prin dispersare sau fragmentarea unor particule mai mari, care depășesc dimensiunile celor coloidale.

**2.4.5.2. Structura solilor.** În continuare se va prezenta structura solilor liofili și liofobi separat deoarece acești coloizi se deosebesc în privința structurii și a comportării, avînd drept caracteristică comună numai mărimea particulei dispersoidului.

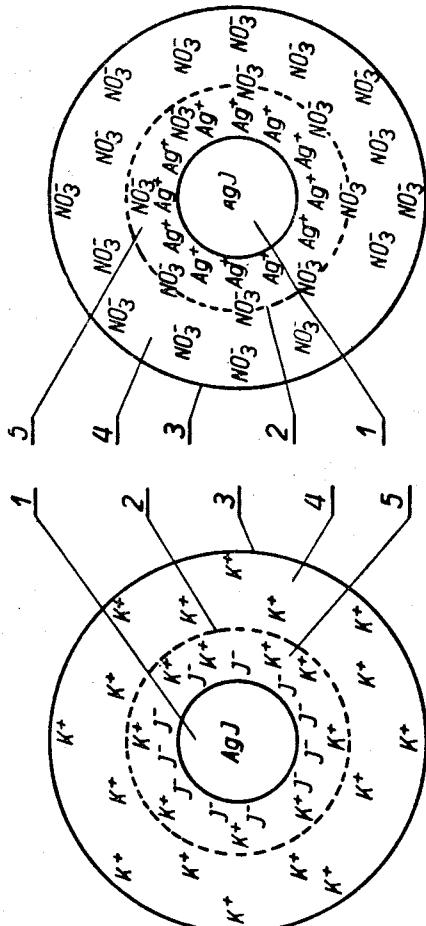
*Solii cu dispersoid liofob* se formează din substanțe care au afinitate relativ redusă față de mediul de dispersie și necesită metode fizico-chimice pentru dispersare. Particulele dispersoidului reprezintă niște micle care sînt formate din nucleu  $N$ , strat de adsorbție și strat de difuzie sau difuz (fig. 2.40). Nucleul împreună cu stratul de adsorbție formează granula sau particula din micelă, iar stratul de adsorbție împreună cu stratul de difuzie formează partea ionogenă sau sfera ionică a micelii.

Nucleul este constituit dintr-un ansamblu de atomi neutri cu structură cristalină; stratul de adsorbție, bine delimitat, aderă la nucleu prin legături covalente; el este constituit din  $n$  ioni, care dau semnul potențialului și din  $n-x$  contraioni. Stratul de difuzie, nedelimitat strict în faza de dispersie, este format din contraioni al căror număr total este  $x$  (diferența dintre numărul ionilor  $n$  și numărul contraionilor din stratul de adsorbție); acești  $x$  contraioni pot fi deplasați cu ușurință de pe suprafață. Micelă rezultată are toate sarcinile electrice compensate în interior și se prezintă electroneutră spre exterior; toate micellele avînd înveliș exterior de semn egal, se resping electrostatic cînd se apropie prea mult prîna mișcare browniană, ceea ce dă stabilitate solului liofob (hidrofob).

In figura 2.40 sînt prezentate exemple de soli liofobi :

— solu de AgI se formează prin reacția dintre KI și  $\text{AgNO}_3$  (fig. 2.40, a).  
 a adăugarea de  $\text{AgNO}_3$  într-o soluție de KI se formează un coloid negativ (fingă), iar la adăugarea de KI într-o soluție de  $\text{AgNO}_3$  se formează un coloid pozitiv (dreapta) ;

— unii dispersoizi adsorb din mediul de dispersie molecule alungite, care au un capăt nepolar și o terminație ionizabilă. Este cazul materiale-



a

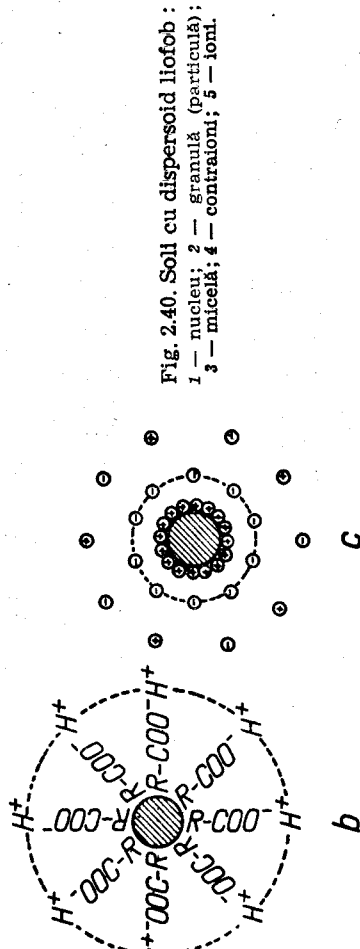


Fig. 2.40. Soli cu dispersoid liofob :  
 1 - nucleu; 2 - granulă (particulă);  
 3 - micelă; 4 - contraioni; 5 - ion.

b

r bituminoase lichide, care sînt dispersii coloide de hidrocarburi solide și hidrocarburi lichide, în care se mai găsesc dizolvați și acizi asfaltogenici în forma generală  $\text{R}-\text{COOH}$ . Aceștia sînt adsorbiți cu radicalul hidrocarbonat R de particula dispersoidului și cu carboxilul spre exterior. Prin socierea electrolitică a carboxilului, stratul de adsorbție ia sarcină electrică negativă (anioni), iar stratul de difuzie electropozitivă, cationi  $\text{H}^+$  (fig. 2.40, b) ;

— alți dispersoizi se pot găsi într-un mediu de dispersie care conține un electrolit ionizat. În această situație particula dispersoidului adsoarbe

selectiv numai un singur fel de ioni care dau sarcina particulei, iar ionii de sens contrar (contraionii) dau învelișul difuz din jurul particulei (fig. 2.40, c).

Separarea dispersoidului liofob din soli se poate face prin mai multe metode :

- ultrafiltrarea care constă din filtrarea solilor prin filtre speciale cu pori mai mici de  $10^{-7}$  cm ;
- ultracentrifugarea care este o centrifugare cu viteze foarte mari ;
- prin fierberea solului, producîndu-se coagularea datorită desorbției stratului difuz ;

— prin adăugarea unor soluții de electroliți care compensează sarcinile ionilor din stratul difuz ;

— prin aplicarea unui cîmp electric de curent continuu prin care ionii din stratul difuz migrează spre un electrod, iar granula spre celălalt electrod, producîndu-se coagularea. Fenomenul se numește *electroforeză*.

Solii cu *dispersoid liofil* se caracterizează printr-o acțiune puternică între particulele dispersate și mediul de dispersie. Particulele sînt formate, de obicei, din compuși macromoleculari care se dispersează spontan sau la ușoară încălzire în mediul de dispersie.

Acești soli sînt, în realitate, soluții moleculare dar avînd macromoleculele de ordinul  $10^{-7}$  cm, soluția are proprietăți de sol. Macromoleculele adsorb molecule de solvent și se autodispersează, astfel că fiecare moleculă are un înveliș format dintr-un roi de molecule de solvent (fig. 2.41, a).

Soli cu dispersoid liofil pot forma și unele substanțe tensioactive cu moleculă mică (exemplu săpun de sodiu în apă sau bitum în solvenți organici) care formează asociații de foarte multe molecule astfel că ajung la

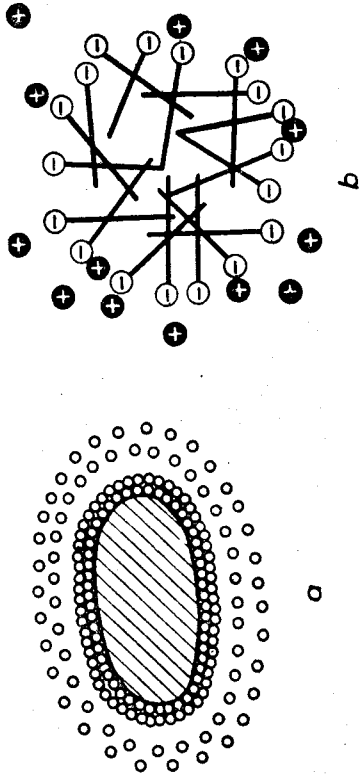


Fig. 2.41. Soli cu dispersoid liofil.

dimensiuni coloidale. Acestea se orientează cu capetele hidrofobe unul spre altul, iar capetele hidrofile adsorb un înveliș de molecule din mediul de dispersie (fig. 2.41, b).

Solii cu dispersoizi liofilii nu se pot aglomera din cauza învelișului lor difuz de solvatare care funcționează ca un înveliș elastic, respingînd macromoleculele la ciocnirea lor ; deci stabilitatea acestor soli nu este dată de sarcini electrice ca în cazul solilor liofobi.

Separarea dispersoidului din soli cu dispersoid liofil se poate face prin următoarele mijloace : evaporarea solventului, ultrafiltrare, ultracentrifuga-

gare și solifiere. Prin solifiere se adaugă săruri solubile în apă (când mediul de dispersie este apă), ionii sărurilor respective având acțiune de sus-tragere a apei din stratul protector al micelilor, care se vor reuni în formații mari, vizibile cu ochiul liber. Fenomenul se numește coagulare. Acțiuni asemănătoare se produc și când mediul de dispersie nu este apă.

2.4.5.3. **Structura gelurilor.** Gelurile sînt dispersii coloide de lichid în solid și iau naștere din solii liofili sau liofobi prin stricarea echilibrului acestora (acțiunea electroliților, evaporarea mediului de dispersie, scăderea temperaturii etc.).

Spre exemplu, dacă particulele dispersoidului liofob sînt filiforme sau amelare (fig. 2.42, a), atunci la anularea sarcinii lor electrice, printr-un mijloc oarecare, se produce o gelificare; adică particulele se leagă între ele prin puncte, prin acțiunea forțelor van der Waals și legăturilor de hidrogen, formînd o rețea tridimensională, în ochiurile căreia rămîne dispersat mediul inițial de dispersie (fig. 2.42, b). În acest fel a luat naștere un gel. Un fenomen asemănător se produce și la solii liofili cu moleculele filiforme sau lamelare.

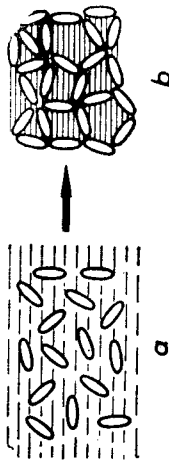


Fig. 2.42. Transformarea sol-gel.

Solii cu moleculele sferice coagulează, producînd aglomerări cu structură de gel, independente unele de altele și care sedimentează imediat ce au format; fenomenul este denumit floclare.

Transformarea sol-gel este reversibilă, gelul trecînd din nou în sol printr-unul din următoarele tratamente:

- prin adăugare de fază lichidă (v. transformarea pastei de var, care este un gel, în lapte de var care este un sol, cap. 5);
- prin încălzire moderată cînd energia calorică mărește energia cinetică a particulelor care depășește forțele atractive dintre ele;
- prin agitare sau vibrație mecanică, acestea acționînd în mod similar u energia calorică.

Transformarea gelului în sol prin acțiuni mecanice se numește *tixotropie*, iar gelurile *tixotropice*. Dacă solul este lăsat în repaus se stabilesc noi leagături între particule (forțele van der Waals) și se restabilește structura de gel. Tixotropia se poate manifesta și la suspensii de argilă pe care se execută drumuri sau alte construcții. Sub acțiunea unor forțe exterioare se produce transformarea gel-sol, terenul respectiv cedînd. La alte materiale de construcții proprietățile tixotropice devin utile. Astfel, la vopsele este necesar ca acestea să fie fluide în timpul aplicării cu pensula, dar să se scurgă de pe suprafețele verticale, gelificîndu-se cît mai repede; pentru aceasta se adaugă pigmentii dispersați coloid.

În cazul în care la formarea gelului se stabilesc legături de valență între molecule, gelul rezultat devine nereversibil. Este cazul solului de bioxid de liciu hidratat, care se transformă nereversibil în gel.

Gelurile se prezintă ca niște solide care la uscare se contractă, iar la umezire se umflă. Unele geluri, de tipul compuşilor macromoleculari naturali și sintetici (cauciuc, polistiren), la uscare își reduc volumul foarte

mult și se deformează pătrîndu-și elasticitatea pînă la un conținut redus de solvent. Alte geluri, cum sînt  $\text{SiO}_2$  hidratat (silicagel), cărbunii activi, gelurile bentonitice etc., nu-și reduc prea mult volumul la uscare și pierd elasticitatea, devenind fragile și sfărîmicioase.

Un fenomen întîlnit la geluri este îmbătrînirea. Aceasta se produce în timp, cînd faza lichidă dispersată în geluri se evaporă treptat, iar particulele solide, care formează structura tridimensională, se apropie una de alta.

## Capitolul 3

### CARACTERISTICI GENERALE ALE MATERIALELOR ȘI DETERMINAREA LOR

#### 3.1. CARACTERISTICI FIZICO-MECANICE

##### 3.1.1. Mărimi fundamentale. Sisteme de unități

Orice mărime fizică exprimă o proprietate fizică, ce poate fi mai intensă sau mai puțin intensă, mai mare sau mai mică.

Mărimile care exprimă aceeași proprietate, deosebindu-se între ele nu mai cantitativ, se numesc mărimi de aceeași natură.

A măsura o mărime înseamnă a stabili de cîte ori se cuprinde în ea o altă mărime de aceeași natură, aceasta din urmă denumindu-se *unitatea* mărimii respective. Solidul care reprezintă o unitate de mărime se numește *etalonul* acelei mărimi.

Exprimarea cantitativă a mărimilor fizice implică alegerea unui sistem de unități. Operarea cu unitățile de măsură a fost foarte mult ușurată prin alegerea arbitrară a unui număr restrîns de *unități fundamentale*; toate celelalte unități de măsură, a căror mărime nu este arbitrară ci este definită cu ajutorul unităților fundamentale, se numesc *unități derivate*. Deosebirea dintre unitățile fundamentale și cele derivate se face, în scris, astfel: unitățile fundamentale se reprezintă prin simbolul lor, scris cu majuscule, iar unitățile derivate prin simbolul lor, pus între paranteze drepte. De exemplu, unitatea de lungime, care este unitate fundamentală se reprezintă prin L, iar unitatea de masă prin M cînd este unitate fundamentală și prin [m] cînd este unitate derivată.

Ansamblul tuturor unităților de măsură, a căror mărime este determinată de anumite unități fundamentale, constituie un *sistem de unități de măsură*.

Primul sistem de unități de măsură, propus în 1861 și adoptat în 1881, a fost sistemul centimetru—gram—secundă, sau pe scurt sistemul CGS.



Unitatea CGS de lungime este centimetrul (simbol cm), care reprezintă a treia parte din lungimea la 0 °C a metrului etalon internațional. Metrul a fost definit ca a zecea milioana parte din sfertul meridianului pământesc (operații ulterioare au arătat că lungimea meridianului este ceva mai mare decât valoarea care a servit inițial la definirea metrului). Etalonul metrului internațional a fost turnat dintr-un aliaj de platină cu 10% iridiu, în forma unei bare cu secțiunea transversală X și se găsește la Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți de la Sèvres (Franța).

Unitatea CGS de masă este gramul (simbol g) și este a mia parte din masa etalonului internațional al kilogramului. Kilogramul a fost definit, în principiu, ca greutatea unui decimetru cub de apă distilată, la temperatura de 4 °C, etalonul fiind reprezentat printr-un cilindru de platină iradiată. S-a constatat ulterior că greutatea etalonului de platină iradiată nu este exact greutatea decimetrului cub de apă distilată. Cu toate acestea a păstrat kilogramul ca „masă” etalonului aflat la Sèvres.

Unitatea CGS de timp este secunda (simbol s) și reprezintă a 86 400-a parte din ziua solară medie. Sistemul CGS a folosit foarte mult fizicienilor, dar nu a satisfăcut pe ingineri, deoarece acest sistem are unele unități foarte mici, altele prea mari față de necesitățile practice. De aceea s-a introdus sistemul practic MKS cu unitățile de bază metru, kilogramul-masă și secunda.

În domeniul ingineriei de construcții și mecanică s-a introdus sistemul tehnic MKfS, în care unitățile fundamentale sînt metru, kilogramforța și secunda. Acest sistem se deosebește de celelalte sisteme prin aceea că are două mărimi fundamentale este forța nu masa. În acest sistem unitatea de forță este kilogramforța, avînd simbolul kgf. Ea reprezintă greutatea în aer a etalonului internațional de masă, corespunzătoare accelerației normale a gravitației egală cu 9,80665 ms<sup>-2</sup>.

În octombrie 1960 s-a ținut la Paris a XI-a Conferință generală de măsurări și greutăți, care a propus un nou sistem de unități de măsură, cu denumirea de Sistem Internațional al Unităților, cu simbolul SI. Sistemul internațional al Unităților de măsură se bazează pe următoarele șase unități fundamentale (celelalte sisteme se bazează pe trei unități fundamentale):

- unitatea de lungime . . . . . metru (m)
- unitatea de masă . . . . . kilogram (kg)
- unitatea de timp . . . . . secunda (s)
- unitatea de intensitate a curentului electric . . . . . amper (A)
- unitatea de temperatură . . . . . kelvin (K)
- unitatea de intensitate luminoasă . . . . . candela (cd)

După sistemul internațional, metru și secunda au primit alte definiții. prezent metru se definește ca fiind egal cu 1 650 763,73 lungimi de undă în vid ale radiației care corespunde tranziției atomului de Kripton între nivelele 2p<sub>10</sub> și 5d<sub>5</sub>. Secunda se definește ca fiind intervalul de timp egal cu 9 192 631 770 perioade ale radiației corespunzătoare tranziției între două nivele hiperfine ale stării fundamentale a atomului de cesiu 133.

Multiplii și submultiplii unităților din Sistemul Internațional, cu prefixele corespunzătoare sînt prezentați în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1

Multiplii și submultiplii unităților de măsură din SI

| Prefix | Factor multiplicativ al unității | Simbol |
|--------|----------------------------------|--------|
| tera   | 10 <sup>12</sup>                 | T      |
| giga   | 1 000 000 000 000                | G      |
| mega   | 1 000 000 000                    | M      |
| kilo   | 1 000                            | K      |
| hecto  | 100                              | h      |
| deca   | 10                               | da     |
| deci   | 10 <sup>-1</sup>                 | d      |
| centi  | 0,1                              | c      |
| mili   | 0,01                             | m      |
| micro  | 0,001                            | μ      |
| nano   | 0,000 001                        | n      |
| pico   | 0,000 000 001                    | p      |
|        | 10 <sup>-12</sup>                |        |

### 3.1.2. Densitatea materialelor

Prin densitatea unui material se înțelege raportul dintre masa și volumul lui. Densitatea se poate exprima în mai multe feluri: densitatea ρ (denumită densitate reală); densitatea aparentă ρ<sub>a</sub>, densitatea în grămadă ρ<sub>g</sub> și densitatea în stivă ρ<sub>s</sub>.

Necesitățile de ordin practic, rezultate din aplicarea unor prescripții tehnice ce se bazează încă pe așa-zisele sisteme „tolerate” de măsură (MKfS), fac ca în locul densității să se utilizeze noțiunea de greutate specifică γ. Aceasta reprezintă raportul dintre greutatea unui material și volumul lui, existînd mai multe feluri de greutăți specifice ca și în cazul densității.

Densitatea materialelor se măsoară, în SI, în kg/m<sup>3</sup>, iar greutatea specifică în kgf/m<sup>3</sup> (MKfS).

Densitatea ρ se definește prin raportul:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (3.1)$$

iar greutatea specifică prin:

$$\gamma = \frac{G}{V}. \quad (3.2)$$

Determinarea densității, respectiv a greutății specifice prin aplicarea relațiilor de mai sus, presupune cunoașterea volumului real, fără pori, al materialului. Deoarece materialele de construcții prezintă un anumit grad de porozitate (excepție fac sticla de calitate superioară și oțelul) pentru

Determinarea volumului real este necesară distrugerea structurii și eliminarea porilor. Acest lucru se realizează prin mojararea materialului până la o dimensiune mai mică de 0,2 mm (trece integral prin sita de 900 ochiuri/cm<sup>2</sup>). Din materialul mojarat se cîntărește, la balanța farmaceutică, o anumită cantitate care se introduce într-un balon cotat (picnometru) avînd volumul cunoscut  $V_B$  (fig. 3.1). Determinarea volumului materialului introdus se face prin umplerea balonului cu lichid (apă, petrol etc.) dintr-o biuretă. Pentru cantitatea de lichid  $V_1$  introdusă din biuretă, volumul materialului  $V$  se determină cu relația :

$$V = V_B - V_1. \quad (3.3)$$

Densitatea aparentă  $\rho_a$  reprezintă raportul dintre masa  $m$  a unui material poros și volumul său aparent  $V_a$ , adică :

$$\rho_a = \frac{m}{V_a}. \quad (3.4)$$

Masa materialului se determină prin cîntărire, iar volumul aparent, după diferite metode în funcție de forma materialului :

- Determinarea volumului aparent prin măsurarea directă a dimensiunilor probei pentru materialele cu o formă geometrică regulată.
- Determinarea volumului aparent prin măsurarea volumului de apă dislocuit pentru materialele de formă geometrică neregulată. Determinările se fac pe probe saturate cu apă sau acoperite cu un strat subțire de parafină, folosind mai multe procedee. Astfel, pentru probe de dimensiuni mici se folosește un cilindru gradat, umplut pe jumătate cu apă, în care se introduce proba de material. Volumul aparent al materialului reprezintă cea mai creșterea nivelului apei în cilindru. Pentru probe de dimensiuni mari se folosește un vas metalic cilindric, prevăzut cu un orificiu lateral (fig. 3.2) sau balanța hidrostatică (fig. 3.3). În primul caz, se intro-

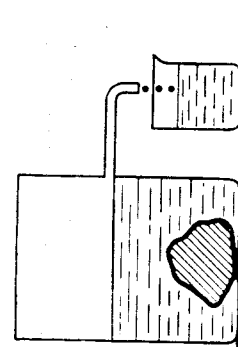


Fig. 3.2. Determinarea volumului aparent.

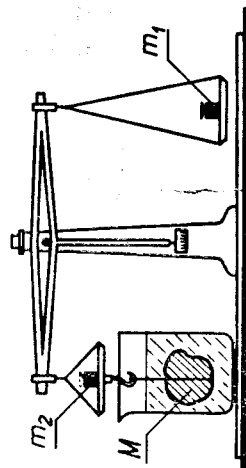


Fig. 3.3. Determinarea volumului aparent la balanța hidrostatică.

duce apă în vasul cilindric pînă la nivelul orificiului și apoi se introduce proba ; apa dislocuită reprezintă tocmai volumul aparent al probei. În cazul folosirii balanței hidrostatice, proba saturată cu apă de masă  $M$  se cează de talerul balanței și aceasta se echilibrează cu masa  $m_1$ . Se scu-

fundă, apoi, proba într-un vas cu apă și se aduce din nou balanța în echilibru cu masa  $m_2$ , care reprezintă, numeric, tocmai volumul de apă dislocuit de probă, egal cu volumul aparent al probei (Principiul lui Archimede).

— Determinarea volumului aparent prin metoda utilizată pe șauter presupune folosirea unui vas gol, de volum  $V_1$ , în care se introduce proba de material saturată. Se cîntărește vasul cu proba, obținînd masa  $m_1$ , se umple cu apă și se cîntărește din nou, obținîndu-se masa  $m_2$ . Masa apei introduse  $m_a$ , respectiv volumul ei  $V_2$ , rezultă simplu :

$$m_a (V_2) = m_2 - m_1. \quad (3.5)$$

Volumul aparent  $V_a$  al probei se poate determina din diferența :

$$V_a = V_1 - V_2. \quad (3.6)$$

Densitatea în grămadă  $\rho_g$  se referă la materialele alcătuite din granule, între care există goluri (ciment, nisip, pietriș etc.). Densitatea în grămadă (sau în vrac) reprezintă raportul dintre masa  $m$  a materialului granular și volumul său în grămadă  $V_g$ , care cuprinde volumul solid al materialului, porii granulelor și golurile dintre granule :

$$\rho_g = \frac{m}{V_g}. \quad (3.7)$$

Determinarea densității în grămadă se face în vase metalice cilindrice cu dimensiunile în funcție de mărimea maximă a granulelor materialului cercetat.

Valoarea  $V_g$  este în funcție de gradul de îndesare al materialului, astfel că densitatea în grămadă se determină fie în stare afinată  $\rho_{ga}$ , fie în stare îndesată  $\rho_{gt}$ .

Densitatea în stivă  $\rho_s$  se determină la materialele care se pot așeza în stivă (cărămizi, lemne etc.) și se calculează cu relația :

$$\rho_s = \frac{m}{V_s}, \quad (3.8)$$

unde masa  $m$  se determină prin cîntărire, iar volumul stivei  $V_s$  prin calcul, cunoscînd dimensiunile ei.

### 3.1.3. Compactitate, porozitate și volum de goluri

Compactitatea  $C$  a unui material reprezintă raportul dintre volumul fazei solide  $V$  și volumul său aparent  $V_a$ , adică :

$$C = \frac{V}{V_a}, \quad (3.9)$$

iar în funcție de densități, din relațiile (3.1) și (3.4), rezultă :

$$C = \frac{\rho_a}{\rho}. \quad (3.10)$$

Se constată că prin compactitate se înțelege gradul de umplere al volumului materialului cu substanță solidă. Deoarece volumul aparent al unui

Corp este compus din volumul de material solid  $V$  și volumul tuturor porilor  $V_p$ , adică :

$$V_a = V + V_p, \quad (3.11)$$

rezultă că  $V_a \geq V$  și deci  $C \leq 1$ . Valorile limită se referă la materiale lipsite de pori ca sticla, oțelul ș.a. la care compactitatea este maximă :  $C = 1$ .

Compactitatea se exprimă, obișnuit, în practică în procente și reprezintă caracteristică importantă de care depind alte proprietăți ale materialelor : rezistențele mecanice, permeabilitatea, rezistența la îngheț-dezghet etc.

Porozitatea caracterizează gradul de neumplere al volumului unui material cu substanță solidă. În funcție de natura porilor se deosebesc două tipuri de porozități : totală și aparentă (deschisă).

— Porozitatea totală se definește ca raportul dintre volumul total al porilor închiși și deschiși  $V_p$  și volumul aparent al materialului  $V_a$  :

$$p_t = \frac{V_p}{V_a}. \quad (3.12)$$

Ținând seama de relația (3.11) rezultă :

$$p_t = \frac{V_a - V}{V_a} = 1 - C \quad (3.12')$$

deci :

$$C + p_t = 1 \text{ sau } \% C + \% p_t = 100. \quad (3.13)$$

Rezultă, cum este și normal, că porozitatea totală și compactitatea sînt complementare. La fel cu compactitatea, porozitatea se exprimă, în mod obișnuit, în procente :

$$\% p_t = \frac{V_a - V}{V_a} \cdot 100 = \frac{\rho - \rho_a}{\rho} \cdot 100. \quad (3.14)$$

— Porozitatea aparentă (deschisă) reprezintă totalitatea porilor deschiși comunicanți cu exteriorul care se găsesc în unitatea de volum (sau masă) de material. Această porozitate se determină numai pe cale experimentală. Dacă se notează cu  $m_{sa}$  masa probei în stare uscată, cu  $V_a$  volumul aparent și cu  $m_s$  masa în stare saturată cu apă, atunci volumul de pori deschiși în proba respectivă este :

$$V_{pd} = \frac{m_s - m_{sa}}{\rho_a \rho_{ap}}. \quad (3.15)$$

Această exprimare, cu luarea în considerare a densității apei (1 g/cm<sup>3</sup>), este necesară pentru cazurile cînd se lucrează în alte sisteme de unități precum CGS.

Porozitatea aparentă, exprimată funcție de volum  $p_{av}$  sau de masă  $p_{am}$ , este :

$$p_{av} = \frac{V_{pd}}{V_a}; \quad \% p_{av} = \frac{V_{pd}}{V_a} \cdot 100; \quad (3.16)$$

$$p_{am} = \frac{V_{pd}}{m_{sa}} \text{ [m}^3/\text{kg]}. \quad (3.16')$$

Din relațiile de mai sus se poate stabili o corelație între  $p_{av}$  și  $p_{am}$

$$p_{av} = p_{am} \rho_a = \frac{m_s - m_{sa}}{m_{sa}} \cdot \frac{\rho_a}{\rho_{ap}}. \quad (3.17)$$

Volumul de goluri  $V_{gol}$ , caracteristic materialelor granulare, reprezintă totalitatea spațiilor libere ce se găsesc în unitatea de volum între granulele unui material, așezat într-un anumit fel. Exprimarea volumului de goluri se poate face în mod analog cu porozitatea totală, dacă se substituie  $V$  cu  $V_a$  și  $V_a$  cu  $V_g$  în relația (3.14) :

$$\% V_{gol} = \frac{V_g - V_a}{V_g} \cdot 100 = \frac{\rho_a - \rho_g}{\rho_a} \cdot 100. \quad (3.18)$$

După cum s-a precizat la determinarea densității în grămadă, materialul granular se poate găsi în stare afinată sau îndesată, volumul de goluri putînd fi determinat în aceste două situații.

### 3.1.4. Comportarea materialelor la acțiunea apei

Apa are o acțiune complexă asupra proprietăților fizico-mecanice și chimice ale materialelor. Aprecierea cantitativă a acțiunii apei asupra materialelor se face prin determinarea unor caracteristici fizice și mecanice : absorbția de apă, permeabilitatea și rezistența la îngheț-dezghet.

Absorbția de apă este proprietatea unui material de a absorbi și a reține apa în porii și capilarele sale. Absorbția se determină experimental prin saturarea cu apă a unei probe de material uscat (la 105...110 °C) de volum  $V_a$  și masă (răcită)  $m_{us}$ . În funcție de materialul cercetat, saturația se poate face : la presiune normală prin introducerea treptată în apă ; la subpresiune (20 mm col. Hg) ; la presiune ridicată (150 daN/cm<sup>2</sup>) ; prin fierbere. Proba saturată se cîntărește  $m_{sa}$ , absorbția de apă calculîndu-se fie raportată la masă  $a_m$ , fie raportată la volum  $a_v$  :

$$\% a_m = \frac{m_{sa} - m_{us}}{m_{us}} \cdot 100; \quad (3.19)$$

$$\% a_v = \frac{m_{sa} - m_{us}}{V_a \rho_{ap}} \cdot 100. \quad (3.20)$$

Se constată că aceste relații sînt asemănătoare cu cele de la determinarea porozității. Pentru eliminarea confuziilor sînt necesare următoarele precizări : absorbția de apă este mai mică decît porozitatea totală, deoarece apa nu pătrunde în porii închiși și nu este reținută de porii mari ;  $m_s$  din formula pentru calculul porozității aparente este mai mare decît  $m_{sa}$  deoarece aceasta din urmă se poate referi la un material saturat parțial cu apă (apa nu este reținută în porii mari) și numai la o saturare completă cele două valori sînt egale.

Ca și în cazul porozității, între  $a_m$  și  $a_v$  se poate scrie relația :

$$a_v = a_m \cdot \rho_a / \rho_{ap}. \quad (3.21)$$

Absorbția de apă variază în limite foarte largi la materialele de construcții : de la valori neînsemnate pînă la 300% pentru materialele poroase.



O caracteristică de importanță practică pentru materiale este *umiditatea* și reprezintă cantitatea de apă pe care o conține un material la un moment dat. Umiditatea se determină prin luarea unei probe de masă  $m_n$  și uscarea acesteia pînă la masă constantă  $m_{us}$ . În funcție de criteriul de referință, se determină umiditatea relativă  $U_r$  și umiditatea absolută  $U_a$ :

$$\% U_r = \frac{m_n - m_{us}}{m_n} \cdot 100; \quad (3.22)$$

$$\% U_a = \frac{m_n - m_{us}}{m_{us}} \cdot 100. \quad (3.23)$$

Între cele două tipuri de umidități se poate stabili o corelație prin efectuarea raportului  $U_r/U_a$  și scăderea din unu a ambilor membri ai ecuației. Rezultă:

$$U_r = \frac{U_a}{1 + U_a}. \quad (3.24)$$

Absorbția de apă și umiditatea au efecte negative asupra multora din proprietățile materialelor de construcții: rezistențe mecanice, densitate, existența la îngheț-dezghet etc.

Influența absorbției de apă asupra rezistențelor mecanice se apreciază antitativ prin coeficientul de înmuiere  $K$ , care reprezintă raportul dintre existența unui material în stare saturată  $R_s$  și rezistența lui în stare uscată  $R$ :

$$K = \frac{R_s}{R}. \quad (3.25)$$

*Permeabilitatea* corpurilor solide este proprietatea lor de a lăsa să treacă în volum oarecare de apă (lichid), aer sau vapori în anumite condiții date.

Permeabilitatea la apă se apreciază după indicii de permeabilitate care reprezintă cantitatea de apă, în litri, ce trece printr-un metru pătrat de suprafață, pe o grosime de un metru, timp de o oră, la presiune și temperatură constante. Permeabilitatea la lichide a materialelor depinde de porozitate, de mărimea și orientarea porilor, de viscozitatea mediului lichid etc.

Asupra diverselor materiale se determină, în mod practic, gradul de impermeabilitate care se caracterizează prin presiunea maximă la care rezistă o epruvetă (timp de 8 ore pentru beton) fără să prezinte infiltrații înă la fața opusă celei în contact cu apa.

Permeabilitatea la vapori, caracteristică a materialelor poroase, apare sub efectul forțelor moleculare și al dezechilibrului între umiditatea exterioră a mediului și umiditatea materialului și permite difuziunea vaporilor prin material, pînă la stabilirea echilibrului. Aceasta este o caracteristică importantă de care se ține seama la calculul izolării termice a construcțiilor.

*Rezistența la îngheț-dezghet* sau *rezistența la gelivitate* este caracteristică materialelor de rezistență la acțiunea alternantă a temperaturilor pozitive și negative, cînd sînt îmbibate cu apă. Conform normelor românești, rezistența la gelivitate se apreciază după numărul maxim de cicluri succese-

sive îngheț-dezghet, pe care le poate suporta un material fără ca micșorarea rezistențelor mecanice și pierderea de masă să scadă sub anumite limite stabilite, prin norme, pentru fiecare material.

Cantitativ, scăderea rezistențelor mecanice și pierderea de masă se apreciază prin coeficientul de înmuiere la gelivitate  $\eta_g$  și respectiv coeficientul de gelivitate  $\mu_g$ :

$$\eta_g = \frac{R_{u, n} - R_{g, a}}{R_{u, n}} \cdot 100; \quad \mu_g = \frac{m_s - m_g}{m} \cdot 100 \quad (3.26)$$

unde:

$R_{cu}$  este rezistența de rupere la compresiune a epruvetelor în stare uscată (inartor);

$R_{eg}$  — rezistența de rupere la compresiune după sollicitarea (de îngheț-dezghet);

$m$  — masa epruvetelor uscate (martor);

$m_g$  — masa epruvetelor după sollicitarea la îngheț-dezghet;

$m_s$  — masa epruvetelor saturate cu apă înainte de ciclul îngheț-dezghet.

Scăderea rezistențelor mecanice și pierderea de masă se datoresc trecerii din faza lichidă în faza solidă a apei (înghețului). Prin îngheț apa își mărește volumul cu circa 10%, solicitînd pereții porilor la eforturi de întindere; cînd este depășită rezistența la întindere se produce ruperea unor părți din material.

Rezistența la gelivitate se determină în laborator prin supunerea epruvetelor, saturate cu apă, la numărul de cicluri îngheț-dezghet stabilit de normative, în funcție de condițiile climatice și de condițiile de utilizare ale materialului (10...200 cicluri). Ciclul îngheț constă în păstrarea, un anumit timp, a epruvetelor într-un recipient la temperatura de cel puțin  $-15^\circ\text{C}$ , iar la ciclul dezghet probele se păstrează sub apă la temperatura camerei.

Realizarea ciclului îngheț se poate face prin folosirea frigiderului sau a cutiei de răcire (fig. 3.4). Un alt procedeu indirect și rapid, pentru realizarea efectului de gelivitate, este prin folosirea cristalizării de săruri în masa materialului ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ).

### 3.1.5. Comportarea materialelor la acțiunea căldurii

După natura lor materialele de construcții sînt neorganice (minerale) și organice. Sub acțiunea căldurii materialele se comportă diferit după cum sînt neorganice sau organice.

Materialele neorganice pot prezenta la încălzire progresivă unul din următoarele fenomene:

— mărirea porozității și reducerea densității aparente ca urmare a evaporării apei absorbite, a apei de cristalizare sau din cauza disocierii termice;

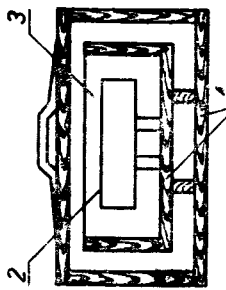


Fig. 3.4. Cutie de răcire:

1 — cutie de lemn cu pereți dubli; 2 — cutie din tablă zincată; 3 — agregat de răcire.

— reducerea porozității și creșterea rezistențelor mecanice datorită apariției topiturilor parțiale și a umplerii porilor cu topitură solidificată. Aceste fenomene se numesc clincherizare când porozitatea totală scade sub 8% și vitrificare când porozitatea totală are valori sub 2% ;

— la temperaturi mai ridicate, unele materiale se deformează sub propria lor greutate, după care se topecsc ; când temperatura de înmuiere sub propria greutate a unui material depășește 1580 °C, acesta se consideră refractar ;

— unele materiale, cum este betonul, se degradează treptat de la exterior spre interior, prin exfoliere.

Materialele organice, supuse la acțiunea căldurii, sînt combustibile, iar cele formate din macromolecule se descompun termic și dau substanțe gazoase combustibile.

În afara aspectelor prezentate mai sus căldura mai acționează asupra materialelor prin următoarele fenomene de importanță practică : dilatarea, propagarea căldurii, căldură specifică.

**3.1.5.1. Dilatarea corpurilor.** La modificarea temperaturii corpurile suferă variații ale dimensiunilor lor, denumite *deformații datorită variațiilor de temperatură*. La creșterea temperaturii deformațiile sînt de mărire de volum, iar la scăderea temperaturii se obțin micșorări ale volumului.

La corpurile sub formă de bară (cu una din dimensiuni mult mai mare decît celelalte două), deformațiile datorită variațiilor de temperatură se pun în evidență prin *coeficientul de dilatare liniară*  $\alpha$ .

Dacă se consideră o bară de lungime  $l_0$ , la temperatura de 0 °C, atunci la creșterea cu 1 °C a temperaturii, lungimea totală a barei va deveni  $l_0 + \Delta l_0$ , ceea ce înseamnă că unitatea de lungime a crescut cu :

$$\alpha = \frac{\Delta l_0}{l_0} \quad (3.27)$$

Rezultă că creșterea unității de lungime pentru un grad de temperatură reprezintă coeficientul de dilatare liniară.

Dacă temperatura crește cu  $T$  °C, lungimea barei devine :

$$l_t = l_0 + \alpha l_0 T = l_0 (1 + \alpha T) \quad (3.28)$$

Cantitatea  $(1 + \alpha T)$  este denumită *binom de dilatație liniară*.

Dacă se consideră lungimea unei bare  $l_1$  la temperatura  $T_1$ , atunci lungimea ei la temperatura  $T$  va deveni :

$$l_t = l_1 [1 + \alpha (T - T_1)] = l_1 (1 + \alpha \Delta T) \quad (3.29)$$

Pentru corpurile la care cele trei dimensiuni sînt apropiate ca valoare, variațiile de temperatură conduc la modificări ale volumului corpului. Se consideră un cub, care la 0 °C are latura egală cu unitatea și i se mărește temperatura cu un grad. Conform celor de mai sus rezultă că latura cubului devine  $l = 1 + \alpha$ , iar volumul :

$$V = (1 + \alpha)^3 = 1 + 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3 \quad (3.30)$$

Deoarece  $\alpha$  are valori mici se pot neglija termenii  $3\alpha^2$  și  $\alpha^3$ , putîndu-se scrie cu aproximație :

$$V = 1 + 3\alpha \quad (3.31)$$

Mărimea  $3\alpha$  reprezintă creșterea unității de volum cu gradul de temperatură și se numește coeficient de dilatație cubică, fiind notat cu  $\gamma$ .

Conform unor raționamente identice cu cele de la dilatația liniară, dacă volumul unui corp este  $V_1$  la temperatura  $T_1$ , atunci la temperatura  $T$ , volumul va fi :

$$V_t = V_1 [1 + 3\alpha (T - T_1)] = V_1 (1 + \gamma \Delta T) \quad (3.32)$$

**3.1.5.2. Propagarea căldurii.** Propagarea căldurii reprezintă tendința de trecere a căldurii, de la corpurile mai calde, la cele mai reci, ducînd în final, la uniformizarea temperaturii.

Propagarea căldurii se poate face în mai multe feluri : conducție, convecție (prin curenți) și radiație. Corpurilor solide le este proprie propagarea prin conducție.

Considerînd un material de grosime  $d$  cu temperaturile pe cele două fețe  $T_1$  și  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ) se va produce un transfer de căldură  $Q$ , de la  $T_1$  la  $T_2$ , care se calculează cu relația (fig. 3.5) :

$$Q = \lambda \frac{A}{d} (T_1 - T_2)t, \quad (3.33)$$

în care :  $A$  este aria pe care se consideră că se face transferul de căldură ;  $t$  — timpul considerat pentru transfer ;  $\lambda$  — coeficient de conductibilitate termică.

Prin urmare, *cantitatea de căldură condusă este direct proporțională cu suprafața de trecere, cu diferența temperaturilor și cu timpul și invers proporțională cu distanța străbătută*.

Coeficientul de conductibilitate termică reprezintă numeric acea cantitate de căldură care străbate într-o oră aria de un metru pătrat și distanța de un metru, dacă diferența temperaturilor, pe această distanță, este de un grad. Coeficientul de conductibilitate termică se exprimă în sistemul MKS în (kcal/m °C h), iar în SI în (W/mK). Cu-nnoșterea acestui coeficient este deosebit de importantă în construcții, pentru calculele termotehnice ale pereților, planșelor etc. (1 kcal/m °C h = 1,163 W/mK).

Conductivitatea termică  $\lambda$ , a materialelor depinde de compoziție, structură, temperatură etc. Între conductivitatea termică  $\lambda$  și densitatea aparentă  $\rho_a$  s-a stabilit o corelație :

$$\lambda = \sqrt{0,0196 + 0,22 \rho_a} - 0,14, \quad (3.34)$$

unde  $\rho_a$  este în g/cm<sup>3</sup> și  $\lambda$ , în kcal /m °C h.

Relația de mai sus este orientativă deoarece nu ține seama de unele particularități de structură ale materialelor. Astfel, la materiale cu  $\rho_a$  egale,

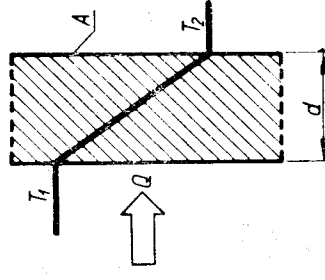


Fig. 3.5. Propagarea căldurii

dar care posedă porii fini sau incluși, căldura se transmite mai lent decât la materialele la care porii sînt de dimensiuni mai mari sau deschiși. De asemenea la un material lemnos, de-a lungul fibrelor  $\lambda_l = 0,3 \text{ kcal/m}^\circ\text{C}\cdot\text{h}$ , iar transversal pe fibre  $\lambda_r = 0,15 \text{ kcal/m}^\circ\text{C}\cdot\text{h}$ .

Coefficientul  $\lambda$  este influențat și de temperatură, fiind stabilită, pentru temperaturi pînă la  $100^\circ\text{C}$ , relația :

$$\lambda_t = \lambda_0 (1 + 0,00025 T), \quad (3.35)$$

unde :  $\lambda_0$  și  $\lambda_t$  sînt conductivitățile termice la temperatura  $T_0^\circ\text{C}$  și respectiv  $T^\circ\text{C}$ .

Pentru a avea valori cît mai reale ale coeficientului  $\lambda$  sînt necesare determinări de laborator.

**3.1.5.3. Căldura specifică.** Aceasta reprezintă cantitatea de căldură necesară pentru ca temperatura unui kilogram dintr-un corp să varieze cu un grad și se exprimă cu relația :

$$C = \frac{Q(T_2 - T_1)}{T_2 - T_1}. \quad (3.36)$$

Dacă se încălzește o cantitate  $m$  de material, de la temperatura  $T_1$  la temperatura  $T_2$  și avînd căldura specifică  $C$ , atunci cantitatea de căldură  $Q$  ce se consumă, este :

$$Q = m \cdot c (T_2 - T_1). \quad (3.37)$$

### 3.1.6. Comportarea materialelor sub acțiunea încărcărilor

Scheletul de rezistență al construcțiilor are rolul de a prelua toate încărcările ce apar în timpul exploataării lor și de a le transmite fundațiilor, iar de acolo la terenul de fundație. Studiul mecanismului de transmitere a încărcărilor, de determinare cantitativă a mărimilor mecanice din elementele structurii cît și dimensionarea și alcătuirea acestora fac obiectul disciplinelor care alcătuiesc „Mecanica construcțiilor” și al altor discipline de specialitate din domeniul ingineriei de construcții.

Disciplina „Materiale de construcții” cu obiectul ei bine precizat, nu își propune să abordeze aceste probleme. Plasarea, însă, în timp a studiului acestei discipline înainte ca studiul Mecanicii construcțiilor să fie început, face necesară abordarea, succintă, a unor aspecte legate de rezistența și statica construcțiilor. Tocmai de aceea, în cele ce urmează se vor prezenta câteva noțiuni de bază privind încărcările, eforturile și deformațiile.

**3.1.6.1. Încărcările (sarcinile).** Încărcările fac parte din categoria mai largă, denumită de STAS 10101/0-75 „acțiuni” și care se referă la toate cauzele exterioare sau interioare care generează eforturi și deformații în elementele de construcții. Acțiunile se clasifică conform STAS 10101/0-75, după criteriul frecvenței cu care sînt înfîlnite la anumite intensități. Astfel, acțiunile sînt :

— permanente (AP), care se aplică în mod continuu, cu o intensitate practic constantă în raport cu timpul. Ca acțiuni permanente se consideră

greutatea elementelor de construcții, efectul precomprimării, presiunea pămîntului etc. ;

— temporare (AT), care variază sensibil cu timpul sau pot să lipsască în anumite intervale de timp. În această categorie intră toate încărcările utile ale elementelor de construcții (oameni, utilaje, materiale, zăpadă, vînt), variații de temperatură, deplasări neuniforme ale terenului de fundație etc. ;

— excepționale (AE), care apar foarte rar, eventual niciodată în viața construcției, la intensități semnificative. Acțiuni excepționale pot fi încărcarea seismică (cutremurele), încărcări datorită inundațiilor, încărcări datorită rușerii unor elemente de construcții etc.

După variația lor în timp, sarcinile se împart în trei categorii : sarcini statice, sarcini dinamice, sarcini ciclice (repetate).

— Sarcinile statice cresc continuu și lent de la zero la valoarea lor finală, care se menține un timp mai mult sau mai puțin îndelungat (fig. 3.6, a).

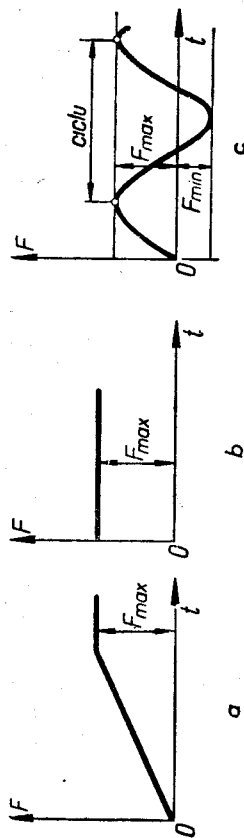


Fig. 3.6. Variația în timp a sarcinilor (încărcărilor).

— Sarcinile dinamice sînt aplicate brusc cu intensitatea lor finală și se mențin un timp relativ scurt (fig. 3.6, b).

— Prin sarcini (încărcări) ciclice se înțeleg acelea la care intensitatea sarcinii variază în timp de la  $F_{max}$  la  $F_{min}$  și înapoi la  $F_{max}$  (fig. 3.6, c).

**3.1.6.2. Eforturi și deformații.** Transmiterea sarcinilor la fundații și apoi la teren se face prin elementele structurii de rezistență, care se transpun într-o stare specială de solicitare interioară. Acest lucru se poate defini pe cel mai simplu element : o bară încadrată la un capăt și supusă la o forță de întindere axială  $F$ , la celălalt capăt (fig. 3.7).

Dacă se imaginează că bara respectiv se înlocuiește cu un model alcătuit din elemente de masă rigide  $\Delta m$ , legate între ele prin dispozitive speciale (de exemplu resoarte), atunci la acțiunea sarcinii statice, care se presupune că se aplică în trepte de încărcare  $\Delta F$ , au loc următoarele fenomene :

— în momentul aplicării treptelor de încărcare ale sarcinii statice, elementele de masă ale modelului execută translații foarte lente unele în raport cu celelalte ;

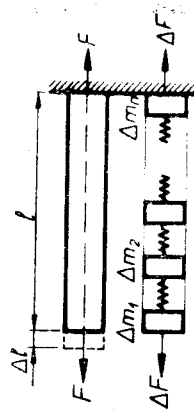


Fig. 3.7. Modelul transmiterii eforturilor și deformațiilor.

— în urma mișcării relative a elementelor de masă, în resorturile dispozitivelor de legătură se dezvoltă forțe de împotriri la lungirea lor ;  
 — mișcarea relativă a elementelor de masă și dezvoltarea forțelor în resorturi se produc succesiv ; deplasarea relativă a primului element de masă generează forță în resortul primului dispozitiv ; aceasta produce deplasarea relativă a celui de al doilea element de masă și așa mai departe pînă la dezvoltarea reacțiunii de încastrare.

Deci în urma încărcării lor, structurile se deformează, adică suferă, în general, variații de volum și de formă. Ca urmare a deformațiilor apar în scheletul de rezistență forțe interioare care transmit încărcările la fundații, unde se dezvoltă reacțiunile terenului de fundație asupra construcției. Sub acțiunea sarcinilor aplicate și a reacțiunilor, scheletul de rezistență este în echilibru static într-o poziție deformată ; în această situație structura se află într-o stare de efort interior, numit solicitare.

Analiza calitativă a stării de solicitare dă o imagine sugestivă a ceea ce se întâmplă cu structurile de rezistență supuse încărcărilor. Această analiză este însă neîndestulătoare pentru activitatea practică a inginerului, care este obligat să opereze cu aspectele cantitative ale stării de solicitare pentru a cerceta, proiecta și construi.

*Efortul unitar (tensiunea)* caracterizează intensitatea forțelor interioare din dreptul unui punct curent al secțiunii transversale (secțiunea transversală rezultă din intersecția barei considerate cu un plan perpendicular pe axa ei). Dacă se consideră bara cu secțiunea transversală din figura 3.8, de arie  $A$ , efortul unitar (normal) este definit cu relația :

$$\sigma = \frac{dP}{dA} \quad (3.38)$$

În sistemul MKfS, efortul unitar are unitatea de măsură (kgf/cm<sup>2</sup>), iar în SI, (N/m<sup>2</sup>) sau mai practic (daN/cm<sup>2</sup>), care este echivalent cu (kgf/cm<sup>2</sup>). În ultimul timp în SI se utilizează uzual N/mm<sup>2</sup> = 10 kgf/cm<sup>2</sup>.

Dacă se consideră cazul particular din figura 3.7, forțele interioare sînt uniform distribuite pe secțiunea transversală a barei, rezultînd că și intensitatea lor va fi constantă, deci efortul unitar va fi uniform distribuit pe secțiune. În acest caz definiția efortului unitar va rezulta :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.39)$$

Deci, efortul unitar (tensiunea) este forța interioară transmisă uniform distribuit prin unitatea de suprafață.

*Deformațiile specifice* caracterizează cantitativ modificarea volumului și formeii unui corp supus încărcărilor. Această modificare constă din două efecte simple : *deformația liniară* sau *lungirea* și *deformația unghiulară* sau *tuneccarea*.

În cazul barei din figura 3.7 se notează cu  $\Delta l$  deplasarea relativă a capătului liber care este în același timp și lungirea totală a barei sub acțiunea forței  $F$ . Cum bara are secțiune constantă și este confecționată dintr-un singur material, lungirea specifică se calculează din :

$$e = \frac{\Delta l}{l} \quad (3.40)$$

Legătura cauzală dintre eforturi și deformații reprezintă legea fizică de bază a mecanicii corpurilor deformabile. Definirea acestei legături depinde de natura fizică a deformației, care poate fi analizată fie fenomenologic, în baza unor aspecte exterioare, fie structural pe baza compoziției și structurii materialelor de construcție. În cele ce urmează se va prezenta aspectul fenomenologic al deformațiilor, analiza structurală fiind abordată în alte capitole ale lucrării.

Se disting astfel trei prototipuri fizice de deformații și anume : deformația elastică, deformația plastică și deformația viscoasă, ultimele două fiind manifestări ale deformației inelastice.

*Deformația elastică* a unui corp este reversibilă, adică dispare la anularea acțiunilor exterioare. În figura 3.9 este reprezentată grafic relația directă dintre efortul unitar  $\sigma$  și lungirea specifică  $e$  prin așa-numita curbă caracteristică a materialului. Caracterul elastic al deformației se manifestă prin unicitatea curbei caracteristice atît la încărcare, cît și la descărcare.

În cadrul deformării elastice a principalelor materiale de construcție, dependența  $\sigma - e$  este liniară, adică tensiunile normale sînt direct proporționale cu lungirile specifice :

$$\sigma = Ee \quad (3.41)$$

Această lege se numește legea lui Hooke, iar factorul de proporționalitate  $E$  — modulul de elasticitate longitudinal (modulul lui Young din Fizică).

În figura 3.9 este prezentată și exprimarea convențională (modelul reologic) a deformației elastice — resortul.

*Deformația plastică* pentru materialul ideal elastic-plastic este prezentată în figura 3.10. Starea de plasticitate apare, de regulă, după atingerea unei anumite limite a efortului unitar  $\sigma_e$ , denumită limită de curgere. Pentru corpul ideal elastic-plastic, dacă efortul unitar depășește limita de curgere, curbele de încărcare și descărcare nu coincid, fapt care deosebește, în mod esențial, acest proces de cel al deformației elastice. Modelul reologic al deformației plastice este reprezentat prin aluneccarea patinei.

*Deformația viscoasă* nu poate fi analizată în afara legăturii deformațiilor cu timpul. Fenomenul deformației viscoase se modelează prin curge-

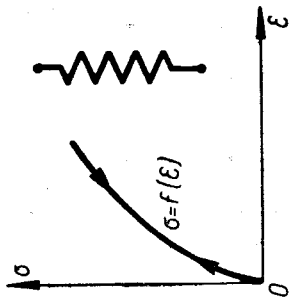


Fig. 3.9. Deformația elastică.



rea fluidelor viscoase (newtoniene). Cea mai simplă exprimare, legea liniară, este prezentată în figura 3.11 și este dată de relația :

$$\tau = K \frac{\partial v}{\partial t}, \quad (3.42)$$

unde :

$\tau$  este efortul unitar tangențial (acest efort unitar se găsește în planul secțiunii transversale în timp ce efortul unitar  $\sigma$  este perpendicular pe secțiunea transversală) ;

$\gamma$  — deformația unghiulară (lunecarea) ;

$K$  — coeficientul de viscozitate sau de rezistență interioară. Modelul reologic al acestei deformații îl reprezintă un vas cu piston, umplut cu un lichid viscos.

Deformațiile plastice și cele viscoase sînt deformații inelastice, ireversibile, adică au un caracter permanent și după anularea acțiunilor exte-

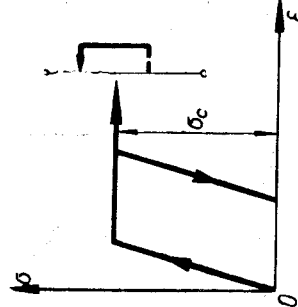


Fig. 3.10. Deformația plastică.

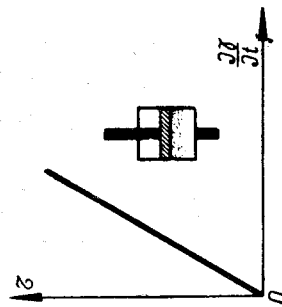


Fig. 3.11. Deformația viscoasă.

riore. În timp ce deformația plastică are loc într-un timp relativ scurt, comparabil cu timpul de apariție a deformației elastice, deformația viscoasă se desfășoară în timp îndelungat.

De regulă, tipurile fizice ale deformației se suprapun foarte des, astfel încît se cunosc deformații elastico-plastice, viscoelastice, elasto-viscoplastice etc.

## 3.2. INCERCAREA MATERIALELOR

Încercarea mecanică a unui material se definește ca fiind determinarea prin care un element din materialul respectiv — epruvetă — este supus la acțiuni exterioare (încărcări) pînă la distrugerea sa parțială sau totală. Scopul primar al încercărilor mecanice este de a se determina rezistența materialelor  $R$ , care pentru o epruvetă anume reprezintă valoarea critică a efortului unitar  $\sigma$  ( $\sigma$ ). În funcție de natura materialului, valoarea critică a efortului unitar poate să reprezinte fie valoarea sa maximă, fie cea valoarea care odată atinsă conduce la dezvoltarea unor deformații mari (în general plastice), care compromit folosirea în continuare a elementelor de construcție. În timpul încercării, în afara determinării rezistențelor, se mai

pot stabili și alte caracteristici fizico-mecanice ale materialelor ; există multe cazuri cînd scopul principal al încercărilor este tocmai determinarea acestor caracteristici, iar încercarea are loc fără distrugerea epruvetelor.

Din practica încercărilor și din studiile privind rezistența materialelor s-a constatat că afit deformațiile cît și ruperea sînt fenomene condiționate, în mare măsură, de imperfecțiunile (defectele) materialelor de construcție. În același timp starea mecanică a materialelor (starea de sollicitare) este dependentă de factori geometrici (mărimea și forma epruvetelor), de factori mecanici (modul de încărcare și variația în timp a încărcării) și de factori fizici (temperatura și umiditatea mediului ambiant). Rezultă că încercările de laborator pe epruvete în condiții bine precizate de încărcare și de parametri ai mediului ambiant dau indicații privind clasele de calitate ale materialelor și nu valori certe privind comportarea acestor materiale în construcțiile propriu-zise.

### 3.2.1. Încercări statice

Principalele încercări la sollicitările statice sînt încercarea la compresiune și încercarea la întindere.

**3.2.1.1. Încercarea la compresiune.** Epruvetele de încercare au diferite forme în funcție de materialul cercetat. În mod obișnuit se folosesc cuburi, cilindri, prisme sau diferite cupoane, acordîndu-se atenție specială dimensiunii epruvetelor după direcția de încercare. Această dimensiune nu trebuie să depășească cu mult celelalte dimensiuni, deoarece în timpul încercării pot să apară fenomene de instabilitate.

Determinarea rezistenței la compresiune se face cu ajutorul preselor cu acționare hidraulică (fig. 3.12). Încercarea diferitelor materiale se face în condiții standardizate, fiind prescrite, printre altele, vitezele de creștere a încărcărilor. Acestea sînt date în  $\text{daN/cm}^2$ , iar pentru determinarea valorilor de creștere în unitatea de timp este necesar a se înmulți vitezele de creștere cu suprafața epruvetei supusă încercării.

Rezistența materialului supus la compresiune se determină prin citirea forței maxime  $F_{max}$  pe care o suportă epruveta și raportarea ei la aria secțiunii solcitate  $A$  :

$$R_c = \frac{F_{max}}{A} \quad (3.43)$$

**3.2.1.2. Încercarea la întindere.** Încercarea la întindere centrică se realizează cu ajutorul mașinilor de încercat hidraulice, pentru materiale cu rezistența ridicată sau cu ajutorul unor dispozitive mecanice în cazul materialelor cu rezistență mică la întindere (piatra, betonul, mortarul etc.). În

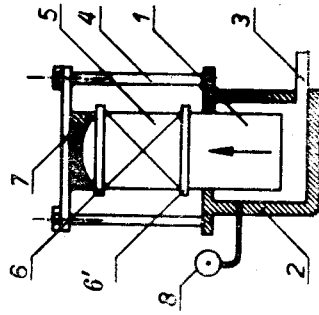


Fig. 3.12. Presă cu acționare hidraulică :

1 — cilindru; 2 — corp de pompă; 3 — conductă pentru lichid sub presiune; 4 — cadru metalic; 5 — epruvetă; 6, 6' — plăci; 7 — mecanism inferior; 8 — articulație sferică; 8' — cadran pentru indicarea forței.

figura 3.13, a este prezentată schematic mașina hidraulică pentru încercarea la întindere; în figura 3.13, b este prezentat un dispozitiv la care încărcarea se realizează hidraulic sau cu ajutorul unui șurub fără sfârșit, iar

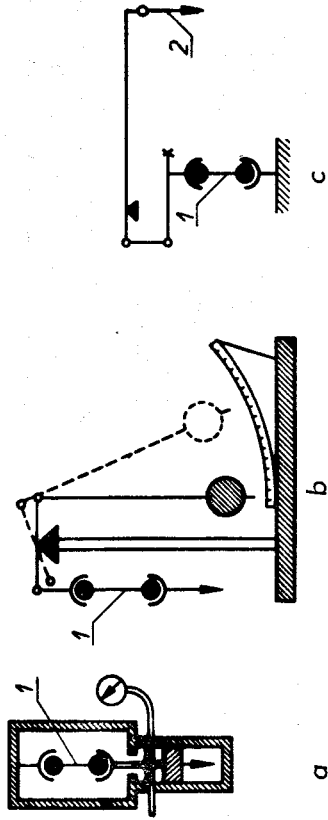


Fig. 3.13. Dispozitive pentru încercarea la întindere :  
1 — epruvetă; 2 — greutate.

măsurarea se face cu un pendul ce se deplasează pe un cadran gradat; în figura 3.13, c este prezentat un dispozitiv mecanic, la care încărcarea se realizează printr-o greutate care este amplificată printr-un sistem de pârghii.

Viteza de încărcare este specifică fiecărui material și este dată în standarde. Rezistența la întindere notată cu  $R_t$  sau  $\sigma_t$  se determină dintr-o formulă analoagă cu (3.43).

În figura 3.14 sunt prezentate câteva forme de epruvete pentru încercarea la întindere.

Pentru materialele de tipul pietrei, rezistența la întindere nu se determină din încercări directe, care sînt greu de realizat, ci prin încercarea la încovoire. Detalii în legătură cu realizarea acestor încercări vor fi prezentate în cap. 7 „Betoane cu lianți anorganici“.

Alte încercări statice se referă la încercări la forfecare, în cazul lemnului sau încercări la răsucire pentru oțel.

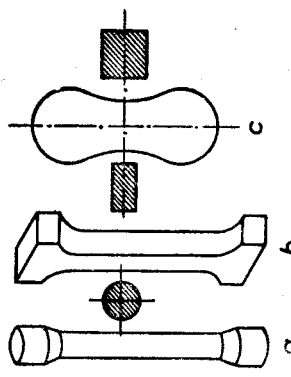


Fig. 3.14. Epruvete pentru încercarea la întindere: a — oțel; b — lemn; c — mortar și betoane.

### 3.2.2. Încercări dinamice

3.2.2.1. Încercarea la compresie prin șoc. În instalația din figura 3.15 se introduc pentru încercare epruvete prismatice sau cilindrice. Pentru efectuarea determinării, epruveta se așază pe nicovăla și se lasă berbecul să cadă liber, de la înălțimi din ce în ce mai mari, pînă la distrugerea epru-

vetei. Dacă greutatea berbecului este  $G$ , iar înălțimile succesive de cădere  $h_1, h_2, \dots, h_n$ , atunci rezistența la compresie prin șoc este:

$$R_{\theta} = \frac{G(h_1 + h_2 + \dots + h_n)}{V} = \frac{G \sum_{i=1}^n h_i}{V}, \quad (3.44)$$

unde  $V$  este volumul epruvetei.

Rezistența la compresie prin șoc se exprimă în daN·m/cm<sup>2</sup>.

3.2.2.2. Încercarea la încovoire prin șoc (reziliență). Această încercare are rolul de a pune în evidență tendința de rupere fragilă a oțelurilor. Încercarea se execută pe epruvete prismatice de dimensiuni mici cu o creștătură pe una din fețe pentru ca ruperea să se producă în acest loc (fig. 3.16, a). Mașina de încercat (fig. 3.16, b) are un ciocan cu o greutate în formă de potcoavă care se rotește în jurul unui punct fix O. Dacă ciocanul este lăsat să cadă liber din poziția A și nu i se opune altă rezistență decît a aerului, el ajunge în poziția B, în mod practic simetrică cu A. În cazul în care epruveta se așază pe două reazeme la partea inferioară a mașinii (perpendicular cu planul de rotire al ciocanului astfel încît acesta se izbește în dreptul creștăturii) ciocanul, după ce rupe epruveta, nu mai ajunge în poziția B, ci se oprește într-o poziție C. Energia consumată la ruperea epruvetei este dată de produsul dintre greutatea  $G$  a ciocanului și înălțimea  $h$  dintre pozițiile B și C.

Rezistența la încovoire prin șoc sau reziliența  $K_n$  se deduce din relația:

$$K_n = \frac{G \cdot h}{A_0}, \quad (3.45)$$

unde:

$A_0$  este aria secțiunii inițiale a epruvetei în dreptul axei creștăturii;

$n$  — indice care arată greutatea ciocanului.

Ciocanul cu care se efectuează încercarea se alege astfel încît ruperea să se producă dintr-o singură lovitură.

3.2.2.3. Încercarea de duritate. În scopul determinării proprietății materialelor de a se opune pătrunderii în masa lor a unor corpuri dure, ne-

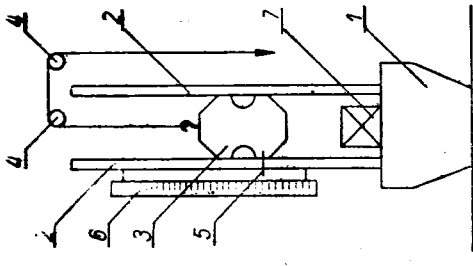


Fig. 3.15. Instalație pentru încercarea la compresie prin șoc: 1 — postament (nicovăla); 2 — bare de ghidare; 3 — berbec; 4 — scripeti; 5 — indicator; 6 — scară gradată; 7 — epruvetă.

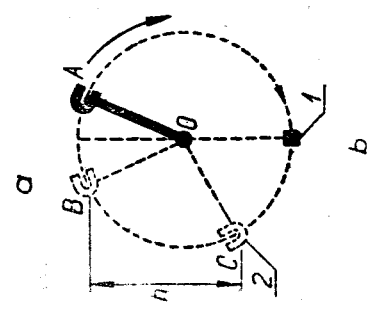
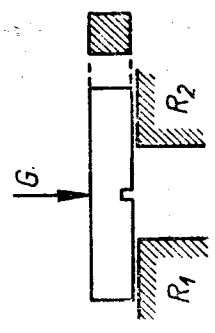


Fig. 3.16. Instalație pentru încercarea la încovoire prin șoc (reziliență): 1 — epruvetă; 2 — ciocan.

deformabile se efectuează încercarea de duritate. Există mai multe metode pentru stabilirea durității. Principiul acestor metode este comun: se aplică pe suprafața elementului de cercetat un corp dur (bilă, vîrf ascuțit), cu o forță  $F$ , de mărime și durată bine precizate, care lasă o urmă mai mică sau mai mare, după cum materialul este mai dur sau mai puțin dur. Cantitativ, duritatea  $H$  se apreciază prin raportul dintre forța de apăsare  $F$  și suprafața amprentei  $A$ , adică:

$$H = \frac{F}{A} \quad (3.46)$$

Metodele bazate pe acest principiu sînt Brinell și Vickers.

### 3.2.3. Incercări ciclice

Incercările ciclice sau încercările la oboseală sînt acelea la care intensitatea încărcării variază în timp. S-a constatat că materialele supuse la încărcări ciclice rezistă sensibil mai puțin decît în cazul încărcărilor statice, comportare ce se datorește modificărilor structurale ce apar în materiale. Dacă rezistența unui material la încărcări statice este  $R_s$ , iar la încărcări ciclice este  $R_0$ , atunci  $R_0 < R_s$ .

Una din determinările care pun în evidență comportarea la încărcări ciclice este încercarea la oboseală prin încovoiere rotativă. Această încercare se face folosind epruvete cilindrice, tronconice. Încărcarea este alternant simetrică (v. fig. 3.6, c):

$$F_{min} = -F_{max} \text{ sau } \sigma_{min} = -\sigma_{max} \quad (3.47)$$

O asemenea solicitare poate fi întîlnită la osia rotativă a unui vehicul în mișcare (de exemplu la vagoane de cale ferată).

Experimental s-a constatat că pentru un anumit  $\sigma_{max}$ , ruperea epruvetei survine după  $n$  cicluri de solicitare, adică după  $n$  rotații complete ale epruvetei în mașina de încercat. Dacă sînt încercate alte epruvete, cu un  $\sigma_{max}$  mai mic, atunci durabilitatea acestora, exprimată prin  $n$ , crește. Dacă datele experimentale se reprezintă într-o diagramă  $\sigma-n$  se obține așa-numita curbă Wöhler (fig. 3.17). Această curbă are o asimptotă orizontală, care definește rezistența teoretică la oboseală  $\sigma_0$  ( $\sigma_0$  este rezistența la încărcări statice).

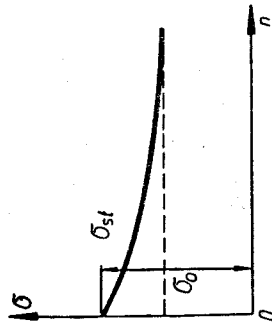


Fig. 3.17. Curba Wöhler.

### 3.2.4. Prelucrarea și interpretarea datelor

Experiența determinării proprietăților fizico-mecanice ale materialelor arată că, în condiții egale, se obțin rezultate diferite, caracterizate printr-o anumită dispersie a rezultatelor care depinde de natura materialului, tehnologia fabricării lui și tehnica încercării. Rezultă că proprietățile materialelor sînt mărimi aleatorii.

Prin definiție, un eveniment (fenomen)  $E$  este aleator atunci cînd realizînd un complex de condiții  $S$ , evenimentul  $E$  cîteodată se produce, iar

cîteodată nu se produce. Legătura dintre complexul de condiții  $S$  și evenimentul  $E$  este dată de legea de probabilitate, care arată de cîte ori  $n$  se produce evenimentul  $E$  și de cîte ori nu se produce, pentru un număr  $N$  de cazuri. Probabilitatea  $p$  se exprimă în % sau  $\%_{100}$ . Un exemplu de calcul al probabilității se poate da cu un zar, care aruncat de șase ori, există probabilitatea ca numărul 6 să iasă odată ( $p = 1 \times 100/6 = 16,7\%$ ) și probabilitatea ca același număr să nu iasă de cinci ori ( $p = 5 \times 100/6 = 83,3\%$ ); aceste valori se apropie cu atît mai mult de valorile de mai sus cu cît numărul de aruncări  $N$  este mai mare.

Spre deosebire de evenimentul aleator, un eveniment  $E$  este cert cînd realizînd un complex de condiții  $S$ , evenimentul  $E$  se produce totdeauna.

Dacă în practică se efectuează un număr mare de încercări pentru determinarea, spre exemplu, a rezistenței unui anumit material (epruvetele sînt luate din același lot, iar încercarea se face în condiții identice), atunci

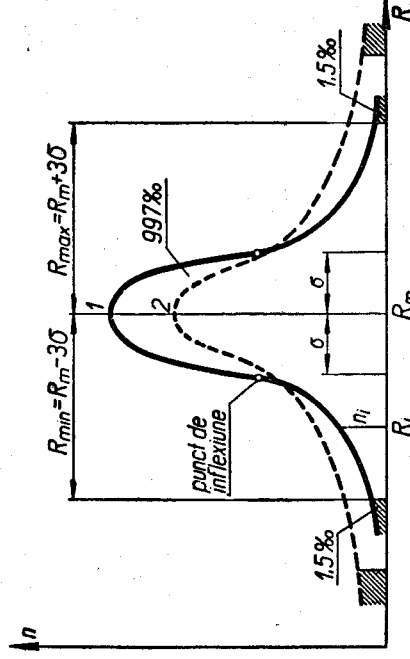


Fig. 3.18. Curba de răspîndire a rezultatelor.

se vor obține rezultate dispersate. Curba de răspîndire a rezultatelor se obține trecînd într-un grafic în abscisă rezistențele obținute  $R_1, \dots, R_i, \dots, R_n$ , iar în ordonată numărul cazurilor  $n$ , adică frecvența rezultatelor (fig. 3.18); de exemplu, rezistența  $R_i$  apare de  $n_i$  ori.

Din practica încercării materialelor de construcții s-a constatat că de cele mai multe ori rezultatele determinărilor prezintă o împrăștiere care poate fi asimilată cu o distribuție normală (curba simetrică în formă de clopot a lui Gauss-Laplace). Pentru această curbă densitatea de repartiție a variabilei aleatoare  $R$  (ecuația curbei Gauss-Laplace) este:

$$n_f = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{R - R_m}{\sigma} \right)^2} \quad (3.48)$$

În relația de mai sus  $R_m$  reprezintă valoarea cea mai probabilă a rezistenței, adică media aritmetică a celor  $N$  valori ale rezistențelor  $R_i$  determinate. Prin urmare  $R_m$  definește axa de simetrie a curbei clopot și se determină cu relația evidentă:

$$R_m = \frac{\sum R_i}{N} \quad (3.49)$$

Gradul de împrăștiere al rezultatelor nu poate fi stabilit cu ajutorul metodei aritmetice. În figura 3.18 curbele de răspândire 1 și 2 au aceeași medie aritmetică  $R_m$ , dar curba 1 are o împrăștiere mai mică decât curba 2. Variabilitatea rezultatelor poate fi apreciată prin abaterea medie pătratică sau abaterea standard  $\sigma$  (a se deosebi de efortul unitar  $\sigma$ ), care se calculează cu formula:

$$\sigma = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2}{N-1} \right]^{1/2} \quad (3.50)$$

Din figura 3.18 se constată că  $\sigma$  definește gradul de turtire a graficului și cu cât abaterea standard  $\sigma$  este mai mică, cu atât rezultatele sînt mai bune. Analiza rezultatelor încercărilor, efectuate pentru stabilirea unei caracteristici anumite a materialelor, trebuie făcută în concordanță cu interpretarea lor statistică. Astfel, dacă se dorește obținerea valorii minime a rezistenței unui material, luînd în considerare o anumită probabilitate de realizare, se aplică relația:

$$R_{min} = R_m - \alpha\sigma, \quad (3.51)$$

iar pentru valoarea maximă a rezistenței:

$$R_{max} = R_m + \alpha\sigma. \quad (3.52)$$

În relațiile de mai sus  $\alpha$  este un număr, în funcție de care se pot calcula, pentru o distribuție normală Gauss-Laplace, numărul de cazuri care sînt cuprinse în intervalul  $R_m \pm \alpha\sigma$ . În continuare sînt date cîteva valori ale lui  $\alpha$  și numărul de cazuri din totalul rezultatelor cuprinse între limitele  $R_m \pm \alpha\sigma$ :

|                 |               |        |
|-----------------|---------------|--------|
| $\alpha = 1,00$ | rezultă 683 % | cazuri |
| $\alpha = 1,29$ | rezultă 800 % | cazuri |
| $\alpha = 1,64$ | rezultă 900 % | cazuri |
| $\alpha = 2,00$ | rezultă 954 % | cazuri |
| $\alpha = 2,33$ | rezultă 980 % | cazuri |
| $\alpha = 3,00$ | rezultă 997 % | cazuri |
| $\alpha = 3,08$ | rezultă 998 % | cazuri |

În cele mai multe situații practice se ia  $\alpha = 3$  sau alteleori  $\alpha = 2$ . Dacă se admite  $\alpha = 3$  atunci din 1 000 de rezultate 997 se găsesc în domeniul admis și numai 3 în afara lui; rezistențele minime și maxime, pentru această probabilitate, au valorile:

$$R_{min} = R_m - 3\sigma; \quad R_{max} = R_m + 3\sigma. \quad (3.53 a, b)$$

Din aceste relații rezultă că din 1 000 de rezultate numai 1,5 pot fi mai mici ca  $R_{min}$  și respectiv mai mari ca  $R_{max}$ .

O altă mărime cu care se operează în calculul probabilistic al rezultatelor încercărilor este coeficientul de variație  $C_v$ , care reprezintă valoarea relativă a abaterii standard:

$$C_v = \frac{\sigma}{R_m}; \quad \% C_v = \frac{\sigma}{R_m} \cdot 100. \quad (3.54)$$

Acest coeficient este util în compunerea variabilității rezultatelor mai multor serii de determinări.

Valoarea rezistenței minime, respectiv maxime, poate fi calculată și în funcție de coeficientul de variație:

$$R_{min} = R_m (1 - \alpha C_v); \quad R_{max} = R_m (1 + \alpha C_v). \quad (3.55 a, b)$$

Calculul probabilistic al rezistențelor materialelor se aplică și la alte caracteristici tehnice ale materialelor, dacă acestea sînt mărimi aleatorii.

### 3.3. DETERMINAREA NEDISTRUCTIVĂ A CARACTERISTICILOR FIZICO-MECANICE ALE MATERIALELOR

#### 3.3.1. Introducere și clasificare

Determinarea unor caracteristici fizico-mecanice și chimice ale elementelor de construcții, fără ca acestea să fie distruse, reprezintă o cale avansată în multe situații practice; aceasta a dus la o dezvoltare rapidă, în ultimele 2—3 decenii, a metodelor nedistructive de cercetare. Față de procedeele clasice de încercare, metodele nedistructive prezintă o serie de avantaje:

- elementele cercetate nu sînt distruse, o anumită determinare putînd fi repetată de mai multe ori pe același element;
- pe aceleași elemente (epruvete) pot fi determinate mai multe caracteristici (densitate, rezistențe, proprietăți elastice etc.);
- unele metode permit determinarea directă (în situ) pe construcții; — anumite caracteristici ale materialelor pot fi determinate numai cu aceste metode;
- sînt rapide și economice.

Față de avantajele prezentate trebuie precizat însă că în stadiul actual, aplicarea metodelor nedistructive este însoțită de o serie de erori, care în multe situații fac ca aceste metode să dea doar indicații generale asupra caracteristicilor materialelor.

Numărul mare de metode nedistructive folosite fac utilă o sistematizare a lor. În tabelul 3.2 este prezentată o clasificare care ține seama de ramura fizicii căreia îi aparține metoda, fiind indicat, în același timp, obiectul cercetării și materialul cercetat. Se constată că materialul la care aceste metode se folosesc cel mai mult este betonul. Dealtfel, dezvoltarea metodelor nedistructive este strîns legată de necesitatea unui control eficace asupra caracteristicilor tehnice ale unui material complex ca proprietăți și pus în operă în condiții din cele mai diverse.

În continuare se vor prezenta metodele nedistructive acustice, mecanice și atomice care sînt cel mai des folosite.

Aplicarea cu rezultate bune a metodelor nedistructive se face prin găsirea unor coeficienți de influență și curbe de etalonare proprii materialului cercetat și laboratorului care face aceste determinări, datele din literatură constituînd jaloanele de bază ale încercărilor.



Clasificarea metodelor nedistructive de determinare a caracteristicilor materialelor

| Metode nedistructive            | Obiectul determinării                                     | Materialul cercetat                            |
|---------------------------------|---|--|
| 1. Metode acustice              | Metode de rezonanță                                       | Betoane și alte materiale                      |
|                                 | Metode ultrasonice de impuls                              | Betoane, metale, lemn, materiale plastice etc. |
|                                 | Metoda undelor de suprafață                               | Betoane și alte materiale                      |
|                                 | Metode de recul   | Betoane  |
|                                 | Metode de amprentă  | Betoane  |
| 2. Metode mecanice de suprafață | Metode semidistructive (smulgerea cuielei și sfredelirea) | Betoane  |
|                                 | Metode cu radiații penetrante (X, γ)                      | Metale, betoane, materiale plastice etc.       |
| 3. Metode atomice               | Metode cu neutroni  | Betoane asfaltice, agregate                    |
|                                 | Metoda atenuării micro-undelor                            | Betoane, agregate, ziduri                      |
| 4. Metode electromagnetice      | Metoda pachometrului                                      | Betoane și alte materiale                      |
|                                 | Metoda cu lichide penetrante                              | Diferite materiale                             |
| 5. Alte metode                  | Metoda prin coroziune chimică                             | Betoane  |
|                                 | Viteză ultrasunete + recul                                | Rezistență                                     |
| 6. Metode combinate             | Viteză + atenuare ultrasunete                             | Rezistență                                     |
|                                 | Viteză ultrasunete + atenuare gama                        | Rezistență                                     |

3.3.2. Metode acustice

3.3.2.1. Metode de rezonanță. Aceste metode furnizează informații globale asupra epruvetelor încercate prin punerea acestora în vibrație. Metode de rezonanță sint, în general, metode de laborator deoarece este dificil de a pune în vibrație un element de construcție, care ar necesita excitatoare cu un consum mare de energie.

O epruvetă în formă de bară, sub acțiunea unui impuls exterior, vibrează liber după legea unui sistem cu un grad de libertate, fără amortizare (fig. 3.19, a):

$$m\ddot{x} + kx = 0, \quad (3.56)$$

unde:

$m$  este masa sistemului;

$k$  — constanta elastică a sistemului;

$x$  — deplasarea.

Soluția generală a ecuației (3.56) este:

$$x = A \sin \omega_n t + B \cos \omega_n t, \quad (3.57)$$

unde  $\omega_n$  este pulsația proprie a sistemului și este dată de relația:

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}. \quad (3.58)$$

Între pulsația proprie  $\omega_n$  și frecvența de oscilație  $f_n$  există relația:

$$f_n = \frac{\omega_n}{2\pi}. \quad (3.59)$$

Dacă asupra sistemului din figura 3.18 se aplică o vibrație exterioară de intensitate  $F_0$  și pulsație  $\omega$ , ecuația (3.56) devine:

$$m\ddot{x} + kx = F_0 \sin \omega t, \quad (3.60)$$

iar soluția acestei ecuații este formată din soluția generală a ecuației omogene și o soluție particulară:

$$x = A \sin \omega_n t + B \cos \omega_n t + \frac{F_0/k}{1 - \omega^2/\omega_n^2} \sin \omega t. \quad (3.61)$$

Din relația (3.61) se vede că amplitudinea oscilației  $x$  atinge un maxim cînd:

$$\omega = \omega_n \quad (3.62)$$

sau

$$f = f_n. \quad (3.63)$$

Cînd sint satisfăcute relațiile de mai sus are loc fenomenul de rezonanță, care se evidențiază prin mijloace electrice sau acustice și este folosit la identificarea frecvențelor proprii de oscilație  $f_n$  ale sistemului.

Aplicarea principiului de mai sus, în metoda rezonanței longitudinale, constă în următoarele (fig. 3.19, b): se aplică pe una din fețele de capăt

ale unei epruvete un emițător de vibrații  $E$ , a cărui frecvență poate fi variată, iar pe capătul celălalt un receptor  $R$ . În epruvetă, care se presupune că este rezemată la mijloc, vor fi excitate vibrații care se vor propaga sub formă de unde de dilatare. Prin variația frecvenței vibrațiilor emise de emițător se va varia și lungimea lor de undă  $\lambda$  și se va ajunge la rezonanță în mai multe situații (fig. 3.19, a, b):

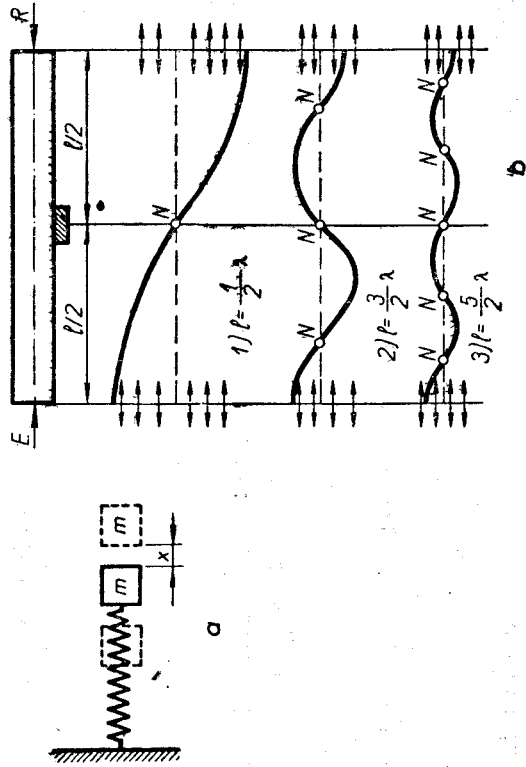


Fig. 3.19. Metode de rezonanță.

- frecvența exterioară coincide cu frecvența fundamentală proprie a barei;
  - rezonanța la armonica de ordinul 3;
  - rezonanța la armonica de ordinul 5 ș.a.m.d.
- Din figura 3.19 b se vede că relația dintre lungimea de undă  $\lambda$  a vibrațiilor emise și lungimea barei este de forma:

$$l = K \lambda / 2, \quad (3.64)$$

unde  $K$  este ordinul armonicii. Pe de altă parte între viteză, frecvență și lungimea de undă a vibrațiilor există relația:

$$v = \lambda f \quad (3.65)$$

și deci:

$$l = \frac{Kv}{2f} \quad (3.66)$$

Din fizica propagării undelor de dilatare se poate scrie:

$$v = \sqrt{\frac{Ea}{\rho a}}, \quad (3.67)$$

unde  $Ea$  este modulul de elasticitate dinamic, iar  $\rho a$  densitatea aparentă a materialului.

Din relațiile de mai sus se poate determina modulul de elasticitate dinamic pentru condițiile concrete din figura 3.19, b:

$$Ea = \frac{4}{K^2} \cdot l^2 \cdot f^2 \cdot K \cdot \rho a, \quad (3.68)$$

unde  $f$  este frecvența la vibrații longitudinale a epruvetei pentru armonica de ordinul  $K$  și se citește la aparatul de măsurare a frecvențelor.

Procedeu prezentat mai sus poate fi folosit și în cazul altor vibrații (de încovoiere, de răsucire etc.) și pentru alte moduri de rezonare.

Pe baza măsurării frecvențelor de vibrație se pot determina: proprietățile elastice ale materialelor, rezistența betonului, comportarea betonului la îngheț-dezghet repetat și acțiuni chimice, grosimea diferitelor elemente etc.

**3.3.2.2. Metode ultrasonice de impuls.** Dintre toate metodele nedistructive, metodele ultrasonice de impuls sînt cele mai utilizate. Acest lucru se datorește, în afara avantajelor prezentate, următoarelor particularități: măsurătorile se fac în timp scurt, rezultatele sînt reprezentative pentru întreaga distanță parcursă de ultrasunete, se pot folosi la încercarea elementelor cu o singură față liberă și pe orice formă de structură, se pot utiliza la orice grosimi, prețul aparatului și al încercării este moderat. Cu toate acestea, aplicarea metodelor ultrasonice de impuls poate conduce la rezultate eronate dacă nu sînt luați în considerare factorii care influențează măsurătorile: tehnica de măsurare, umiditatea și temperatura materialului de păstrare a materialului, „biografia” și compoziția materialului, frecvența semnalului ultrasonor funcție de dimensiunile geometrice ale elementului etc.

Principiul metodelor ultrasonice de impuls se bazează pe transmiterea în elementele de cercetat a unor oscilații mecanice amortizate, numite *impuls*. Deoarece un singur impuls se propagă într-un timp foarte scurt (de ordinul zecilor sau sutelor de microsecunde) este necesară realizarea unei succesiuni de impulsuri care formează o imagine practic permanentă pe un ecran de tub catodic. Frecvența acestor oscilații trebuie să fie destul de ridicată pentru a avea măsurători cît mai exacte și în același timp frecvența trebuie să fie suficient de joasă pentru ca impulsul să se poată propaga pe distanțe, care uneori sînt foarte mari. La betoane, care sînt materialele cele mai cercetate, domeniul de frecvență al ultrasunetelor este între 20 și 200 kHz, intervalul 40...100 kHz fiind cel mai folosit.

În metodele ultrasonice de impuls, interesează, în principal, timpul de propagare al ultrasunetelor prin materialul cercetat, funcție de care se determină caracteristicile urmărite.

Aparatul cu transductorii (palpatori) electroacustici este cel mai mult folosit pentru producerea impulsurilor ultrasonore și măsurarea vitezei acestora prin materiale. Aparatul (fig. 3.20) se compune din blocul aparatului, un emițător, un receptor și cabluri de legătură. În blocul aparatului există un generator de declanșare care produce impulsuri electrice cu

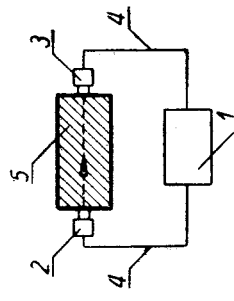


Fig. 3.20. Schema instalației metodei ultrasonice de impuls:

1 — blocul aparatului; 2 — emițător; 3 — receptor; 4 — cablu de legătură; 5 — probă.

o tensiune foarte ridicată (circa 1 000 V) și care excită cristalul piezoelectric al emițătorului. În urma șocului, cristalul emite un tren de vibrații ultrasonice amortizate ce străbat proba studiată și sint, apoi, recepționate de transductorul receptor care le transformă în semnale electrice și le transmite în blocul aparatului. Tot în blocul aparatului există și un tub catodic cu ajutorul căruia se face citirea timpului de propagare al ultrasunetelor.

Pentru efectuarea determinărilor, palpatorii se pot aplica pe aceeași față (fig. 3.21, a) sau pe fețe diferite, de obicei opuse (fig. 3.21, b). Infor-

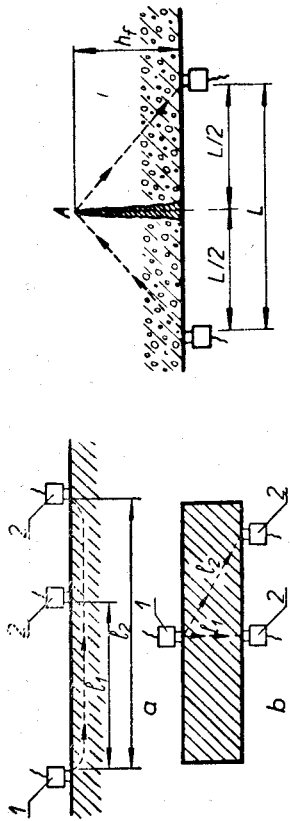


Fig. 3.21. Posibilități de aplicare a transductorilor (palpatorilor): 1 — emițător; 2 — poziții ale receptorului.

mațiile pe care le furnizează metoda de suprafață se referă în mod obișnuit la un strat de 3...5 cm grosime de la suprafața de cercetat, în timp ce informațiile pe care le furnizează metoda a doua sint reprezentative pentru întreaga grosime a elementului. Pentru o bună transmisie a energiei acustice palpatorii nu se aplică direct pe elementul de cercetat ci prin intermediul unui mediu cuplant (vaselină, plastilină, ipsos, săpun lichid etc.). Cîteva din aplicațiile metodelor ultrasonice de impuls, cu referire specială la beton, sint prezentate în continuare.

— *Defectoscopia betonului* reprezintă una din problemele de bază ale controlului calității acestui material. Se pot determina adîncimile unor fisuri, pozițiile și dimensiunile golurilor cît și alte defecte. În figura 3.22 este prezentat modul de determinare al adîncimii fisurilor prin plasarea palpatorilor pe aceeași față. Adîncimea  $h_f$  a fisurii se determină cu relația:

$$h_f = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{t_f}{t_m}\right)^2 - 1}, \quad (3.69)$$

unde:

$L$  este distanța emițător-receptor;

$t_f$  — timpul de propagare în zona fisurii;

$t_m$  — timpul mediu de propagare pe distanța  $L$ , într-o zonă din același beton, fără fisuri.

Adîncimea fisurilor se poate determina și prin transmisiile directe, cînd palpatoarele se aplică pe două fețe opuse (libere), paralele cu planul fisurii.

Pentru determinarea golurilor se procedează întîi la poziționarea lor și apoi la determinarea dimensiunilor. Pe suprafața elementului de cercetat se trasează o rețea de puncte în care se determină timpul de transmitere al ultrasunetelor. Dacă în unul din puncte se identifică o citire de timp mult mai mare decît media celorlalte, atunci în jurul aceluia punct se trasează o rețea mult mai deasă de puncte și se fac din nou citiri. Se caută punctul cu cea mai ridicată valoare a timpului de propagare și se admite că acesta este pe gol. Dimensiunea transversală minimă a golului  $d$ , normală pe direcția de propagare, rezultă din relația:

$$d = D + L \sqrt{\left(\frac{t_d}{t_m}\right)^2 - 1}, \quad (3.70)$$

unde:

$D$  este diametrul palpatorului;

$L$  — dimensiunea elementului pe direcția de încercare (distanța emițător-receptor);

$t_d$  — timpul de propagare maxim, în dreptul defectului;

$t_m$  — timpul de propagare mediu în zonele omogene fără defect. Defectele care au dimensiunea  $d \ll D$  nu pot fi identificate.

— *Rezistența betonului la compresie* se determină pe baza legăturii care există între această mărime și proprietățile acustice ale materialului. Cercetările de laborator au stabilit că există o corelație între viteza de propagare a ultrasunetelor și rezistența betonului la compresie. Viteza  $v$  a ultrasunetelor, în m/s, pentru fiecare măsurătoare, se determină conform relației:

$$v = \frac{L}{t}, \quad (3.71)$$

unde  $L$  este distanța, în linie dreaptă, dintre cei doi palpatori, iar  $t$  timpul citit la aparat.

Forma analitică a relației de transformare rezistență-viteză de propagare se prezintă în mai multe variante, funcție de țara unde este folosită:

$$R_c = av^2 + bv + c, \quad (3.72)$$

folosită mai ales în Polonia;

$$R_c = av^b \quad (R_c = av^4), \quad (3.73)$$

folosită mai ales în Cehoslovacia și în R.D. Germană;

$$R_c = ae^{bv}; \quad (R_c = ae^{1.1v}), \quad (3.74)$$

folosită mai ales în Olanda și România.

Relația (3.72) are un număr prea mare de constante ( $a, b, c$ ), iar pentru viteze mari de propagare valorile rezistențelor nu sint apreciate corect. Cele mai folosite sint relațiile (3.73) și (3.74), diferențele între ele fiind

mici, așa cum rezultă și din figura 3.23. Curbele din figură nu pot fi utilizate independent de „biografia” betonului. De aceea, modul de determinare a constantelor  $a$  și  $b$  depinde de compoziția, vârsta și condițiile de păstrare ale betonului încercat.

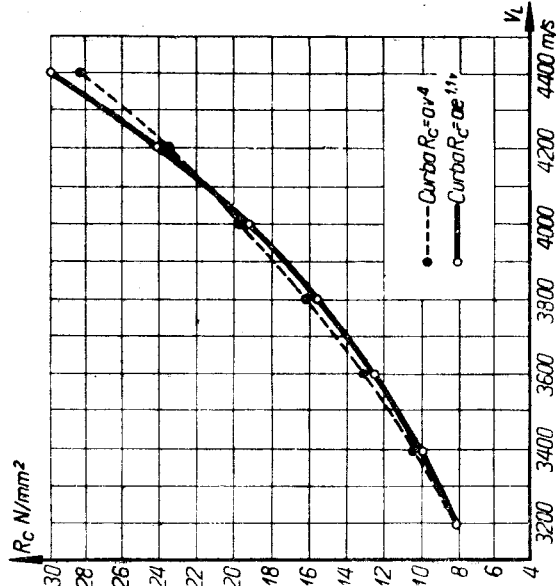


Fig. 3.23. Corelația rezistenței betonului cu viteza ultrasunetului.

Determinarea practică a rezistenței betonului la compresiune se face prin folosirea curbei pline din figura 3.23, rezistența determinată fiind corectată, apoi, prin înmulțire cu coeficientul total de influență :

$$C_t = C_c \cdot C_d \cdot C_a \cdot C_g \cdot C_\varnothing \cdot C_m \cdot C_p \quad (3.75)$$

Valorile coeficienților parțiali de influență sînt date în tabelele 3.3—3.6.

Tabelul 3.3

| Tipul de ciment | $C_c$ | Influența dozajului de ciment |       |                         |       |
|-----------------|-------|-------------------------------|-------|-------------------------|-------|
|                 |       | Dozaj kg/m <sup>3</sup>       | $C_d$ | Dozaj kg/m <sup>3</sup> | $C_d$ |
| RIM             | 1,14  | 100                           | 0,46  | 300                     | 1,00  |
| P 500, BSS      | 1,07  | 150                           | 0,61  | 350                     | 1,11  |
| P 400, PZ 400   | 1,00  | 200                           | 0,75  | 400                     | 1,21  |
| M 400, T 25     | 0,85  | 250                           | 0,88  | 500                     | 1,38  |

Coeficienții de influență ai elementului

Tabelul 3.4

Coeficienții de influență ai agregatului

| Natura agregatului | $C_a$ | Fracțiunea (0...1) mm, % | $C_g$ | Dimensiunea maximă, mm | $C_\varnothing$ |
|--------------------|-------|--------------------------|-------|------------------------|-----------------|
| Cuarțos de ritu    | 1,00  | 6                        | 0,96  | 70...80                | 0,94            |
| Andezit concasat   | 1,24  | 12                       | 1,00  | 31,5                   | 1,00            |
| Granit concasat    | 1,09  | 18                       | 1,04  | 16                     | 1,05            |
| Bazalt concasat    | 0,91  | 30                       | 1,12  | 7                      | 1,12            |
| Calcar concasat    | 0,82  | 42                       | 1,20  | 3                      | 1,25            |
|                    |       | 54                       | 1,28  | 1                      | 1,71            |

Tabelul 3.5

Coeficienții de influență ai maturității betonului

| Factorul de maturitate $f_t$ , zile $\times$ °C | 100  | 250  | 500  | 1 000 | 3 100 | 6 300 | 13 000 | 65 000 |
|---|------|------|------|-------|-------|-------|--------|--------|
| $C_m$   | 0,73 | 0,87 | 0,95 | 1,00  | 1,10  | 1,18  | 1,24   | 1,36   |

Notă:  $f_t = \sum_{i=1}^n (\theta_i + 10) t_i$  unde  $t_i$  este numărul de zile dintr-un interval cu temperatura uniformă  $\theta_i$ , iar  $n$  — numărul de intervale.

Tabelul 3.6

Coeficienții de influență ai umidității betonului și adaosurilor

| Umiditatea betonului                   | $C_u$ | Adaos CaCl <sub>2</sub> , % | $C_p$ | Adaos RESO, % | $C_p$ |
|--|-------|-----------------------------|-------|---------------|-------|
| În aer                                 | 1,04  | 0                           | 1,00  | 0             | 1,00  |
| 1 zi cofraj, 6 zile apă și 21 zile aer | 1,00  | 2                           | 1,19  | 0,06          | 1,15  |
| În apă                                 | 0,80  | 4                           | 1,40  | 0,12          | 1,30  |



Modulul de elasticitate dinamic  $E_d$  cu ajutorul metodelor ultrasonice de impuls se determină din relația :

$$E_d = v^2 \rho_a \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{1 - \mu}, \quad (3.76)$$

în care :

$v$  este viteza de propagare a ultrasunetelor ;

$\rho_a$  — densitatea aparentă a epruvetei ;

$\mu$  — coeficientul dinamic al deformației transversale (coeficientul Poisson dinamic) cu valori 0,2...0,4, pentru beton acceptându-se valoarea 0,25.

Cu valoarea  $\mu = 0,25$  pentru beton, relația (3.76) devine :

$$E_d = 0,833 v^2 \rho_a, \quad (3.77)$$

iar în unele lucrări se recomandă și relația :

$$E_d = v^2 \rho_a. \quad (3.78)$$

3.3.2.3. **Metoda undelor de suprafață.** Această metodă de control nedistructiv a calității materialelor s-a dezvoltat pentru cercetarea unor structuri plane cu o singură față liberă, cum sînt dalele (plăcile).

Principiul metodei constă în aplicarea pe placă a unor surse de vibrații continue sinusoidale, cărora li se măsoară caracteristicile, în funcție de tență, caracteristicile elastice, grosimile etc.

Sursa de vibrații aplicată plăcii propagă două tipuri de unde : *undă-placă* cu oscilațiile particulelor simetrice în raport cu planul median al plăcii și cu componente ale deplasării particulelor longitudinale și normale în raport cu placa ; *undă de încovotere* la care oscilațiile particulelor sînt asimetrice în raport cu planul median al plăcii.

Determinarea rezistenței se bazează pe măsurarea directă a vitezei undelor de suprafață  $v_s$ , care se transformă în viteza undelor longitudinale  $v_u$ . Dacă se admite pentru beton  $\mu = 0,25$ , rezultă :

$$v_u = 1,88 v_s. \quad (3.79)$$

Cu valoarea  $v_u$  cunoscută se poate determina rezistența.

Determinarea proprietăților elastice prin metoda undelor de suprafață se bazează tot pe determinarea vitezei undelor de suprafață. Modulul de elasticitate dinamic  $E_d$  al betonului întărit ( $\mu = 0,25$ ) se determină din relațiile (3.76), (3.77) și (3.79) :

$$E_d = 2,93 \rho_a v_s^2. \quad (3.80)$$

Determinările privind grosimile plăcilor omogene sau multistrat cum sînt îmbrăcămintele rutiere, sînt destul de exacte prin folosirea metodei undelor de suprafață [19].

### 3.3.3. Metode mecanice

Aceste metode se bazează pe legătura care există între rezistența betonului și duritatea superficială a acestuia. Metodele mecanice de suprafață nu pot să furnizeze decît informații privitoare la un strat relativ subțire, din vecinătatea suprafeței, motiv pentru care ele se folosesc numai ca mijloace de control preliminar, orientativ, al calității materialului. În categoria metodelor mecanice de suprafață sînt incluse : metode bazate pe recul și metode bazate pe amprentă.

3.3.3.1. **Metode bazate pe recul.** La aceste metode o masă mobilă este proiectată cu o anumită energie pe suprafața elementului de cercetat ; în urma ciocnirii are loc o deformare plastică a materialului și un recul al masei mobile. Stabilirea rezistenței materialului (betonului) se face pe baza reculului măsurat al masei mobile. Reculul poate fi liniar sau unghiular, în funcție de aparatul utilizat. Cel mai folosit aparat pentru determinarea nedistructivă a rezistenței betonului, pe bază de recul liniar, este sclerometrul Schmidt.

Determinarea rezistenței betonului, ca și a altor materiale, se poate face prin mai multe căi, de precizii diferite. Una dintre acestea este metoda curbei unice, dată în prospectul aparatului. Pentru sclerometrul Schmidt

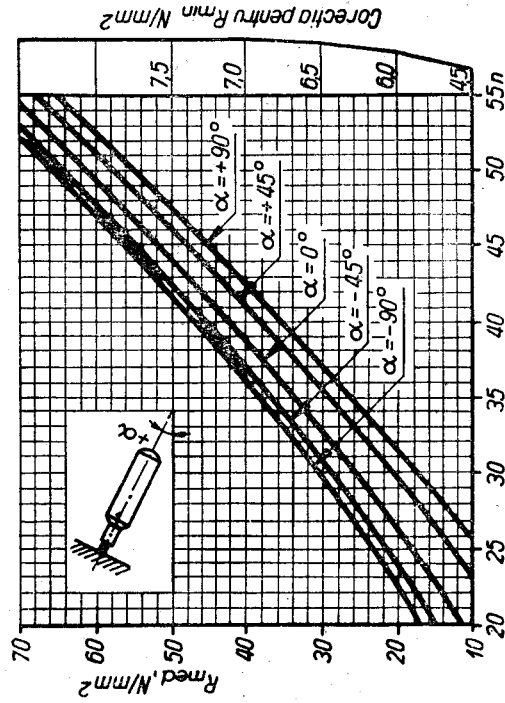


Fig. 3.24. Corelația rezistenței betonului cu indicele de recul.

tip N, curbele rezistența medie a betonului la compresiune  $R_{med}$  — indice de recul  $n$  sînt date în figura 3.24. Curbele din grafic corespund la diferitele unghiuri de înclinare a axei aparatului față de orizontală ( $0^\circ$  — orizontal ;  $+90^\circ$  — sclerometrul este în poziție verticală dedesubtul suprafeței cercetate ;  $-90^\circ$  — sclerometrul vertical, deasupra suprafeței cercetate).

3.3.3.2. Metode bazate pe amprentă. Aceste metode se bazează pe măsurarea urmei lăsate pe suprafața elementului (deformația plastică) de o masă mobilă, proiectată cu o anumită energie, pe suprafața materialului. Masa mobilă vine în contact cu elementul printr-o bilă dintr-un material dur. Există două grupe principale bazate pe amprentă:

- metoda cu amprentă unică, la care în timpul încercării se produce o singură amprentă pe suprafața elementului, ale cărei caracteristici geometrice sînt măsurate;
- metoda cu amprentă dublă, din care una activă pe materialul cercetat (beton), obținută cu o bilă de diametru mare și alta pasivă sau de referință, obținută cu o bilă de diametru mic, pe o bară de oțel de duritate dată.

Dintre aceste metode, cea bazată pe amprentă unică este cea mai folosită, iar corpul de penetrare este o sferă de diametru  $D$  egal cu 10...20 mm. Ca aparate se folosesc sclerometrele liniare cu resort tip Frank (R.F.G) sau HPS (R.D.G.).

Determinarea rezistenței betonului se face în funcție de diametrul mediu  $d$  al amprentelor lăsate de aparat (în mod obișnuit diametrul mediu este media a două diametre perpendiculare). Corelația rezistență la compresiune-amprentă, pentru vîrsta standard (28 zile), este prezentată în figura 3.25. Cînd condițiile de mîsură nu sînt respectate, rezistența se corectează prin multiplicare cu anumiți coeficienți [19]. De asemenea, dacă aparatul are direcția verticală, de sus în jos,  $R_c$  se multiplică cu 1,05, iar cînd este orientat de jos în sus cu 0,95. Cele două curbe din figura 3.25 corespund la scările 1:1 și 1:2 care se fixează pe aparat în funcție de duritatea suprafeței cercetate.

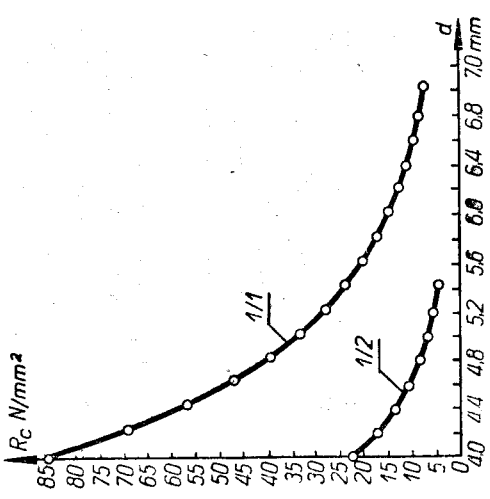


Fig. 3.25. Corelația rezistenței betonului cu diametrul amprentei.

corectează prin multiplicare cu anumiți coeficienți [19]. De asemenea, dacă aparatul are direcția verticală, de sus în jos,  $R_c$  se multiplică cu 1,05, iar cînd este orientat de jos în sus cu 0,95. Cele două curbe din figura 3.25 corespund la scările 1:1 și 1:2 care se fixează pe aparat în funcție de duritatea suprafeței cercetate.

### 3.3.4. Metode atomice

3.3.4.1. Metode cu radiații penetrante. Aceste metode se bazează pe puterea de penetrație și interacțiune cu materialul pieselor examinate a radiațiilor X și  $\gamma$ . Metodele cu radiații penetrante au în prezent o largă utilizare, fiind folosite pentru examinarea produselor turnate, laminare, forjate, sudate etc. din fontă, oțel și din metale neferoase, a produselor din materiale plastice, betoane ș.a.

Radiațiile X și gama sînt, ca și lumina, radiații electromagnetice, prezentînd în același timp caracter de undă și de corpuscul. Deosebirea dintre

aceste două radiații sînt legate de natura, energia și frecvența (lungimea de undă) oscilației.

Radiațiile X sînt de natură extranucleară și se produc prin frînarea electronilor accelerați în prealabil într-un cîmp electric, în cîmpul nucleului; au lungimea de undă de  $3 \cdot 10^{-8} \dots 3 \cdot 10^{-10}$  cm. Sursele generatoare de radiații X constau dintr-unul sau mai multe tuburi Roentgen și din dispozitivele pentru alimentarea și comanda regimului său de funcționare.

Radiațiile gama sînt de natură nucleară și se formează datorită tranzițiilor radionuclizilor (izotopilor radioactivi) de pe nivelele de energie excitate spre nivelul fundamental pe care radionuclidul este stabil. Aceste radiații sînt însoțite întotdeauna de radiații alfa (nuclee de heliu) și beta (electroni); au lungimi de undă de  $3 \cdot 10^{-11} \dots 3 \cdot 10^{-17}$  cm. Ca surse de radiații gama se folosesc izotopii radioactivi, obținuți din elemente radioactive naturale (radu), sau pe cale artificială prin activizarea izotopilor stabili (bombardare cu neutroni) sau prin procese de fisiune. Datorită costului mai redus, se folosesc sursele artificiale: cobalt (CO — 60), iridiu (Ir — 192), Cesium (Cs — 137), Tantal (Ta — 182).

La baza utilizării metodelor radiologice stă legea atenuării radiațiilor electromagnetice penetrante — radiațiile X și gama — în materialele pieselor examinate. Pentru a exprima această lege se consideră un material de grosime  $x$  (fig. 3.26). Pe grosimea  $dx$  și pe o suprafață unitară, reducerea intensității fascicului de radiații va fi proporțională cu fluxul de intensitate  $I$ , cu coeficientul linear de atenuare  $\mu$  și cu volumul stratului  $dx \cdot 1$ , conform relației:

$$dI = -\mu I dx, \quad (3.81)$$

în care semnul negativ indică descreșterea intensității fascicului. Dacă se face integrarea, în raport cu condițiile  $I_0$  și  $I_x$ , rezultă:

$$I_x = I_0 e^{-\mu x}; \quad (3.82)$$

Legea atenuării (3.82) reprezintă relația de bază pentru aplicațiile acestei metode.

Defectoscopia radiologică constă în detectarea defectelor interne ale materialelor. Legea atenuării pentru cazul unei porțiuni de material cu defect se scrie:

$$I_x = I_0 e^{-[\mu(x-\Delta x) + \mu' \Delta x]}, \quad (3.83)$$

în care:  $\mu$  este coeficientul linear de atenuare în materialul piesei, în  $\text{cm}^{-1}$ , iar  $\mu'$  — idem, pentru defect.

În mod obișnuit  $\mu' < \mu$  sau  $\mu' = 0$ , astfel că porțiunile cu și fără defecte vor permite o trecere diferențiată a radiațiilor către detector, iar prin sesizarea acestor diferențe de intensități este posibilă detectarea defectelor

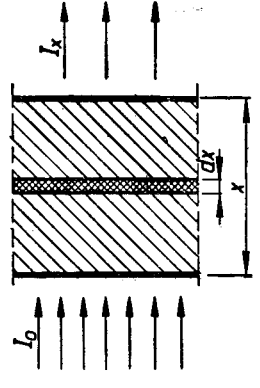


Fig. 3.26. Atenuarea radiațiilor electromagnetice penetrante.

Principiul de detectare a defectelor, cu ajutorul radiografiilor, ca urmare a acestei atenuări diferențiate a radiațiilor în porțiunile cu și fără defecte, este ilustrat în figura 3.27.

La procedeele radiografice, imaginea radiantă provenită prin atenuarea diferențiată a radiațiilor în piesa examinată este înregistrată pe filme radiografice sau prin xeroradiografiere, oferind astfel un document care poate fi oricând confruntat pentru constatarea rezultatelor controlului defectoscopic.

Metodele radiologice nu au numai un caracter calitativ, de detectare a defectelor interne, ci și un caracter cantitativ, de precizare a dimensiunilor acestora. În acest scop au fost elaborate o serie de tehnici de radiometrie, care pun în evidență dimensiunile defectelor sau numărul și mărimea corpurilor străine (armăturile la elementele de beton armat).

Un mijloc diferit de a examina defectele materialelor, stabilind și dimensiunile lor, cu ajutorul radiațiilor penetrante îl constituie metoda fără peliculă fotosensibilă (film), bazată pe măsurarea vitezei de numărare a particulelor (proporțională cu intensitatea fasciculului de radiație  $I$ ). În acest scop se folosesc numărătoarele de particule.

Densitatea materialelor se poate determina prin metoda atenuării, folosindu-se aceeași lege (3.82). Se ia raportul :

$$\frac{\mu}{\rho_a} = K \quad (3.84)$$

în care  $K$  este coeficientul de atenuare masică, în  $\text{cm}^2/\text{g}$ . Pentru un material anumit coeficientul de atenuare masică este o constantă, care depinde de energia radiațiilor penetrante utilizate. De exemplu pentru beton, la energii ale radiațiilor de 0,8... 2 MeV, coeficientul de atenuare masică este  $K = 0,045 \dots 0,050 \text{ cm}^2/\text{g}$ .

Pentru determinarea densității se înregistrează numărul de particule  $N_0$  (proporțional cu  $I_0$ ), înainte de interacțiunea cu materialul și după interacțiune,  $N_x$ . Pentru vitezele de numărare  $N$  (imp/min) va fi valabilă aceeași lege a atenuării :

$$N_x = N_0 e^{-\mu x} \quad (3.85)$$

Prin logaritmare relației de mai sus, rezultă :

$$\mu x = \ln N_0 - \ln N_x \quad (3.86)$$

$$\rho_a = \frac{\mu}{K} \quad (3.87)$$

Trebuie precizat că în practică nu se folosesc aceste relații la determinarea directă a mărimilor căutate, ci se efectuează măsurători prealabile de etalonare a aparatelor și surselor de radiații.

3.3.4.2. Metode cu neutroni. Principala aplicație a acestor metode este determinarea cantității de apă din materiale și a cantității de bitum din betoanele asfaltice. Metodele se bazează în principiu pe interacțiunea dintre neutroni rapizi și atomii de hidrogen din masa unui material, fenomen prin care are loc încetinirea sau „termalizarea“ neutronilor rapizi. Determinarea constă în măsurarea numărului de neutroni lenți ce se formează în urma interacțiunii (viteza de numărare).

Sursele de neutroni rapizi, pentru utilizarea practică pe șantier, se bazează pe reacțiile nucleare de bombardare cu nuclee de heliu (particule alfa) și eliberare de neutroni : ținta bombardamentelor este beriliu, ele-

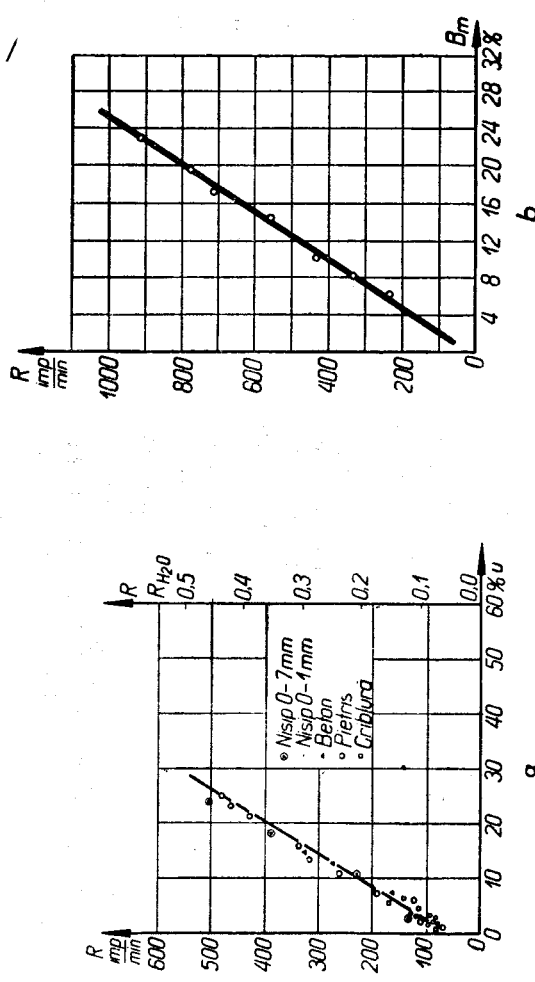


Fig. 3.28. Curba de etalonare viteză de numărare-umiditate (a) și curba de etalonare viteză de numărare-dozaj bitum (b).

mentul cel mai eficace pentru aceste reacții. În mod curent se utilizează următoarele surse : americium-beriliu, plutoniu-beriliu, poloniu-beriliu și radiu-beriliu.

Folosirea acestor metode la determinarea umidității în agregate și betoane, precum și a dozajului de bitum din betoanele asfaltice se bazează pe construirea unor curbe de etalonare viteză de numărare-umiditate, respectiv dozaj de bitum (fig. 3.28).

PIATRA NATURALA IN CONSTRUCTII

4.1. MINERALELE

Mineralele sînt substanțe naturale, în general solide, omogene din punct de vedere fizico-chimic, care se formează în interiorul sau la suprafața scoarței terestre.

În natură, majoritatea mineralelor apar cu structură cristalină (particulele constitutive sînt aranjate conform unor reguli de simetrie), reflectată în exterior printr-o formă geometrică regulată a cristalului. Există însă și minerale amorfe (particulele constitutive sînt dispuse dezordonat), care în condiții de creștere liberă iau forma exterioră sferoidală.

Din punct de vedere chimic, mineralele pot fi alcătuite din elemente native — metale, metaloizi în stare necombinată (aurul, argintul, cuprul, sulful, diamantul etc.) sau din diferite combinații ale elementelor : oxizi, hidroxizi, cloruri, fluoruri, sulfuri, silicați, carbonați, azotați, sulfizi etc. În tabelul 4.1. sînt redat principalele minerale care intră în compoziția rocilor utilizate ca piatră de construcții.

4.2. ROCILE

Rocile sînt asociații naturale de minerale și constituie scoarța terestră. Se pot clasifica după mai multe criterii : geneză, structură și textură.

După geneză se clasifică în : roci magmatice sau eruptive, roci sedimentare și roci metamorfice.

În funcție de structură (gradul de cristalizare al mineralelor componente), rocile se împart în : roci cu structură holocristalină (complet cristalizate), cu structură hemicristalină (minerale parțial cristalizate și parțial amorfe) și cu structură amorfă (minerale amorfe).

După textură, adică după modul de aranjare în spațiu a mineralelor componente, rocile se clasifică în : roci cu textură neorientată sau masivă, cu textură stratificată (straturile fiind alcătuite din aceleași minerale) și cu textură șistooasă (straturile din minerale diferite).

4.2.1. Rocile magmatice

Rocile magmatice (eruptive) s-au format în urma solidificării magmei. Funcție de adîncimea la care s-a produs consolidarea magmei, aceste roci se pot clasifica în : roci intrusive (de adîncime), filoniene (de mică adîncime) și roci efusive sau de suprafață. Adîncimea de consolidare influențează viteza de răcire a magmei și deci structura rocii rezultate.

— Rocile intrusive, datorită răcirii lente a magmei se caracterizează printr-o structură holocristalină formată din cristale mari (fenocristale) și textură masivă neorientată. Din această grupă fac parte : granitele, grăno-dioritele, sienitele, dioritele și gabrouile.

Tabelul 4.1

Principalele minerale componente ale rocilor

| Denumirea mineralului<br>Formula chimică | I                      |               | II                 |            | III                              |  | IV   |  | V   |                              |            |                               |           |            |   |                                |            |                              |           |     |  |  |            |                        |           |              |  |  |            |                         |           |            |   |
|--|------------------------|---------------|--------------------|------------|----------------------------------|--|--|--|---|------------------------------|------------|-------------------------------|-----------|------------|---|--------------------------------|------------|------------------------------|-----------|-----|--|--|------------|------------------------|-----------|--------------|--|--|------------|-------------------------|-----------|------------|---|
|  | Sistem de cristalizare |               | Culoare:<br>Luciu: |            | Densitatea,<br>g/cm <sup>3</sup> |  | Observații   |  |   |                              |            |                               |           |            |   |                                |            |                              |           |     |  |  |            |                        |           |              |  |  |            |                         |           |            |   |
| Quartzul - SiO <sub>2</sub>              | β - trigonal           | α - hexagonal | - incolor, alb     | - lăptoasă | 2,65                             | Este un mineral dur, stabil chimic, refractar, se topește la 1 710 °C. Are rezistență mare la compresivă (10 · 10 <sup>8</sup> .. 20 · 10 <sup>8</sup> daN/cm <sup>2</sup> ) | Stabilitate chimică redusă ; se topește la 1 100 .. 1 300 °C ; rezistența la compresivă este de 1 200 .. 1 700 daN/cm <sup>2</sup> | Este greu fuzibilă și stabilă chimic ; clivează perfect în plăcuțe subțiri și elastice | Minerale închise la culoare și cu reziliență mare | Calciul<br>CaCO <sub>3</sub> | Romboedric | - incolor, alb-lăptos colorat | - sticlos | 2,6 .. 2,8 | Clivează perfect și face efervescență cu toți acizii. Este mineralul predominant al masivelor de calcare și marmure | Magneziul<br>MgCO <sub>3</sub> | Romboedric | - alb galben, brun-negricios | - sticlos | 3,0 | Clivează perfect și prezintă efervescență la cald cu HCl | Dolomitul<br>CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | Romboedric | - incolor alb, colorat | - sticlos | 2,85 .. 2,95 | Cliva perfect ; efervescență în pulbere cu HCl | Gipsul<br>CaSO <sub>4</sub> · 2 H <sub>2</sub> O | Monoclinic | - incolor, alb, colorat | - sticlos | 2,3 .. 2,4 | Este solubil în apă ; se zgîrte cu unghia |

— Rocile de mică adâncime (filoniene) au luat naștere prin răcirea mai puțin uniformă a magnei în apropierea suprafeței litosferei. Din această cauză, sînt alcătuite din amestecuri de cristale de diferite mărimi (fenocriste, micro- și criptocriste). Deoarece formează filoane în scoarța terestră, se numesc și roci filoniene. Reprezentativ pentru aceste roci este porfirul.

— Rocile efusive (de suprafață) din cauza vitezei mari de răcire a magmei se caracterizează printr-o structură hemicristalină (cristale mici și minerale amorfe) sau numai prin structură amorfă. Principalele roci efusive cu structura hemicristalină și compactă sînt : riolitele, dacitele, andezitele și bazaltete.

În timpul erupției vulcanilor, datorită răcirii brusce a lavei și a degazării în același timp de gaze și vapori, se formează roci cu structură viroasă și foarte poroasă, cum sînt : lavele vulcanice, piatra ponce, cenușele vulcanice și tufurile vulcanice (obținute prin cimentarea cenușelor). Aceste roci se utilizează ca materiale de izolare termică, ca agregate ușoare sau a adaosuri hidraulice, la fabricarea lianților micști.

În tabelul 4.2. sînt redată principalele caracteristici și domeniile de utilizare ale rocilor magmatice.

#### 4.2.2. Rocile sedimentare

După geneză, rocile sedimentare se împart în : roci detritice sau de degregare mecanică, de precipitație și de origină organică (organogene).

— Rocile detritice se formează prin depunerea materialului rezultat în urma dezagregării și alterării altor roci preexistente. Sub acțiunea unor agenți fizici (variațiile de temperatură, vîntul, apa, înghețul etc.), chimici și biologici, rocile preexistente fisurează și se sfărîmă. Bucățile de rocă astfel rezultate, pot fi transportate și sedimentate în timpul transportului. În acest mod se formează depozite de granule nelegate între ele (roci sedimentare necimentate).

Prin golurile acestor depozite, pot să pătrundă ape cu diverse substanțe dizolvate sau în suspensie, care să precipite în goluri și să lege granulele într-un tot rezistent, adică să le cimenteze. Astfel, se formează rocile sedimentare cimentate.

În tabelul 4.3 sînt redată tipurile de roci sedimentare necimentate în funcție de mărimea granulelor, precum și cele rezultate prin cimentarea lor.

Rocile necimentate cu dimensiunile mai mari de 0,1 mm se folosesc ca agregate la prepararea mortarelor și betoanelor.

Dintre rocile detritice cimentate, gresile se folosesc pe scară largă în construcții atît sub formă de piatră spartă (ca agregate) cît și sub formă de plăci la placarea construcțiilor, la pavaje etc. Argilele se utilizează ca lianți materie primă în industria produselor ceramice. Marnele care sînt amestecuri naturale de argile și calcare în diferite proporții, se folosesc la fabricarea cimentului portland.

— Rocile de precipitație se formează prin cristalizări și depuneri din soluții saturate. Au o compoziție mineralogică simplă, fiind alcătuite predominant dintr-un mineral, care determină denumirea rocii. În tabelul 4.4 sînt redată principalele roci sedimentare de precipitație.

Caracteristicile și domeniile de utilizare ale rocilor magmatice

| Denumirea roci | Minerale componente principale | Culoare                               | Densitatea aparentă, kg/m <sup>3</sup> | Rezistența la compresiune din N/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) | Domeniul de folosire                           |
|----------------|--------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|
| Granitele      | cuart, feldspat, mîce          | gri-cenușiu, roză-roșie               | 2 600...2 700                          | 1 200...3 000 (120...300)  | placări ziduri de sprîjin, pavaje, agregate    |
| Granodioritele | feldspat, cuart, amfibol, mică | cenușie                               | 2 300...2 900                          | 1 200...3 000 (120...300)  | placări, ziduri de sprîjin, pavaje, agregate   |
| Dioritele      | feldspat, amfibol, mică        | verde închis la cenușiu închis        | 2 700...3 000                          | 1 800...2 400 (180...240)  | pavări, placaje etc.                           |
| Sienitele      | feldspați, mîce                | cenușie, marțar roză                  | 2 600...2 800                          | 1 500...2 600 (150...260)  | ornamente, fundații, împietruiri, cheiuri etc. |
| Gabrourele     | feldspați, piroxeni            | cenușiu închis, cenușiu-verzui, negru | 2 800...3 200                          | 2 000...3 500 (200...350)  | ornamente, placaje                             |
| Porfirul       | cuart, feldspat, mîce etc.     | cenușie, verzuie, roșetică            | 2 500...2 650                          | 2 500...2 700 (250...270)  | ornamente, socluri, coloane etc.               |
| Pîolitele      | cuart, feldspat, mîce          | cenușie                               | 2 400...2 650                          | 1 500...2 000 (150...200)  | împietruiri, pavaje, placări                   |
| Dacitele       | identice cu granodioritele     | cenușie                               | 2 400...2 650                          | 1 500...2 000 (150...200)  | pavaj  |
| Andezitele     | identice cu dioritele          | cenușie, negru                        | 2 200...2 700                          | 600...2 500 (60...250)   | plăci, agregate rezistente la acizi            |
| Bazaltete      | feldspați, piroxeni            | cenușiu-inchis, negru                 | 3000                                   | 1 000...4 500 (100...450)  | fundații, poduri, agregate, pavaje etc.        |



Tabelul 4.3

**Roci sedimentare necimentate și cimentate**

| Tipul rocilor detritice | Mărimea granulelor (mm)        |                        | ≥ 7    | 0.1...7  | 0.001...0.1   | < 0,001        |
|-------------------------|--------------------------------|------------------------|--------|----------|---------------|----------------|
|                         | grosișuri (granule colturoase) | pietrișuri (rotunjite) |        | nisipuri | praf          | praf fin (mil) |
| Necimentate             |                                |                        |        |          |               |                |
| Cimentate               | brecii                         | conglomerate           | gresii | loess    | argile, marne |                |

Tabelul 4.4

**Principalele roci sedimentare de precipitație**

| Denumirea rocii                           | Mineralul component, formula              | Modul de formare  | Domenii de utilizare   |
|---|---|---|--|
| Ghips                                     | $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | Prin cristalizări din bazine marine izolate, în urma evaporării apei  | <ul style="list-style-type: none"> <li>— pentru fabricarea lianților de ipsos</li> <li>— adăos la prepararea cimentului portland</li> </ul>  |
| Anhidrit                                  | $\text{CaSO}_4$                           | Idem, când conținutul soluției în NaCl depășește o anumită limită   | — pentru fabricarea cimentului de anhidrit   |
| Calcare cu diferite grade de compactitate | $\text{CaCO}_3$                           | Prin descompunerea soluțiilor naturale de bicarbonat de calciu: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ | <ul style="list-style-type: none"> <li>— pentru fabricarea varului, cimentului portland;</li> <li>— ca piatră de construcție: fundații, scări, ziduri, placări, împietruiri de drumuri, agregate etc.</li> </ul> |
| Travertin (varietate de calcar)           | $\text{CaCO}_3$                           | Prin depunerea $\text{CaCO}_3$ peste frunze, alge, mușchi, care dispar prin putrezire lăsând goluri în rocă   | — sub formă de plăci la placarea exterioară și interioară a construcțiilor   |
| Dolomit                                   | $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$              | —   | — ca agregat și la fabricarea produselor refractare  |
| Magnezit                                  | $\text{MgCO}_3$                           | —   | — la fabricarea produselor refractare și a lianțului magnezian   |

— Roci organogene rezultă în urma depunerii resturilor organice (vegetale sau animale). Principalele roci organogene sînt: calcarele cochilifere, diatomitul și tripoli. Calcarele cochilifere sînt formate din cochilii calcaroase cimentate între ele. Se folosesc ca agregate ușoare și la lucrări de artă. Diatomitul și tripoli sînt roci silicioase bogate în  $\text{SiO}_2$  amorf, rezultate în urma depunerii scheletelor microorganismelor denumite diatomee. Se folosesc ca adaosuri hidraulice la prepararea lianților, ca agregate ușoare și la fabricarea materialelor termoizolatoare.

Roci sedimentare cimentate și necimentate se caracterizează prin textură stratificată.

4.2.3. Rocile metamorfice

Roci metamorfice se formează prin transformarea rocilor sedimentare și magmatice (eruptive), care la un moment dat se pot afla în condiții cu totul deosebite de cele în care s-au format. Astfel, rocile sedimentare, formate la temperaturi joase și presiune mică, în urma mișcărilor tectonice pot ajunge în părțile adînci ale scoarței terestre, unde sînt supuse la temperaturi și presiuni mari. De asemenea, rocile eruptive formate la temperaturi foarte înalte pot fi supuse unor presiuni tangențiale și unor tempe-

Tabelul 4.5

**Caracteristicile și utilizările ale unor roci metamorfice**

| Denumirea rocii | Mod de formare                            | Caracteristici  | Domenii de utilizare  |
|-----------------|---|---|---|
| Gnaisuri        | Prin metamorfizarea rocilor eruptive      | — cu compoziție și proprietăți similare granitelor  | — utilizări similare granitelor   |
| Cuarțite        | Prin metamorfizarea gresiiilor silicioase | — sînt dure, rezistente ( $R_c = 4\ 000\ \text{daN/cm}^2$ ), se prelucurează greu   | — la placări antiacide și la fabricarea produselor refractare silica.       |
| Marmure         | Prin metamorfizarea calcarelor            | — rocă compactă, frumos cristalizată, diferit colorată (alb, roz, roșu, negru); cu $R_c = 1\ 000 \dots 3\ 000\ \text{daN/cm}^2$ ; — se prelucurează ușor în blocuri, plăci, care se lustruiesc bine | — placări interioare și exterioare, scări, pardoseli, mozaic, marmoroc etc. |
| Ardezie         | Prin metamorfizarea argilei               | — se desface ușor în plăci subțiri; — are culoare neagră  | — pentru acoperșuri   |

...uri reduse. Ca urmare a acestor schimbări, se modifică compoziția, structura și textura rocilor inițiate rezultând roci noi.

...rocile metamorfice iau naștere atât prin mișcările mari ale scoarței pământului (metamorfism general sau regional) cât și la contactul unui corp magmatic cu rocile sedimentare (metamorfism de contact). În ultimul caz, o acțiunea temperaturii corpului magmatic și a soluțiilor mobile, se formează roci noi. Textura rocilor metamorfice este în general șistoasă, mișcările fiind orientate după anumite direcții în straturi. Principalele roci metamorfice utilizate în construcții sînt : gnaisurile, cuarțitele, marmurele ardzeiile.

În tabelul 4.5. sînt redată unele caracteristici și utilizări ale acestor roci.

#### 4.3. EXTRAGEREA PIETREI NATURALE

Procedeele de extragere a pietrei naturale din cariere depind de natura rocii, de forma zăcămintului și de modul de utilizare a produsului extras.

Extragerea pietrei naturale din cariere care se prezintă sub formă de masive (roci eruptive, metamorfice și sedimentare cimentate) se poate face manual, mecanic sau cu ajutorul explozivilor. Extragerea manuală se aplică în cazul rocilor stratificate, cînd straturile se pot desprinde ușor cu ajutorul pîrghiilor sau al ciocanelor de abataj. Extragerea mecanică se realizează cu utilaje prevăzute cu dispozitive de tăiere sub formă de discuri și cabluri din oțel dur. Acest procedeu permite obținerea produselor de dimensiuni dorite. În cazul utilizării explozivilor se execută în mod sistematic canale în care se introduce explozivul prevăzut cu dispozitivul de aprindere ; se astupă apoi canalele cu nisip și se aprinde explozivul. Pentru locarea rocii sub formă de blocuri mari se folosesc explozivi slabi, iar pentru sfărîmarea rocii, explozivi cu brizantă mare.

Extragerea pietrei din depozite granulare (balastiere) se efectuează cu ajutorul excavatoarelor. În cazul cînd aceste depozite se găsesc sub nivelul și (albia rîurilor, fundul lacurilor) extragerea se face hidromecanizat. Piatra extrasă din carieră, poate fi folosită în construcții sub formă brută sau după o prealabilă prelucrare.

#### 4.4. MATERIALE DE CONSTRUCȚII DIN PIATRĂ NATURALĂ

Piatra naturală are o largă utilizare în construcții, folosindu-se ca agregat la obținerea mortarelor și betoanelor, ca material de zidărie, la lucrări de finisaj interioare și exterioare, la lucrări de drumuri, căi ferate etc.

După modul de exploatare materialele din piatră naturală se împart în două mari grupe : produse de balastieră și produse de carieră (provenite din roci masive).

#### 4.4.1. Produse de balastieră

Aceste produse se extrag din depozite naturale de roci sedimentare necimentate. Se prezintă sub formă de granule de diferite mărimi care se folosesc ca atare sau după o prealabilă sortare pe fracțiuni și spălare. În mod curent, produsele de balastieră sînt denumite *agregate naturale grele* avînd densitatea în grămadă în stare afînată și uscată de minimum 1 200 kg/m<sup>3</sup>. În funcție de mărimea granulelor se clasifică în : nisip, pietriș, bolovanii și balast.

Nisipul este agregatul natural compus din granule de la 0 la 7,1 mm. În funcție de mărimea granulelor poate fi : nisip fin (0/1 mm), nisip mijlociu (1/3,15 mm) și nisip grăunțos (3,15/7,1 mm). Nisipul se utilizează ca agregat la prepararea mortarelor și betoanelor de ciment, la obținerea mortarelor și betoanelor asfaltice, drept suport la pardoseli și pavaje, strat de protecție la cartoanele și pinzele bitumate etc.

Pietrișul este agregatul natural avînd granule cuprinse între 7,1 și 71 mm. Poate fi selecționat în următoarele sorturi : 7,1/16 mm, 16/31 mm și 31/71 mm. Cel cu grănuța 7,1/16 mm se numește mărgăritar. Pietrișul se folosește la prepararea betoanelor de ciment și mixturilor bituminoase, la lucrări de drumuri și alte lucrări în construcții.

Bolovanii sînt pietre cuprinse între 71 și 160 mm și se utilizează la betoane masive.

Balastul reprezintă amestecul natural de nisip, pietriș și eventual bolovanii în diferite proporții. Se livrează sub formă de balast neciuruit (0/160 mm) folosit la lucrări de drumuri și balast ciuruit în sorturile : 0/31 și 0/71 utilizat ca agregat la betoane de mărci mici.

#### 4.4.2. Produse de carieră

Din categoria produselor de carieră fac parte : piatra brută (neprelucrată), piatra prelucrată și piatra spartă (sfărîmată artificial).

Piatra brută se livrează sub formă de bucăți, blocuri de formă neregulată, așa cum rezultă din exploatarea carierelor. Se folosește la executarea zidăriei de dimensiuni mari, cum sînt : zidurile de sprijin (care împiedică alunecările de teren), zidurile taluzurilor, fundațiile și soclurile construcțiilor importante.

Piatra prelucrată, în funcție de gradul de prelucrare și de destinație poate fi de următoarele tipuri :

— moloane, blocuri prelucrate numai pe fața apărîntă și pe fețe adiacente pe o adîncime de 3...7 cm (fig. 4.1). Se folosesc la executarea zidărilor masive ;

— piatra de talie se prezintă sub formă de blocuri de formă regulată, avînd patru, cinci sau toate fețele prelucrate. Se utilizează la zidăria construcțiilor importante, monumentale.

Pentru executarea zidăriei din piatră naturală se folosește numai mortar de ciment, consumul de mortar fiind cu atât mai mare cu cît piatra utilizată este mai puțin prelucrată (fig. 4.2) ;

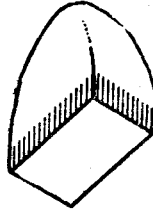


Fig. 4.1. Moion.

— plăci de piatră utilizate la pardoseli și placaje, obținute în diferite mărimi prin tăierea blocurilor de piatră. Fața aparentă a plăcilor de placaj poate fi șlefuită, lustruită, buciardată sau cu anumite profiluri;

— detalii de arhitectură: blocuri pentru socluri (fig. 4.3, a), profiluri (fig. 4.3, b), cornișe (fig. 4.3, c), briuri (fig. 4.3, d), trepte pentru scări, țigle pentru acoperiș etc.;

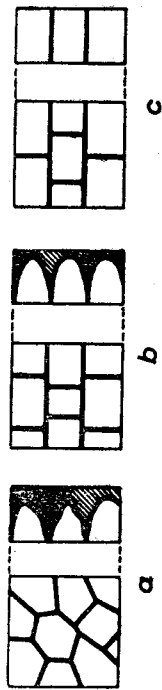


Fig. 4.2. Zidărie din piatră naturală: a - din piatră brută; b - din moșoane; c - din piatră de tole.

— pietre destinate îmbrăcăminților și încadrărilor rutiere. Aceste produse se fac sub formă de: pavele, calupuri și borduri.

Pavelele au forma paralelipipedică sau prismatică și pot fi normale sau abnorme. Cele normale se produc în două tipuri: tip dobrogean ( $18 \times 12 \times 13$  cm) și tip transilvănean ( $17 \times 17 \times 13$  cm). Pavelele abnorme

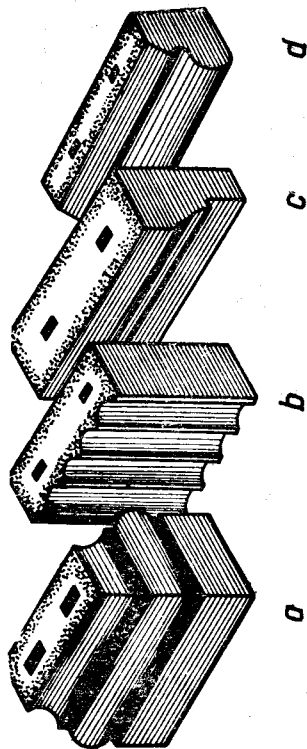


Fig. 4.3. Detalii de arhitectură: a - blocuri pentru socluri; b - profiluri; c - briuri.

sînt de aceeași formă cu pavelele normale de tip dobrogean, însă de dimensiuni mai mici.

Calupurile au forma cubică ( $l = 9$  cm) sau aproape cubică ( $7 \times 7 \times 9$  cm). Bordurile sînt blocuri de piatră cioplită de diferite dimensiuni care servesc la încadrarea trotuarelor sau a zonei carosabile a șoselelor. În prezent, bordurile din piatră naturală se înlocuiesc tot mai mult cu borduri din beton, care sînt mai economice.

*Piatra spartă* denumită și *agregat natural sfărîmat artificial* se obține prin concasarea, respectiv măcinarea rocilor. În funcție de mărimea granulelor, produsele au următoarele denumiri:

— fillerul este agregatul cu granulația maximă de 0,09 mm, obținut prin măcinarea fină a pietrei naturale concasate. Cel mai mult se folosește file-

rul de calcar la obținerea produselor pe bază de lianți bituminosi (masificuri, mortare, betoane etc.);

— nisipul de concasare are granulația maximă de 7,1 mm. Se utilizează ca agregat la prepararea mortarelor și betoanelor;

— savura, obținută prin concasare, are granulația 0/8 mm. Se utilizează la lucrări de drumuri;

— split, agregat cu granulația 8/40 mm, se folosește de asemenea la lucrări de drumuri, fiind selecționat în trei sorturi (8/16, 16/25, 25/40);

— criblura este agregatul cu granulația 3,15/25 mm rezultat prin dubla concasare a rocilor. Se livrează în trei sorturi (3,15/8, 8/16, 16/25 mm), folosindu-se la prepararea betoanelor asfaltice;

— piatra spartă avînd granulația 7,1/71 mm se folosește ca agregat la prepararea betoanelor de ciment. Se livrează în trei sorturi: 7,1/16, 16/31 și 31/71 mm. Pentru lucrări de drumuri se selecționează piatra spartă în sorturile: 40/63 și 63/90 mm;

— piatra de mozaic constă din granule de dimensiuni 0/35,5 mm (selecționate în sorturi) sau din bucăți poliedrice avînd două fețe paralele, cu laturile cuprinse între 20 și 150 mm și cu grosimea de 20...30 mm. Piatra de mozaic se obține din roci masive sau din deșeuri rezultate la prelucrarea rocilor (mai ales din calcare și marmure) și se utilizează la confecționarea betoanelor mozaicate pentru pardoseli și alte lucrări.

#### 4.5. INCERCĂRI ASUPRA PIETREI NATURALE

Piatra naturală înainte de a fi folosită în construcții se supune unor încercări pentru verificarea calității. Încercările se efectuează atât asupra pietrei fasonate cît și asupra materialelor granulare, pe probe medii recoltate după prescripții standardizate.

La piatra naturală fasonată se determină următoarele caracteristici principale fizico-mecanice: densitatea, densitatea aparentă, compactitatea, porozitatea totală, absorbția de apă (la presiune normală, la fierbere, sub presiune de 20 mm Hg și presiune de 150 at), porozitate deschisă, coeficientul de saturație (raportul dintre absorbția de apă la presiune normală și cea sub presiune de 150 at), rezistența la compresie (pe cuburi cu  $l = 5$  cm), rezistența la tracțiune (pe epruvete în formă de opt), la încoviere (pe prisme de  $4 \times 4 \times 12$  cm), la șoc mecanic (pe cuburi cu  $l = 5$  cm), la uzură (pe cuburi cu  $l = 7$  cm) și rezistența la gelivitate (pe cuburi cu  $l = 5$  cm). Principiul metodelor de determinare a acestor caracteristici a fost descris la capitolul 3.

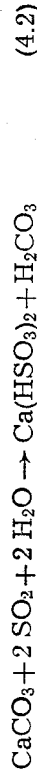
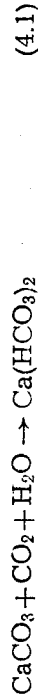
Încercările care se efectuează asupra materialelor granulare din piatră naturală, folosite ca agregate la obținerea mortarelor și betoanelor sînt reglementate prin STAS 4606-70.

#### 4.6. ACȚIUNI AGRESIVE ASUPRA PIETREI NATURALE ȘI MIJLOACE DE PROTECȚIE

După punerea în operă, piatra naturală poate fi degradată sub acțiunea unor agenți fizici, chimici sau biologici din mediul înconjurător. Acțiunea degradantă a acestora depinde de compoziția mineralogică și de compactitatea rocii.

*Agenții fizici* care degradează materialele de construcții din piatra naturală sunt mai ales variațiile mari de temperatură și simultan cu prezența apei. Dacă piatra este expusă direct acțiunii intemperii și nu este suficient de compactă sau nu are o coeziune mare, care să poată rezista eforturilor interioare provocate de jocurile de dilatare termică sau de expansiunea apei care îngheață, piatra se distruge treptat prin exfolieri. De asemenea, umiditatea din terenul de fundație poate distruge elementele de construcții executate din piatră cu porozitate deschisă (fundațiile, soclurile, zidurile de sprijin etc.), în care apa pătrunde prin ascensiune capilară. În acest caz, degradarea pietrei este generată fie de înghețarea apei pe timp de ger, fie de cristalizarea în porii pietrei a diferitelor săruri care se găsesc dizolvate în apă. În contact cu atmosfera, apa se evaporă, iar sărurile cristalizează în straturile superficiale ale pietrei producând expansiuni urmate de exfolieri. Dacă sărurile cristalizează pe suprafața pietrei, atunci apar aglomerări de cristale fine cu aspect de mucegai, numite eflorescențe și care constituie un neajuns estetic.

*Agenții chimici* care distrug piatra de construcție sînt bioxidul de carbon și bioxidul de sulf din atmosferă. În prezența umidității aceștia acționează ca acizi atacînd componenții mineralogici bazici din piatră și mai ales carbonatul de calciu din rocile calcaroase. În urma acțiunii lor, se formează săruri ușor solubile care sînt spălate de apele din precipitații. Astfel, bioxidul de carbon în prezența umidității, transformă carbonatul de calciu insolubil, în bicarbonat solubil, iar bioxidul de sulf formează sulfid acid de calciu, de asemenea solubil :



Pe măsura îndepărtării sărurilor solubile rezultate în urma reacțiilor chimice, piatra se distruge treptat.

*Agenții biologici* distructivi sînt microorganismele vegetale (algele) care distrug piatra tot prin fenomene de coroziune. Astfel, pe suprafețele orizontale sau slab înclinate ale construcțiilor, se depun diferite pulberi din atmosferă care rețin umezeală și favorizează dezvoltarea microorganismelor vegetale. Datorită vieții lor se formează substanțe acide (acizi humici) care atacă componenții mineralogici ai pietrei, transformîndu-i în săruri ușor solubile.

Unele pietre după ce au fost puse în operă se pătează sau își schimbă culoarea. Acest fenomen se datorește procesului de oxidare a unora dintre componenții mineralogici, sub acțiunea oxigenului din aer. Oxidarea este accelerată de radiațiile solare, în special de cele ultraviolete. Aceste defecte apar mai ales la pietrele colorate, folosite la ornamentele exterioare ; de

aceea se recomandă ca la asemenea lucrări, să se folosească pietre din cariere cunoscute, care au stabilitate corespunzătoare la acțiunea aerului și a soarelui.

Protejarea construcțiilor din piatră naturală împotriva acțiunilor agresive, se poate realiza fie prin măsuri de ordin constructiv, fie prin tratamente ce se aplică după punerea în operă a pietrei.

Ca măsuri de ordin constructiv, se recomandă :

- folosirea pietrei cu caracteristici corespunzătoare domeniului de utilizare ;
- evitarea suprafețelor exterioare orizontale sau slab înclinate, spre a nu permite staționarea apelor agresive și depunerea pulberilor din atmosferă ;
- izolarea hidrofulgă a fundațiilor spre a împiedica absorbția apei prin capilaritate.

*Tratamentele* ce se aplică pietrei după punerea în operă, au drept scop formarea unor straturi (pelicule) protectoare sau colmatarea porilor (mărirea compactității). Principalele tratamente utilizate sînt următoarele :

- vopsirea cu uleiuri sicative diluate cu un solvent volatil, astfel ca uleiul să pătrundă și în porii pietrei. În prezența oxigenului, uleiul sicativ se întărește formînd o peliculă protectoare rezistentă și impermeabilă ;
- tratarea pietrei din regiunile bogate în  $\text{SO}_2$ , cu o soluție apoasă de clorură de bariu. În urma reacției chimice, se formează sulfatul de bariu insolubil care colmatează porii pietrei ;

— tratarea pietrelor calcaroase cu soluții de fluoați — săruri ale acidului silico-fluorhidric. Cele mai des utilizate sînt silico-fluorurile de magneziu sau de aluminiu :  $\text{MgSiF}_6$ , respectiv  $\text{Al}_2(\text{SiF}_6)_3$ . În urma aplicării lor pe piatra de natură calcaroasă, se formează substanțe greu solubile (fluorură de calciu, gel de bioxid de siliciu hidrat și gel de hidroxid de magneziu, respectiv de hidroxid de aluminiu), care colmatează porii pietrei.

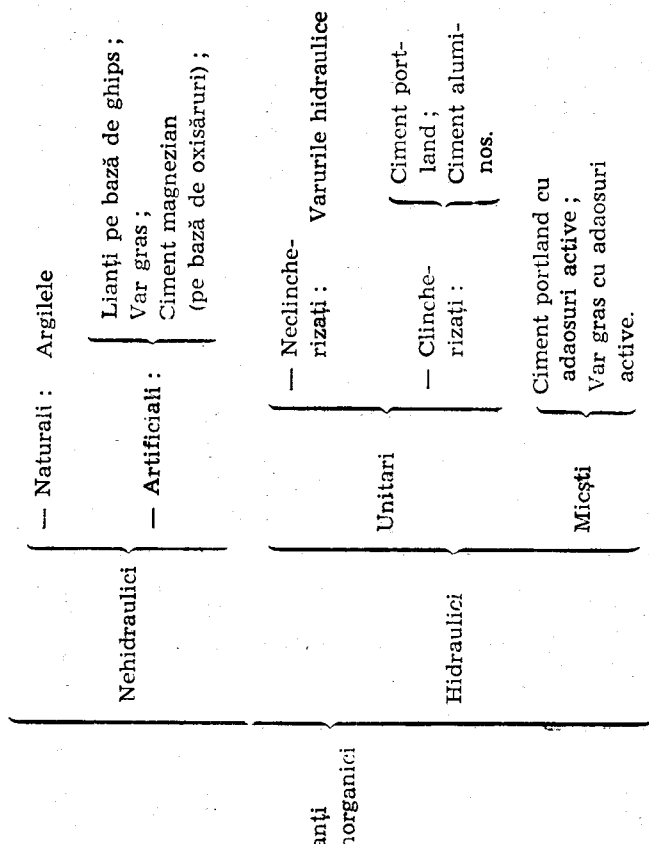
#### Capitolul 5

### LIANȚI ANORGANICI (MINERALI)

#### 5.1. NOȚIUNI GENERALE

Prin lianți se înțeleg materiale naturale sau artificiale pulverulente care, prin amestecare cu apă sau cu soluțiile apoase ale unor săruri, dau o pastă plastică, care cu timpul, se întărește sub acțiunea unor procese fizico-chimice, transformîndu-se într-un corp rigid cu aspect de piatră. Lianții se folosesc la legarea între ele a materialelor granulare (nisip, pietriș etc.) sau a materialelor unitare (cărămizi, plăci, blocuri etc.) în vederea obținerii diferitelor elemente de construcții.

Pentru a corespunde scopului propus, lianții trebuie să adere cât mai bine de materialele pe care le leagă, să se întărească într-un interval de timp relativ scurt, iar după întărire, să nu prezinte variații mari de volum, care să compromită stabilitatea elementelor de construcții.  
Lianții anorganici se pot clasifica conform schemei următoare :



Lianții nehidraulici sau aerieni sînt lianți care se întăresc numai în mediu uscat, iar după întărire nu rezistă la acțiunea apei. Acești lianți pot fi naturali sau artificiali.

Lianții hidraulici se întăresc în mediu umed sau chiar în apă, iar după întărire rezistă la efectul dizolvant al apei, care nu modifică forma exterioră a pietrei rezultate. Lianții hidraulici pot fi unitari și amestecați.

Lianții unitari sînt lianți ce se obțin prin măcinarea unui singur produs bază cu maximum 5% alte adaosuri.

Lianții amestecați provin din lianți unitari, în care la măcinare, se introduc diferite adaosuri active (zgure metalurgice, tufuri vulcanice, cenușe termocentrală), al căror conținut variază între 5 și 85% din masa lianțului.

Lianții neclincherizați se obțin din amestecuri de materii prime, care se obțin la o temperatură inferioară apariției topiturilor parțiale, astfel încît produsul ars rămîne poros. Reacțiile de formare a acestor lianți au loc în mediu solid.

Lianții clincherizați rezultă prin arderea amestecurilor de materii prime la temperaturi la care apar topituri parțiale. La răcire, topitura se solidifică în porii produsului ars, conferindu-i o structură compactă, de clincher (porozitate totală sub 8%). Acești lianți se numesc cimenturi și sînt formați din amestecuri complexe de silicați și aluminați de calciu. Dacă în

amestecul complex predomină silicații de calciu, lianții se numesc *cimenturi portland* sau *silicioase*, iar dacă predomină aluminații de calciu, lianții se numesc *cimenturi aluminioase*.

## 5.2. LIANȚI NEHIDRAULICI

### 5.2.1. Argilele

**5.2.1.1. Caracteristici generale.** Argilele sînt alcătuite preponderent din hidrosilicați de aluminiu cu compoziție chimică variabilă reprezentată prin formula generală  $mAl_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot pH_2O$ .

În natură, argilele s-au format în urma dezagregării feldspaților din roci eruptive, sub acțiunea apelor carbonatate, sau prin precipitarea soluțiilor coloidale de silice și alumina din apele termale.

În funcție de mineralul care predomină se deosebesc mai multe tipuri de argile, și anume :

— argile caolinice, în care predomină mineralul denumit caolin ( $Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$ ) ;

— argile montmorillonice, în care predomină montmorillonitul ( $Al_2O_3 \cdot 4 SiO_2 \cdot H_2O + nH_2O$ ).

Argilele caolinice caracterizîndu-se prin plasticitate mai mică, comparativ cu argilele montmorillonice, prezintă interes pentru industria ceramică. În schimb, cele montmorillonice fiind mai active din punct de vedere chimic, sînt indicate a fi utilizate ca lianți.

Argilele sînt formate din particule lamelare de maximum  $5\mu$  cu un puternic caracter hidrofil. Datorită structurii lamelare și caracterului hidrofil, argilele își modifică foarte mult volumul la variația umidității mediului înconjurător. Pentru reducerea sensibilității argilelor la variația umidității, precum și pentru mărirea rezistențelor lor mecanice, se utilizează diferite metode de stabilizare.

Mecanismul de stabilizare se explică pe baza unor particularități structurale ale argilelor. Astfel, particulele de argilă, reprezentînd frînturi din rețeaua cristalină, posedă la suprafața lor sarcini electrice negative (valențe nesatisfăcute). Datorită potențialului electric negativ, argilele se comportă ca un macroanion. În prezența apei care conține dizolvate diferite săruri, argila își neutralizează sarcina electrică negativă, prin adsorbția de cationi ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Al^{3+}$  etc.).

Capacitatea de adsorbție a cationilor este selectivă putînd fi exprimată prin seria :  $Mg^{2+} > Ca^{2+} > NH_4^+ > K^+ > Na^+$ . Ioni cu capacitate de adsorbție mare pot să înlocuiască pe cei cu capacitate mai mică din complexul adsorbit.

Cationii adsorbiți de argilă prezintă tendința de hidratare (atrag molecule de apă) și datorită acestui fapt, în jurul particulelor de argilă se formează pelicule de apă. Formarea peliculelor apoase în jurul granulelor de argilă, explică plasticitatea lor ; peliculele de apă funcționează ca lubrifiant și totodată asigură legătura dintre particulele de argilă. Mărirea peliculelor de apă depinde de natura argilei și de cea a cationilor adsorbiți.



Grosimea peliculei apoase se reduce cu creșterea valenței cationilor din complexul adsorbit, conform seriei :  $Li^+ > Na^+ > K^+ > Mg^{2+} > Ca^{2+} > Ba^{2+} > Al^{3+} > Fe^{3+}$ . Rezultă deci, că, prin înlocuirea cationilor monovalenți din complexul adsorbit cu cationi bi- și trivalenți se reduc peliculele de apă adsorbită, ceea ce duce la micșorarea plasticității argilelor și implicit la scăderea contracției la uscare și tendinței lor de fisurare.

**5.2.1.2. Metode de stabilizare a argilelor.** Funcție de procesele preponderente în urma cărora se realizează stabilizarea argilei, metodele utilizate se pot clasifica în :

— **fizice** : stabilizarea cu degresanți, stabilizarea prin hidrofobizare ;  
 — **chimice** : stabilizarea prin schimb ionic, stabilizarea cu ciment, cu silicat de sodiu și cu compuși macromoleculari.

**5.2.1.2.1. Stabilizarea cu degresanți.** Această metodă se bazează pe introducerea în masa argiloasă a diferitelor substanțe degresante : nisip, șamotă, paie, rumeguș, cenușă, coji de orez. În prezența substanțelor degresante, peliculele apoase ale masei argiloase se reduc, ceea ce contribuie la scăderea plasticității și a contracției la uscare. Degresanții se adaugă până la o anumită limită, astfel ca amestecul obținut să aibă plasticitatea necesară unei bune compactări la punerea în operă.

Argilele stabilizate cu degresanți se folosesc la confecționarea blocurilor de zidărie, mortarelor de zidărie, precum și a zidurilor monolite. Piesele de construcții executate, trebuie să fie ferite de acțiunea directă a apei și a precipitațiilor atmosferice.

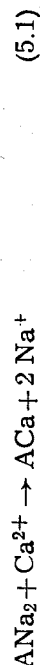
**5.2.1.2.2. Stabilizarea prin hidrofobizare.** Se realizează cu ajutorul substanțelor tensioactive (anumite rășini, gudroane, bitumuri). Aceste substanțe în contact cu argila — care este hidrofilă, se orientează cu capătul hidrofob spre argilă și cu cel hidrofob spre exterior (fig. 5.1), formînd pe suprafața argilei un film hidrofob, datorită căruia, aceasta devine mai puțin sensibilă la acțiunea apei.

Dintre substanțele tensioactive se folosesc mai frecvent în practică, lianții bituminoși (gudroane, bitumuri). Conținutul optim de bitum se stabilește în mod experimental și variază între 3 și 8%, fiind funcție de natura argilei și de umiditatea acesteia. Se recomandă ca umiditatea argilei folosite, să fie cât mai redusă.

Stabilizarea prin hidrofobizare constă în amestecarea cît mai intimă a argilei vîrtoase cu cantitatea de bitum stabilită, urmată de o bună compactare.

Argilele stabilizate prin hidrofobizare se folosesc la executarea straturilor rutiere, în construcții hidrotehnice și la impermeabilizarea canalelor de irigații.

**5.2.1.2.3. Stabilizarea prin schimb ionic.** Se bazează pe proprietatea argilei de a substitui unii ioni din complexul adsorbit, care formează pelicule apoase groase în jurul granulelor, cu alți ioni care reduc peliculele respective, conform ecuației :



În practică, pentru stabilizarea argilei după această metodă se folosesc substanțe care în apă pun în libertate ioni de  $Ca^{2+}$ , cu de exemplu : clorură de calciu, var gras, cenușă, zgură, ciment portland etc. Mai des se utilizează varul și cimentul portland. În cazul folosirii varului, stabilizarea argilei este efectul atît al reacțiilor de schimb ionic cît și al reacțiilor puzzlezolanice care au loc între var și silice respectiv alumina prezente în stare reactivă în argilă. În urma reacțiilor puzzlezolanice, iau naștere hidrosilicați și hidroalumiinați de calciu insolubili în apă, care cu timpul, se întăresc, cimentînd granulele de argilă. Dozajul optim de var se stabilește prin încercări experimentale fiind cuprins între 4 și 8% din masa argilei, în funcție de natura acesteia.

Pămînturile argiloase stabilizate cu var se utilizează mai ales la executarea terasamentelor și a drumurilor de trafic redus.

**5.2.1.2.4. Stabilizarea cu ciment.** Pămînturile argiloase stabilizate cu ciment se utilizează în prezent pe scară largă la executarea șoselelor secundare și a fundațiilor șoselelor de mare trafic la care îmbrăcămîntea se realizează din beton asfaltic sau beton de ciment. De asemenea, se folosesc la captușirea canalelor de irigații, executarea barajelor, digurilor de pămînt și a ecranelor impermeabile, precum și la protecția taluzurilor.

Cimentul stabilizează argila prin :

- întărire proprie care contribuie la armarea argilei ;
- reacții puzzlezolanice în urma cărora rezultă compuși secundari de ciment (hidrosilicați și hidroalumiinați de calciu) ;
- schimb ionic determinat de prezența ionilor  $Ca^{2+}$  rezultați la hidratarea cimentului.

Cantitatea de ciment folosită se stabilește experimental în funcție de natura liantului și caracteristicile argilei sau pămîntului și variază între 5 și 15% din masa argilei.

**5.2.1.2.5. Stabilizarea cu silicat de sodiu.** Argilele care conțin calcar fin dispersat în masa lor (argile marnoase), pot fi stabilizate cu soluție de silicat de sodiu (sticlă solubilă). În prezența apei, silicatul de sodiu hidrolizează rezultînd gel de acid silicic, care intră în reacție cu calcarul și formează compuși complecși (hidrosilicați de calciu) ce contribuie la ameliorarea structurii de rezistență a argilei.

Această metodă se poate aplica fie la amestecarea directă a argilei cu soluție de silicat de sodiu, fie prin injectarea acesteia în terenurile care urmează a fi stabilizate.

În cazul terenurilor cu un coeficient redus de permeabilitate, pentru intensificarea difuziunii soluției în masa lor, se aplică o metodă combinată de electro-silicatizare. Procedul constă în crearea unei diferențe de potențial prin introducerea în teren a doi electrozi (fig. 5.2), unul din ei fiind chiar vasul prin care se introduce soluția. Sub influența curentului electric, are loc migrarea sticlei solubile în teren și formarea combinațiilor complexe în urma reacțiilor arătate.

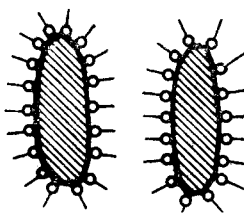


Fig. 5.1. Stabilizarea argilei prin hidrofobizare.

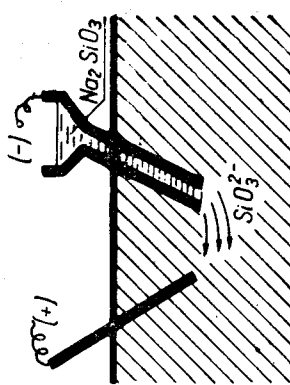


Fig. 5.2. Stabilizarea argilei prin electro-silicatizare.

5.2.1.2.6. *Stabilizarea cu compuși macromoleculari.* În ultimele decenii, s-au obținut rezultate bune în stabilizarea argilelor prin folosirea unor compuși macromoleculari. Curenți se utilizează: compuși epoxidici, latex de cauciuc, compuși ureo-formaldehidici, melamino-formaldehidici, fenol-formaldehidici, furfuroil-anilini și furil-anilini. În principiu, metoda constă în tratarea argilei cu un monomer sau amestec de monomeri (sub forma de soluții apoase cu viscozitate mică), care în urma procesului de policondensare sau polimerizare formează în masa argiloasă, un polimer rezistent și hidrofob.

Unii compuși macromoleculari stabilizează argila prin reacții de schimb ionic sau prin efecte cumulate (reacții de schimb ionic, hidrofobizare și caracter de liant).

Pentru asigurarea stabilizării argilelor — pământurilor, compuși macromoleculari utilizați în acest sens, trebuie să polimerizeze într-un termen scurt și să lege prin polimerizare cantități însemnate de apă. După polimerizare, trebuie să fie insolubil în apă, stabili la variațiile de temperatură, să prezinte coeziune ridicată și o bună aderență la granulele de argilă.

Stabilizarea cu compuși macromoleculari se aplică la diguri, baraje de pământ, canale de irigații, impermeabilizarea și consolidarea terenurilor de fundații pentru diferite lucrări, la executarea straturilor rutiere etc.

Alegerea uneia dintre metodele de stabilizare prezentate mai sus, depinde de natura argilei, volumul lucrărilor și de eficiența economică.

Argila se mai poate folosi și ca adaos plastifiant la prepararea mortarelor de ciment. În acest caz, conform STAS 4686-71 argila trebuie să conțină din punctul de vedere al granulozității (rest pe sita 0,2 mm maximum 3%) și al impurităților. Nu trebuie să conțină peste anumite limite impurități ca: acizi humici, pirită și săruri solubile, care perturbă fenomenul de întărire al cimentului.

## 5.2.2. Lianți pe bază de ghips-ipsosuri

5.2.2.1. *Materia primă și transformarea ei la încălzire progresivă.* Ipsosul face parte din primii lianți artificiali folosiți în construcții, fiind cunoscut din antichitate.

Drept materie primă la fabricarea ipsosurilor se folosește roca denumită ghips, care este formată din sulfat de calciu bihidratat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

În natură, sulfatul de calciu bihidratat, apare sub două varietăți: varietate impurificată, denumită ghips și varietate pură de culoare albă denumită alabastru (utilizat la confecționarea unor piese ornamentale).

Țara noastră dispune de zăcăminte mari de ghips, care se găsesc în special în localitățile: Slănic și Pucioasa (Ploiești), Cîmpulung-Muscel (Argeș), Turda și Aghireș (Cluj).

La încălzire progresivă ghipsul pierde treptat apa de cristalizare trecând prin următoarele etape de transformare:

— în prima etapă, ghipsul încălzit la  $95 \dots 150^\circ\text{C}$  pierde  $3/4$  din apa de cristalizare trecând în sulfat de calciu hemihidratat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$ ), care este componentul de bază al ipsosului de construcții și de modelat;

— în a doua etapă, între  $150$  și  $200^\circ\text{C}$  se elimină și restul de apă de cristalizare și se obține sulfatul de calciu anhidru ( $\text{CaSO}_4$ ) denumit anhidrit solubil, care este foarte nestabil și în prezența umidității din aer trece în hemihidrat;

— în a treia etapă, peste  $300^\circ\text{C}$  anhidritul solubil se transformă într-o varietate mai stabilă de anhidrit, denumit anhidrit insolubil, sau ipsos ars mort;

— în etapa a patra peste  $800^\circ\text{C}$  anhidritul insolubil începe să se disocieze termic conform ecuației:



Prin arderea rocii de ghips între  $800$  și  $1200^\circ\text{C}$  se obține un amestec de anhidrit și oxid de calciu. Prezența oxidului de calciu activează anhidritul, făcându-l să reacționeze cu apa și să treacă din nou în sulfat de calciu bihidratat.

Din cele prezentate anterior, rezultă că, în industrie, în funcție de temperatura de ardere a ghipsului se obțin lianți diferiți, în care predomină un anumit compus (tabelul 5.1).

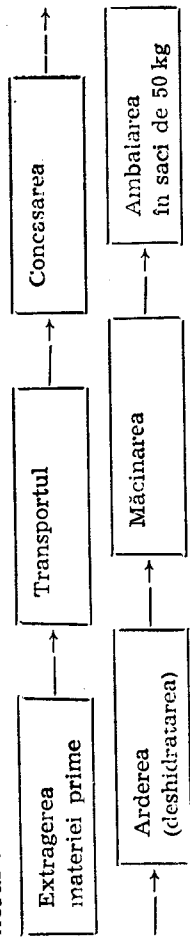
Tabelul 5.1

Produsele arderii ghipsului în funcție de temperatură

| Denumirea  | Temperatura la care se obține, $^\circ\text{C}$ | Compoziția chimică                           | Reactivitatea în raport cu apa         |
|--|---|--|--|
| Ghips  | —   | $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$   | —                                      |
| Hemihidrat (substanța de bază a ipsosului de construcții)        | $95 \dots 150$                                  | $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$ | priză rapidă                           |
| Anhidrit solubil   | $150 \dots 200$                                 | $\text{CaSO}_4$                              | priză rapidă                           |
| Anhidrit insolubil (component de bază al cimentului de anhidrit) | $300 \dots 700$                                 | $\text{CaSO}_4$                              | face priză numai cu activatori chimici |
| Ipsos de pardoseală  | $800 \dots 1200$                                | $x \text{CaSO}_4 + y \text{CaO}$<br>$x > y$  | priză lentă                            |

5.2.2.2. *Procesul de fabricație a ipsosului de construcții și de modelat.* Ipsosul de construcții și de modelat se obțin prin deshidratarea parțială a ghipsului la temperaturi ce nu depășesc  $200^\circ\text{C}$ . În cazul ipsosului de modelat se folosește roca de ghips mai curată. Componentul de bază al acestor ipsosuri este sulfatul de calciu hemihidratat însoțit de cantități reduse de anhidrit solubil și chiar de bihidrat.

Procesul tehnologic de obținere a ipsosului de construcții constă în general din următoarele faze :



Arderea și măcinarea sînt două operații care se pot schimba între ele, în funcție de tipul agregatului în care are loc deshidratarea. De asemenea, există fluxuri tehnologice în care arderea se efectuează concomitent cu măcinarea.

Arderea ghipsului, cea mai importantă fază din procesul tehnologic se realizează în diferite tipuri de cuptoare. Principalele cuptoare utilizate sînt :

- cuptoarele verticale, asemănătoare cu cele folosite în industria vârlui cu deosebirea că temperatura de ardere este mai scăzută. Arderea combustibilului are loc în focare exterioare. Calitatea ipsosului obținut în aceste cuptoare este în general nesatisfăcătoare, deoarece se produc supraarderi ;

- cuptoarele rotative utilizate pe scară largă în industria ipsosului sînt alcătuite din tamburi metalici, care se rotesc cu 0.25...6 rot/min în jurul unui ax înclinat sub un unghi de 2...5° față de orizontală. Lungimea cuptoarelor rotative variază între 10 și 20 m, iar diametrul între 1,5 și 3 m. Piatra de ghips de 20...40 mm se introduce pe la partea mai ridicată a cuptorului, iar produsul rezultat se evacuează la capătul opus. Gazele de ardere circulă în contracurent producînd deshidratarea ghipsului. Cuptoarele rotative prezintă avantajul unor producții mari și al obținerii ipsosului de calitate, mai ales în cazul încălzirii indirecte a ghipsului ;

- cazanele fierbătoare (fig. 5.3) sînt agregate termice cu flux discontinuu de fabricație. Ghipsul se introduce în cazan sub formă măcinată și este omogenizat în timpul încălzirii de un dispozitiv de amestecare. Ipsosul rezultat, se descarcă printr-un orificiu situat la partea inferioară a cazanului, într-o cameră de răcire ;

- instalațiile de deshidratare în strat fluidizat (fig. 5.4), concepute în ultima vreme, permit obținerea unui produs de calitate și cu un consum relativ scăzut de combustibil. Ghipsul fin măcinat este fluidizat în instalație într-un curent de gaze, care îl deshidratează.

**5.2.2.3. Priza și întărirea ipsosului.** Ipsosul amestecat cu apa se hidratează atât în stare solidă (în cazul cristalelor buretoase), cît și prin intermediul soluției și trece în sulfat de calciu bihidratat conform ecuației :



Bihidratul rezultat se caracterizează printr-o solubilitate de circa 5 ori mai mică decît a semihidratului, ceea ce determină formarea rapidă a soluției suprasaturate, din care, bihidratul începe să cristalizeze, sub forma unor cristale foarte mici, de mărimea dispersioizilor coloizi ( $10^{-7} \dots 10^{-5}$  cm). În momentul cînd cristalele de bihidrat sînt mici și înconjurate cu pelicule de apă, pasta este plastică și ușor lucrabilă (fig. 5.5, a). Hidratarea semi-

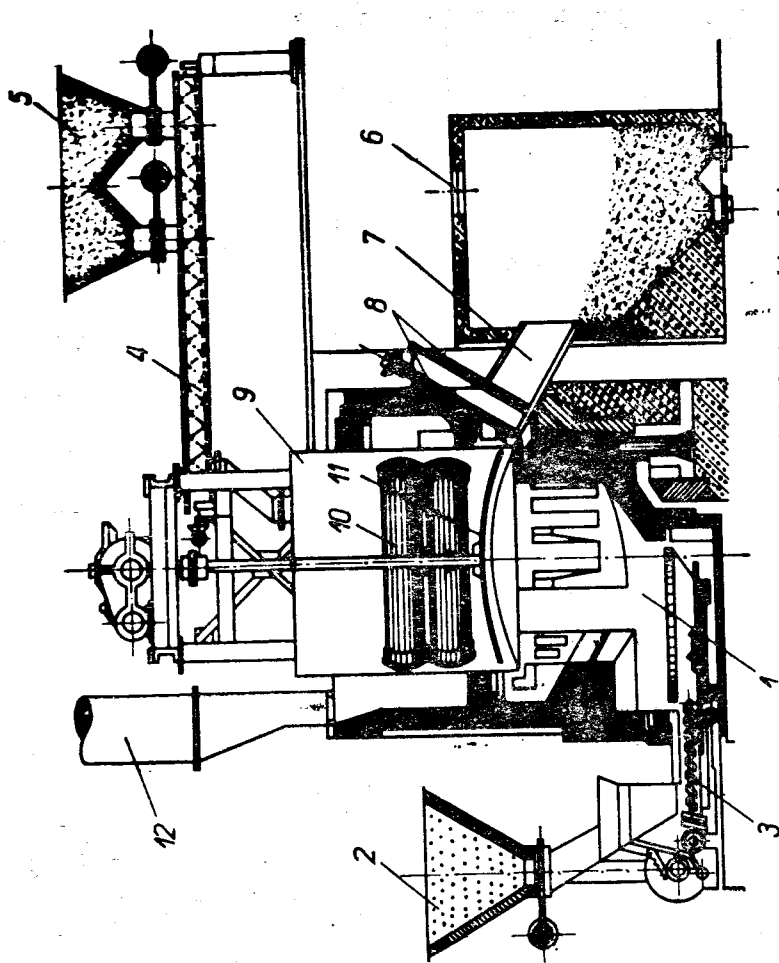


Fig. 5.3. Cazan fierbător pentru deshidratarea ghipsului :

1 — focar pentru arderea combustibilului; 2 — pînie de alimentare a combustibilului; 3 — șneac pentru conducerea combustibilului la focar; 4 — șneac pentru alimentarea cu ghips; 5 — buncăr pentru ghips; 6 — cameră de răcire a ipsosului; 7 — canal de evacuare; 8 — dispozitiv de închidere și deschidere; 9 — cazan fierbător format dintr-un cilindru de oțel cu fundul concav de fontă, crenonabil; 10 și 11 — dispozitive de amestecare a materialului în timpul încălzirii; 12 — coș pentru evacuarea vaporilor de apă.

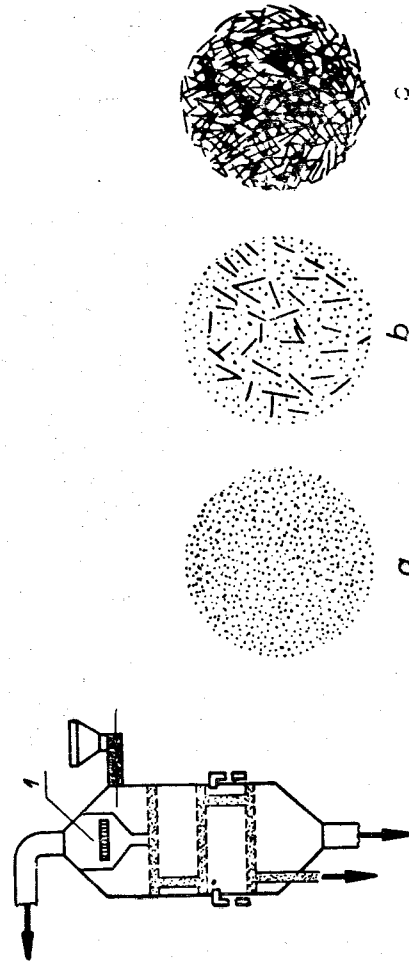


Fig. 5.4. Instalație de deshidratare a ghipsului în strat fluidizat :

1 — cloș.

Fig. 5.5. Perioadele prizei la ipsos.

hidratului continuă, iar cristalele aciculare de bihidrat cresc destul de repede și se împislesc, mărind frecarea interioară. Ca urmare, pasta își pierde treptat plasticitatea, devenind rigidă. Transformarea pastei plastice într-o masă solidă dar friabilă, se numește *priză*. Priza se măsoară în unități de timp și se caracterizează printr-un început și un sfârșit de priză, care se determină cu ajutorul aparatului Vicat.

Liantul cu priza terminată este format dintr-o împislire de cristale aciculare, între care există o cantitate destul de mare de soluție saturată de sulfat de calciu bihidratat, care împiedică sudarea cristalelor între ele (fig. 5.5, b) și de aceea, rezistența ipsosului imediat după priză este mică.

După priză, urmează fenomenul de întărire caracterizat prin creșterea rezistențelor mecanice în timp și care se datorește uscării produselor. Prin evaporarea excesului de apă folosită la amestecare, dizolvatul cristalizează și sudează cristalele inițiale între ele. În urma acestui fenomen, împislirea de cristale se transformă într-o masă de cristale concreșcute (fig. 5.5, c) care capătă rezistență. Procesul de întărire continuă pînă la evaporarea completă a excesului de apă. Practic evaporarea apei se termină după șapte zile, cînd rezistențele mecanice ating valori maxime.

Timpul de priză depinde de calitatea ipsosului, temperatura de ardere și finețea de măcinare. În general, ipsosul de construcții se caracterizează printr-o priză rapidă; începutul are loc după 5...10 min de la amestecarea cu apă, iar sfârșitul după cel mult 30 min, timp destul de scurt pentru practică. Din acest motiv, la prepararea pastei de ipsos, se introduc în cantități mici anumite substanțe chimice, care întîrzie priza. Drept întîrziători de priză se folosesc: boraxul  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ , laptele de var  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , zahărul, spirtul, cleiul de gelatină etc. Acțiunea întîrziătoare este funcție afit de natura substanței cît și de cantitatea care se adaugă, cantitate ce se stabilește în mod experimental pentru fiecare adaos întîrziător.

**5.2.2.4. Caracteristicile ipsosului întărit.** În cursul întăririi, ipsosul își mărește volumul cu aproximativ 1%, din care cauză, pasta de ipsos umple bine toate detaliile forme în care se toarnă. După întărire, volumul rămîne practic constant, fapt apreciat la executarea tencuielilor, care nu fisurează la uscare. În urma evaporării excesului de apă, deoarece la preparare se folosește o cantitate de apă mult mai mare decît cea necesară hidratării ipsosului, produsul întărit devine poros (porozitatea atinge circa 50% din volumul total), din care cauză și rezistențele sale mecanice sînt moderate. În schimb, porozitatea ridicată conferă produselor de ipsos, proprietăți bune de izolare termică și fonică. Ipsosul întărit se caracterizează prin solubilitate în apă, ceea ce determină degradarea treptată a produselor de ipsos, dacă sînt folosite neprotejate într-un mediu umed. Îmbunătățirea comportării la umiditate a ipsosului întărit se poate realiza fie prin folosirea unor adaosuri care micșorează porozitatea și solubilitatea acestuia, fie prin tratamente superficiale de impermeabilizare. S-au obținut rezultate bune, prin folosirea la amestecarea ipsosului cu apă, a unor cantități de: leșie bisulfitică, zgură metalurgică măcinată, amestec de var sau ciment portland cu zgură de furnal, dextrină, precum și polimeri organici (rășini melaminoformaldehidice, fenolformaldehidice și ureoformaldehidice).

Pentru tratarea superficială a produselor din ipsos în scopul realizării unei pelicule impermeabile și hidrofobe se folosesc: bitum, parafină, vopsele și diferite rășini sintetice.

**5.2.2.5. Încercările și condițiile de calitate ale ipsosurilor de construcții și de modelat.** Pentru aprecierea calității, asupra ipsosului de construcții se efectuează următoarele încercări, conform STAS 10275-75: gradul de alb, finețea de măcinare, densitatea (masa volumetrică), apa de amestecare pentru pasta de consistență normală, timpul de priză, capacitatea de absorbție a apei, rezistențele mecanice, contracția și dilatarea axială a ipsosului întărit, expansiunea și coeficientul de difuzie.

— *Gradul de alb* se determină în lumină albă cu leuometrul Zeiss, în cuva cărui se introduce ipsosul de analizat, în condiții standardizate. Se exprimă în procente.

— *Finețea de măcinare* se apreciază prin reziduu exprimat în procente, pe care îl lasă o probă de 100 g ipsos uscat în prealabil la  $40 \pm 5^\circ\text{C}$ , prin cernere pe site standardizate.

— *Densitatea* (masa volumică) se exprimă în  $\text{g}/\text{dm}^3$  și se determină prin cîntărirea unui volum de ipsos introdus de la o anumită înălțime într-un vas cilindric cu capacitatea de  $1 \text{ dm}^3$ .

— *Apa de amestecare* pentru pasta de consistență normală se determină cu ajutorul unui inel avînd  $\varnothing 30 \text{ mm}$  și  $h=50 \text{ mm}$ , în care se introduce pasta de ipsos preparată din 200 g ipsos și o anumită cantitate de apă măsurată. Pasta se consideră de consistență normală, cînd diametrul turtei rezultate la scoaterea inelului este de 78...80 mm. Cantitatea de apă necesară pentru pasta de consistență normală se exprimă în procente raportînd volumul de apă folosit la cantitatea de ipsos luată pentru determinare.

— *Timpul de priză* se determină pe pasta de consistență normală cu ajutorul aparatului Vicat (fig. 5.6). Acul aparatului se coboară pînă atinge suprafața pastei introdusă în inel și apoi este lăsat liber să pătrundă în pastă. Încercarea se repetă la fiecare minut schimbînd de fiecare dată locul de încercare. Se citește pe scala aparatului înaintarea acului în pastă. Intervalul de timp, exprimat în minute, de la introducerea ipsosului în apă și pînă cînd acul pătrunde în pastă numai 30 mm, se consideră începutul prizei.

Sfîrșitul de priză reprezintă intervalul de timp de la introducerea ipsosului în apă și pînă cînd acul lasă pe pastă o urmă ușor perceptibilă.

— *Capacitatea de absorbție a apei* se apreciază prin cantitatea de apă exprimată în procente, absorbită de către epruvetele de ipsos, păstrate timp de 10 ore sub apă.

— *Rezistențele mecanice* se determină pe epruvete prismatice de  $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$ , confecționate din pastă de consistență normală. Epruvetele se încearcă inițial la încovoiere, iar jumătățile de prismă rezultate se

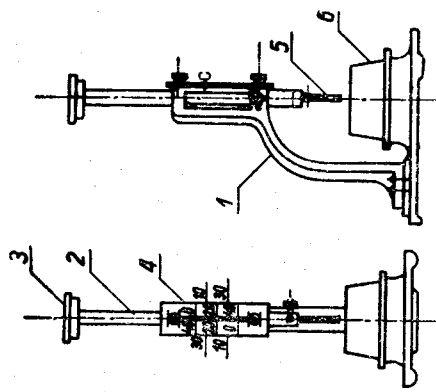


Fig. 5.6. Aparatul Vicat:

1 — stativ vertical; 2 — tijă mobilă; 3 — greutate adițională; 4 — scară gradată în milimetri, fixată reglabil de stativ; 5 — acul Vicat fixat de tija mobilă; 6 — inelul în care se introduce pasta de liant.

supun la compresiune. Rezistențele se determină după 2 ore, respectiv 7 zile de la confecționarea epruvetelor.

— *Contrația sau dilatarea axială* a ipsosului întărit se determină pe epruvete prismatice de  $40 \times 40 \times 160$  mm confecționate din pastă de consistență normală. Cu ajutorul dispozitivului prevăzut cu un ceas micro-comparator, se urmărește variația lungimii epruvetelor la diferite intervale de timp, stabilite în standardele produselor de ipsos. Contrația se exprimă în mm/m și se calculează prin raportarea diferenței între citirea inițială la microcomparator  $\delta_0$  și citirea după un timp dat  $\delta_n$ , la lungimea inițială a epruvetei  $L_0$ .

— *Expansiunea ipsosului* în timpul prizei se exprimă în mm/m și se măsoară cu ajutorul unui dilatometru, în care, pasta de ipsos se păstrează 24 ore. După acest interval, se citește pe cadranul aparatului expansiunea în milimetri și se raportează la lungimea inițială a probei.

— *Coefficientul de difuzie* se apreciază prin înălțimea la care se ridică apa într-o epruvetă, așezată cu unul din capete pe suprafața apei, la intervale de timp stabilite. Se exprimă în mm/s.

Tabelul 5.2

Condiții de calitate ale ipsosului de construcții

| Caracteristici   | C I | C II | C III |
|--|-----|------|-------|
| Conținutul în sulfat de calciu semihidrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ), % minimum  | 90  | 75   | 65    |
| Finea de măcinare<br>— rest pe sita cu țesătură de sirmă 071 STAS 1077-67, % maximum<br>— rest pe sita cu țesătură de sirmă 02 STAS 1077-67, % maximum | 2   |      | 4     |
|  | 15  |      | 17    |
|  | 5   |      | 4     |
| Timpul de priză, min<br>— începutul, minimum<br>— sfârșitul, maximum   | 10  |      | 6     |
|  |     | 30   |       |
| Rezistența la întindere prin încovoiere, $\text{N/mm}^2$ , minimum<br>— după 2 ore<br>— după 7 zile  | 1,8 | 1,5  | 1,0   |
|  | 3,5 | 3,0  | 2,0   |
| Rezistența la compresiune, $\text{N/mm}^2$ , minimum<br>— după 2 ore<br>— după 7 zile  | 4,0 | 3,5  | 3,0   |
|  | 9,0 | 8,0  | 7,0   |

Condiții de calitate ale ipsosului de modelat

| Caracteristici  | Ms        | M I | M II | M III | Metoda de încercare |
|---|-----------|-----|------|-------|---------------------|
| Conținutul în sulfat de calciu semihidrat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ), % minimum   | 95        | 92  | 87   | 82    | STAS 4474-73        |
| ( $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$ ), % maximum  | 1         |     | 4    | —     |                     |
| ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), % maximum  | 0,05      |     | —    | —     | STAS 10275-75       |
| Reziduu insolubil în HCl, % maximum   | 0,5       | 1   | 1,5  | —     |                     |
| Gradul de alb, % minimum  | 84        | 82  | 78   | 75    | STAS 5063-66        |
| Fracțiuni magnetice   | 0         | —   | —    | —     |                     |
| Apa de consistență normală, ml apă/100 g ipsos  | 65...75   | —   | —    | —     | STAS 5063-66        |
| Finea de măcinare:<br>— rest pe sita cu țesătură de sirmă 071 STAS 1077-67, % maximum<br>— rest pe sita cu țesătură de sirmă 02 STAS 1077-67, % maximum | 0         | 0   | 0    | 0,2   |                     |
| Timpul de priză, min<br>— început, minimum<br>— sfârșit, minimum<br>maximum   | 0,5       | 2,5 | 2,5  | 4     | 20                  |
|   | 8         |     |      | 6     |                     |
| Rezistența la întindere prin încovoiere, $\text{N/mm}^2$ , minimum<br>— după 2 ore<br>— după 7 zile   | 12        |     | 10   |       | 2,0                 |
|   |           | 2,5 |      |       |                     |
| Rezistența la compresiune, $\text{N/mm}^2$ , minimum<br>— după 2 ore<br>— după 7 zile   | 4,5       |     |      |       | 3,5                 |
|   | 5,0       |     |      |       |                     |
| Coeficientul de difuzie, mm/s   | 10,0      |     |      |       | 4,0                 |
|   | 1,2...1,5 |     |      |       |                     |



**5.2.2.6. Domeniile de utilizare a ipsosului de construcții și de modelat.** Ipsosul nefiind un liant hidraulic se utilizează numai la lucrări interioare și în încăperi cu umiditate relativă mai mică de 60%. Se folosește fie ca liant unitar, fie în amestec cu varul gras în diferite scopuri. Principalele domenii de utilizare a ipsosurilor de construcții și de modelat sînt redade în continuare :

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| Utilizarea ipsosurilor la :          | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Protecția elementelor din lemn împotriva focului</li> <li>— Finisarea tencuielilor interioare</li> <li>— Tencuirea pînzei de rabiț</li> <li>— Monolitizarea prefabricatelor în zidării interioare</li> <li>— Fixarea instalațiilor electrice</li> </ul> |
| Mortare pentru tencuiteli și zidării | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Plăci pline și cu goluri de dimensiuni : 795×395×75 mm (fig. 5.7, a, b)</li> </ul>  |
| Prefabricate                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Fișii pline și cu goluri de dimensiuni : 2 620×595×100 mm</li> <li>— Panouri cu structură fagure (fig. 5.7, c)</li> </ul>   |
| Tipare pentru :                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Elemente decorative</li> <li>— Industria ceramică</li> </ul>  |
| Elemente decorative interioare       |  |

Elementele decorative precum și tiparele se execută din ipsos de modelat.

La confecționarea elementelor prefabricate se folosește fie ipsos curat, fie în amestec cu diferite agregate ușoare : zgură metalurgică expandată, zgure de cazan, coji de orez, puzderii de in și cîneapă, talaș și rumeguș de lemn. Agregatele se introduc în amestec în scopul ieftinirii și reducerii densității produselor. Prefabricatele din ipsos sînt întrebunțate la executarea pereților despărțitori neportanți. Pe pereții executați din elemente prefabricate de ipsos este interzisă fixarea obiectelor tehnico-sanitare și de încălzire, putîndu-se însă fixa instalațiile electrice.

**5.2.2.7. Alți lianți pe bază de ghips.** Cimentul de anhidrit se obține prin măcinarea anhidritului natural sau artificial cu adaos de mici cantități de substanțe minerale numite activatori. Anhidritul artificial se fabrică prin arderea pietrei de ghips la temperatura de 600...750 °C. Atît anhidritul natural cît și cel artificial nu posedă capacitate proprie de întărire, deoarece sînt insolubili în apă. Pentru a mări solubilitatea și, deci, capacitatea de hidratare a anhidritului, se folosesc diferite adaosuri activatoare

ca : sulfat acid de sodiu în proporție de 1...3%, var sau dolomită calcinată 3...5%, cenușă de termocentrală 10% și alte adaosuri.

Cimentul de anhidrit se caracterizează prin priză mult mai lentă comparativ cu cea a ipsosului de construcții, sîrșitul prizei fiind la 4...7 ore.

**Ipsosul de pardoseală** rezultă prin arderea ghipsului la temperaturi mari între 800 și 1 000 °C și măcinarea produsului ars. Este format dintr-un amestec de anhidrit și mici cantități de oxid de calciu. Oxidul de calciu în acest caz joacă rolul de activator, mărind solubilitatea anhidritului și de aceea ipsosul de pardoseală se caracterizează prin capacitate proprie de întărire. Priza ipsosului de pardoseală este însă destul de lentă, sîrșitul prizei fiind la 12...14 ore. Procesul de priză poate fi accelerat prin mărirea fineței și accelerat prin mărirea lui, sau prin adăugarea unor săruri ca :  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{MgCl}_2$ , denumite acceleratori de priză.

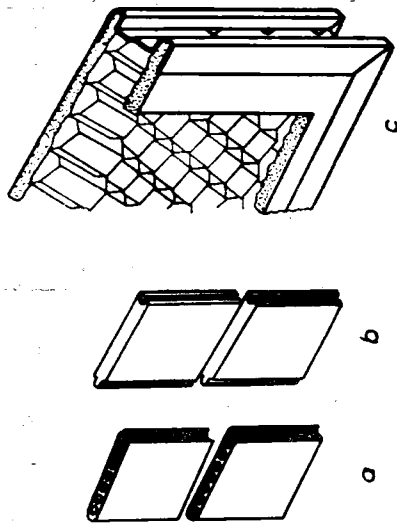


Fig. 5.7. Prefabricate din ipsos.

**Ipsosul de mare rezistență** se obține prin deshidratarea parțială a ghipsului, în autoclave sub presiune de circa 1,3 at și temperatură de 110...120 °C. În aceste condiții, se formează cristale de  $\alpha$  hemihidrat care sînt de formă mai plină și mai compacte, în comparație cu cristalele burtoase de  $\beta$  hemihidrat, ce rezultă la deshidratarea ghipsului la presiunea atmosferică. Datorită formei și structurii mai compacte a cristalelor, acest ipsos necesită o cantitate mai mică de apă de amestecare decît ipsosul de construcții și dă produse întărite mai compacte și mai rezistente.

**Ipsosul alăunat** se fabrică prin arderea în două faze a materiei prime. În prima fază se arde piatra de ghips la 150...200 °C ; produsul rezultat se amestecă cu o soluție de alăun [ $\text{K}\cdot\text{Al}(\text{SO}_4)_2$ ] și după întărire se arde din nou la circa 600 °C și apoi se macină. Din ipsos alăunat se obțin produse compacte, care se pot lustrui frumos, imitînd marmura.

**Ipsosul macroporos** se obține din ipsosul obișnuit de construcții, prin amestecare cu o cantitate mare de apă de 150...200%. În timpul întăririi, surplusul de apă se evaporă, creînd o structură foarte poroasă cu proprietăți termo- și fonoizolatoare bune.

**Ipsosul celular** se realizează prin introducerea în pasta de ipsos a unor substanțe generatoare de gaze sau de spumă, care imprimă produsului întărit o structură celulară și o conductivitate termică redusă ( $\lambda \leq 0,1$  kcal/m °C·h). Spre deosebire de betonul celular, ipsosul celular se întărește destul de rapid în condiții normale, pentru a putea fi folosit la scurt timp după fabricație.

În tabelul 5.4 sînt redade unele caracteristici, precum și domeniile de utilizare a diferite tipuri de ipsosuri.

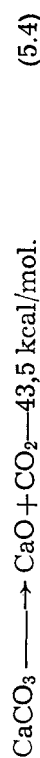
Caracteristicile și utilizările ale diferitelor tipuri de lămpi pe bază de ghips

| Tipul ipsosului                 | $\rho_a$ a produsului<br>întăit,<br>kg/m <sup>3</sup> | $R_c$ ,<br>daN/cm <sup>2</sup> | Domenii de folosire   |
|---------------------------------|---|--------------------------------|---|
| Cimentul de anhidrit            | 1 500...2 000   | 50...200                       | pardoseli interioare;<br>mortare de zidărie;<br>blocuri de zidărie                            |
| Ipsosul de pardoseală           | 1 300...1 700   | 200...300                      | pardoseli interioare;<br>mortare pentru ten-<br>cuieli; elemente pre-<br>fabricate            |
| Ipsosul de mare rezis-<br>tență | —   | 250...350                      | elemente prefabricate<br>ca: blocuri, plăci,<br>panouri etc.                                  |
| Ipsosul alăunat                 | —   | 300                            | lucrări de finisaj;<br>elemente sculpturale<br>și arhitectonice                               |
| Ipsosul macroporos              | —   | —                              | —   |
| Ipsosul celular                 | 500...600   | 10...20                        | material termoizola-<br>tor la elemente cu<br>structură mixtă (mie-<br>zul acestor structuri) |

### 5.2.3. Varul gras

5.2.3.1. **Materia primă și procesul de fabricație.** Materia primă folosită la fabricarea varului gras este calcarul, denumit în industrie și piatră de var. Calcarul utilizat trebuie să conțină minimum 95% CaCO<sub>3</sub>, restul fiind impurități mai ales de argilă și nisip.

La încălzire, carbonatul de calciu se disociază în oxid de calciu (var gras) și bioxid de carbon conform ecuației:



Decarbonatarea începe parțial și cu viteză redusă la 600 °C. Viteza de disociere crește cu temperatura și la 908 °C are loc decarbonatarea completă a calcarului, dacă acesta se prezintă în stare fin pulverizată. În industrie, deoarece calcarul se arde sub formă de bulgări de dimensiuni 10...15 cm, pentru asigurarea decarbonatării lui complete și în același timp pentru reducerea duratei de ardere, temperatura în cuptor se ridică la 1 100...1 200 °C când rezultă un var poros. Se evită temperatura de ardere mai mari, pentru că atunci oxidul de calciu suferă o transformare polimorfă și devine foarte compact. De asemenea, la temperaturi ridicate, impuritățile argiloase din calcar reacționează cu CaO formând aluminați, silicați și ferizi de calciu fuzibili, care se depun pe granulele de var compactizându-le și mai mult. Astfel, se obține un var supraars, care reacțio-

nează foarte lent cu apa și provoacă defecte în tencușile la care este utilizat. Arderea la temperaturi prea mici sau în timp scurt, are, de asemenea o influență negativă asupra proprietăților varului rezultat, care conținând calcar nedescompus nu reacționează cu apa și micșorează astfel plasticitatea pastei de var stins.

Procesul de fabricație a varului cuprinde următoarele faze principale:

Extragerea calcarului → Concasa-  
rea → Arderea.

În cazul producției mari de var, arderea calcarului are loc în diferite tipuri de cuptoare cu funcționare continuă. Cuptoarele verticale sînt însă cele mai răspândite în industria varului (fig. 5.8). În aceste cuptoare, calcarul în bulgări, introdus pe la partea superioară, străbate cuptorul de sus în jos trecînd prin zona de preîncălzire (unde este încălzit de către gazele de ardere) și apoi prin cea de ardere. Varul gras obținut în bulgări, coborînd, este răcit de către aerul rece introdus în cuptor pentru combustie și apoi scos la diferite intervale de timp pe la partea inferioară a cuptorului. Drept combustibil, se pot folosi cărbunii și cocul, care se introduc în straturi alternative cu calcarul, sau combustibili lichizi sau gazoși care se ard în injectoare, plasate la baza zonei de ardere. Varul gras în bulgări, scos din cuptor nu se poate stoca prea mult timp deoarece se pulverizează și își pierde din capacitatea sa liantă, datorită reacțiilor ce le dă cu umiditatea și bioxidul de carbon din aer. Din acest motiv, varul gras în bulgări este trecut mai departe fie la operația de stingere, fie la cea de măcinare.

5.2.3.2. **Stingerea varului.** Operația de tratare a varului cu apă se numește stingerea varului și constă în hidratarea oxidului de calciu conform ecuației:

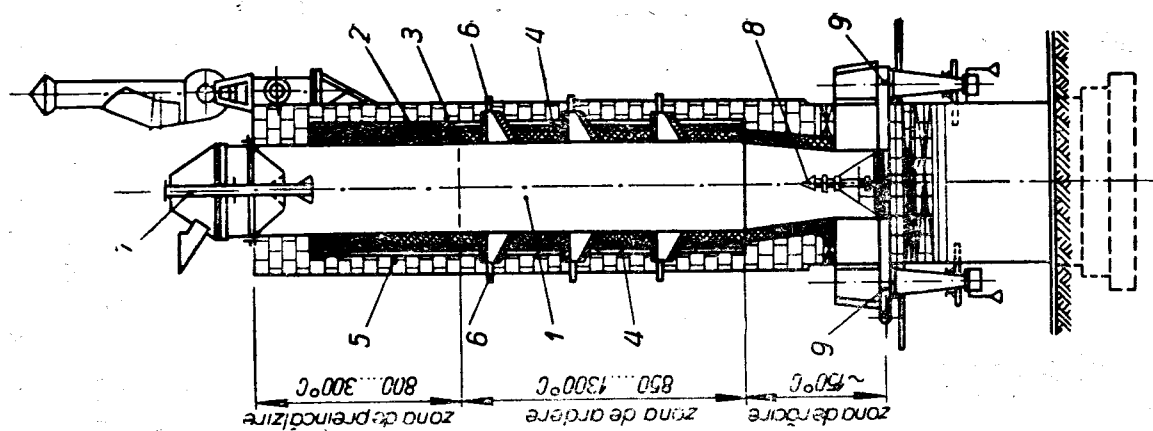
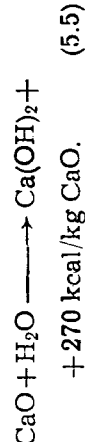


Fig. 5.8. Cuptor vertical:

1 — spațiu de ardere; 2 — căptușeală refractară; 3 — zidărie de cărămidă roșie; 4 — inele metalice; 5 — strat izolator; 6 — guri de observare a arderii; 7 — dispozitiv de alimentare; 8 — dispozitiv pentru însușirea aerului; 9 — sistem de evacuare materialului din cuptor.

Stingerea varului se produce cu degajare mare de căldură și cu mărire importantă de volum (de 2—3 ori), ceea ce determină pulverizarea varului stins. Se poate realiza manual sau mecanic. Funcție de cantitatea de apă folosită pentru stingere, se obține var stins în praf (hidratat în pulbere) sau var stins în pastă.

Stingerea în praf se realizează când varul este tratat cu o cantitate limitată de apă (cu circa 35%), strict necesară obținerii hidroxidului de calciu conform ecuației (5.5), sub formă de praf fin.

În cazul procedurii manual, bulgării de var gras se așază într-un strat de 15...20 cm grosime, în gropi betonate și se stropesc cu apa necesară stingerii. Operația se repetă până ce se obține un strat în grosime de circa 1,5 m, peste care se așterne un strat de nisip de 10 cm și apoi se lasă 2 sau 3 zile. După acest timp, varul stins în praf se trece prin site.

Stingerea mecanică se realizează în fabrici, în diferite instalații cu funcționare continuă sau periodică.

O instalație continuă de stingere a varului în praf (fig. 5.9) se compune dintr-un tambur rotativ format din doi cilindri coaxiali. Cilindrul interior este perforat și are rol de ciur. Varul se introduce continuu în cilindrul interior și se stropește cu apă. Pulberea stinsă trece prin cilindrul perforat și se elimină pe la capătul tamburului; părțile nestinse rămân pe ciur și se elimină pe la capătul opus. Cilindrul exterior este prevăzut cu palete elicoidale.

Varul stins în praf, față de cel stins în pastă, prezintă o serie de avantaje: nu conține resturi nestinse, elimină stingerea pe șantier, se transportă ușor etc.

Stingerea în pastă se efectuează de asemenea, manual și mecanic. În cazul stingerii în pastă, varul se tratează cu o cantitate excesivă de apă (cu circa 200% din greutatea CaO).

Pe șantierele de construcții, stingerea manuală în pastă, se realizează în lăzi și gropi astfel: în pământ se sapă o groapă (fig. 5.10) ai cărei pereți laterali se sprijină cu dulapi de lemn. Alături de groapă se așază o ladă din scinduri, numită varniță, care la capătul dinspre groapă, are o deschidere cu sertar, în dreptul căreia în interior se așază o plasă de sirmă. În varniță se introduce apă în exces, apoi bulgării de var și se amestecă până la fierberea apei. După încetarea fierberii, se ridică sertarul și laptele de var rezultat este trecut prin plasă în groapă.

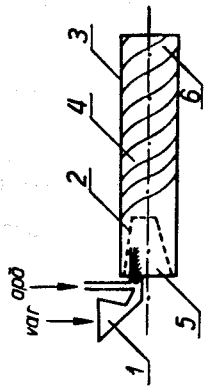


Fig. 5.9. Instalație continuă de stingere a varului în praf:  
1 — buclă; 2 — cilindru interior perforat;  
3 — cilindru exterior; 4 — palete elicoidale;  
5 — var nestins; 6 — var stins în praf.

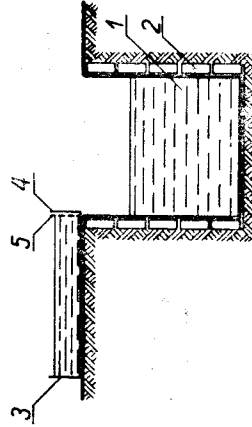


Fig. 5.10. Stingerea manuală a varului în pastă:  
1 — ladă de scinduri; 2 — dulapi de lemn; 3 — ladă de scinduri;  
4 — deschidere cu sertar; 5 — plasă de sirmă.

Plasa reține bucățile de var care nu s-au stins. Operația se continuă până la umplerea gropii, după care produsul se lasă în repaus cel puțin două săptămâni. În acest timp, părțile mici nestinse de var care au trecut prin plasă, se sting lent în groapă, iar excesul de apă difuzează în pământ și laptele de var se transformă în pastă de var; pe suprafața ei apar crăpături mari.

Dacă pasta urmează să fie întrebuințată după un timp mai îndelungat trebuie să fie ferită de uscure și îngheț, prin acoperire cu un strat gros de nisip.

Stingerea mecanică a varului în pastă se efectuează în aparate cu funcționare continuă (fig. 5.11) alcătuite dintr-un tambur rotativ orizontal, prevăzut cu palete care permit amestecarea și înaintarea uniformă a varu-

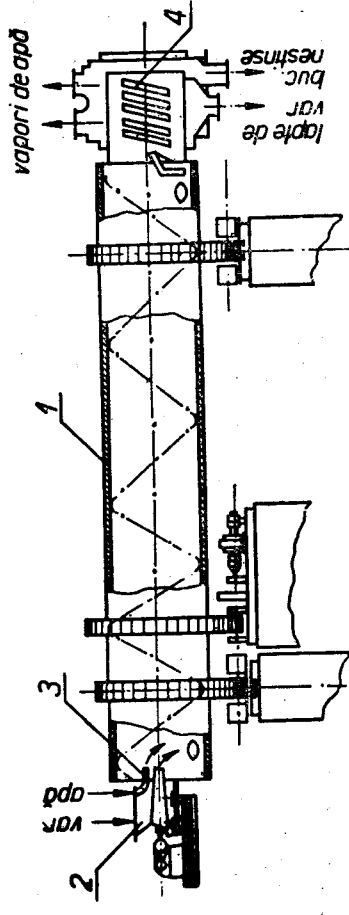


Fig. 5.11. Stingerea mecanică a varului în pastă:  
1 — cilindru; 2 — pânză de alimentare; 3 — conductă de apă; 4 — orificiu pentru trecerea lăptelui de var.

lui stins. La capătul de evacuare, tamburul este prevăzut cu un colector static, care are cămașă interioară găurită pentru reținerea părților nestinse și un ștuț de evacuare a pastei.

Varul pastă este un gel format din particule alungite de hidroxid de calciu înconjurate cu pelicule de apă, grupate într-o rețea tridimensională (fig. 5.12). În ochiurile rețelei se găsește dispersată soluția saturată de hidroxid de calciu.

Varul bulgări ieșit din cuptor poate fi măcinat rezultând așa-numitul var nestins măcinat, care se transportă în saci la locul de folosire. Se stinge în momentul preparării mortarelor, iar căldura degajată la stingere accelerează uscarea și întărirea mortarelor, ceea ce este deosebit de util la executarea lucrărilor pe timp de iarnă. De asemenea, acest var nu produce defecte în tencuieii și nici deșeuri la fabricare.

5.2.3.3. Întărirea varului gras. În construcții, varul se utilizează mai ales sub formă de mortar, adică în amestec cu nisip și apă. Mortarele de var gras se aplică numai pe pietre de construcții poroase (de exemplu cărămizi). După aplicare pe materialul poros, începe întărirea mortarului, ca efect a două procese distincte: un proces fizic și un proces chimic.

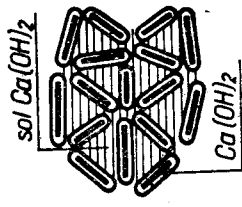
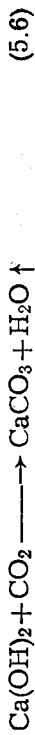


Fig. 5.12. Structura pastei de var.

Procesul fizic constă în pierderea apei din mortar și din gelul pastei de var, prin absorbție de către materialul poros și prin evaporare, ceea ce conduce la rigidizarea mortarului. Acest proces fizic decurge într-un timp scurt, permițând executarea zidărilor în ritm rapid.

Din cauza conținutului mare de nisip care formează un schelet de rezistență, mortarul nu se contractă proporțional cu cantitatea de apă absorbită și astfel devine poros.

După întărirea fizică, urmează fenomenul chimic de lungă durată. Prin porii mortarului pătrunde bioxidul de carbon din aer și produce carbonatarea hidroxidului de calciu, conform ecuației :



În urma carbonatării, crește rezistența mecanică și stabilitatea la apă a mortarului. Carbonatarea nu este posibilă în absența porozității mortarului. Astfel, se cunosc lucrări care au fost executate din piatră naturală compactă și mortar de var gras, la care, după sute de ani, la demolare, s-au observat mortare neîntărite în interiorul lor (pilele podului de peste Someș la Ilva Mică și fortificațiile orașului Viena — Austria).

5.2.3.4. **Încercările și condițiile de calitate ale varului gras.** Încercările care se efectuează asupra varului gras diferă după natura produsului livrat (var în bulgări, măcinat, stins în pastă sau var hidratat în pulbere) și sînt reglementate prin STAS 3910-76.

La varul livrat în bulgări, pe probe medii recoltate din minimum 10 locuri diferite ale lotului recepționat se determină : apa necesară pentru stingere, randamentul în pastă, reziduuul la stingere și viteza de stingere.

— **Cantitatea de apă necesară stingerii** se determină pe 5 kg de var bulgări, care se introduc în cutia de stingere avînd suprafața de 1 000 cm<sup>2</sup> și înălțimea de 40 cm, în care s-au turnat în prealabil 6 l apă. Se amestecă ușor, iar după începutul fierberii se continuă adăugarea apei măsurate pînă ce se obține o pastă omogenă. Se notează cantitatea totală de apă folosită, se nivelează pasta, se acoperă cutia de stingere cu capacul său și se lasă în repaus 24 ore. După acest timp, se scurge într-un cilindru gradat, apa separată la suprafața pastei, care se scade din cantitatea de apă utilizată la stingere. Cantitatea de apă folosită pentru stingere se consideră corect aleasă, dacă la suprafața pastei nu s-a separat apă fără să fi apărut crăpături, sau cantitatea de apă separată nu depășește 0,5 l. În caz contrar, determinarea se repetă. Apa necesară pentru stingere se exprimă în l/kg.

— **Randamentul în pastă** reprezintă raportul dintre cantitatea de pastă de var rezultată în urma stingerii și cantitatea de var nestins luată pentru determinare. După terminarea determinării cantității de apă necesară stingerii, se măsoară grosimea stratului de pastă de var în centimetri, cu ajutorul unei rigle gradate ce se introduce vertical în pastă. Fiecare centimetru de înălțime reprezintă 1 litru de pastă de var.

— **Reziduuul la stingere** exprimat în procente se determină pe 5 kg pastă de var, rezultată de la stabilirea randamentului în pastă. Proba de analizat se diluează cu apă și se trece prin sita de 063. Reziduuul se spală și se usucă, după care se cîntărește. Părțile nestinse pot fi sau calcar nedecarbonat sau oxid de calciu supraars.

— **Viteza de stingere** se determină cu ajutorul unui termos în care se introduc 500 cm<sup>3</sup> apă distilată și 100 g var trecut în prealabil prin ciurul de 5 mm. La diferite intervale de timp, se notează indicațiile termometrelor pînă cînd temperatura începe să scadă. Valorile rezultate se înscriu într-un grafic care se compară cu curbele limită prescise de domeniul de utilizare al varului.

La varul măcinat nestins se determină : apa necesară pentru stingere, randamentul în pastă (după aceleași metode ca și la varul în bulgări) și finețea de măcinare.

— **Finețea de măcinare** se apreciază prin reziduuul exprimat în procente, pe care îl lasă varul cernut prin sitele 063 și 009.

La varul livrat în pastă se determină : densitatea, consistența și conținutul în părți nestinse. Conținutul în părți nestinse se determină după aceeași metodă ca la varul în bulgări.

— **Densitatea pastei de var** se determină cu ajutorul unui vas de 1 l capacitate, în care pasta de var se introduce în condiții standardizate. Diferența de masă între vasul plin și vasul gol reprezintă masa unui litru de pastă de var (densitatea). Cu cît densitatea pastei de var este mai mică, cu atît varul se consideră mai gras, deci de calitate mai bună.

— **Consistența pastei de var** se apreciază prin adîncimea de pătrundere în centimetri, a unui con etalon (fig. 5.13) în pasta de var. Conul etalon are masa de 300 g și este gradat în centimetri pe o generatoare. Conul se așază cu vârful la suprafața pastei și se lasă să pătrundă liber în poziție verticală, citindu-se pe generatoarea sa adîncimea de pătrundere. Se consideră consistența normală a pastei cînd adîncimea de pătrundere a conului este de 12 cm.

La varul hidratat în pulbere (var H) se determină : umiditatea, densitatea aparentă și granulația (rest pe sitele 063 și 009) după metodele cunoscute.

Varul în bulgări se livrează în 3 clase de calitate (tabelul 5.5) conform STAS 146-70, iar varul hidratat în pulbere în 2 clase (tabelul 5.6) conform STAS 9201-74.

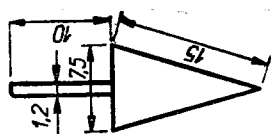


Fig. 5.13.  
Con etalon.

Tabelul 5.5

Condiții de calitate ale varului gras bulgări

| Caracteristici                                  | Calitatea |     |
|---|-----------|-----|
|   | S         | II  |
| Oxid de calciu și de magneziu activi, % minimum | 90        | 85  |
| Oxid de magneziu, % maximum                     | 5         | 5   |
| Reziduuul la stingere, % maximum                | 5         | 10  |
| Randament în pastă, l/kg                        | 2,4       | 2,2 |
|   |           | 75  |
|   |           | 5   |
|   |           | 15  |
|   |           | 1,6 |

Tabelul 5.6

Condiții de calitate ale varului hidratat — H

| Caracteristici   | Calitate |         |
|--|----------|---------|
|  | S        | I       |
| Oxid de calciu și de magneziu activi, % minimum                              | 70       | 65      |
| Oxid de magneziu, % maximum  | 4        | 5       |
| Umiditate, % maximum   | 3        | 5       |
| Densitatea aparentă, g/dm <sup>3</sup> , maximum                             | 650      | 680     |
| Granulație<br>— rest pe sita 009, % maximum<br>— rest pe sita 063, % maximum | 10<br>0  | 15<br>0 |

Varul sub formă de pastă trebuie să îndeplinească următoarele condiții: oxid de calciu și magneziu activi, minimum 63%, părți nestinse, maximum 3% și consistența, maximum 12 cm.  $\mu$

În tabelul 5.7 sunt redată conform STAS 9310-73, condițiile tehnice pentru varul gras măcinat, folosit la prepararea betonului celular autoclavizat.

5.2.3.5. Transportul, depozitarea și utilizarea varului gras. Varul gras în bulgări se transportă în vrac, cu diferite mijloace de transport acoperite.

Tabelul 5.7

Condiții de calitate ale varului gras măcinat

| Caracteristici  | Condiții de admisibilitate |
|---|----------------------------|
| Oxid de calciu și oxid de magneziu, % minimum         | 80                         |
| Oxid de magneziu, % maximum                           | 5                          |
| Finețea de măcinare:<br>— rest pe sita 009, % maximum | 8                          |
| Durata de stingere, minimum                           | 20...25                    |
| Temperatura finală de stingere, °C                    | 55...60                    |

rite (vagoane de culc forată, autocamioane etc.) pentru a-1 feri de umezeală. Varul hidratat în pulbere se livrează în saci de hîrîite de 25 kg sau în vagoane cisterne sau autocisterne. Varul nestins măcinat se transportă în vrac în vagoane cisterne sau autocisterne. Transportul varului pastă se face cu mijloace de transport descoperite, etanșe.

Varul nestins și cel stins în pulbere se depozitează în spații acoperite, ferite de umezeală, pe platforme curate.

Varul gras se folosește la prepararea mortarelor de zidărie și tencuială utilizate pentru părțile aeriene ale construcțiilor executate din cărămidă sau din alte materiale poroase de construcție. În cantități mici, se folosește ca adaos plastifiant la prepararea mortarelor și a betoanelor de ciment.

De asemenea, se utilizează la stabilizarea pămînturilor, obținerea lianților hidraulici amestecați (tras-var, zgură-var), precum și la fabricarea betonului celular și a produselor silico-calcare.

Varul hidratat în pulbere, în amestec cu cimentul și cu diferiți pigmenți minerali se folosește la executarea tencuieiilor decorative.

### 5.3. LIANȚI HIDRAULICI UNITARI

#### 5.3.1. Mecanismul formării lianților hidraulici silicioși

Lianții hidraulici silicioși neclinchizați (varurile hidraulice) sau clincherizați (cimentul portland) se obțin prin arderea amestecurilor naturale sau artificiale de calcar și argile (în anumite proporții) eventual cu diferite adaosuri de corecție.

În timpul arderii amestecului de materii prime, au loc la început, reacții în stare solidă și apoi în topitură, în urma cărora rezultă componenți mineralogici, care conferă acestor lianți caracterul hidraulic.

Fenomenele care au loc la arderea amestecului de calcar și argilă sint prezentate schematic în figura 5.14. La temperaturi între 110 și 200 °C are loc eliminarea apei fizice și a substanțelor volatile. Între 450 și 500 °C are loc pierderea apei de cristalizare trecînd într-o structură cvasistabilă, în care bioxidul de siliciu și trioxidul de aluminiu se găsesc în stare activă. De la 600 °C începe decarbonatarea calcarului care este mult accelerată de prezența SiO<sub>2</sub> și Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> activi din argilă, care leagă oxidul de calciu în alumiinați și silicați de calciu. Primul component care se formează este aluminatul monocalcic CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Pe la 900 °C reacționează și bioxidul de siliciu formînd silicatul bicalcic, 2 CaO·SiO<sub>2</sub>, iar aluminatul monocalcic mai leagă oxid de calciu și se transformă în aluminat pentacalcic 3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·5 CaO. În același timp, impuritățile de trioxid de fier din argilă se combină cu CaO dînd naștere la feritul bicalcic, 2 CaO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Toate aceste reacții chimice se produc în fază solidă, fără apariția unei topituri, produsul rezultat fiind un material poros. Această situație se păstrează pînă la temperatura de 1 250...1 300 °C și este caracteristică lianților hidraulici neclinchizați (varurilor hidraulice).

Dacă temperatura depășește 1 300 °C, aluminații și feriiți de calciu încep să se topească, favorizînd legarea chimică a unor noi cantități de oxid de



calculu cu formarea aluminatului tricalcic  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$  și a feritaluminatului tetracalcic  $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Ultimul component se mai numește brownmillerit după numele lui Brownmiller care l-a descoperit. La  $1450^\circ\text{C}$ , în fază lichidă, o parte din silicatul bicalcic reacționează cu oxidul de calciu și formează silicatul tricalcic  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ . Deoarece transformarea silicatului bicalcic nu este completă, în produs se va găsi și o cantitate din acest compus.

Compușii care se formează la temperaturi mai mari de  $1300^\circ\text{C}$  sînt caracteristici lianților hidraulici silicioși clincherizați (cimentului portland).

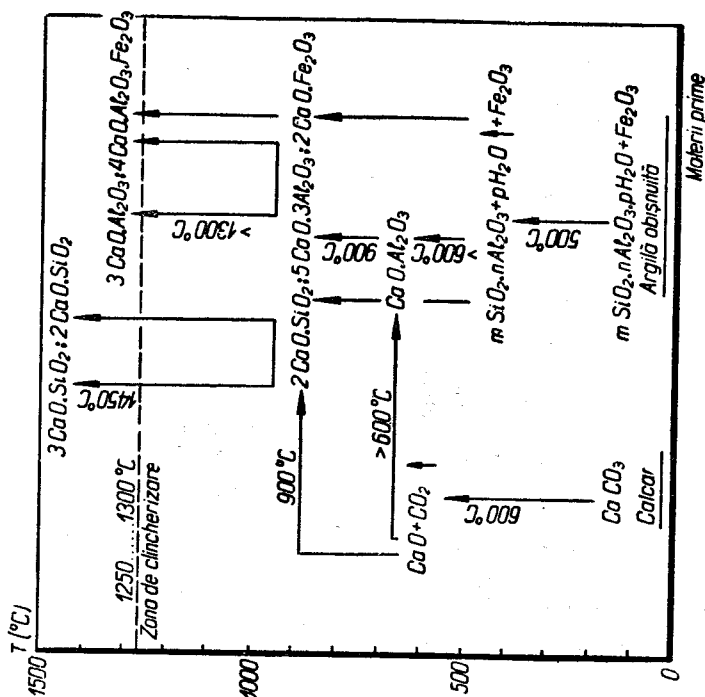


Fig. 5.14. Chimismul formării lianților hidraulici silicioși.

În literatura de specialitate, se obișnuiește să se noteze prescurtat oxizii din compușii chimici arătați mai sus, astfel:  $\text{CaO}$  cu C,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  cu A,  $\text{SiO}_2$  cu S și  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  cu F. În acest caz, formulele prescurtate ale compușilor chimici devin: silicatul tricalcic  $3\text{CaOSiO}_2 = \text{C}_3\text{S}$ ; silicatul bicalcic  $= 2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 = \text{C}_2\text{S}$ ; feritaluminatul tetracalcic  $= 4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{C}_4\text{AF}$  și aluminatul tricalcic  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C}_3\text{A}$ .

În lianții silicioși clincherizați, acești compuși chimici nu se găsesc ca atare, ci sub formă de soluții solide, în care pe lângă substanța de bază, se găsesc dispersate în cantități mici diverse impurități ce modifică proprietățile compușilor puri. De aceea, este mai rațional să se utilizeze noțiunea de componenți mineralogici în locul compușilor chimici.

Componenții mineralogici prezenți în cimentul portland au fost denumiți după literele alfabetului: alit, belit, celit I și celit II.

Allitul, cel mai valoros component al cimentului portland, este alcătuit din silicat tricalcic  $\text{C}_3\text{S}$ , care conține în soluție solidă aluminat tricalcic între 4 și 7% și alți oxizi în cantități mici ( $\text{MgO}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  etc.). La răcire bruscă, nu se descompune, ci rămâne ca atare în stare subrăcită. Din cauza stării de subrăcire este bogat în energie, reacționând puternic cu apa.

Belitul este soluție solidă de silicat bicalcic  $\text{C}_2\text{S}$  — cu diverse impurități de oxizi metalici în special de fier, crom, mangan și sodiu. Prin răcire bruscă rămâne stabil sub forma de  $\alpha$  și  $\beta$   $\text{C}_2\text{S}$ . La răcire lentă se descompune în forma polimorfă —  $\gamma$   $\text{C}_2\text{S}$  lipsită de proprietăți hidraulice. Belitul, în comparație cu alitul este mai sărac în energie și reacționează mai lent cu apa.

Celitul I este soluție solidă în care predomină compusul  $\text{C}_4\text{AF}$ .

Celitul II corespunde soluțiilor solide în care predomină aluminatul tricalcic  $\text{C}_3\text{A}$ .

În produsul clincherizat, în afară de cei patru componenți mineralogici arătați există și o fază sticloasă (amorfă), formată din topitura de aluminăți care nu a avut timp să cristalizeze datorită răcirii brusce. Această fază este bogată în energie și reacționează cu apa.

### 5.3.2. Varurile hidraulice (Lianți hidraulici neclincherizați)

5.3.2.1. **Materia primă, tipuri de varuri hidraulice și fabricarea lor.** Pentru fabricarea varurilor hidraulice se folosesc amestecuri naturale de calcar și argilă, de compoziții variabile, care conțin argilă între 6 și 30%. Aceste amestecuri au următoarele denumiri:

- calcare marnoasă, calcare cu 6...12% argilă;
- marne calcaroase, calcare cu 12...24% argilă;
- marne, calcare cu 24...30% argilă.

În funcție de conținutul de argilă din materia primă și de modulul hidraulic  $M_h$  se obțin diferite tipuri de varuri hidraulice (tabelul 5.8).

Tabelul 5.8

#### Clasificarea varurilor hidraulice

| Tipul de var hidraulic | Conținut de substanță argilooasă din materia primă, % | $M_h = \frac{\% \text{CaO}}{\% \text{SiO}_2 + \% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3}$ | Timpul de înărire în zile |
|------------------------|---|---|---------------------------|
| Var siab hidraulic     | 6...8   | 10,0...6,0  | 15...30                   |
| Var mediu hidraulic    | 8...20  | 6,0...2,5   | 5...15                    |
| Var foarte hidraulic   | 20...23   | 2,3...1,8   | 2...5                     |
| Var total hidraulic    | 23...30   | 1,8...1,3   | 1                         |

Materia primă se arde sub formă de bulgări în cuptoarele verticale descrise la fabricarea varului gras. Temperatura de ardere se stabilește în funcție de compoziția materiei prime (1 000 ... 1 200 °C), astfel încât să nu se producă clincherizarea produsului.

În cursul arderii, iau naștere (vezi 5.3.1) componenți mineralogici în care predomină  $C_2S$ ,  $C_3A_3$  și  $C_2F$ , precum și oxid de calciu necombinat, dacă în materia primă a predominat calcarul.

După ardere, produsul obținut, cu excepția varului total hidroalic, este trecut, înainte de măcinare, la operația de stingere. Stingerea se efectuează cu o cantitate strict determinată de apă, necesară hidratării oxidului de calciu necombinat existent în varurile hidroalice. Varul total hidroalic (cimentul roman) neavînd în compoziția sa oxid de calciu necombinat, după ardere este trecut direct la măcinare.

**5.3.2.2. Întărirea, proprietăți și utilizarea varurilor hidroalice.** Întărirea varurilor hidroalice este condiționată de compoziția lor mineralogică; pe de o parte de existența unui component nehidraulic (CaO), iar pe de altă parte de prezența componenților hidroalici. Întărirea componentului nehidraulic are loc după mecanismul fizico-chimic descris la varul gras.

În ceea ce privește componenții mineralogici hidroalici, aceștia reacționează cu apa și dau naștere la combinații hidratate (hidrosilicați, hidroaluminati și hidroferiți de calciu) de natură gelică și cristalină, care sînt insolubile în apă. În timp, gelurile rezultate la hidratare îmbătrînesc și recristalizează, contribuind la mărirea rezistenței masei întărite. Mecanismul de întărire al varurilor hidroalice este similar cu cel al lianților hidroalici clincherizați (cimentul portland).

Varurile hidroalice prezintă, pe lângă capacitatea de a se întări în mediu umed și rezistențe mecanice mai mari față de varul gras. Stabilitatea la apă și rezistențele mecanice ale varurilor hidroalice sînt direct proporționale cu conținutul lor în componenți mineralogici hidroalici. În tabelul 5.9 sînt redată rezistențele mecanice pe mortare de compoziție 1 : 3 (1 parte liant : 3 părți nisip) după o lună de întărire, comparativ cu varul gras și cimentul portland (P 300).

Tabelul 5.9

Rezistența la compresune și la întindere a varurilor hidroalice comparativ cu varul gras și cimentul portland P 300

| Rezistența, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) | Var gras | Var mediu hidroalic | Var total hidroalic | Ciment portland P 300 |
|--|----------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| Întindere  | 2 (0,2)  | 12 (1,2)            | 13 (1,3)            | 25 (2,5)              |
| Compresune   | 6 (0,6)  | 54 (5,4)            | 120 (12)            | 300 (30)              |

Varurile hidroalice se folosesc la prepararea mortarelor de zidărie și tencuială, pentru construcții care lucrează în medii umede. De asemenea, se utilizează la obținerea betoanelor de mărci reduse pentru fundații slab solicitate, blocuri de zidărie etc.

### 5.3.3. Cimentul portland

**5.3.3.1. Definiție, materii prime și procesul de fabricație.** Cimentul portland denumit și silicios este primul liant hidroalic clincherizat utilizat în construcții. Se obține prin măcinarea fină a clincherului de ciment cu un adaos de 3 ... 5% ghips pentru reglarea timpului de priză.

Clincherul de ciment este produsul rezultat în urma arderii pfnă la clincherizare a unui amestec artificial sau natural de calcar și argilă sau alte materii prime de compoziție similară.

Principalele materii prime folosite la fabricarea cimentului portland sînt redată în tabelul 5.10. Materiile prime trebuie astfel dozate încît, compoziția oxidică a cimentului portland să se încadreze în limitele redată în tabelul 5.11.

În general, pentru fabricarea cimentului portland se folosește un amestec de 75 ... 77% calcar, 23 ... 25% argilă și eventual adaosuri silicioase (dia-

Tabelul 5.10

Materii prime pentru fabricarea cimentului portland

| Roca             | CaCO <sub>3</sub> , % | Argila, %  |
|------------------|-----------------------|------------|
| Calcar           | 95 ... 100            | 5 ... 0    |
| Calcar marnos    | 90 ... 95             | 10 ... 5   |
| Marnă calcaroasă | 75 ... 90             | 25 ... 10  |
| Marnă            | 40 ... 75             | 60 ... 25  |
| Marnă argilooasă | 20 ... 40             | 80 ... 60  |
| Argilă marnoasă  | 5 ... 20              | 95 ... 80  |
| Argilă           | 0 ... 5               | 100 ... 95 |

Tabelul 5.11

Compoziția oxidică a cimentului portland

| Oxid                 | CaO | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO | SO <sub>3</sub> |
|----------------------|-----|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|-----------------|
| Limite inferioară, % | 58  | 17               | 5                              | 2                              | —   | —               |
| Limite superioară, % | 68  | 26               | 10                             | 6                              | 5   | 3               |

tomit), aluminioase (bauxita) și feruginoase (cenușă de pirită, minereu de fier) care au rolul de a corecta compoziția chimică a amestecului de materii prime.

Cimentul portland poate fi fabricat prin trei procedee, diferențiate prin modul de preparare a amestecului brut: umed, uscat și combinat.

În procedeul umed, amestecul de materii prime se macină împreună cu apa, rezultând o pastă cu 30...45% apă, iar în procedeul uscat, amestecul brut se obține sub forma unei pulberi fine. La procedeul combinat, amestecul brut se macină pe cale umedă și înainte de ardere se supune filtrării.

La alegerea procedeeului de fabricație trebuie să se ia în considerație caracteristicile și starea de zăcămint a materiilor prime, precum și factorii de ordin economic și tehnic.

În figura 5.15 sunt redată principalele faze ale procesului tehnologic de fabricare a cimentului portland pe cale umedă, procedeul folosit în prezent în țara noastră. Amestecul brut, sub formă de pastă, omogenizat și corectat este trecut la ardere la cel puțin 1 450 °C, în cuptoare rotative circulare.

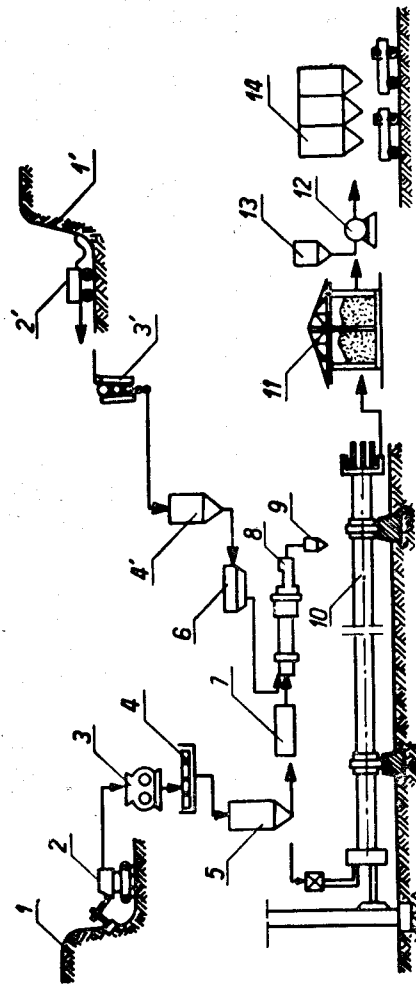


Fig. 5.15. Fazele procesului tehnologic de obținere a cimentului portland prin metoda umedă:

1 - cariera de argilă; 2 și 2' - dispozitive de extragere a materiilor prime; 3 și 3' - concasare; 4 - delaior de amestecare a argilei cu apă; 4' - siloz de calcar concasat; 5 - siloz pentru pasta de argilă; 6 - dozator de calcar; 7 - dozator de argilă; 8 - moara de macinare; 9 - siloz pentru amestecul macinat; 10 - cuplor rotativ; 11 - hală de clincher; 12 - moară de macinare a clincherului cu adaos de ghips; 13 - siloz de ghips; 14 - siloz de ciment.

Cuptorul rotativ este alcătuit dintr-un tambur metalic, căptușit cu cărămizi refractare, cu lungimea de 50...150 m și diametrul de 2,5...3,5 m. Se rotește cu 1...2 rot/min și are o înclinație față de orizontală de 2...3 grade. Datorită înclinației și rotirii cuptorului, amestecul brut introdus pe la partea superioară se deplasează în contracurent cu gazele de ardere, trecând prin zone cu temperatură din ce în ce mai ridicată până ajunge în zona de clincherizare cu temperatură de 1 450...1 500 °C. În această zonă, se desăvârșesc reacțiile chimice de formare a componentilor mineralogici și se obține un produs parțial topit — clincherul de ciment.

Temperatura înaltă din zona de clincherizare se realizează prin arderea combustibilului în injectoarele plasate la partea inferioară a cuptorului.

Gazele de ardere după ce străbat cuptorul, înainte de a fi evacuate pe coș, sînt trecute printr-un dispozitiv de reținere a prafului.

Clincherul obținut se descarcă pe la capătul de jos al cuptorului, suflând o răcire bruscă, prin care se împiedică descompunerea alitului și transformarea belitului în modifiacția  $\gamma$ , lipsită de proprietăți hidraulice. După câteva zile de păstrare în hală de clincher, clincherul este trecut la măcinare în mori tubulare, împreună cu un adaos de ghips pentru reglarea prizei cimentului. Dacă nu s-ar adăuga ghips la măcinarea clincherului, cimentul ar avea priză rapidă (aproape instantanee).

5.3.3.2. **Compoziția mineralogică a cimentului portland.** Așa cum s-a arătat la arderea amestecului de calcar și argilă la 1 450 °C, în urma reacțiilor chimice dintre oxizii prezenți în aceste materii prime se formează componentii mineralogici: alitul ( $C_3S$ ), belitul ( $C_2S$ ), celitul I ( $C_4AF$ ) și celitul II ( $C_3A$ ). Acești componente sînt legați între ei cu o cantitate oarecare de fază sticloasă.

În afara celor patru componente mineralogici și de fază sticloasă, în clincherul de ciment portland se mai găsesc: oxid de calciu și oxid de magneziu liberi. Acești oxizi liberi fiind în stare supraarsă, provoacă expansiunea cimentului întărit și de aceea conținutul lor este limitat prin standarde.

Compoziția mineralogică a cimentului portland poate varia în limite largi, fiind funcție de compoziția chimică a materiilor prime utilizate, de temperatura de ardere și de viteza de răcire a clincherului. În compoziția cimentului portland predomină silicații de calciu și anume:

$$C_3S + C_2S = 75\% \quad (5.7)$$

$$C_3A + C_4AF = 25\% \quad (5.8)$$

În cazul cînd  $Al_2O_3$  din materia primă este insuficient, la ardere, în locul componentului  $C_3A$ , se formează  $C_2F$  și atunci relația (5.8) devine:

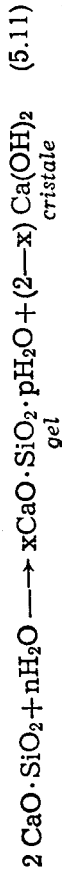
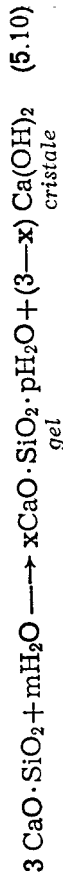
$$C_2F + C_4AF = 25\% \quad (5.9)$$

Funcție de proporțiile în care componentii mineralogici intră în compoziția cimentului portland, există mai multe tipuri de cimenturi portland (fig. 5.16), denumite după componentul mineralogic care predomină în suma silicaților, respectiv în cea a aluminaiilor de calciu.

5.3.3.3. **Priza și întărirea cimentului portland.** Cimentul portland amestecat cu apa formează o pastă plastică care cu timpul se rigidizează (face priză) și apoi se întărește transformîndu-se într-o platră rezistentă. Aceste transformări sînt rezultatul unor reacții chimice și fenomene fizice care se petrec în amestecul respectiv.

În prezența apei, componentii mineralogici suferă procese chimice de hidratare (de combinare cu apă) și de hidroliză (de descompunere), în urma cărora iau naștere compuși noi hidratați (hidrosilicați, hidroalumi-nați și hidroferiți de calciu, precum și hidroxid de calciu) de natură gelică și cristalină.

Reacțiile de hidratare și hidroliză ale componentilor mineralogici al cimentului portland se produc după următoarele ecuații :



în care :  $x \leq 2$  și  $2,4 < p < 4$

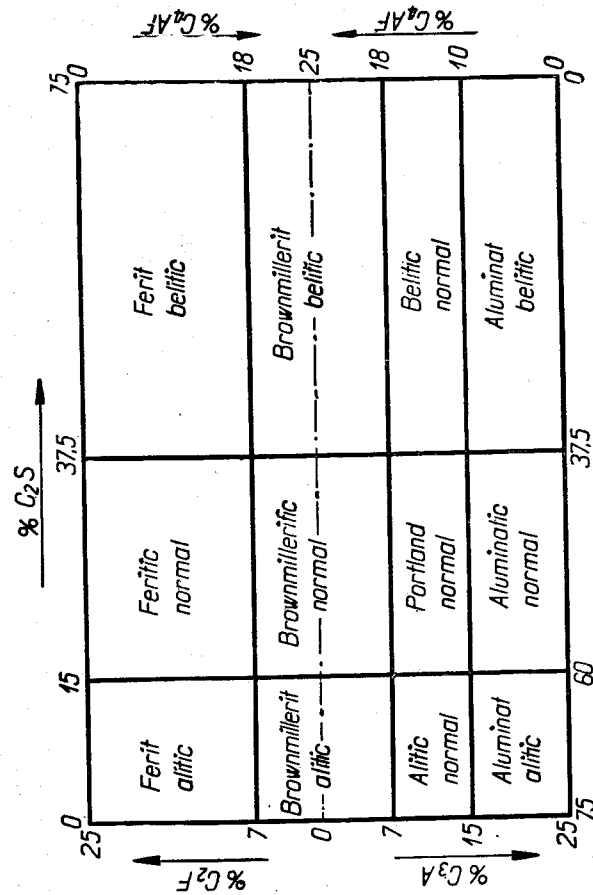
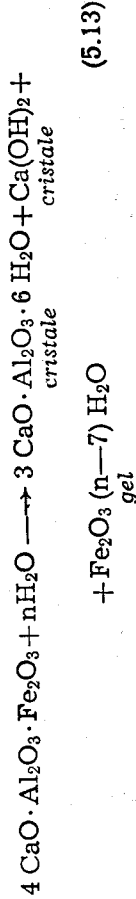
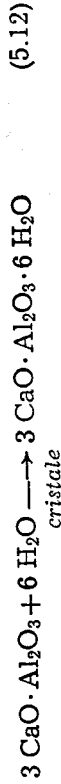
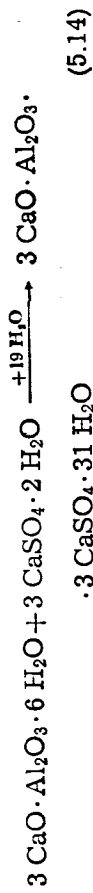


Fig. 5.16. Clasificarea cimenturilor portland în funcție de compoziția mineralogică.

Cantitatea de hidroxid de calciu care se formează la hidroliza belitului (C<sub>2</sub>S) este mult mai mică decât cea rezultată în urma reacției alitului (5.10). În afara reacțiilor de hidratare a celor patru componente mineralogici de bază ai cimentului portland, în pasta de ciment, se produc și o serie de reacții secundare care influențează durabilitatea cimentului întărit. Astfel, ghipsul adăugat la măcinarea clincherului reacționează cu o parte din hidroaluminatul de calciu formând un produs cristalin, complex, sulfatului

mlnat tricalcic hidratat, prin care se împiedică priză rapidă a cimentului. Reacția se produce după ecuația :



Această reacție se produce cu o mărire a volumului aparent de circa 3-4 ori, dar care nu este dăunătoare, dacă se produce în faza incipientă de hidratare, când cimentul încă nu a făcut priză. Din această cauză, ghipsul adăugat ca întârziător de priză se limitează în funcție de conținutul clincherului în C<sub>3</sub>A.

Alte reacții cu apa sînt ale oxidului de calciu (CaO) și oxidului de magneziu (MgO) liberi, după ecuațiile cunoscute. Oxidul de calciu liber există în clincher, fie din cauza unui calcul greșit al compoziției amestecului brut, fie din cauza unei arderi insuficiente, iar oxidul de magneziu provine din calcare unde se găsește ca impuritate. Hidratarea acestor oxizi făcîndu-se greu și cu mărire de volum, provoacă degradarea prin expansiune a cimentului întărit. Din acest considerent, conținutul lor în ciment se limitează.

Viteza de reacție cu apa a componentilor existenți în cimentul portland este diferită. Imediat după amestecarea cu apa a cimentului, trec în soluție compuși cei mai solubili : CaO, aluminații de calciu și ghipsul. Datorită saturării soluției în sulfat de calciu, C<sub>3</sub>A·3 CaSO<sub>4</sub>·31 H<sub>2</sub>O va cristaliza la început. După consumarea ghipsului, vor cristaliza hidroaluminatii de calciu care în final se transformă în C<sub>3</sub>AH<sub>6</sub> cubic. Silicații, fiind mai greu solubili, interacționează mai încet cu apa — cel mai ușor interacționează silicații tricalcici.

Produsele rezultate la hidratarea cimentului au proprietăți foarte diferite. Astfel, hidrosilicații de calciu care au structura de gel se caracterizează printr-o bună capacitate liantă și prin creșterea însemnată a rezistențelor mecanice în timp. În schimb, hidroaluminatii de calciu, hidroaluminatul de calciu și hidroxidul de calciu care cristalizează, în general, în cristale mari, cu o suprafață specifică mică, au slabe proprietăți liante și rezistențe mecanice mici. Cristalizînd însă, în primele faze de hidratare ale cimentului, aceste produse arnează pasta de ciment și masa de geluri de hidrosilicați, contribuind astfel la rigidizarea cimentului în perioada inițială de întărire.

Reacțiile chimice descrise nu explică complet procesul de priză și de întărire a cimentului, ele fiind urmate și de fenomene fizice.

Fenomenele fizico-chimice observate la microscop care au loc la hidratarea cimentului sînt redată schematic în figura 5.17. În faza inițială, granulele de ciment sînt dispersate în apă (fig. 5.17, a). După un timp de acțiune al apei, în urma reacțiilor de hidratare și hidroliză, apar produse noi cristaline, mai întii hidrosulfaluminatii și hidroaluminatii de calciu și apoi hidroxidul de calciu, iar în jurul granulelor de ciment pelicule de geluri de hidrosilicați de calciu (fig. 5.17, b). Pelicula de geluri are grosimea dublă față de grosimea granulelor de ciment din care provine. Pe măsură ce hidratarea continuă, peliculele de geluri din jurul granulelor de ciment se îngroașă împiedicînd difuziunea apei înspre nucleul nehidra-

Acceleratorii și întăzitori de priză pentru ciment

| Acceleratorii | Substanțe anorganice | IICI ; HNO <sub>3</sub> ; NaOH ; Ba(OH) <sub>2</sub> ; CaCl <sub>2</sub> ; Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ; NaNO <sub>2</sub> ; NaF ; AlCl <sub>3</sub> ; FeCl <sub>3</sub> ; BaCl <sub>2</sub> ; KAl(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ; Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> |
|---------------|----------------------|---|
| Întăzitori    | Substanțe organice   | formaldehidă ; glicocol   |
|               | Substanțe anorganice | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ; ZnO ; KMnO <sub>4</sub> ; CuCl <sub>2</sub> borax (Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> )   |
|               | Substanțe organice   | soluții de zahăr ; acid oxalic ; glicerină  |

Proprietățile componentelor mineralogici au fost studiate pe compoziții chimice sintetizate individual, compuși care formează marea majoritate a componentelor mineralogici ai cimentului portland. Principalele proprietăți legate de utilizarea cimenturilor sînt : viteza de hidratare, căldura de hidratare, rezistențele mecanice, contracția, gelivitatea, comportarea la tratament termic și comportarea la acțiuni chimice agresive.

— **Viteza de hidratare** se apreciază prin cantitatea de apă legată chimic de către componentii mineralogici, în timp (tablul 5.13 și fig. 5.18). Se constată că C<sub>3</sub>A și C<sub>4</sub>AF se hidratează repede, C<sub>3</sub>S are o hidratare moderată, iar C<sub>2</sub>S o hidratare foarte lentă.

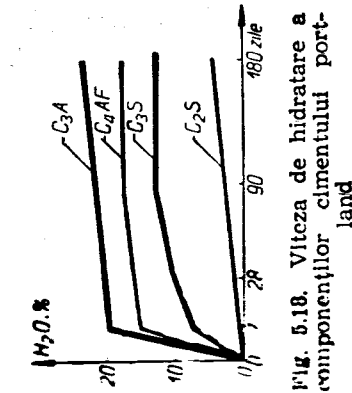


Fig. 5.18. Viteza de hidratare a componentilor cimentului portland

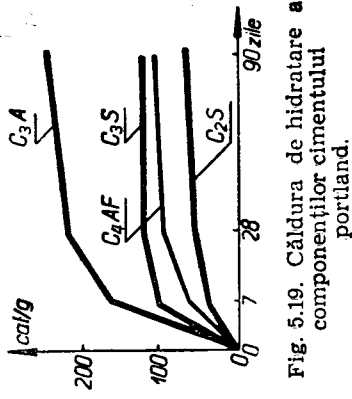


Fig. 5.19. Căldura de hidratare a componentilor cimentului portland.

Granula de ciment continuă însă să se hidrateze, pe scama apel libere adsorbite din geluri, ceea ce determină contracția și fisurarea lor. Prin urmare, apa ajunge din nou la granule și hidratarea continuă, iar volumul gelurilor și substanțe cristaline se mărește. Astfel, granulele de ciment cu velișurile groase de geluri ajung să adere una de alta, prin peliculele de apă adsorbită și să prindă în masa lor și produsele cristaline (fig. 5.17, c), și se ajunge la această structură, priză cimentului este terminată.

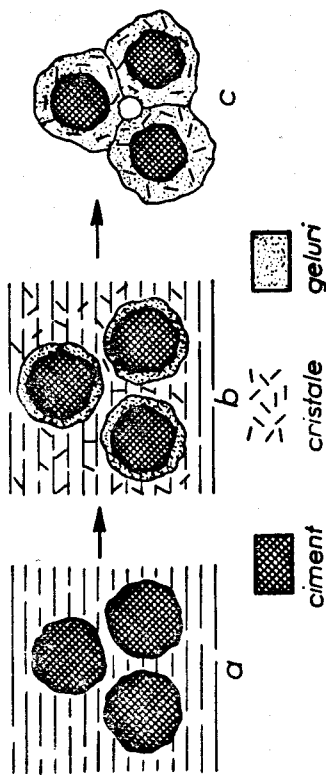


Fig. 5.17. Fenomenele fizico-chimice care au loc la hidratarea cimentului.

După priză urmează procesul de întărire, care la ciment durează zeci de zile și se datorează atât uscării gelurilor (prin pierderea apei spre interiorul granulelor de ciment care continuă să se hidrateze și spre exterior prin evaporare), cât și îmbătrînirii, recristalizării lor treptate.

Experimental, s-a constatat că, granulele de ciment nu se hidratează complet niciodată, ci numai pe o adincime de câțiva microni, partea hidratată reprezentând 15...30% din volumul granulelor, funcție de dimensiunile lor. Din acest motiv, în cimentul întărit, în afară de produșii cristolini și gelici rezultați în procesele de hidratare-hidroliză, se găsesc și nuclee nehidratate de ciment, fapt ce l-a determinat pe V. N. Jung să-l numească „microbeton”. De asemenea, în cimentul întărit (piatra de ciment) există microfisuri datorită contracției gelurilor, pori capilari de 1...30 μm rezultați în urma evaporării excesului de apă de amestecare, și sferici în timpul amestecării și pori de gel de mărimea 15...1000 Å. Pori și gel reprezintă spațiile dintre micelle, care rămân libere după absorbția apei de către nucleele nehidratate și ocupă 20...30% din volumul pietrei de ciment.

Procesul de priză și întărire al cimentului poate fi accelerat sau încetinit, în concordanță cu unele cerințe practice folosind anumite substanțe chimice (tablul 5.12).

**5.3.3.4. Caracteristicile fizico-mecanice și chimice ale cimentului.** Caracteristicile cimentului portland sînt determinate în primul rînd de caracteristicile componentelor mineralogici și de proporția în care aceștia articipă în compoziția sa. Cunoșcînd proprietățile componentelor mineralogici individuali și compoziția mineralogică a cimentului se pot anticipa caracteristicile acestuia.



Apa legată chimic de către componenții mineralogici ai cimentului portland

| Compusul chimic   | Cantitatea de apă combinată, % |        |         |         |          |                       |
|-------------------|--------------------------------|--------|---------|---------|----------|-----------------------|
|                   | 3 zile                         | 7 zile | 28 zile | 90 zile | 180 zile | La hidratare completă |
| C <sub>3</sub> S  | 4,88                           | 6,15   | 9,20    | 12,41   | 12,59    | 13,40                 |
| C <sub>2</sub> S  | 0,72                           | 1,05   | 1,12    | 2,87    | 2,91     | 9,85                  |
| C <sub>3</sub> A  | 19,90                          | 20,15  | 20,57   | 22,30   | 22,79    | 24,39                 |
| C <sub>4</sub> AF | 14,40                          | 14,71  | 15,24   | 18,45   | 18,94    | 20,72                 |

degajare și o creștere continuă chiar la durate mai mari de întărire; C<sub>2</sub>S degajă cea mai mică căldură și cu cea mai redusă viteză. Rezultă că cimenturile folosite la betonări masive de la care se cere o degajare redusă de căldură, trebuie să fie bogate în C<sub>2</sub>S și C<sub>4</sub>AF în dauna C<sub>3</sub>S, respectiv a C<sub>3</sub>A.

— **Rezistențele mecanice** ale componenților determinate la diferite vârste de întărire sînt redată în figura 5.20. Se observă că C<sub>3</sub>S dă cele mai mari rezistențe și cu creșteri însemnate în primele zile de întărire; C<sub>2</sub>S are cea mai mică rezistență inițială, dar care crește continuu în timp și după cîțiva ani ajunge la valori considerabile; C<sub>4</sub>AF dezvoltă rezistențe medii în perioada inițială de întărire după care evoluția este lentă; C<sub>3</sub>A atinge rezistența maximă în primele șapte zile de întărire, după care se plafonează și chiar scade datorită recristalizării structurale. În final, acest component prezintă cea mai mică rezistență.

— **Gelivitatea** componenților mineralogici se manifestă în același sens ca și rezistențele mecanice: C<sub>3</sub>S rezistă cel mai bine la îngheț-dezghet, iar C<sub>3</sub>A cel mai slab.

— **Contrația** se manifestă în timpul întăririi cînd probele se păstrează în aer. Contrația compuşilor mineralogici hidratați, după 360 zile este următoarea: C<sub>3</sub>S—0,0048 mm/m; C<sub>2</sub>S—0,0106 mm/m; C<sub>4</sub>AF—0,0168 mm/m; C<sub>3</sub>A—0,0322 mm/m.

— **Comportarea la tratamentul termic** a cimentului este o problemă esențială pentru industria prefabricatelor de beton. Tratamentele termice mai des folosite sînt: aburirea și autoclavizarea (vezi 7.3.5). Comportarea com-

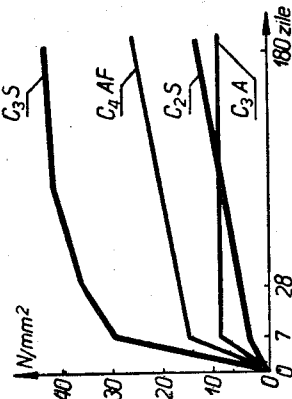


Fig. 5.20. Rezistențele mecanice ale componenților cimentului portland.

ponenților mineralogici ai cimentului în aceste tratamente este redată în tabelul 5.14 prin rezistențe la compresune după 24 ore și exprimate procentual față de întărirea normală. Se constată că C<sub>2</sub>S se comportă cel mai bine la tratament termic, iar C<sub>3</sub>A cel mai slab. Din cauza rezistențelor

Variația rezistenței la compresune a componenților mineralogici ai cimentului portland în urma tratamentelor termice

| Modul de tratare             | Constituentul mineralogic |                  |   |                   |
|------------------------------|---------------------------|------------------|---|-------------------|
|                              | C <sub>3</sub> S          | C <sub>2</sub> S | C <sub>4</sub> A                                | C <sub>3</sub> AF |
| Întărire normală 28 zile     | 100                       | 100              | 100   | 100               |
| După aburire la 24 h         | 129                       | 193              | 90  | 114               |
| După autoclavizare la 12 atm | 143                       | 1 720            | Constituentul mineralogic singur                | 0                 |
|                              |                           |                  | Constituentul mineralogic cu 25 % nisip măcinat | 56                |
|                              |                           |                  |   | 172               |

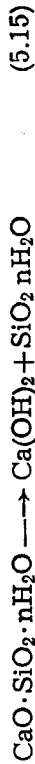
absolute reduse ale C<sub>2</sub>S, în practică, nu se utilizează cimenturile belitice în tratamente termice, ci cimenturi bogate în C<sub>3</sub>S (alitice, RIM). Aceste cimente dau rezistențe absolute mari imediat după tratamente termice, ceea ce este deosebit de important pentru decofrarea și darea în exploatare a elementelor prefabricate.

— **Comportarea la acțiuni chimice agresive** a cimentului întărit condiționează durabilitatea construcțiilor din beton exploatate în medii agresive. Rezistența pietrei de ciment la acțiunea diversilor agenți chimici din mediul înconjurător depinde atât de compoziția mineralogică a cimentului cât și de structura sa. Un ciment întărit este cu atât mai rezistent chimic, cu cât are o structură mai compactă.

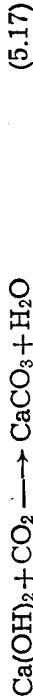
În funcție de transformările suferite de piatra de ciment sub acțiunea agenților chimici, fenomenele de coroziune se pot clasifica în următoarele trei tipuri principale:

— **Tipul I de coroziune** se caracterizează prin decalcificarea componenților pietrei de ciment și transformarea lor în final într-un amestec de geluri de consistență moale. În acest mod acționează: apele dulci, ape cu conținut de CO<sub>2</sub> agresiv, soluțiile sărurilor de amoniu (cu excepția sulfatului), soluțiile acizilor organici, sau anorganici care dau săruri solubile de calciu.

Apele dulci (lipsite de duritate) dizolvă ușor hidroxidul de calciu din piatra de ciment și apoi hidrolizează hidrosilicații și hidroalumiinați de calciu, dacă se împropătează mereu (cazul apelor curgătoare), conform ecuațiilor :

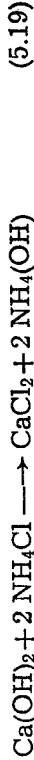


Apele cu conținut în  $\text{CO}_2$  agresiv reacționează cu hidroxidul de calciu și îl transformă în bicarbonat de calciu solubil, după ecuațiile :



Lă fel ca și în cazul apelor dulci, după îndepărtarea hidroxidului de calciu liber, începe procesul de decalcifiere a hidrosilicaților și hidroalumiinaților de calciu.

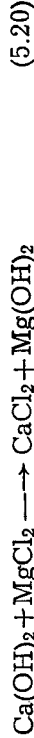
Sărurile de amoniu reacționează cu hidroxidul de calciu și îl transformă în săruri de calciu solubile conform ecuației :



Unii acizi anorganici (clorhidric, azotic, sulfuric) și organici (tanic, acetic, formic, humic etc.) atacă piatra de ciment formând săruri solubile. Dacă însă produsele de reacție sînt insolubile, ele protejează în continuare piatra de ciment, frînând difuziunea agenților corosivi. După acest mecanism acționează acidul oxalic, fosforic, tartric, care reacționează cu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  și formează săruri insolubile de calciu (oxalați, fosfați și tartrați), care colmatează porii pietrei de ciment.

— Tipul II de coroziune este caracterizat prin decalcifierea pietrei de ciment, concomitent cu precipitarea unor geluri rezultate în urma reacției agentului corosiv cu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , geluri care se suprapun celor provenite din cimentul întărit. După acest mecanism acționează sărurile de magneziu (cu excepția sulfatului), grăsimile și soluțiile de zahăr.

Sărurile de magneziu reacționează cu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  formînd săruri de calciu solubile și gel de  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  insolubil :



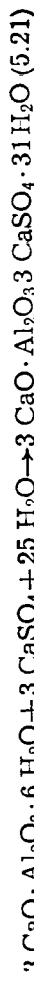
Rezultă că, peste geluri provenite din piatra de ciment se suprapune pelicula de gel de hidroxid de magneziu.

În urma reacției cu hidroxidul de calciu, grăsimile formează săpunuri de calciu de consistență moale, care precipită pe suprafața cimentului întărit.

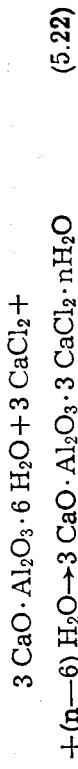
Soluțiile de zahăr încetinesc priza cimentului, iar în concentrații de peste 0,6% o împiedică complet. Dacă acționează asupra cimentului întărit, îl degradează după mecanismul tipului II de coroziune.

Caracteristic pentru tipul II de coroziune este transformarea compuşilor inițial rezistenți al pietrei de ciment în substanțe moi, care pot fi ușor îndepărtate prin frecare, determinînd continuitatea procesului de coroziune.

Tipul III de coroziune se caracterizează prin fenomene de expansiune în masa cimentului întărit, datorită formării unor compuşii insolubili, cristalini și cu mărire de volum. Toate soluțiile de sulfatați, soluția concentrată de clorură de calciu și unii esteri fosforici ca plastifianți în industria polimerilor produc degradarea pietrei de ciment prin expansiune. Soluțiile de sulfatați solubili —  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  etc. reacționează mai întîi cu  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  din piatra de ciment și formează sulfatul de calciu. Sulfatul de calciu rezultat se combină apoi cu hidroaluminatul de calciu formînd sarea complexă, hidrosulfoaluminatul tricalcic :



Soluțiile concentrate de clorură de calciu reacționează tot cu hidroaluminatul de calciu și formează cloraluminatul de calciu hidratat conform ecuației :



În ambele cazuri, sărurile cristalizează cu multă apă, deci iau naștere cu o mărire însemnată de volum.

Unii esteri (esterii acidului adipic, ftalic, sebacic) reacționează cu hidroxidul de calciu din piatra de ciment și formează săruri de calciu cristaline și cu mărire de volum, care degradează piatra de ciment prin expansiune.

În afară de agenții corosivi arătați, mai sînt încă mulți agenți chimici care distrug piatra de ciment după mecanismele caracteristice celor trei tipuri de coroziune, sau după alte mecanisme asemănătoare.

În practică, cele trei tipuri de coroziune se pot înlîni separat, dar și simultan. Astfel, soluția de sulfat de magneziu produce corziunile de tipul II și III, iar apa de mare care conține  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  și alte săruri, produce simultan toate cele trei tipuri de coroziune.

O deosebită importanță practică o are și acțiunea distructivă a unor gaze cum sînt : bioxidul de sulf ( $\text{SO}_2$ ), hidrogenul sulfurat ( $\text{H}_2\text{S}$ ) și acidul fluorhidric ( $\text{HF}$ ). Gazele bogate în  $\text{SO}_2$  (din tunelele căilor ferate, zonele cu termocentrale, atelierele de forjă etc.) și  $\text{H}_2\text{S}$  (din canalele colectoare) distrug piatra de ciment prin expansiune, după tipul III de coroziune. Gazele cu  $\text{HF}$  înlînite în atmosfera fabricilor de aluminiu, în halele de electroliză distrug complet piatra de ciment.

Bioxidul de carbon din atmosferă reacționează cu ioni de calciu din compoziția pietrei de ciment și îi transformă în carbonat de calciu insolubil. Cînd ionii de calciu sînt scoși din hidrosilicați, aceștia se transformă în geluri de bioxid de siliciu hidratat, care colmatează porii cimentului întărit mărindu-i astfel, rezistența la coroziune. De aceea, se recomandă ca piesele de beton care vor fi supuse ulterior, la acțiuni corosive moderate, să fie lăstate în prealabil mai mult timp în aer spre a fi carbonatate, formîndu-se pe suprafața lor un strat protector.

este satisfăcătoare, deoarece nu dă indicații privind gradul de finețe al granulelor ce trec prin sita de 009 mm și care influențează sensibilitatea probei la cimentul. O apreciere mai completă a fineței cimentului se poate face prin determinarea suprafeței specifice care se referă la suprafața tuturor granulelor dintr-un gram de ciment ( $\text{cm}^2/\text{g}$ ). La cimenturile normale suprafața specifică variază între 2 500 și 4 000  $\text{cm}^2/\text{g}$ . Se poate determina prin metoda permeabilității (STAS 4223/1-70).

Deoarece finețea de măcinare influențează viteza de hidratare, apa de amestecare, căldura de hidratare, contracția și rezistențele mecanice ale cimentului, pentru diferite cimenturi funcție de domeniul lor de utilizare se stabilește o anumită finețe de măcinare.

— *Apa de amestecare* necesară pentru pasta de consistență normală se determină cu aparatul Vicat, la care acul se înlocuiește cu o sondă cilindrică, Teimayer. Sonda este lăsată să cadă liber de la suprafața pastei de ciment introdusă într-un inel. Pasta se consideră de consistență normală, dacă sonda după 30 secunde se oprește la 5...7 mm de placa de sticlă pe care se găsește inelul umplut cu pastă de ciment. Apa pentru pasta de consistență normală variază între 23 și 33% fiind funcție de compoziția și finețea de măcinare a cimentului.

— *Priza* se determină ca și la ipsos, cu aparatul Vicat, pe pastă de consistență normală. Inceputul și sfârșitul prizei la cimenturi se exprimă în ore și sferturi de ore. Se consideră că cimentul are priză normală, când aceasta nu începe mai devreme de o oră și nu se termină mai târziu de 10 ore. La unele cimenturi se constată „priză falsă” caracterizată prin pierderea plasticității la scurt timp după amestecarea cu apă. Priza falsă se admite că este provocată de deshidratarea gipsului adăugat la măcinarea clincherului, care la amestecare cu apa se hidratează repede, formând o structură tridimensională slabă, care mărește viscozitatea pastei de ciment. Cimenturile cu priză falsă se pot folosi pe șantier, pentru că prin amestecare energetică, pasta devine din nou plastică, își recapătă proprietățile unui ciment cu priză normală. Priza prezintă o deosebită importanță pentru punerea în operă a mortarelor și betoanelor de ciment care trebuie efectuată înaintea începerii prizei cimentului.

— *Constanța de volum* a cimentului este hotărâtoare pentru utilizarea lui. După priză, în timpul întăririi, cimenturile trebuie să prezinte variații de volum cât mai mici și uniforme. Inconstanța de volum este determinată de hidratarea lentă și cu mărire de volum a  $\text{CaO}$  și  $\text{MgO}$  liberi prezenți peste limitele admise, precum și de adaosul prea mare de ghips în ciment care reacționează cu  $\text{C}_3\text{AH}_6$  în pasta întărită. Inconstanța de volum se determină pe pastă de consistență normală prin două metode: pe turte și cu inelul cu ace, Le Chatelier. Turtele se păstrează după confecționare 24 ore în mediu umed și apoi se fierb timp de 2 ore. După răcire se examinează și nu trebuie să prezinte încovoieri sau crăpături de la margine către centru (fig. 5.21, a), în caz contrar cimentul este expansiv și nu poate fi utilizat în construcții. Dacă turtele prezintă fisuri care se deschid spre interior (fig. 5.21, b) acestea se datoresc unei contracții excesive și nu sînt un indiciu al inconstanței de volum. În cazul utilizării inelului cu ace Le Chatelier (fig. 5.22) se umple inelul cu pastă de consistență normală și după

Din prezentarea fenomenelor de coroziune rezultă că în cimentul întărit componenții cei mai puțin stabili la corozivitate sînt hidroxidul de calciu și hidroaluminatul tricalcic. Aceste componente stau la baza alegerii cimenturilor rezistente la diferiții agenți corosivi.

Pentru lucrări care funcționează în medii agresive ce spală  $\text{Ca(OH)}_2$  sau îl transformă în săruri solubile, se folosesc cimenturi sărace în alit sau cimenturi cu adaosuri de zgură sau tras, cimenturi care la hidratare eliberează cantități mai reduse de  $\text{Ca(OH)}_2$ , iar pentru medii agresive care atacă  $\text{C}_3\text{AH}_6$ , cimenturi cu conținut cât mai scăzut în celit II ( $\text{C}_3\text{A}$ ) și moderat în alit. De asemenea, se impune ca betonul să aibă o compacitate cât mai ridicată.

### 5.3.3.5. Incercările și condițiile de calitate ale cimentului portland.

Pentru aprecierea calității, asupra cimentului portland se efectuează o serie de încercări conform STAS 227-68, care se referă la stabilirea următoarelor caracteristici: starea de conservare, finețea de măcinare, apa necesară pentru pasta de consistență normală, priza, constanța de volum și rezistențele mecanice.

— *Starea de conservare* se determină prin cernerea probei medii de 10 kg de ciment prin sita de 25 och/cm<sup>2</sup>. Dacă pe sită rămîn cocloașe pietrificate, acestea se cîntăresc și se exprimă procentual raportîndu-se la masa inițială. Rezultatul obținut reprezintă cimentul alterat datorită unei păstrări necorespunzătoare. Un ciment pietrificat nu se poate folosi decît după o cernere prealabilă și numai la lucrări secundare (tabelul 5.15).

Tabelul 5.15

Utilizarea cimenturilor în funcție de starea de conservare

| Reziduu rămas pe sita nr. 05 (STAS 1077-67)                   | Starea de conservare                 | Condiții de utilizare   |
|---|--------------------------------------|---|
| Nici un reziduu   | Ciment nealterat                     | Se utilizează fără restricții   |
| Bulgări mici care se sfărâmă la o ușoară apăsare între degete | Ciment cu început de alterare        | Cimentul este utilizabil, însă se impune o durată dublă de amestecare, la prepararea betonului            |
| Bulgări care nu se sfărâmă între degete                       | Ciment cu pînă la 50% părți alterate | După îndepărtarea părților alterate, cimentul este utilizabil pentru betoane pînă la marca B 150 inclusiv |
|   | Ciment cu peste 50% părți alterate   | După îndepărtarea părților alterate, cimentul este utilizabil numai pentru betoane de umplutură           |

— *Finețea de măcinare* se apreciază convențional prin reziduu în procente, pe care îl lasă cimentul uscat în prealabil la 105 °C, pe sita de 009 (4 900 och/cm<sup>2</sup>). Aprecierea fineței de măcinare după această metodă nu

24 ore de întărire în mediu umed se măsoară distanța  $d_1$  dintre vîrfurile acelor. Apoi probele se fierb 2 ore, iar după răcire se măsoară din nou distanța  $d_2$  dintre ace. Diferența ( $d_2 - d_1$ ) nu trebuie să depășească 10 mm.

**Rezistențele mecanice** se determină prin două metode: vîrtoasă și plastică. După metoda vîrtoasă se prepară mortare de compoziție 1:3 cu nisip monogranular cu dimensiunea 0,8... 1,2 mm și cu 8% apă de ames-

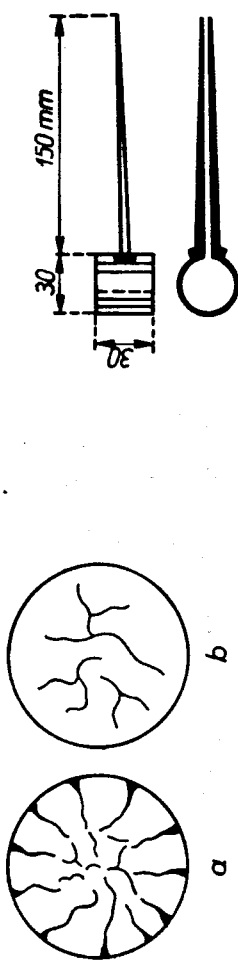


Fig. 5.21. Constanța de volum pe turte.

ecare. Din mortarul preparat se confecționează mecanic, cuburi cu dimensiunile 7,07 cm, pentru rezistența la compresiune și opturi pentru rezistența la întindere.

După metoda plastică se confecționează epruvete prismatice de  $4 \times 16$  cm din mortar tot de compoziție 1:3, dar cu nisip poligranular cu dimensiunile 0,08... 2,0 mm și cu un raport apă: ciment egal cu 0,50. Turmele se încearcă la încovoieră, iar jumătățile de prismă se supun la compresiune.

Această metodă este mai apropiată de condițiile utilizării cimentului în mortare și betoane.

În ambele metode, epruvetele confecționate se păstrează 24 ore în apă, apoi în bazine cu apă, pînă la încercare. Determinările de rezistențe se fac după 3; 7 și 28 zile de întărire a epruvetelor confecționate.

Rezistența la compresiune determinată în astfel de condiții la 28 zile, efințe marca cimentului.

În țara noastră cimentul portland se fabrică în două mărci: P 400 (375) și P 500 (475); P înseamnă ciment portland, iar cifrele, rezistența minimă la compresiune (daN/cm<sup>2</sup>) la 28 zile. Cifrele din paranteză se referă la rezistența determinată pe mortare plastice.

În tabelele 5.16, 5.17 și 5.18 sînt redată conform STAS 388-68, condițiile minime de calitate ale cimentului portland.

De asemenea, se produce și ciment portland cu 5% adaos de tras, zgură granulată de furnal sau cenușă de termocentrală. Acest ciment se produce într-o singură marcă Pa 400. Condițiile de calitate sînt aceleași ca și pentru cimentul P 400.

**5.3.3.6. Tipuri speciale de ciment portland.** În funcție de destinație, se fabrică cimenturi speciale, cu proprietăți corespunzătoare cerințelor imense. Principalele tipuri de cimenturi speciale sînt:

— *cimentul cu rezistențe inițiale mari* (RIM) se caracterizează prin întărire rapidă și rezistențe mecanice mari chiar după o zi de întărire. Se bîine dintr-un clincher bogat în alit care se macină mai fin decît în cazul

Condiții de calitate ale cimentului portland

| Caracteristici                        |  | Condiții de admisiuitate  |
|---------------------------------------|--|---|
| Priza                                 | Început, ore, minimum                              | 1   |
|                                       | Sfîrșit, ore, maximum                              | 10  |
| Constanța de volum                    | Turte  | Nu trebuie să prezinte încovoieri sau crăpături de la margine spre centru |
|                                       | Inelul cu ace Le Chatelier                         | Distanța măsurată la vîrfurile acelor să fie maximum 10 mm                |
| Înțea de măcl-nură                    | Reziduu pe sita 009, % maximum                     | 12  |
|                                       | Suprafața specifică, cm <sup>2</sup> /g minimum    | 2 500   |
| Oxid de magneziu (MgO), % maximum     |  | 2,5   |
|                                       | Trioxid de sulf (SO <sub>3</sub> ), % maximum      | 2,5   |
| Pierderi la calcinare (PC), % maximum |  | 3,0   |
|                                       | Substanțe insolubile în acid clorhidric, % maximum | 1,0   |

Rezistențele mecanice ale cimentului pe mortare vîrtoase

| Calitatea cimentului | Natura încercării     | Rezistența minimă, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ), după metoda vîrtoasă, în: |          |          |
|----------------------|-----------------------|--|----------|----------|
|                      |                       | 3 zile   | 7 zile   | 28 zile  |
| P 400                | tracțiune compresiune | 20 (2)   | 25 (2,5) | 28 (2,8) |
|                      |                       | 200 (20)   | 280 (28) | 400 (40) |
| P 500                | tracțiune compresiune | 25 (2,5)   | 30 (3)   | 34 (3,4) |
|                      |                       | 260 (26)   | 380 (38) | 500 (50) |

Rezistențele mecanice ale cimentului portland pe mortare plastice

| Calitatea cimentului | Natura încercării    | Rezistența minimă, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ), după metoda plastică, la: |          |            |
|----------------------|----------------------|--|----------|------------|
|                      |                      | 3 zile   | 7 zile   | 28 zile    |
| P 400                | încovoire compresivă | 28 (2,8)   | 40 (4)   | 55 (5,5)   |
|                      |                      | 160 (16)   | 250 (25) | 375 (37,5) |
| P 500                | încovoire compresivă | 34 (3,4)   | 48 (4,8) | 64 (6,4)   |
|                      |                      | 200 (20)   | 350 (35) | 475 (47,5) |

cimentului obișnuit. În țara noastră acest ciment se fabrică în două calități: RIM 200 și RIM 300 (cifrele reprezintă rezistența minimă la compresiune, determinată pe mortar virtos la 24 ore de întărire). Condițiile de calitate ale acestor cimenturi conform STAS 6486-68 sînt redată în tabelul 5.19. Cimenturile RIM se alterează ușor în atmosferă, fapt pentru care se expediază numai în saci sau în containere închise și nu se stocheză mai mult de 30 de zile. Se utilizează în industria prefabricatelor din beton armat și precomprimat, pretindu-se la tratamente termice. Din cauza com-

Tabelul 5.19

Condiții de calitate ale cimentului RIM

| Felul cimentului                                       | RIM 200   |                      | RIM 300              |                      |
|--|---|----------------------|----------------------|----------------------|
|  | Finețea de măcinare<br>— rest pe sita 009, % maximum<br>— suprafața specifică, cm <sup>2</sup> /g (minimum — maximum) | 10                   | 2 800...3 500        | 8                    |
| Priza : — început<br>— sfârșit                         | nu mai devreme de 45 minute<br>nu mai târziu de 10 ore  |                      |                      |                      |
| Rezistențele, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) | 1 zi  | Intindere compresivă | 20 (2)<br>200 (20)   | 22 (2,2)<br>300 (30) |
|  | 3 zile  | Intindere compresivă | 26 (2,6)<br>300 (30) | 26 (2,6)<br>350 (35) |
|  | 7 zile  | Intindere compresivă | 30 (3)<br>380 (38)   | 30 (3)<br>400 (40)   |
|  | 28 zile   | Intindere compresivă | 32 (3,2)<br>450 (45) | 32 (3,2)<br>450 (45) |

poziției lor minerologice au o rezistență scăzută la agenți agresivi de natură chimică;

— *cimentul hidrofoab* se obține prin măcinarea clincherului de ciment portland cu un mic adaos de circa 0,15...0,20% substanțe organice tensioactive (acizi grași, alcooli superiori, săpunuri). Substanțele tensioactive se adsorb cu capătul hidrofil pe granule de ciment formînd o peliculă hidrofoabă. În felul acesta, cimentul devine insensibil la acțiunea umidității, putînd fi transportat în vrac și depozitat timp mai îndelungat fără ca să-și piardă din proprietățile sale liante. La prepararea mortarelor și betoanelor, pelicula hidrofoabă se desprinde și acționează ca aditivii plastifianți de tipul antrenorilor de aer;

— *cimentul expansiv* prezintă în timpul întăririi o expansiune moderată și de durată limitată. Se utilizează ca material de etanșare a rosturilor la diverse lucrări (tuneluri, metrouri, diguri etc.). Primele cimenturi expansive au fost obținute de H. Lossier în Franța și de V. V. Mihailov în U.R.S.S.

H. Lossier a obținut ciment expansiv prin măcinarea clincherului de ciment portland cu un adaos de sulfatului de calciu și ghips.

V. V. Mihailov a realizat ciment expansiv prin măcinarea unui amestec de: 74% clincher portland, 14% ghips și 12% ciment aluminos. Expansiunea acestor cimenturi este provocată de formarea sării complexe, a trisulfatului de calciu hidratat 3CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·3CaSO<sub>4</sub>·31H<sub>2</sub>O.

Afară de procedeele amintite, cimentul expansiv poate fi obținut și prin folosirea altor adaosuri la clincherul portland, care în timpul hidratării cimentului formează combinații cu expansiuni reglabile. Atît cimentul expansiv cît și cel hidrofoab nu se fabrică în prezent în țara noastră;

— *cimentul alb* se obține din calcare și argile cît mai sărace în compuși care colorează — oxizi de fier, crom, mangan etc. Datorită lipsei oxizilor de fier în materia primă, în compoziția cimentului alb se găsește numai trei componente mineralogici: alitul (C<sub>3</sub>S), belitul (C<sub>2</sub>S) și celitul II (C<sub>3</sub>A); — *cimenturile colorate* se fabrică fie prin măcinarea clincherului alb cu pigmenți minerali de diferite culori, fie direct din clinchere colorate. Clincherele colorate se obțin din calcare și argile la care se adaugă pigmenți minerali (oxizi de fier, de cupru, de mangan, de crom, ultramarin etc.) în proporție de 0,2...7% funcție de natura pigmentului și culoarea care trebuie obținută.

În țara noastră, cimenturile albe și colorate se fabrică la Comarnic (jud. Prahova). Simbolurile și mărcile acestor cimenturi conform STAS 7055-71 sînt redată în tabelul 5.20. Cimenturile albe și colorate se caracterizează prin contracție mărită comparativ cu cimentul obișnuit. Se utilizează la prepararea mortarelor și betoanelor decorative. Culoarea cimentului trebuie să fie stabilă la lumină și la acțiunea mediului bazic rezultat la hidratarea cimentului;

— *cimenturile pentru sonde* se folosesc la cimentarea sondelor de petrol și gaze cînd sînt supuse la temperaturi și presiuni ridicate și la acțiunea agresivă a apelor. Datorită condițiilor de punere în operă și de funcționare, aceste cimenturi trebuie să suporte cantități mari de apă pentru a fi pompabile fără ca rezistențele mecanice să scadă considerabil, să albă un început de priză suficient de lung la temperaturi mari și tendință minimă de sedimentare. În țara noastră se fabrică în trei tipuri (tabelul 5.21).

Tabelul 5.20

Tipuri de cimenturi albe și colorate

| Culoarea cimentului | Simbolul | Marca cimentului, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------------------|----------|--|
| alb                 | PA 300   | 300 (30)   |
|                     | PA 400   | 400 (40)   |
| verde               | PV 300   | 300 (30)   |
|                     | PV 400   | 400 (40)   |
|                     | PV 500   | 500 (50)   |
| galben              | PG 300   | 300 (30)   |
|                     | PG 400   | 400 (40)   |
|                     | PG 500   | 500 (50)   |
| negru               | PN 300   | 300 (30)   |
|                     | PN 400   | 400 (40)   |
|                     | PN 500   | 500 (50)   |
| roșu                | PR 300   | 300 (30)   |
|                     | PR 400   | 400 (40)   |
|                     | PR 500   | 500 (50)   |

Tabelul 5.21

Tipuri de cimenturi pentru sonde

| Simbolul tipului | STAS    | Rezistența la agresi-vitate sulfurică | Domenii de utilizare   |
|------------------|---------|---------------------------------------|--|
| S <sub>1</sub>   | 1544/74 | redușă                                | pină la adâncimi de 3 200 m  |
| S <sub>2</sub>   | 9253/73 | moderată                              | pină la adâncimi de 2 500 m sau la adâncimi peste 2 500 m prin aditivare |
| S <sub>3</sub>   | 9253/73 | ridicată                              | Idem, ca la cimentul simbolizat S <sub>2</sub>                           |

## 5.3.4. Cimentul aluminos

5.3.4.1. **Materii prime, proces de fabricație și compoziție mineralogică.** Cimentul aluminos a fost produs pe scară industrială în al doilea deceniu al secolului nostru, la început în Franța. Este un liant hidroalic cu priză normală și întărire rapidă, obținut prin măcinarea fină a produsului rezultat în urma arderii amestecului de calcar și bauxită.

Bauxita este un trioxid de aluminiu hidratat (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·nH<sub>2</sub>O) care conține impurități de bioxid de siliciu și trioxid de fier. Pentru obținerea cimen-

tului aluminos cu proprietăți optime raportul dintre calcar și bauxită se alege în funcție de compoziția oxidică a produsului finit (tabelul 5.22). Cimentul aluminos se poate obține fie prin arderea amestecului de materii prime până la topire completă (ciment topit), fie prin ardere până la clincherizare (la 1 200 ... 1 300 °C). Topitura sau clincherul rezultat se macină apoi fără adaos de ghips.

Tabelul 5.22

Compoziția oxidică a cimentului aluminos

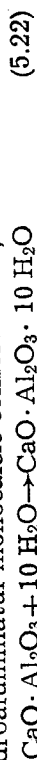
| Oxizi     | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO     | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |
|-----------|--------------------------------|---------|------------------|--------------------------------|
| Valori, % | 35...50                        | 35...45 | 4...15           | 5...15                         |

Compoziția mineralogică a cimentului aluminos diferă net de cea a cimentului portland, fiind funcție de compoziția materiilor prime și de tratamentul lor termic de ardere și de răcire.

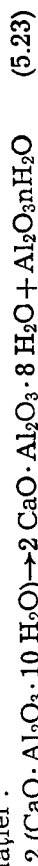
Constituentul mineralogic de bază al cimentului aluminos este aluminatul monocalcic CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—CA care intră în proporție de 55...75%. Se caracterizează prin întărire rapidă, căldură de hidratare mare, rezistențe mecanice mari. În cantități reduse se găesc și alți componenți mineralogici ca: trialuminatul pentacalcic 5 CaO·3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—C<sub>5</sub>A<sub>3</sub>, dialuminatul monocalcic CaO·2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>—CA<sub>2</sub>, gehlenitul 2 CaO·Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·SiO<sub>2</sub>—C<sub>2</sub>AS și silicatul bicalcic C<sub>2</sub>S. Silicatul bicalcic datorită proprietăților lui (hidratare lentă, căldură de hidratare mică, rezistențe inițiale scăzute), nu prezintă importanță mare pentru proprietățile tehnice ale cimentului aluminos.

5.3.4.2. **Hidratare, caracteristici tehnice și domenii de utilizare.** La amestecarea cimentului aluminos cu apă au loc reacții de hidratare și hidroliză a componentilor săi mineralogici cu formare de hidroaluminat și de calciu cu bazicitate scăzută, alături de mici cantități de hidrosilicați de calciu și hidroxid de aluminiu.

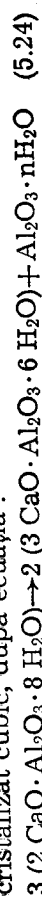
Principala reacție este cea a aluminatului monocalcic, care în prima fază formează hidroaluminatul monocalcic conform ecuației:



Hidroaluminatul monocalcic este instabil și se transformă prin hidroliză în hidroaluminat bicalcic cristalin și gel de trioxid de aluminiu hidratat conform ecuației:



Hidroaluminatul bicalcic astfel format este însă stabil până la temperatura de 30 °C. La temperaturi mai mari se transformă în hidroaluminat tricubic cristalizat cubic, după ecuația:



Această transformare se produce cu o micșorare accentuată de volum, ceea ce provoacă microfisurarea pietrei de ciment și scăderea rezistențelor ei mecanice cu 50...80%. Pentru evitarea acestor transformări în structura pietrei de ciment, cimentul aluminos se folosește la lucrări sub apă și sub pământ, precum și în regiunile cu climat permanent rece.

Silicatul bicalcic din cimentul aluminos reacționează cu apa, după modul descris la cimentul portland. Hidroxidul de calciu eliberat la hidratarea lui



nu rămâne liber, ci este legat de alumina hidratată și transformat în hidroxid de calciu, în general slab bazici, ceea ce explică rezistența chimică mărită a cimentului aluminos.

Priza cimentului aluminos este normală (între 1 și 5 h), putînd fi accelerată sau înfrîzită prin folosirea de adaosuri. Ca acceleratori de priză se pot utiliza:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  etc., iar ca înfrîzitori:  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{BaCl}_2$ , glicerină, zahăr, borax.

Comparativ cu cimentul portland, cimentul aluminos necesită o cantitate mai mare de apă pentru hidratare, dezvoltă căldură de hidratare sporită și cu viteză mai mare, prezintă o creștere mai rapidă a rezistențelor mecanice în primele ore și zile de întărire (fig. 5.23), se comportă mai bine la temperaturi ridicate și are rezistență de gelivitate și la coroziune mai bună. Rezistența chimică sporită este atribuită lipsei în producții de hidratare a  $\text{C}_3\text{AH}_6$  și a hidroxidului de calciu, precum și prezenței gelului de  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ . Cimentul aluminos rezistă bine la acțiunea apelor cu sulfatați, a apelor moi, a celor mineralizate, a soluțiilor diluate de acizi, precum și a substanțelor organice de tipul fenolilor, cresolilor, zahărului, esterilor fosfoși ca plastifianți la polimeri etc. În schimb, nu rezistă la acțiunea acizilor concentrați și a alcaliilor.

Datorită proprietăților specifice, domeniul de utilizare al cimentului aluminos este limitat. Se folosește la betoane cu rezistențe mari și întărire rapidă, la betonări pe timp de iarnă, cu condiția ca în timpul exploatații temperatura să nu depășească  $30^\circ\text{C}$ . De asemenea, se utilizează la diferite lucrări supuse mediilor agresive din industria alimentară, chimică, textilă, precum și la obținerea betoanelor refractare cu agregate potrivite (șamotă, cromit, magnezit calcinat etc.), utilizate la captușirea cuptoarelor industriale ce lucrează la temperaturi înalte de  $1\ 300 \dots 1\ 600^\circ\text{C}$ .

La prepararea betoanelor cu ciment aluminos trebuie evitată amestecarea cu ciment portland, var sau alte substanțe donatoare de hidroxid de calciu, care provoacă accelerarea prizei și scăderea accentuată a rezistențelor mecanice.

În țara noastră cimentul aluminos se fabrică în trei mărci: A 400, A 500 și A 600.

### 5.3.5. Lianți micști

Lianții hidraulici micști sînt formați dintr-un liant unitar și un adaos. Cel puțin o componentă a amestecului trebuie să fie de natură hidraulică. Proporția de adaos din amestec variază în limite largi funcție de proprietățile liantului.

**5.3.5.1. Tipuri de adaosuri.** După natura și modul în care participă la mecanismul de întărire al liantului unitar, adaosurile se clasifică în: clivente, hidraulice și inerte.

**Adaosurile cimentoidale** sînt substanțe fin măcinate care la amestecare cu apă se întăresc dar foarte lent. Întărirea lor este accelerată de prezența varului gras, a cimentului portland, a silicelui de sodiu etc. Din categoria adaosurilor cimentoidale fac parte zgurele metalurgice bazice și cenușele bazice de la termocentrale.

Zgurele metalurgice (de furnal) sînt produse secundare obținute la fabricarea fontei în furnalul înalt. În furnal, impuritățile din minereurile de fier reacționează cu  $\text{CaO}$  din calcar (introdus ca fondant) și formează o serie de compuși ușor fuzibili care se separă sub formă de zgură la suprafața fontei. Zgurele solidificate conțin sub formă de faze cristaline sau vitroase o serie de silicați și aluminosilicați. Conținutul mai important sînt: silicatul bicalcic —  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , wolastonitul  $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ , gehlenitul —  $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ , anortitul —  $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ , akermanitul  $2\text{CaO} \cdot \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2$ , sulfurile ( $\text{CaS}$ ,  $\text{MgS}$ ) și combinațiile manganului ( $\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$  — rodonit).

Caracterul hidraulic al zgurelor depinde atât de compoziția cât și de structura lor fizică. Pentru a releva dependența activității zgurelor de compoziția lor oxidică, au fost stabiliți diferiți indici cunoscuți sub denumirea de indici de bazicitate  $I_b$ , de calitate  $I_c$  și modul de alumină  $M_a$  (tabelul 5.23). Cu cît indicele de bazicitate  $I_b$  este mai mare, cu atît zgura este considerată mai activă. De asemenea, zgurele cu structură amorfă (vitroasă) caracterizîndu-se printr-un conținut mai mare în energie, sînt mai active decît cele cristaline. Pentru obținerea zgurei cu structură vitroasă, la ieșirea din furnal, topitura se supune unei răciri brusce, obținîndu-se așa-numita zgură granulată. Pentru fabricarea lianților se folo-

Tabelul 5.23

Condiții de calitate ale zgurelor metalurgice granulate

| Caracteristici   | Condiții de admisibilitate |
|--|----------------------------|
| Oxid de calciu ( $\text{CaO}$ ), % minimum   | 42,5                       |
| Bioxid de siliciu ( $\text{SiO}_2$ ), % maximum  | 39,5                       |
| Trioxid de aluminiu ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), % minimum   | 4,0                        |
| Oxid de mangan ( $\text{MnO}$ ), % maximum   | 3,0                        |
| Oxid de magneziu ( $\text{MgO}$ ), % maximum   | 7,0                        |
| Indice de calitate $I_c$ :   |                            |
| $I_c = \frac{\% \text{CaO} + \% \text{CaS} + 0,5 \% \text{MgO} + \% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{SiO}_2 + \% \text{MnO}}$ | minimum 1,3                |
| Indice de bazicitate, $I_b$ :  |                            |
| $I_b = \frac{\% \text{CaO}}{\% \text{SiO}_2}$ minimum  | 1,10                       |
| Modulul de alumină $M_a$   |                            |
| $M_a = \frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{SiO}_2}$ minimum   | 0,18                       |

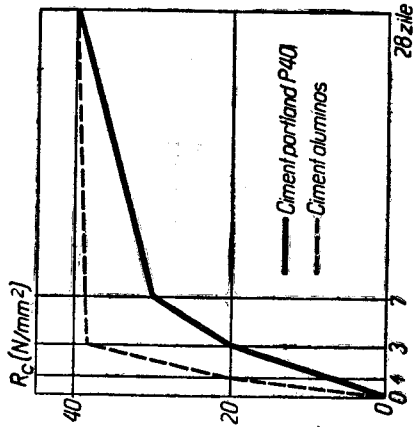


Fig. 5.23. Evoluția în timp a rezistenței la compresie a cimentului aluminos și portland.

este numai zgură bazică și granulată ale cărei condiții de calitate, în conformitate cu STAS 648-74 sunt redată în tabelul 5.23.

— Cenușele zburătoare de la centralele termoelectrice rezultă în urma arderii cărbunilor sub formă de praf, în focarele termocentralelor. La arderea cărbunilor, impuritățile existente de argilă și marnă sunt transformate în granule sferice foarte mici și parțial topite. Aceste granule sunt antrenate de gazele de ardere și captate în filtrele de praf constituind cenușa zburătoare de termocentrală. Dacă această cenușă este bazică (conține CaO peste 40%), capătă proprietăți cimentoidale. Finețea cenușelor este variabilă, suprafața specifică Blaine fiind cuprinsă între 3 000 și 5 000 cm<sup>2</sup>/g.

**Adaosurile hidraulice** sau *puzzolanice* sînt materiale care în stare fin măcinată și amestecate cu apa nu se întăresc, dar conțin SiO<sub>2</sub> și Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> activi care în prezența Ca(OH)<sub>2</sub> reacționează formînd compuși cu proprietăți hidraulice.

După proveniență, adaosurile hidraulice pot fi naturale (cenușe și tufuri vulcanice, diatomitul, tripoli) și artificiale (zgure acide de furnal, cenușe acide de termocentrală, argilă arsă, bauxită calcinată, siștoful etc.).

— Cenușele vulcanice provin din răcirea bruscă a lavei vulcanice care determină ca SiO<sub>2</sub> să rămînă sub formă amorfă, activă. Cenușele necimentate (granulare) poartă denumirea de puzzolane, iar cele cimentate de tufuri vulcanice. Prin măcinarea tufurilor vulcanice se obține trasul.

— Diatomitul și tripoli sînt materiale de natură organică, obținute prin depunerea scheletelor silicioase a unor microorganisme denumite diatomee. Diatomitul are o structură mai poroasă, pe cînd tripoli se prezintă sub forma unei roci compacte.

— Zgurele acide și granulate de furnal, precum și cenușele acide de termocentrală se caracterizează printr-un conținut bogat în SiO<sub>2</sub> cu structură vitroasă.

— Argila arsă la 600...700 °C trece într-o structură metastabilă, în care SiO<sub>2</sub> și Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sînt activi. Deșeurile de cărămidă măcinate se pot utiliza ca adaosuri hidraulice.

— Bauxita calcinată la circa 600 °C suferă o serie de transformări și trece în modifiții metastabile, bogate în Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> activ.

— Siștoful este alcătuit din gel de SiO<sub>2</sub> activ, obținut la extragerea Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> din argile cu ajutorul acidului sulfuric concentrat.

Afît adaosurile cimentoidale cît și cele hidraulice deoarece participă la mecanismul de întărire al liantului la care se adaugă, se numesc și adaosuri active.

**Adaosurile inerte** sînt acele substanțe care nu prezintă întărire proprie și nici nu modifică sensibil, în condiții normale, procesul de întărire al liantului unitar la care se adaugă. Din categoria adaosurilor inerte fac parte: nisipul silicios, marna și unele calcare în stare fin măcinată.

**5.3.5.2. Cimenturi portland cu adaosuri active.** Aceste cimenturi se obțin prin măcinarea fină a unui amestec de clincher de ciment portland cu adaosuri active în anumite proporții și cu necesarul de ghips pentru reglarea timpului de priză.

Principalele adaosuri active folosite în țara noastră la fabricarea cimenturilor cu adaosuri sînt: zgură granulatată de furnal, cenușă de termocentrală și trasul. În tabelul 5.24 sînt indicate cimenturile cu adaosuri fabri-

Cimenturi portland cu adaosuri fabricate în țara noastră

Tabelul 5.24

| A. Cimenturi curente                        |                  | B. Cimenturi speciale  |        |
|---|------------------|------------------------|--------|
| Grupa de cimenturi                          | Tipul cimentului | Conținutul de adaos, % |        |
|   | Notația și marca | Zgură                  | Cenușă |
| 1. Cimenturi cu 6...15% adaos               | PZ 400           | 6...15                 | -      |
|   | PZ 500           | -                      | -      |
|   | PC 400           | -                      | 6...15 |
|   | PC 500           | -                      | -      |
| 2. Ciment metalurgic                        | M 400            | 20...30                | ≤15*   |
|   | MC 400           | ≥15                    | ≤15*   |
|   | Pzc 400          | 6...15*                | -      |
|   | Pzc 500          | -                      | -      |
| 3. Cimenturi de furnal cu maximum 50% adaos | FC 350           | 31...50                | (≤15)  |
|   | FC 300           | 51...70                | (≤15)  |
| 4. Cimenturi rezistente la ape sulfatate    | SM 400           | ≤5                     | -      |
|   | SR 400           | (6...15)               | -      |
| 5. Cimenturi cu adaos de tras               | PT 400           | -                      | -      |
|   | PT 500           | -                      | -      |
| 6. Ciment de furnal cu peste 50% adaos      | F 300            | 51...70                | (≤15)  |
|   | F 300            | 51...70                | (≤15)  |
| 7. Cimenturi hidrotel-nice                  | H                | ≤20                    | -      |
|   | HZ               | ≤20                    | -      |

\*Nota: Procentele de adaos menționate în paranteze pot înlocui total sau parțial adaosul folosit în mod curent.

| Sortul de ciment            | Marca cimentului N/mm <sup>2</sup> | Simbolul | Natura și cantitatea adăosului din masa prodoasului |        | Adăos total din masa prodoasului finit, max. în % |
|-----------------------------|------------------------------------|----------|---|--------|---|
|                             |                                    |          | zgură   | cenusă |   |
| Ciment portland cu adaosuri | 35                                 | Pa 35    | 15  | 15     | 15  |
| Ciment metalurgic           | 30                                 | M 30     | 30  | 15     | 30  |
| Ciment de furnal            | 25                                 | F 25     | 50  | 15     | 50  |

Notă : Marca cimentului se stabilește pe mortare plastice conform STAS 5156-74.

la uscare. Tras-varul precum și cenușă-varul pe mortare standard pot să atingă rezistențe la compresiune de 100 ... 150 daN/cm<sup>2</sup>.

Lianții zgură-var se obțin prin amestecarea a 80 ... 85% zgură granulată de furnal și 15 ... 20% var gras raf. Se întăresc de asemenea bine în mediu umed. La întărire normală în mediu umed, la 28 zile, ating rezistența la compresiune de 200 daN/cm<sup>2</sup>. Acești lianți se pot folosi la betoane pentru fundații slab solicitate (clădiri cu maximum 2 niveluri) și la mortare de zidărie. Betoanele cu zgură-var au întărire lentă și sînt sensibile la temperaturi scăzute.

### 5.3.6. Folosirea cimenturilor în construcții

Cimenturile se utilizează la prepararea mortarelor și betoanelor folosite în cele mai diverse domenii ale construcțiilor. Alegerea tipului de ciment depinde de caracteristicile elementelor structurii, de condițiile în care acestea funcționează și de proprietățile cimenturilor folosite. În funcție de recomandații, cimenturile pot fi împărțite în următoarele categorii : vederea economic deoarece folosirea lor afectează nejustificat costul lucrării.

În funcție de condițiile de fabricare și livrare, cimenturile se pot grupa în două categorii principale :

— cimenturi curente : PC 500, PC 400, PZ 500, PZ 400, PZC 500, PZC 400, M 400, MC 400, RIM 200, RIM 300, P 500, P 400 și Pa 400 ;

— cimenturi speciale : PT 500, PT 400, T 400, F 350, FC 350, F 300, PC 300, SM, SMA, SR, SRA, H, HZ, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>, S<sub>4</sub>, albe, colorate și aluminioase.

În baza „Instrucțiunilor tehnice privind folosirea cimenturilor în construcții”, în tabelele 5.26, 5.27 și 5.28 sînt redatăe :

— domeniile și condițiile de utilizare ale cimenturilor la executarea lucrărilor de beton armat (tabelul 5.26) ;

— condițiile de utilizare a diferitelor cimenturi la mortare și alte materiale de construcții (tabelul 5.27) ;

— posibilitățile de utilizare a cimenturilor pentru lucrări de beton și beton armat în medii cu agresivitate naturală (tabelul 5.28).

cute la noi în țară, iar în tabelul 5.25 sînt date cimenturile care urmează să se fabrice, conform STAS 1500-77. Față de cimentul portland, cimenturile cu adaosuri, se deosebesc în general prin :

— procesul de hidratare mai lent și rezistențe mecanice mai mici în primele zile de întărire, dar care ating rezistența cimentului portland de marcă echivalentă după 28 zile de întărire ;

— căldură de hidratare mai redusă, din care cauză nu sînt indicate la lucrări pe timp friguros ;

— rezistență la îngheț-dezghet alternativ mai slabă ;

— rezistență sporită la acțiunea agenților chimici distructivi ;

— micșorarea lucrabilității mortarelor și betoanelor (cu excepția adaosului de tras).

Din tabelul 5.24 se constată că în funcție de procentajul de adaos, cimenturile mixte sînt :

— cu 6 ... 15% adaos de zgură (denumit ciment portland cu adaos de zgură — PZ 400 și PZ 500), zgură și cenușă (portland cu zgură și cenușă — Pzc 400 și Pzc 500), cenușă (portland cu adaos de cenușă — PC 400 și PC 500), tras (portland cu adaos de tras — PT 400 și PT 500), zgură sau tras (cimenturi rezistente la sulfați SMA 400 și SRA 400) ;

— cu 20 ... 30% adaos de zgură (ciment metalurgic — M 400), zgură și cenușă (metalurgic cu cenușă — MC 400) și tras (ciment cu tras T 400) ;

— cu 31 ... 50% adaos de zgură (ciment de furnal — F 350), zgură și cenușă (de furnal cu cenușă — FC 350) ;

— cu 51 ... 70% adaos de zgură (de furnal — F 300) zgură și cenușă (de furnal cu cenușă — FC 300) ;

— cimenturi rezistente la ape sulfatate, fabricate din clinchere de ciment portland cu conținut moderat în C<sub>3</sub>S și scăzut în C<sub>3</sub>A, ceea ce le conferă stabilitate chimică mărită, la acțiunea sulfatilor. Se produc în patru sorturi unele avînd rezistență moderată la ape sulfatate (SM 400 și SMA 400), iar altele ridicată (SR 400 și SRA 400). Alegerea tipului de ciment la executarea betoanelor depinde de agresivitatea apelor respective (vezi tabelul 5.26) ;

— cimenturile hidrotehnice caracterizate prin proprietăți diferite funcție de locul unde se folosesc. De exemplu, pentru interiorul construcțiilor hidrotehnice masive se folosesc cimenturi cu căldură de hidratare cît mai redusă, deci cu conținut mărit în C<sub>2</sub>S și C<sub>4</sub>AF. În țara noastră se fabrică două sortimente de astfel de cimenturi : H 400 și HZ 400.

5.3.5.3. Var gras cu adaosuri active. Varul gras amestecat cu adaosuri active în anumite proporții se utilizează la obținerea lianților hidraulici micști ca : tras-var, cenușă-var, zgură-var.

Compoziții activi din adaosuri reacționează cu hidroxidul de calciu din varul gras și formează hidrosilicați și hidroaluminiați de calciu asemănători cu cei rezultați la întărirea cimentului portland.

Tras-varul se obține prin măcinarea simultană a 70 ... 80% tras cu 30 ... 20% var, sau prin amestecarea trasului cu pasta de var. Acest liant se întărește exclusiv în mediu umed, caracterizîndu-se prin priză și întărire lentă. Se folosește la piese de construcții aflate permanente în mediu umed, deoarece în mediu uscat se pulverizează datorită contracțiilor mari



Condiții de utilizare a diferitelor elemente în mortar și alte materiale de construcții

| Domenii de utilizare  | Cimenturi   |   |
|---|---|---|
|   | Recomandate                                       | Utilizabile                                       |
| <b>A. Mortare</b>   |   |   |
| Mortare de zidărie și tencuială   | M; MC; PZ 400; PC 400; Pzc 400; PT 400.           | M; MC   |
| Mortare în rosturile elementelor prefabricate asamblate prin precomprimare și ale panourilor mari | P; Pa; PZ; PC; Pzc; PT                            | M; MC; RIM; P; Pa; SR; SM; SRA; SMA; H; IZ; T; PZ |
| Mortare cu permeabilitate redusă  | P 400; Pa; PZ 400; PC 400; Pzc 400; PT 400; T 400 | M; MC; RIM; SR; SRA; SM; SMA; H; IZ; T; PZ        |
| Mortare supuse acțiunii agresivității naturale  | Se utilizează numai mortare de ciment, fără var   | M; MC; RIM; SR; SRA; SM; SMA; H; IZ; T; PZ        |
| Mortare decorative  | PA; PV; PG; PR; PN                                | M; MC; RIM; SR; SRA; SMA; H; IZ; T                |
| Mortare pentru pardoseli turnate simple sau mozaicate   | PA; PZ 400; PC 400; Pzc 400; PT 400               | M; MC; RIM; SR; SRA; SMA; H; IZ; T                |
| <b>B. Alte materiale</b>  |   |   |
| Plăci de mortar de ciment trase   | RIM 200   | RIM 300; P 500                                    |
| Plăci, plinte, scafe din beton  | PZ 400; Pzc 400                                   | PZ 500; Pzc 500; RIM; PA                          |
| Blocuri mici de beton   | F   | M; MC   |
| Plăci din beton pentru pavaje, borduri de beton pentru trotuare                                   | PZ 400; PC 400; Pzc 400; PT 400                   | M; MC   |
| Produse de azbociment   | P 400   | P 500   |
| Suburi de beton precomprimat pentru alimentări cu apă   | RIM   | P 500; PZ 500; PC 500; Pzc 500; PT 500            |
| Suburi de beton pentru canalizări   | PZ 400; PC 400; Pzc 400; M; MC; T                 | M; MC; P; Pa                                      |

Possibilități de utilizare a elementurilor pentru lucrări de beton și beton armat în medii cu agresivitate naturală

| Condiții  | Cimenturi   |   |
|---|---|---|
|   | Utilizabile   | Interzicte  |
| <b>A. Agresivitate carbonică</b>  |   |   |
| a) slabă  | PC; PZ; Pzc; RIM; P; Pa; SR; SRA; SM; SMA; H; IZ; T   | M; MC   |
| b) moderată;<br>— betoane proaspete (v.n în contact cu apele agresive după turnare)<br>— betoane maturizate (peste 28 zile) | PC; Pzc;<br>PC; Pzc; P; Pa  | M; MC; RIM; P; Pa; SR; SM; SRA; SMA; H; IZ; T; PZ       |
| c) intensă<br>— betoane proaspete<br>— betoane maturizate   |   |   |
| Aceleși condiții ca și la agresivitate moderată, luându-se măsuri suplimentare de protecție                                 |   |   |
| <b>B. Agresivitate sulfatică</b>  |   |   |
| a) slabă<br>— betoane proaspete<br>— betoane maturizate   | M; MC; SR; SM; H; SRA; SMA; HZ; T<br>PC <sup>2</sup> ; PZ <sup>2</sup> ; Pzc <sup>2</sup> ; M; MC; SR; SM; SRA; SMA; H; IZ; T | PC; PZ; Pzc; RIM; P; Pa<br>P; Pa; RIM                   |
| b) moderată   | La fel ca la betoanele proaspete  |   |
| c) intensă<br>d) foarte intensă   | SR; SRA; T  | PC; PZ; Pzc; M; MC; RIM; P; Pa; SR; SM; SRA; SMA; H; IZ |
| a) agresivitate slabă<br>b) agresivitate moderată   | PC; PZ; Pzc; M; MC; RIM; SR; SM; SRA; SMA; H; IZ; T<br>PC; PZ; Pzc; RIM; SR; SM; SRA; SMA; H; IZ; T                           | P; Pa<br>M; MC; P; Pa                                   |

| I                                       | •  | •   |                                       |
|---|--|---|---------------------------------------|
| D. Elemente situate în zona litoralului | a) suprastructuri (nu sînt în contact cu apa de mare)              | Se recomandă SR ; SRA ; SM ; SMA ; H ; HZ ; T ; iar restul sînt utilizabile cu protecție suplimentară |                                       |
|   | b) infrastructuri (în contact cu apa) pentru beton simplu și armat | SR ; SM ; SRA ; SMA ; H ; HZ ; T  | PC ; PZ ; Pzc ; M ; MC ; RIM ; P ; Pa |

- Observații :**
- 1) Se utilizează numai pe baza unor studii speciale.
  - 2) Utilizare interzisă în cazurile în care apa subterană prezintă o agresivitate magneziană.
  - 3) În cazul agresivității sulfatice este interzisă utilizarea la beton precomprimat a : PC ; PZ ; Pzc ; M ; MC ; SRA ; SMA ; HZ și T.
  - 4) Cimentul T se folosește numai pentru elemente situate permanent în mediu cu umiditate ridicată

Capitolul 6 —  
MORTARE CU LIANȚI ANORGANICI

6.1. CLASIFICARI. MATERIALE COMPONENTE

Mortarele sînt amestecuri bine omogenizate de liant, apă și nisip, care se întăresc aerian sau hidrolic în funcție de natura liantului utilizat. În funcție de condițiile de exploatare, la prepararea mortarelor se pot utiliza și anumite adaosuri ca : plastifianti, coloranți, substanțe impermeabilizatoare, substanțe care reglează priza, substanțe active hidrolic etc.

Mortarele servesc la legarea între ele a pietrelor naturale sau artificiale, caz în care se numesc mortare de zidărie, la înfrumusețarea elementelor de construcții, — mortarele de tencuieți, sau au întrebuințări speciale cum ar fi : decorarea construcțiilor — mortare colorate ; izolarea fonică — mortare pentru izolare ; impermeabilizare la apă — mortare impermeabile ; rezistență la acizi — mortare antiacide etc.

6.1.1. Clasificarea mortarelor

Conform STAS 1030-70, mortarele obișnuite se clasifică astfel :

| După domeniul de folosire                      | După natura lianților  | După rezistența la compresiune                 |
|--|--|--|
| — Mortare de zidărie<br>— Mortare de tencuială | — Mortare pe bază de var<br>— Mortare pe bază de ciment  | — M 4<br>— M 10<br>— M 25<br>— M 50<br>— M 100 |
|  | — Mortare pe bază de var-ciment de var-ipsos<br>— Mortare pe bază de ciment-var de ciment-argilă |  |
|  | — Mortare pe bază de ipsos<br>— Mortare pe bază de ipsos-var                                     |  |
|  | — Mortare pe bază de pământuri argiloase   |  |

Clasificarea mortarelor obișnuite

Rezistențele la compresiune ale mortarelor determinate la 28 zile, reprezintă marca mortarelor, în daN/cm<sup>2</sup> și se notează cu M urmat de rezistența respectivă. În cazul mortarului de var (M 4), rezistența la compresiune se determină la vîrsta de 90 zile ; la vîrsta de 28 zile rezistența la compresiune trebuie să fie de minimum 2 daN/cm<sup>2</sup>.

În afară de această clasificare, mortarele mai pot fi clasificate și după următoarele criterii :

- după densitatea aparentă în : mortare grele cu  $\rho_a > 1\ 800\ \text{kg/m}^3$ , mortare semigrele cu  $\rho_a = 1\ 500 \dots 1\ 800\ \text{kg/m}^3$ , mortare ușoare cu  $\rho_a = 1\ 000 \dots 1\ 500\ \text{kg/m}^3$  și mortare foarte ușoare cu  $\rho_a$  sub  $1\ 000\ \text{kg/m}^3$  ;
- după consistență în : fluide, plastice și vîrtoase.

6.1.2. Materiale componente ale mortarelor

Constituenții principali ai mortarelor sînt lianții, agregatele și apa, materiale care trebuie să îndeplinească anumite condiții pentru a da mortare de calitate.

6.1.2.1. Lianți. Varul gras este un liant de bază la prepararea mortarelor, folosindu-se pentru părțile aeriene și mai puțin solicitate ale construcțiilor, iar în amestec cu cimentul se poate folosi și la elemente mai



solicitate sau la zidăriile de fundații, care au o umiditate mare. Pentru asemenea cazuri, în afară de ciment se poate adăuga la var zgură metalurgică sau adaosuri hidraulice. Varul se poate utiliza stins în pastă, în praf sau var nestins măcinat. La varurile stinse se pune condiția ca acestea să nu conțină resturi supraarse deoarece prin stingere ulterioară generează defecte; aceste resturi trebuie îndepărtate prin strecurare printr-o sită fină înainte de folosire.

**Cimentul** se folosește fie singur, fie cu adaosuri de var sau de argilă la prepararea mortarelor utilizate la elemente de zidărie care preiau sarcini importante sau funcționează în apă ori în medii cu umiditate foarte mare (în care caz se utilizează adaosurile). La mortarele de ciment adaosul de var sau argilă are drept scop îmbunătățirea plasticității mortarului. La prepararea mortarelor se folosește ciment portland unitar sau cu adaosuri (v. tabelul 5.25).

**Ipsosul** se utilizează ca atare sau împreună cu varul pentru prepararea mortarelor care se găsesc permanent în mediu uscat (aerian). Prezența ipsosului în mortarele de var-ipsos și ipsos-var le mărește rezistența și scurtează durata de întărire.

**Argila** se folosește ca liant la prepararea mortarelor de zidărie pentru elemente aeriene slab solicitate (maximum trei niveluri) și alcătuite din pietre poroase (cărămizi).

**6.1.2.2. Apa.** La prepararea mortarelor apa poate să fie potabilă, nepotabilă, neutră, slab alcalină sau acidă, dar să îndeplinească condițiile din tabelul 6.1.

Condiții ce se impun apei folosite la prepararea mortarului

| Caracteristici   | Apă pentru mortar |
|--|-------------------|
| Concentrația ionilor de hidrogen (pH)                          | 4...10            |
| Conținutul total de săruri, mg/l, maximum                      | 35 000            |
| Sulfat, mg SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> /l, maximum           | 10 000            |
| Cloruri, mg Cl/l, maximum                                      | 20 000            |
| Azotați, mg N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /l, maximum          | 500               |
| Substanțe organice, mg/l, maximum                              | 500               |
| Magneziu, mg MgO/l, maximum                                    | 5 000             |
| Pierdere la calcinare a substanțelor insolubile, mg/l, maximum | 2 000             |

Tabelul 6.1

Dacă nu sînt respectate limitele date în tabelul de mai sus, iar apa este folosită la prepararea mortarelor, atunci se produc eflorescențe în cazul mortarelor de tencuială. Când se folosesc ape minerale, mortarele nu trebuie să vină în contact cu piesele metalice pe care le pot coroda. Se impune, de asemenea, ca apa să nu conțină substanțe organice corosive ca: esturi de celuloză, zahăr, diverși acizi etc.; prezența lor în mortarele cu ciment împiedică desfășurarea normală a prizei și întăririi.

**6.1.2.3. Nisipul.** Acesta influențează proprietățile mortarului prin alitatea și cantitatea sa. Nisipul este agregatul cu granulele mai mici de mm, fiind împărțit în sorturile: 0/1; 1/3,15; 3,15/7,1.

Nisipurile folosite la prepararea mortarelor se clasifică astfel:

După proveniență:

- naturale (de carieră, de riu, de lacuri, de mare, de dune)
- artificiale (obținute prin concasare)

După forma și natura suprafeței:

- granule rotunde (suprafață netedă)
- granule colțuroase (suprafață rugoasă — aspră)

După granulozitate:

- nisipuri monogranulare
- nisipuri poligranulare

Nisipurile cele mai bune sînt cele silicioase. Folosirea nisipului la mortar este condiționată de anumite limite pe care trebuie să le îndeplinească (tabelul 6.2).

Tabelul 6.2

Limitele admisibile pentru impuritățile din nisipuri

| Denumirea impurităților                             | Limite admisibile în mortar | Efecte dăunătoare ale impurităților dacă nu se respectă limitele admisibile   |
|---|-----------------------------|---|
| Mici, % maximum                                     | 1,0                         | — împiedică o bună compactare a mortarului<br>— micșorează rezistențele       |
| Cărbuni, % maximum                                  | 0,5                         | — conduce la degradări în mortarele de ciment (la cărbunii tineri cu sulfaj)  |
| Substanțe humice (culoarea soluției de NaOH)        | Galbenă                     | — micșorează rezistențele prin înrăutățirea aderenței și reacției cu cimentul |
| Argilă bucată, % maximum                            | 1,5                         | — înrăutățește aderența liantului nisip                                       |
| Părți levigabile, % maximum                         | 3,0                         | — micșorează rezistența la îngheț-dezghet                                     |
| Sulfaj și sulfuri (în SiO <sub>2</sub> ), % maximum | 1,0                         | — deteriorează mortarul<br>— produc eflorescențe                              |

Alte impurități a căror prezență este interzisă în nisipul pentru mortar sînt: resturi animale și vegetale, corpuri străine mari, păcură, uleiuri etc. Granulozitatea nisipurilor influențează mult caracteristicile mortarelor. Când curba granulometrică a unui nisip se înscrie sub curba limită dată de standarde, nisipul respectiv este sărac în fracțiuni fine și deci golurile dintre granulele mari nu sînt bine umplute; mortarul confecționat cu un

menența nisip este puțin lucrabil și cu rezistențe mecanice mici. În schimb, dacă granulele fine sînt în cantități foarte ridicate, nisipul are o gravimetrie deosebit de mare și este necesară o cantitate mare de liant (pentru a se acoperi cu pastă suprafața tuturor granulelor), și în cazul unui dozaj limitat de ciment trebuie o cantitate mare de apă pentru o bună lucrabilitate), ceea ce dă mortare cu rezistențe mici. Rezultă că nisipul trebuie să aibă o curbă granulometrică care se încadrează între limitele, date de standarde.

Infioierea (vezi pct. 7.2.3.) este o caracteristică importantă a nisipului care influențează proprietățile mortarelor. Cunoașterea infioierii este necesară la dozarea volumetrică a componentilor mortarelor, care se raportează la constituenții uscați; dacă nu se efectuează corecția impusă de infioiere, pentru dozarea volumetrică, se ajunge la o evaluare eronată a cantității de nisip.

## 6.2. PREPARAREA ȘI CARACTERISTICILE MORTARELOR

### 6.2.1. Stabilirea compoziției mortarelor

Prin compoziția unui mortar (dozajul) se înțelege cantitatea volumetrică a gravimetrică a constituenților mortarului respectiv și se exprimă prin raportul liant : nisip sau prin cantitățile de constituenți necesare la 1 m<sup>3</sup> mortar. Dozajele de materiale componente se stabilesc pe baza unor informații orientative, în funcție de natura liantului folosit și tipul mortarului, sau pe baza unor relații de calcul. Dozajele materialelor componente sînt date prin relațiile aproximative de calcul trebuie verificate, apoi, în laborator.

Pentru mortarele de ciment, destinate zidărilor, dozajul de ciment C deduce din relația :

$$C = 1\ 000 \sqrt{\frac{M_m}{K M_c}} \quad [\text{kg/m}^3], \quad (6.1)$$

care :

$M_m$  este marca mortarului, în daN/cm<sup>2</sup> ;

$M_c$  — marca cimentului, în daN/cm<sup>2</sup> ;

$K$  — coeficient de corecție egal cu 0,7 pentru mortare normale.

În cazul mortarelor de tencuială, dozajul de ciment C se calculează cu expresia :

$$C = 1\ 000 \sqrt{\frac{M_m}{2 M_c}}. \quad (6.2)$$

Pentru mortare cu lianți ciment-var, ciment-argilă se pot utiliza relațiile de mai sus pentru stabilirea dozajului de ciment, în cazul unor mortare cu marcă superioară lui M 25, iar dozajele de var sau argilă  $D_p$  se calculează cu relațiile :

— pentru mortare de zidărie :

$$D_p = 170 (1 - 0,002 C); \quad (6.3)$$

— pentru mortare de tencuială :

$$D_p = 160 (1 - 0,001 C). \quad (6.4)$$

În care  $D_p$  este dozajul de pastă de var cu consistența 12 cm sau pastă de argilă cu consistența 13 ... 15 cm ; dozajul se exprimă în l/m<sup>3</sup> nisip.

În tabelele 6.3 și 6.4 sînt date cele mai uzuale dozaje ale mortarelor, care reprezintă valori orientative utile.

În afară de dozajele date în tabelele 6.3 și 6.4 limitele pot să fie mult mai largi ; pentru mortarele de var, raportul var : nisip este cuprins între 1 : 3 și 1 : 5.

Tabelul 6.3

Dozaje pentru mortare pe bază de ipsos

| Marca mortarului | Tipul mortarului | Dozaje ; |  | Condiții de folosire |
|------------------|------------------|----------|--|----------------------|
|                  |                  | Ipsos    | Părți (volum) kg/m <sup>3</sup> mortar |                      |
|                  |                  |          | Var-pastă                              | Nisip                |
| 10               | Ipsos-var        | 1        | 0,5                                    | 3                    |
|                  |                  | 300      | 220                                    | 1 350                |
| 25               | Ipsos            | 1        | —                                      | 2                    |
|                  |                  | 490      | —                                      | 1 400                |
| 50               | Ipsos            | 1        | —                                      | 1                    |
|                  |                  | 760      | —                                      | 1 090                |

### 6.2.2. Prepararea mortarelor

Mortarele se prepară mecanic, iar în cazurile unor producții izolate sau lucrări de mică importanță, manual. Prepararea mecanică se realizează în malaxoare și în ultimul timp, în betoniere cu amestecare forțată. Durata de amestecare este în funcție de agregatul folosit : la mortarele obișnuite 1,5 ... 2 min ; la mortarele cu agregate ușoare și suprafața rugoasă 2,5 ... 3 min.

Prepararea manuală se face diferit în funcție de natura liantului folosit. Mortarele de var se amestecă într-o ladă în care se pune înfi varul și apa apoi se adaugă treptat nisipul, omogenizîndu-se pînă ce mortarul prezintă o culoare uniformă. Mortarele de ciment se prepară pe o platformă din

Tablul 6.4

Dozaje pentru mortare de zidărie și tencuile

| Marca mortarului | Tipul mortarului    | Dozaje pentru zidărie                  |           |         |       | Dozaje pentru tencuile                 |           |       |       | Condiții de folosire   |
|------------------|---------------------|--|-----------|---------|-------|--|-----------|-------|-------|------------------------|
|                  |                     | Părți (volum) kg/m <sup>3</sup> mortar |           | Nisip   | Ipsos | Părți (volum) kg/m <sup>3</sup> mortar |           | Nisip | Ipsos |                        |
|                  |                     | Ciment marca 300                       | Var pastă |         |       | Ciment marca 300                       | Var pastă |       |       |                        |
| 4                | Var                 | —                                      | 1/390     | 3/1340  | —     | 1/450                                  | 3/1340    | —     | —     | La umidități sub 60%   |
| 4                | Var-ipsos           | —                                      | —         | —       | —     | 1                                      | 3         | —     | 0,2   |                        |
| 10               | Var-ciment          | 1/123                                  | 1/130     | 10/1340 | 1/153 | 2/325                                  | 8/1340    | —     | —     | La umidități peste 60% |
| 10               | Var-ciment          | —                                      | —         | —       | 1/175 | 1,5/280                                | 7/1340    | —     | —     |                        |
| 25               | Ciment-var (argilă) | 1/175                                  | 0,7/130   | 7/1340  | 1/190 | 1/200                                  | 6,5/1340  | —     | —     |                        |
| 50               | Ciment-var (argilă) | 1/245                                  | 0,4/105   | 5/1340  | 1/306 | 0,3/100                                | 4/1340    | —     | —     |                        |
| 100              | Ciment-var          | 1/306                                  | 0,2/65    | 4/1340  | 1/408 | 0,2/65                                 | 3/1340    | —     | —     |                        |
| 100              | Ciment              | 1/360                                  | —         | 4/1340  | 1/—   | —                                      | 3/—       | —     | —     |                        |

beton sau scinduri, prin amestecarea pînă la omogenizare a nisipului cu cimentul, după care se introduce apa necesară. Mortarele de var-ipsos și ipsos-var se obțin prin prepararea prealabilă a mortarului de var, după care se adaugă ipsosul necesar, sub forma unei paste fluide, înainte de punerea în operă.

Transportul mortarului la locurile de utilizare se face manual, pentru distanțe mici în incinta șantierului și cu autobasculante sau prin pompare pentru distanțe mari. Este recomandabil ca înalțea punerii în operă mortarele să se reamestece pentru omogenizare. În funcție de natura liantului folosit, limita maximă de timp pentru punerea în operă, din momentul preparării este :

- 15 minute pentru mortare de ipsos-var, fără întirziator de priză ;
- 1 oră pentru mortare de ciment și cele de ipsos-var cu întirziatori de priză ;
- 12 ore pentru mortarele de var.

6.2.3. Caracteristicile mortarelor proaspete

Consistența se determină cu conul etalon, folosit și la varul gras, care se ține în poziție verticală și se lasă să pătrundă de la suprafața mortarului, sub propria greutate. Adîncimea de pătrundere, reprezentînd consistența, se citește pe generatoarea conului, în centimetri. În tabelul 6.5 sînt date consistențele mortarelor în funcție de felul lucrărilor.

Tendența de segregare reprezintă caracteristica mortarelor de a-și modifica consistența sub influența unor șocuri sau a unui repaus mai îndelungat. Tendența de segregare se stabilește prin determinarea consistențelor din treimea superioară  $C_s$  și inferioară  $C_i$  a unui mortar care se introduce într-un vas cilindric ( $h=30$  cm ;  $\varnothing=12,3$  cm) și este supus la vibrații sau la repaus de 30 min. Tendența de segregare  $S$  este dată de relația :

$$S = \frac{\pi}{48} (C_s^3 - C_i^3) \quad [\text{cm}^3] \quad (6.5)$$

Tendența de segregare trebuie să fie de maximum 50 cm<sup>3</sup> pentru mortarele de zidărie și maximum 40 cm<sup>3</sup> pentru cele de tencuială.

Capacitatea de reținere a apei la mortarele proaspete se determină prin vacuumare și prin intermediul unui strat absorbant.

Prin vacuumare se stabilește consistența inițială a mortarului  $C_{i0}$  și consistența finală  $C_f$  după vacuumare, care se realizează cu ajutorul unei instalații în care se creează o subpresiune de 50 mm col. Hg. Indicele de reținere a apei prin vacuumare este :

$$R_a^p = \frac{C_f}{C_{i0}} \cdot 100 \quad (6.6)$$

În metoda cu strat absorbant, mortarul se introduce într-un inel care are la partea inferioară o hirtie de filtru ; se așază apoi inelul deasupra

Consistența mortarelor în funcție de felul lucrărilor

| Tipul mortarului     | Felul lucrării  | Consistența cm |
|----------------------|---|----------------|
| Mortare de zidărie   | Pentru zidărie de cărămidă pline și blocuri de beton ușor   | 8...13         |
|                      | Pentru zidărie de cărămidă cu găuri sau blocuri ceramice  | 7...8          |
|                      | Pentru zidărie din platră sau blocuri de beton compact  | 4...7          |
|                      | Pentru zidărie din beton celular autoclavizat (BCA)   | 11...12        |
|                      | Aplicate pe zidărie din blocuri mici și plăci de beton celular autoclavizat:<br>- pentru stratul de sprîț | 12...13        |
| Mortare de tencuială | - pentru grund  | 9...11         |
|                      | - pentru stratul vizibil (tînci)  | 13...14        |
|                      | Aplicate pe zidărie din alte materiale:<br>- pentru stratul de sprîț                                      | 11...13        |
|                      | - pentru grund  | 8...9          |
|                      | - pentru stratul vizibil (tînci)  | 12...14        |
|                      | Pentru tencuiele executate prin procedee mecanice   | 10...12        |

unui material absorbant, lăsîndu-se o oră pentru ca apa din mortar să fie absorbită. Indicele de reținere a apei este :

$$R_a^a = \frac{m - \Delta m}{m} \cdot 100 \quad (6.7)$$

în care :  $m$  este masa mortarului, iar  $\Delta m$  — diferența dintre masa inclusă în mortar, înainte și după absorbția apei.

Capacitatea de reținere a apei este de minimum 70% la vacuumare și minimum 90% la strat absorbant.

### 6.2.4. Caracteristicile mortarelor întărite

Determinările care se fac asupra mortarelor întărite au în vedere stabilirea următoarelor caracteristici : densitatea aparentă, rezistența la întindere prin încovoiere, rezistența la compresiune, rezistența la îngheț-dezghet și adeziunea mortarelor la suport.

Rezistențele la încovoiere și compresiune se stabilesc pe epruvete prismatice de  $4 \times 4 \times 16$  cm, la compresiune utilizîndu-se și epruvete cilindrice cu  $d = 8$  cm și  $h = 2$  cm.

Rezistența la îngheț-dezghet se apreciază după 15 cicluri, pierderea de masă trebuind să fie de maximum 5% iar scăderea de rezistență de maximum 25%.

Adeziunea la stratul suport se face pe cilindrul de mortar cu dimensiunile :  $d = 8$  cm și  $h = 2$  cm. Se determină forța  $F$  de smulgere a epruvetei de stratul suport, adeziunea la suport  $R_a$ , stabilindu-se cu relația :

$$R_a = \frac{F}{A} \quad (6.8)$$

în care :  $A$  este aria suprafeței de contact mortar-suport, în  $cm^2$ . În tabelul 6.6 sînt date valorile minime ale aderenței la diferite suporturi pentru mortar.

La mortare se mai determină contracția și deformațiile sub încărcări, după metode asemănătoare cu cele folosite la beton.

Tabelul 6.6

Aderența mortarelor la diferite straturi suport

| Marca mortarului | Valoarea minimă a aderenței la 28 zile, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) |                       |
|------------------|--|-----------------------|
|                  | Natura suportului  |                       |
|                  | Ceramic  | Beton greu sau platră |
| M 10             | 2 (0,2)  | —                     |
| M 25             | 3 (0,3)  | —                     |
| M 50             | 4 (0,4)  | 1 (0,1)               |
| M 100            | 4,5 (0,45)   | 1,5 (0,15)            |
|                  |  | Beton ușor            |
|                  |  | 0,8 (0,08)            |
|                  |  | 1,2 (0,12)            |
|                  |  | —                     |

### 6.3. TIPURI DE MORTARE

#### 6.3.1. Mortare de zidărie

Pentru zidării se folosesc, în mod curent, mortarele de var ; datorită caracterului nehidraulic al varului, zidările trebuie să se găsească în mediu uscat. În cazul folosirii unor materiale compacte de zidărie și al funcționării în medii umede (fundații, socluri), se utilizează mortare cu lianți

amestecul (var și ciment sau adaosuri hidraulice). Nisipul folosit la zidăriile de cărămidă este de dimensiuni 0/7,1 mm, în care fracțiunea mai mare de 3 mm nu trebuie să depășească 20%.

Sub acțiunea încărcărilor verticale  $p$ , un element de zidărie se comportă conform celor arătate în continuare (fig. 6.1). Capacitatea de deformare sub încărcări a mortarului din rosturi este cu mult mai mare decât a cărămidii, astfel că acesta se deformează și are tendința să refuleze din rosturile zidăriei, în direcția săgeților laterale. Datorită aderenței dintre mortar și cărămidă, acestea vor fi solicitate la întindere de forțele  $F$ . Cărămida, la fel cu alte materiale de tipul pietrelor, are o rezistență cu mult mai mică la întindere decât la compresiune ( $R_t = 1/5 \dots 1/10 R_c$ ) și la o anumită valoare a încărcării  $p$ , începe să fisureze după direcția  $v-v$ ; în această secțiune cărămidzile lungi au cea mai mare valoare a efortului de întindere dat de refularea mortarului.

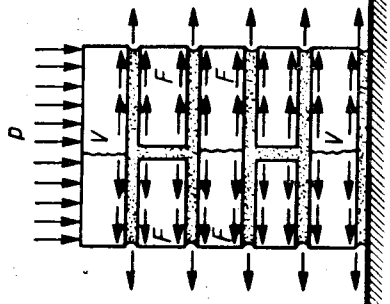


Fig. 6.1. Comportarea zidărilor sub acțiunea încărcărilor.

Acest început al degradării, fisurarea după direcția  $v-v$ , începe pentru mortarul de var gras la 30% din încărcarea de rupere a stîlpului. Limita de fisurare (încărcarea la care apar fisurile) poate fi apropiată de cea de rupere prin mărirea rezistenței mortarului. Astfel, se poate ca fisurarea să apară la 75% din încărcarea de rupere a elementului de zidărie, când se folosește un mortar de rezistență 70 daN/cm<sup>2</sup>; prin îmbunătățirea mărcii mortarului peste această valoare limita de fisurare nu mai crește în mod sensibil.

### 6.3.2. Mortare pentru tencuieli

Mortarele pentru tencuiele se confecționează în concordanță cu condițiile specifice de exploatare a tencuielilor. Tencuielile obișnuite sînt alcătuite în general, din mai multe straturi care sînt:

- sprițul, necesar pentru îmbunătățirea aderenței dintre stratul de bază (suport) și straturile următoare ale tencuiei (2...3 mm grosime). Se execută dintr-un mortar fluid;
- grundul, strat intermediar cu grosimi de 8...15 mm, executat din mortar vîrtos-plastic cu nisip 0/3,15 mm;
- tinciul sau stratul vizibil, de maximum 5 mm grosime, executat dintr-un mortar vîrtos cu nisip fin 0/1 mm, care asigură o bună planeitate tencuielilor;
- șmirul, primul strat la tencuielile pe rabiț (rabițul este o plasă din împletitură de sîrmă subțire), alcătuit din mortar de ipsos, care prin mărirea de volum din timpul prizei se ancorează bine în ochiurile plasei de rabiț.

Mortarele pentru tencuielile exterioare, supuse la acțiunea intemperior (umiditate, vînt etc.) trebuie să aibă o bună rezistență și ca atare se exe-

cută folosind un liant cum este ciment-varul. Mortarele pentru tencuielile interioare trebuie să aibă o aderență bună la suport, tendință de fisurare redusă, lucrabilitate bună; se folosesc mortare pe bază de var, var-ciment sau var-ipsos.

În funcție de elementul de construcție care se tencuiește și de condițiile de funcționare, există mai multe tipuri de tencuiele:

*Tencuiala brută*, folosită ca tencuială exterioară pe elemente cum sînt calculele caselor, podurile sau construcțiile agrozootehnice, se execută dintr-un singur strat de circa 2 cm grosime, mortarul confecționindu-se cu nisip 0/7,1 mm.

*Tencuiala sclivisită și gletuită* se aplică pe elemente de zidărie și se execută din două straturi: grundul și tinciul. Această tencuială asigură o bună compactitate și impermeabilitate și dă suprafețe netede. La tencuiele sclivisite stratul vizibil este netezit cu „drișcă” de oțel.

Stratul vizibil de la tencuielele gletuite se execută cu un strat subțire de pastă de ipsos sau de var și se netezesc cu drișca de glet. Gletul se aplică pe acele tencuiele care urmează să fie tratate mai deosebit sau care urmează să fie vopsite în ulei. În mod obișnuit, în pasta de ipsos se adaugă clei, pentru a avea o rezistență mai bună.

*Tencuiala pe beton* se aplică în trei straturi: sprițul, grundul și tinciul. În ultimul timp se renunță tot mai mult la executarea tencuielilor pe beton, acesta rămînd aparent. Pentru executarea betoanelor aparente este necesar ca lucrările de cofrare și betonare să se facă foarte îngrijit.

*Tencuiala pe rabiț* se aplică atunci cînd se dorește obținerea unor suprafețe plane, cum sînt tavanele la planșeele cu nervuri din beton armat (fig. 6.2) sau în cazurile cînd se tencuiesc suprafețe alcătuite din materiale

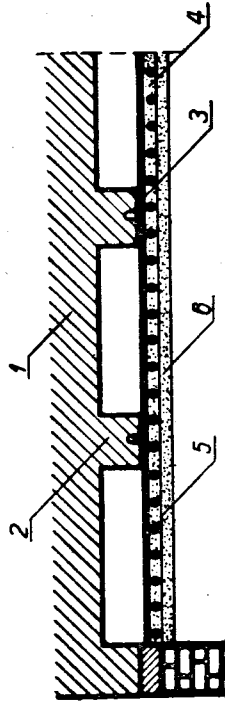


Fig. 6.2. Tencuială pe rabiț la tavane:  
1 — placă de beton; 2 — nervură; 3 — mustați; 4 — bare de oțel Ø 6/2 m;  
5 — plasă de rabiț; 6 — tencuială.

diferite (de exemplu stîlpi de lemn și zidărie de cărămidă). În această situație, plasa de rabiț se fixează pe materialul cu cea mai mică variație de volum și se execută tencuiala, care nu va fi astfel supusă la variațiile de volum ale materialelor ce alcătuiesc elementul de construcție. În cazul planșelor de beton armat (v. fig. 6.2) plasa de rabiț se fixează pe nervurile planșeului și de placă prin intermediul unor bare de oțel Ø 6 mm, situate la 2 m una de alta și care sînt prinse de nervuri și placă prin intermediul unor mustiți (bucăți de sîrme de oțel) ce au fost betonate. Tencuiala pe rabiț se execută în trei straturi: șmirul, grundul și tinciul.

**Tencuiala impermeabilă** se folosește la protecția suprafeței elementelor de construcții care vin în contact permanent sau foarte îndelungat cu umiditatea mediului ambiant, cum ar fi : zidurile subsolurilor, socluri, pereții canalelor sau tuburilor de scurgere, interioarele rezervoarelor sau bazine-lor de apă etc.

Mortarele pentru tencuiali impermeabile folosesc ca liant cimentul Portland, cimentul cu zgură, cu cenușă, cu tras (v. tabelul 5.27) ; se folosesc mortare grase cu dozajul 1 : (2—3). Nisipul folosit trebuie să aibă o compoziție granulometrică foarte bună și să fie curat. Mărirea impermeabilității se poate realiza prin folosirea unor adaosuri tensioactive, hidrofo-bizante (săpunuri de calciu sau aluminiu).

La noi în țară, se folosesc, în ultimul timp, mortarele cu adaos de „Apastop P“, care este un adaos impermeabilizator pentru mortare de ciment și se prezintă sub formă de pulbere de culoare alb-gălbui sau gri (fabrica Victoria București). Materialele utilizate la confecționarea mortar-elor cu adaos de „Apastop P“ sînt : ciment (PZ 400, PT 400, PC 400, SM, SMA, F 350) ; nisip silicios spălat cu granulozitate bună ; apă (interzisă apa de mare și minerală) și „Apastop P“.

Mortarele confecționate cu „Apastop P“ au următoarele compoziții orientative :

|   |               |
|---|---------------|
| — ciment/nisip (în volume)                  | 1 : 2,5       |
| — „Apastop P“ (în % față de masa nisipului) | 3             |
| — sortul de nisip utilizat (în mm)          | 0 ... 5       |
| — raportul A/C                              | 0,36 ... 0,42 |
| — consistența (în cm)                       | 8 ... 10      |

Mortarele preparate cu „Apastop P“ se vor confecționa în apropierea locului de aplicare și în cantități astfel stabilite încît punerea în lucrare să se facă într-un interval de maximum 45 min de la preparare.

**Tencuielile decorative** se execută cu var gras stins în praf, cimenturi albe sau colorate și cu agregate din roci colorate (deșeuri de marmură, ce-ramică etc.). Se impune stabilitatea culorilor în mediul alcalin generat de procesul de hidratare a liantului.

Tencuielile decorative cele mai obișnuite sînt :

- cu praf de piatră, obținute prin aplicarea peste grund a unui strat drișcuit sau stropit din mortar de var gras cu praf de piatră și cu adaos de pigmenți și ciment ;
- tencuiali din piatră artificială (similpiatră) executate pe un grund din mortar de ciment. Stratul vizibil, din mortar de ciment cu piatră mă-cinată (griș de piatră) și eventual pigmenți, se aplică peste grundul stropit în prealabil cu apă, înainte de întărirea completă a acestuia ;
- tencuielile cu terasit se execută pe un grund din mortar de var cu adaos de ciment, pe suprafața căruia se fac striuri crestate cu mistria în două direcții. Amestecul pentru stratul vizibil se aduce pe șantier gata preparat, în stare uscată, în saci.

La alcătuirea diferitelor straturi de tencuiali, mortarele de ciment nu trebuie să vină în contact direct cu mortarele de ipsos, mai ales cînd tencuielile vin în contact cu umezeala ; ipsosul fiind solubil în apă formează o soluție care duce la degradarea pietrei de ciment prin expansiune.

### 6.3.3. Defecte în tencuiali

În tencuiali pot să apară defecte datorită folosirii necorespunzătoare a materialelor componente sau datorită punerii greșite în operă.

Cele mai frecvente defecte, datorită folosirii necorespunzătoare a materialelor, sînt : impușcături și eflorescențele.

Impușcăturile sînt produse de granulele de var nestinse (var lăsat prea puțin timp în groapa de var) și se manifestă prin apariția unor crăpături inițiale după care se produce desprinderea bucăților de tencuială în jurul granulelor de var care se sting în operă, prin expansiune.

Petele și eflorescențele se produc dacă nisipul folosit conține multă argilă, pirită sau săruri solubile.

Defecte datorate unei puneri greșite în operă se produc atunci cînd se tencuiesc zidăriile înainte ca mortarul din rosturi să se fi uscat ; în dreptul rosturilor apar pete, deoarece umiditatea migrează prin tencuială și se depun pulberi din atmosferă. Rezultă că elementele de construcții nu se tencuiesc decît după ce mortarul din rosturi s-a uscat. În plus, tencuielile pe bază de ciment fisurează datorită contracțiilor, fiind necesar a se men-ține umede în primele șapte zile de la confecționare. Tencuielile trebuie să fie ferite de scurgerile de ape din precipitații și de cele care pătrund prin capilaritate din terenul de fundații ; aceste ape pătează tencuielile făcîndu-le inestetice.

## BETOANE CU LIANȚI ANORGANICI

### 7.1. DEFINIȚIE ȘI CLASIFICARI

Betoanele sînt produse artificiale cu aspect de conglomerat care se obțin în urma întăririi unor amestecuri bine omogenizate de liant, apă și agregate (nisip cu pietriș sau piatră spartă).

Amestecul de liant și apă formează o pastă care, în urma unor procese fizico-chimice, se întărește transformîndu-se într-o substanță solidă (denumită piatră de ciment) care leagă între ele granulele de agregat, dînd astfel caracterul monolit al betonului.

Agregatele, care în majoritatea cazurilor nu intră în combinație cu liantul și apa, alcătuiesc scheletul rigid al betonului, imprimîndu-i o serie de caracteristici fizico-mecanice și chimice îmbunătățite față de piatra de ciment.

În afara materialelor de bază, betonul mai poate să conțină și anumite adaosuri inerte sau active care-i îmbunătățesc proprietățile.

În industria construcțiilor, betonul, și în special cel armat și precom-primat, reprezintă principalul material de construcții, folosit la structuri.



Clasificarea betoanelor

| Clasificare                     | Categoria betonului | Caracteristici   |
|---------------------------------|---------------------|--|
| După consistență                | Foarte vârtos       | Tasarea, cm<br>0...0,5   |
|                                 | Vârtos              | 0,6...2,0  |
|                                 | Slab plastic        | 2,1...5,0  |
|                                 | Plastic             | 5,1...8,0  |
|                                 | Fluid               | 8,1...11,0   |
|                                 | Foarte fluid        | > 11,0   |
| După densitatea aparentă        | Foarte greu         | Densitatea aparentă, kg/m <sup>3</sup><br>> 2 500                                  |
|                                 | Greu                | 2 201...2 500  |
|                                 | Semigreu            | 1 701...2 200  |
|                                 | Ușor                | 1 000...1 700  |
|                                 | Foarte ușor         | < 1 000  |
|                                 |                     | Presiunea maximă a apelor, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> )                |
| După gradul de impermeabilitate | P. 2                | 2 (0,2)  |
|                                 | P. 4                | 4 (0,4)  |
|                                 | P. 6                | 6 (0,6)  |
|                                 | P. 8                | 8 (0,8)  |
|                                 | P. 12               | 12 (1,2)   |
| După gradul de gelivitate       |                     | Numărul de cicluri îngheț-dezghet  |
|                                 | G 50                | 50   |
|                                 | G 100               | 100  |
| După marcă                      | G 150               | 150  |
|                                 |                     | B 25 ; B 50 ; B 75 ; B 100 ; B 150 ; B 200 ; B 250 ; B 300 ; B 400 ; B 500 ; B 600 |

datorită avantajelor pe care le are : durabilitate ; folosirea materialelor locale ; executarea elementelor de construcții sub orice formă ; rezistența la foc ; caracterul monolit și masivitatea construcțiilor ; costul redus ș.a. Acest lucru face ca betoanele să fie materiale foarte variate în ceea ce privește proprietățile lor tehnice, modul de fabricare și punere în lucru, tipul construcției la care sunt folosite etc.

*In funcție de caracteristicile fizice și mecanice, betoanele se clasifică în tabelul 7.1, conform STAS 3622-70.*

|  |                   |  |
|--|-------------------|--|
| In funcție de condițiile de preparare a betonului  | — manual          | — pe șantier<br>— în centrale de betoane<br>— în fabrici și ateliere de prefabricate   |
|  | — mecanic         | — obișnuită<br>— pompare<br>— injectare<br>— turnare sub apă   |
| In funcție de modul de punere în operă a betonului | — După turnare    | — necompactate<br>— îndesare manuală<br>— îndesare cu mături mecanice<br>— vibrare<br>— vacuumare<br>— centrifugare<br>— presare<br>— torcretare<br>— vibropresare<br>— vibrovacuumare |
|  | — După compactare | — normală<br>— aburire<br>— autoclavizare  |

*In funcție de modul de armare se clasifică în : beton armat cu armătură flexibilă ; beton cu armătură rigidă (profile laminate) ; beton precomprimat.*

7.2. BETONUL GREU OBIȘNUIȚ

Prim beton greu obișnuit se înțelege betonul cu o densitate aparentă cuprinsă între 2 201 și 2 500 kg/m<sup>3</sup> și la a cărui confecționare se folosește : un liant hidraulic unitar (cimentul portland) sau cu adaosuri active, apă, agregate naturale grele și, în anumite situații, adaosuri (aditiv).

Betonul obișnuit are în prezent cea mai largă utilizare pentru realizarea elementelor și structurilor din beton simplu, beton armat și beton precom-  
mat, ceea ce a făcut ca acest material să fie foarte mult studiat de specialiști. Tocmai de aceea în paragraful de față cit și în următoarele trei se vor prezenta principalele aspecte privind betonul, ca material de construcții, în general și betonul greu obișnuit, în special.

### 7.2.1. Liantul

La confecționarea betonului greu obișnuit se utilizează cimentul Portland cu sau fără adaos de zgură, tras ori cenușă.

Proprietățile cimentului care, așa cum s-a arătat, sînt în funcție de proporțiile constituenților mineralogici, se transmit, mai mult sau mai puțin înuate, asupra proprietăților betonului. Alegerea tipului de ciment este funcție de specificul lucrării unde se folosește.

Cimentul influențează proprietățile betonului nu numai prin calitate, ci prin cantitate (dozaj).

### 7.2.2. Apa de amestecare

Apa de amestecare în beton are următoarele roluri : reacționează cu cimentul pentru a forma piatra de ciment și umezește suprafața agregatelor pentru a da consistența necesară punerii în operă a betonului.

S-a constatat că pentru formarea pietrei de ciment este necesară o cantitate de 25...30% apă din masa cimentului, iar pentru betoanele de consistență foarte vîrtoasă este necesară o cantitate minimă de 35% apă. Rezultă că întotdeauna cantitatea de apă de amestecare este mai mare decît cea strict necesară reacțiilor de hidratare ale cimentului. Acest exces de apă se evaporă după întărirea liantului, piatra de ciment formată conținînd o serie de pori care influențează în mod direct caracteristicile betonului întărit.

Volumul porilor formați depinde nu de cantitatea totală de apă care se adaugă la prepararea betonului, ci de raportul dintre cantitatea de apă A și cantitatea de ciment C, dintr-un beton. Datorită acestui fapt la analiza influenței pe care o are apa de amestecare asupra caracteristicilor betonului se ia în considerare raportul apă-ciment (A/C). Pentru betonul greu obișnuit acest raport variază în limite foarte largi (0,35...1,2).

Între raportul A/C și dozajul de ciment există o corelație strînsă, pentru un beton de consistență constantă : la creșterea dozajului de ciment scade raportul A/C (fig. 7.1).

Apa folosită la prepararea betoanelor trebuie să îndeplinească anumite condiții de calitate, în caz contrar se compromite durabilitatea acestora.

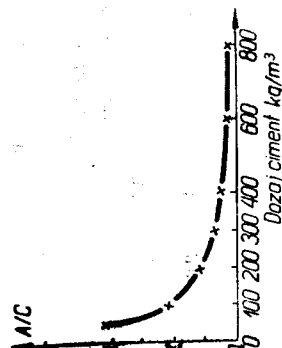


Fig. 7.1. Corelația dintre raportul A/C și dozajul de ciment.

La prepararea mortarelor și betoanelor, precum și la stropirea betoanelor, fiind scema de posibilitățile tehnice și economice de aprovizionare, se va folosi în ordinea preferinței : apă potabilă provenită din conducte de alimentare și din puțuri sau izvoare ; apă nepotabilă provenită din rîuri, lacuri, puțuri, izvoare etc. ; apa de mare ; apa minerală.

Apa de mare și apa minerală nu se va folosi la : lucrări de finisare (tencuiri etc.), stropirea directă a betoanelor, prepararea betoanelor cu ciment aluminos.

Apă nepotabilă trebuie să îndeplinească următoarele condiții : să fie limpede și fără miros ; să aibă reacție neutră, slab alcalină (maximum  $pH=10$ ) sau slab acidă (minimum  $pH=4$ ) ; să nu primească în apropierea locului de aprovizionare deșeuri sau scurgeri provenite de la fabrici de celuloză, zahăr, glucoză, acid sulfuric, vopsele, cocerii etc. Dacă aceste condiții nu sînt îndeplinite, dar nu există alte surse, apa nepotabilă se poate folosi cu condiția ca impuritățile pe care le conține să nu depășească anumite limite. Pentru ca apele nepotabile să poată fi folosite sînt necesare încercări preliminare.

### 7.2.3. Agregatele

Agregatele reprezintă materialul de masă (circa 75% în volum) folosit la prepararea betonului, avînd o influență hotărîtoare asupra proprietăților acestuia. Pentru betonul greu obișnuit se folosesc amestecuri de nisip, pietriș sau piatră spartă și, în anumite cazuri bolovani sau piatră spartă mare. Alegerea dimensiunii maxime a granulei de agregate ( $d_{max}$ ) se face în funcție de unele caracteristici ale elementului de beton, după cum urmează :

- $d_{max} \leq 1/4$  din dimensiunea minimă a elementului de beton ;
- $d_{max} \leq$  decît distanța minimă între barele de armătură, mai puțin 5 mm ;
- $d_{max} \leq 1/2$  din grosimea stratului de acoperire a armăturii, în cazul betonului supus la coroziune.

Rocile din care provin agregatele trebuie să fie inerte față de ciment, să nu fie alterabile, să fie rezistente la îngheț-dezghet, rezistente la încălzirea etc.

7.2.3.1. Conținutul de impurități. Pentru folosirea materialelor granulare, mai ales la confecționarea mortarelor și betoanelor, acestea nu trebuie să conțină impurități peste anumite limite impuse. Impuritățile din agregate, care se determină, sînt următoarele :

- conținutul în corpuri străine ca : argila în bucăți, granulele de sulfat, păcură, uleiuri etc. ;
- conținutul în mică liberă în nisip să nu fie mai mare de 1%, iar pentru betoane la construcții hidrotehnice din zonele fără acțiunea înghețului-dezghetului repetat, se admite maximum 3% ;
- conținutul în cărbune să nu depășească 0,5% ;

- conținutul în humus (acizi humici), care provine din descompunerea resturilor vegetale cu care a fost amestecat agregatul;
- conținutul în părți levigabile (substanțe argiloase de diametru mic — argilă, ml, praf), ce nu trebuie să depășească 3% din nisip și 1% din pietriș;
- conținutul în sulfai să nu depășească 1%;
- conținutul în săruri solubile.

Prezența acestor impurități peste limitele admisibile creează o serie de dezavantaje mortarelor și betoanelor. Astfel, mica liberă micșorează rezistențele mecanice, cărbunele conține sulf care conduce la distrugerea betonului prin expansiune, humusul împiedică desfășurarea normală a proceselor de întărire la ciment și micșorează aderența pietrei de ciment cu agregatul, părțile levigabile dau puncte slabe în beton și micșorează aderența pietrei de ciment cu agregatul, sulfaii distrug betonul prin expansiune.

7.2.3.2. **Determinarea caracteristicilor fizice.** Densitatea, porozitatea, volumul de goluri și absorbția de apă se determină așa cum s-a arătat în capitolul 3.

Determinarea umidității se face pe 1 kg de material pentru nisip și pe minimum 5 kg pentru pietriș. Umiditatea nisipului influențează volumul și densitatea în grămadă în stare afinată (fig. 7.2). La creșterea umidității are loc o mărire de volum, provocată de formarea unor pelicule de apă în jurul granulelor de nisip, care ating valoarea maximă la umidități între 4 și 6%. Dacă umiditatea crește în continuare se produce o reazezare a nisipului în apă, ceea ce duce la micșorarea volumului V, care nu va atinge însă valoarea din stare uscată V<sub>0</sub>. Umiditatea va crea deci o înfoiere a nisipului, care se deduce din relația:

$$\rho_{ga}^0 \text{ inf.} = \frac{V - V_0}{V_0} 100 = \left[ \frac{\rho_{ga}^0 \left( 1 + \frac{\% u}{100} \right)}{\rho_{ga}^u} - 1 \right] 100 \quad (7.1)$$

în care:

$\rho_{ga}^0$  — este densitatea în grămadă în stare afinată și uscată;

$\rho_{ga}^u$  — densitatea în grămadă în stare afinată, la umiditatea u;

% u — umiditatea absolută a nisipului în %.

Variația densității în grămadă a nisipului, în funcție de umiditate, influențează cantitățile (dozajele) materialelor componente pentru prepararea mortarelor și betoanelor.

7.2.3.3. **Determinarea caracteristicilor geometrice.** Prin caracteristici geometrice se înțelege forma granulelor, coeficientul volumetric mediu și granulozitatea agregatelor.

Forma granulelor se determină la agregatele cu  $D_{min} > 7 \text{ mm}$  și constă în determinarea valorilor medii ale rapoartelor  $b/a$  și  $c/a$  (fig. 7.3).

Coeficientul volumetric mediu  $C_v$  reprezintă raportul dintre volumul real al granulelor  $V_a$  și volumul sferelor circumscrise având diametrul egal cu dimensiunea maximă a granulelor a:

$$C_v = \frac{\sum_{i=1}^n V_{a_i}}{\pi \frac{1}{6} \sum_{i=1}^n a_i^3} \quad (7.2)$$

La calculul coeficientului volumetric mediu s-au considerat n granule; granula i are volumul  $V_{a_i}$  și dimensiunea maximă  $a_i$ .

Granulozitatea agregatelor indică raporturile procentuale (în masă) ale diferitelor sorturi granulometrice din compoziția unui agregat. Granulozitatea unui agregat se stabilește prin cernerea agregatului pe site și ciururi, astfel: sitele și ciururile se așază în poziție orizontală pe o cutie de bază, în ordinea crescândă (de jos în sus) a dimensiunilor ochiurilor, materialul punându-se pe ciurul cel mai de sus (cu ochiurile cele mai mari), după care se efectuează cernerea manual sau mecanic. Se determină, apoi, cantitatea procentuală de agregate care trece prin fiecare ciur sau sită prin adunarea resturilor de pe sitele sau ciururile mai mici decît ale sitei considerate, iar suma obținută se raportează la masa inițială a probei.

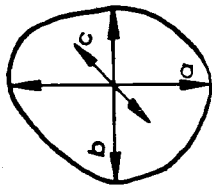


Fig. 7.3. Forma granulelor.

Granulozitatea agregatelor se reprezintă grafic printr-o curbă, într-un sistem de coordonate rectangular; pe axa absciselor se ia diametrul ochiurilor ciururilor utilizate, la scară obișnuită, la scară logaritmică sau combinată, iar pe axa ordonatelor se notează cantitatea procentuală de material care trece prin ciurul sau sita respectivă. Asemenea grafice sînt date în standarde (fig. 7.4), fiind trecute curbete limită care definesc domeniul bun sau utilizabil în care trebuie să se situeze curba agregatului analizat. Dacă agregatul cercetat are curba granulometrică dedesubtul curbelor limită, atunci partea grosieră se găsește în cantitate prea mare, iar dacă curba este deasupra curbelor limită, partea fină este în procent prea ridicat.

7.2.3.4. **Determinarea rezistențelor agregatelor.** La agregatele folosite la mortare și betoane se determină rezistența la strivire și la uzură.

Rezistența la strivire se poate determina prin încărcare statică sau prin încărcare dinamică, asupra materialului în stare saturată sau în stare uscată.

Rezistența la strivire sub acțiunea încărcării statice pe materialul în stare saturată se determină astfel: se cîntărește o cantitate m, corespunzătoare unui volum de 2,1 l de material granular (31,5/40 mm sau 40/71 mm) în

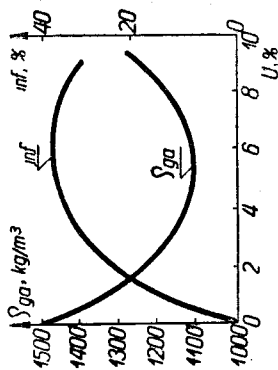


Fig. 7.2. Infoierea nisipului.



stare saturată și se introduce într-un cilindru (fig. 7.5). Se supune materialul la presiune într-o presă hidroalică (400 kN), un anumit timp (5 min), după care se cerne pe ciurul de 10 mm și se cîntărește fracțiunea rămasă pe ciur  $m_1$ .

Rezistența la strivire sub acțiunea încărcării statice a agregatelor în

$$R_{sa} = \frac{m_1}{m} \cdot 100. \quad (7.3)$$

Rezistența la strivire sub acțiunea încărcării statice a agregatelor în stare uscată se face pe sorturile 7,1—16 sau 16—31,5. Sortul respectiv de agregat se spală bine și se usucă la (105...110) °C pînă la masă constantă.

Se ia o cantitate de circa 1,8 l care se cîntărește și se introduce în cilindru de oțel (spre deosebire de instalația dată în fig. 7.5 în acest caz cilindru are fundul demontabil). Agregatul se toarnă de la înălțimea de 5 cm deasupra marginii cilindrului, pînă cînd nivelul ajunge la semnul ce marchează o înălțime de agregat rămasă după turnare, iar diferența dintre masa inițială și cantitatea rămasă reprezintă masa  $m_1$  a agregatelor supuse la încercare. Se așază deasupra agregatelor pistonul și se supune materialul la presiune într-o presă hidroalică, viteza de încărcare fiind de 100...150 daN/s pînă se ajunge la forța maximă de 200 kN. Imediat după atingerea acestei forțe se încetează încărcarea, iar materialul din cilindru se cerne prin ciurul de 3 mm și se cîntărește materialul ce a trecut prin ciur  $m_2$ .

Rezistența la strivire a agregatului în stare uscată este

$$R_{su} = \frac{m_2}{m_1} \cdot 100. \quad (7.3, a)$$

Rezistența la uzură se determină prin folosirea instalației din figura 7.6. Materialul granulelor, de masă  $m$  și dimensiuni de 30...60 mm se introduce în cei doi cilindri, care sînt supuși la un anumit număr de rotații. După efectuarea determinării, materialul se ciuruie pe ciurul cu diametrul de 2 mm, iar restul de pe ciur se cîntărește  $m_1$ . Rezistența la uzură  $R_{uz}$  se apreciază după pierderea procentuală în masă suferită de material și este dată de relația:

$$R_{uz} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100. \quad (7.4)$$

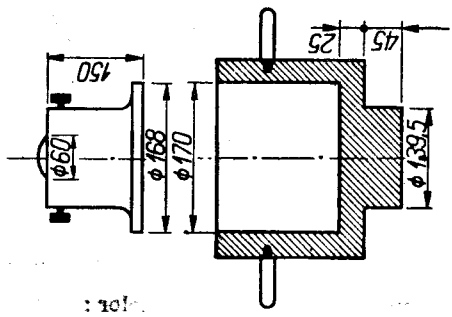


Fig. 7.5. Cilindru pentru determinarea rezistenței la strivire.

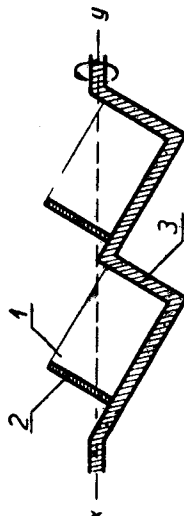


Fig. 7.6. Instalație pentru rezistența la uzură: 1 — cilindru de oțel; 2 — capace metalice; 3 — arbore cotit.

## 7.2.4. Aditivii pentru betoane

Aditivii sînt substanțe anorganice sau organice care se adaugă în cantități mici la prepararea betonului, avînd drept scop îmbunătățirea caracteristicilor tehnice ale acestuia. După natura lor și efectele pe care le au asupra betonului, aditivii sînt: electroliți; plastifianți și antiigel.

7.2.4.1. **Electroliți.** Aceste adaosuri se folosesc sub formă de soluții ale unor săruri, avînd rolul de a accelera procesele de întărire a betoanelor sau de a întârzia priza.

În practică interesează mult acceleratorii de întărire, folosindu-se, în mod curent, clorura de calciu ( $\text{CaCl}_2$ ). Efectul de accelerare a întăririi pietrei de ciment este însoțit și de o scădere a punctului de îngheț al apei în beton, fiind de aceea indicată pentru betonări pe timp friguros.

Folosirea clorurii de calciu la elementele de beton, beton armat și beton precomprimat este limitată datorită acțiunii corosive pe care acest electro-lit o are. Astfel, cantitatea de  $\text{CaCl}_2$  se limitează la 3%, din masa cimentului, pentru elemente de beton simplu, la 2% pentru elemente de beton armat și se interzice folosirea la elemente de beton precomprimat. Efectul clorurii de calciu depinde de natura cimentului, dozajul optim stabilindu-se experimental.

În țara noastră ca înfrizetori de priză se folosesc aditivii Retargol și Replast care au acțiune asupra fenomenelor de hidratare a cimentului astfel încît modifică timpul de priză și întărire inițială, creînd posibilitatea de a menține lucrabilitatea amestecurilor proaspete de beton un timp mai îndelungat (18 ore), fără a se întâmpina dificultăți la punerea acestora în lucrare sau a influența caracteristicile fizico-mecanice după întărire. Acești aditivi au acțiune favorabilă asupra lucrabilității datorită efectului secundar de plastifiant — antrenor de aer.

7.2.4.2. **Plastifianții.** După mecanismul de acțiune, plastifianții se împart în aditivi dispersanți, aditivi antrenori de aer și micști.

**Aditivii dispersanți (hidrofili)** sînt, în general, substanțe macromoleculare, formate din grupări cu polaritate diferită, deci cu caractere hidrofile variabile. În sistemul ciment-apă aceste macromolecole se adsorb pe suprafața granulelor de ciment, orientîndu-se cu gruparea cu polaritatea mai pronunțată spre apă, ceea ce conduce la o hidratare mai puternică a cimentului. Adsorbția acestor aditivi împiedică tendința de floclurare (aglomerare) a granulelor de ciment, care formează schelete poroase ce înglobează apă și aer în interiorul lor (fig. 7.7, a). Utilizarea plastifianților dispersanți duce la o dispersie a granulelor de ciment care permite eliminarea bulelor de aer și repartizarea omogenă a apei în structura betonului (fig. 7.7, b). Prezența aditivilor dispersanți mărește mobilitatea granulelor de ciment, permițînd reducerea raportului A/C și prin aceasta îmbunătățește o serie de caracteristici ale betonului.

Ca aditivi dispersanți se întrebuintează, de obicei, sărurile de calciu ale acizilor lignosulfonici, obținuți din deșeurile industriale de la fermentarea drojdiei furajere (Fabrica de hîrtie și celuloză Zărnești), notate prescurtat LSC.

Aditivii antrenori de aer (*hidrofobi*) sînt substanțe tensioactive care, introduse în cantități mici în apa de amestecare pentru beton, reduc tensiunea superficială a apei și favorizează formarea în timpul amestecării a unor bule microscopice de aer (pînă la 250  $\mu$ ) în masa betonului. Cantitatea de antrenori de aer trebuie judicios dozată pentru a se evita intoxicația

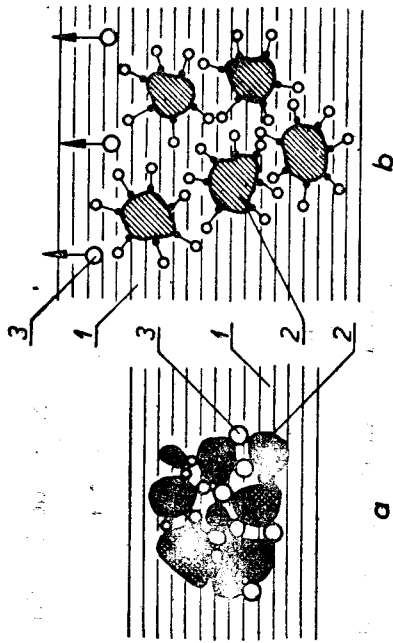


Fig. 7.7. Acțiunea aditivilor dispersanți :  
1 — apă; 2 — granule de ciment; 3 — bule de aer.

imentului, prin depunerea în jurul granulelor de ciment a unui volum mare de bule de aer care duce la frinarea hidratării și întăririi. Totalul de aer oclus în masa betonului nu trebuie să depășească 5% din volumul total.

Antrenorii de aer îmbunătățesc structura betonului prin distribuirea uniformă a bulelor de aer care acționează ca niște granule elastice de agregat și anulează parțial frecarea dintre granulele mai mari. În acest fel se poate micșora raportul A/C, astfel încît rezistențele nu vor fi afectate de porul de porozitate dat de aceste adaosuri. Prezența bulelor de aer micșorează efectul de capilaritate al betonului și îi îmbunătățește comportarea la îngheț-dezghet repetat. Acțiunea acestor aditivi nu este influențată de compoziția mineralogică a cimentului.

Ca aditivi antrenori de aer se folosesc săpunurile de colofoniu care au drept component activ abietatul de sodiu.

Aditivii micști sînt substanțele care au o acțiune dublă : de dispersanți și antrenori de aer. La noi se folosește plastifiantul mixt, denumit Disan, care se produce la Fabrica de celuloză și hîrtie Zărnești.

7.2.4.3. Aditivul antigel — antigero. Se folosește la executarea lucrărilor de betonare în perioada de timp friguros ; poate cobori punctul de îngelare a apei pînă la  $-10^{\circ}\text{C}$ , fără a împiedica reacțiile de hidroliză și hidratate ale cimentului. De asemenea, aditivul are un caracter de accelerant de întărire și un efect secundar de antrenor de aer. Aditivul conține ni de clor în proporție redusă (0,8%), fără să aibă efect de corodare a mătării.

## 7.2.5. Structura betonului

Betonul proaspăt și apoi cel întărit are o structură complexă care influențează în mod hotărîtor toate caracteristicile sale tehnice.

După amestecarea materialelor componente, punerea în operă și compactarea betonului proaspăt, urmează o perioadă de repaus, timp în care se produce o sedimentare a granulelor de ciment și a particulelor fine de agregat între granulele de dimensiuni mai mari ale agregatului (fig. 7.8, a), ceea ce conduce la o tasare a întregii mase de beton. O parte din cantitatea de apă se ridică deasupra granulelor sedimentate formînd un spațiu plin cu apă, care poate să conțină și aer, inclus în procesul de amestecare a betonului. Cum dimensiunile spațiilor dintre agregatele mari sînt suficient de mici, sedimentarea particulelor fine se poate produce înainte ca să înceapă priza cimentului, astfel încît apa de amestecare se găsește în stare liberă sau absorbită pe suprafața granulelor. Cu cît cantitatea de apă de amestecare este mai mare și cu atît apa liberă, necuprinsă în procesul de priză și întărire. Prin formarea și circulația în beton în timpul procesului de priză și întărire. Prin formarea pietrei de ciment se înglobează într-un tot unitar agregatele, formîndu-se conglomeratul denumit beton întărit (fig. 7.8, b).

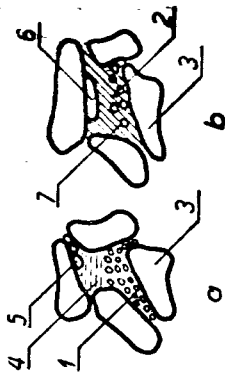


Fig. 7.8. Structura betonului :  
1 — ciment; 2 — piatră de ciment; 3 — nisip; 4 — apă; 5 — aer; 6 — por de sub agregat; 7 — porii în piatră de ciment.

Betonul întărit are o structură complexă formată din faza solidă, faza lichidă și faza gazoasă. Faza solidă este compusă din agregate și piatră de ciment, care la rîndul ei este formată din produși cristalini și gelici, cît și din nucleee de ciment nehidratate. Apa din betonul întărit se găsește ca apă de hidratare, apă absorbită în geluri și apă din porii capilari. Tot în porii capilari se mai găsește și faza gazoasă.

Gelurile și porii din betonul întărit, care influențează în mod defavorabil proprietățile acestuia, au următoarele dimensiuni și proveniență :

— porii capilari cu dimensiuni de 1...50  $\mu$  sînt pori deschiși și iau naștere prin evaporarea surplusului de apă de amestecare, care nu participă la procesul de hidratare și reprezintă circa 10...15% din volumul betonului ;

— porii de sub agregate, cu dimensiuni între 0,01 și 0,1 mm și un volum de pînă la 1% sînt închiși sau în legătură cu porii capilari. Aceștia rezultă ca urmare a evaporării apei de sub agregate, care cuprinde și eventuale geluri de aer (v. fig. 7.8) ;

— porii de aer naturali, cu dimensiuni de 0,1...5 mm sînt de obicei pori închiși sau în legătură cu porii capilari, reprezentînd 1...3% din volumul total al masei de beton. Ei rezultă din aerul inclus în beton în procesul de amestecare. După cum s-a văzut, acest volum de geluri poate fi sporit datorită aditivilor plastifianți, care dau pori sferici închiși de 50...250  $\mu$  în proporție de 3...5% din volumul betonului ;

— caverne cu dimensiuni între 1 și 50 cm, care sînt deschise, putînd comunica între ele și rezultă datorită unei compoziții necorespunzătoare



betonului sau a prelucrării defectuoase a betonului proaspăt. Volumul lor poate să atingă 5 % din volumul betonului ;

— microfisuri și fisuri în structura fazei hidratate, care dau naștere ca urmare a modificărilor de volum ale betonului în timpul prizii și întăririi, datorită variațiilor de temperatură și umiditate, modificări ce creează tensiuni interne.

Toate acestea conferă betonului întărit caracterul unui corp pseudosolid apărând fazele solidă, lichidă și gazoasă prin : substanța solidă ; porii umpluți cu aer și vaporii de apă ; porii umpluți parțial sau total cu apă. La un beton greu obișnuit cantitatea totală de porii (porozitatea totală) variază între 15 și 25 % și influențează în mod sensibil toate caracteristicile betonului. Pentru a obține un beton cu calitate cât mai bună trebuie ca volumul de porii să fie cât mai mic, ceea ce se realizează prin stabilirea unei compoziții corespunzătoare a betonului și prin alegerea celei mai eficiente metode de punere în operă.

### 7.3. NOȚIUNI DE TEHNOLOGIA BETONULUI

Etapile de bază ale lucrărilor propriu-zise de beton sînt următoarele : stabilirea compoziției betonului ; prepararea ; transportul ; punerea în operă (turnarea) și îngrijirea ulterioară a betonului.

#### 7.3.1. Stabilirea compoziției betonului

Stabilirea corectă a compoziției betoanelor reprezintă condiția esențială pentru a asigura rezistența și durabilitatea necesară elementelor de construcții, în condițiile utilizării unui dozaj de ciment cît mai redus. Problema de stabilire a compoziției betoanelor este dat în „Instrucțiunile nr. C. 128—71”, în cele ce urmează fiind prezentată o metodă mai simplă, privind stabilirea compoziției betoanelor.

Cantitatea de apă de amestecare  $A$  (în  $l/m^3$ ) se stabilește din relația :

$$A = \left( 122 + 40 \frac{N}{P} + 7 Ta \right) \left( 0,866 + \frac{2,34}{\varnothing} \right), \quad (7.5)$$

care :

$N/P$  este raportul dintre nisip (0/7,1 mm) și pietriș (7,1 mm — diametrul maxim) și se poate stabili din curba granulometrică a agregatului folosit ;

$Ta$  — tasarea conului, în cm, exprimînd consistența betonului care se prepară ;

$\varnothing$  — diametrul maxim al agregatului, în mm.

Din relația lui Skramtaev se poate deduce raportul  $A/C$  :

$$\frac{A}{C} = \frac{R_c}{2R_b + 0,5R_c}, \quad (7.6)$$

care :  $R_b$  este marca betonului ce se propune a se obține și  $R_c$  — marca betonului ce se folosește la prepararea betonului.

Dozajul de ciment  $C$ , în  $kg/m^3$  rezultă din relația evidentă :

$$C = \frac{A}{A/C},$$

iar cantitatea de agregate  $A_g$  (în  $kg/m^3$ ), în stare uscată, este :

$$A_g = \rho_b \cdot (A + C), \quad (7.7)$$

în care  $\rho_b$  este densitatea betonului proaspăt (aproximativ  $2400 \text{ kg/m}^3$ ). Definitivarea compoziției unui beton se face prin încercări preliminare de laborator.

#### 7.3.2. Prepararea betonului

Odată compoziția betonului stabilită, urmează dozarea materialelor și apoi prepararea betonului.

Dozarea materialelor componente se poate face în volume și în greutate (gravimetric). Dozarea volumetrică se admite numai pentru lucrări de mică importanță și pentru betoane de marcă sub B 150. Cînd prepararea betoanelor se face în stații de betoane sau în fabrici de prefabricate dozarea materialelor componente se face gravimetric cu dozatoare, care cîntăresc exact materialele componente ale unei șarje.

Prepararea betonului se poate efectua manual sau mecanic. Prepararea manuală se face la lucrări de mică importanță prin amestecarea nisipului

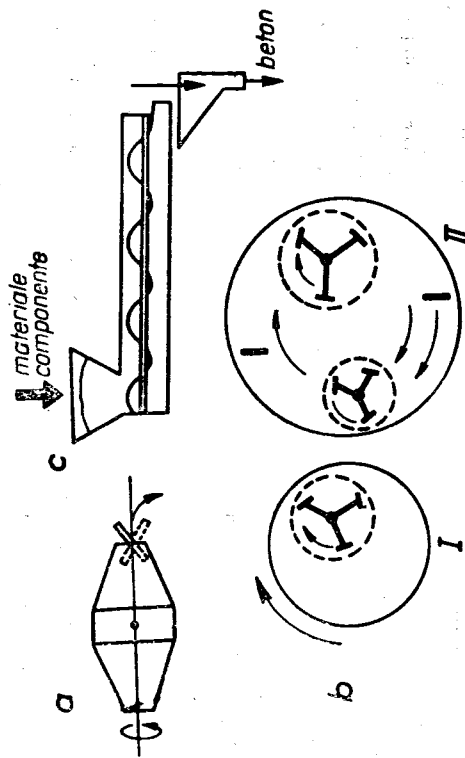


Fig. 7.9. Betoniere :

a — cu amestecare prin cădere liberă ; b — cu amestecare forțată ; c — cu amestecare forțată și funcționare continuă.

cu cimentul și cu pietrișul. După ce s-a obținut un amestec omogen se introduce treptat apă pînă rezultă un beton de consistența dorită. Prepararea mecanică a betonului se face cu ajutorul betonierelor (fig. 7.9) care asigură realizarea unui amestec omogen într-un timp relativ scurt.

Capacitatea betonierelor, folosite în mod curent pentru prepararea betonului, variază între 150 și 1 000  $l$ . Durata de amestecare depinde de tipul

betonierei) și de consistența betonului și poate fi exprimată după datele din tabelul 7.2.

Tabelul 7.2

Durata minimă de amestecare a betonului în betoniere

| Tipul betonierei      | Durata minimă de amestecare (în secunde) pentru consistența (țesarea conului) |        |
|-----------------------|---|--------|
|                       | ≤ 2 cm  | > 2 cm |
| Cu cădere liberă      | 120   | 90     |
| Cu amestecare forțată | 50  | 40     |

7.3.3. Transportul betonului

Pentru transportul betonului proaspăt de la locul de preparare la locul de punere în operă trebuie îndeplinite anumite condiții, cum ar fi: asigurarea omogenității betonului, păstrarea intactă a compoziției betonului, evitarea începutului de priză a cimentului etc. În tabelul 7.3 sînt prezentate tipurile de transporturi care se efectuează, utilajele folosite și cîteva caracteristici ale acestora.

Tabelul 7.3

Tipurile, utilajele și caracteristicile transporturilor betonului

| Tipul transportului                       | Utilajul   | Caracteristici   |  |
|---|--|--|--|
|   |  | Distanțe maxime  | Capacități   |
| La distanțe mici (interiorul șantierului) | autobusculantă<br>autoaghtator<br>autobetonieră      | 8 km<br>10...15 km<br>peste 15 km                                    | 3...27 t<br>2...3 m <sup>3</sup><br>4...6 m <sup>3</sup>                               |
|   | roabă<br>tomberon<br>vagonet<br>dumper pitic         | 70 m<br>150 m<br>500 m<br>700 m                                      | 80...100 l<br>120...200 l<br>0,5...0,75 m <sup>3</sup><br>0,5...0,75 m <sup>3</sup>    |
| Orizontal                                 | macara Pionier<br>(consolă)<br>benă<br>benzi rulante | P. I: 20 m;<br>P. II: 30 m<br>40...50 m<br>7...8 m                   | P. I: 0,5 t;<br>P. II: 0,7 t<br>0,5...1,5 m <sup>3</sup><br>60...100 m <sup>3</sup> /h |
| Vertical                                  |  |  |  |
| Combinat                                  | pompă beton<br>autopompă<br>(wibau)                  | 300 m orizontal<br>70 m vertical<br>250 m orizontal<br>30 m vertical | 5...80 m <sup>3</sup> /h<br>40...100 m <sup>3</sup> /h                                 |

7.3.4. Punerea în operă a betonului

Punerea în operă a betonului cuprinde două operații: introducerea în cofraje (turnarea) și compactarea betonului.

Turnarea betonului se poate face în condiții obișnuite, prin pompare, prin injecție și turnare sub apă, în funcție de tipul elementului de beton armat cît și în funcție de caracteristicile betonului proaspăt.

Punerea betonului în operă, în condiții obișnuite, se face prin turr-rea betonului în cofraje, pe care le umple prin cădere liberă.

Turnarea prin pompare presupune existența unei instalații (pompei) cu ajutorul căreia betonul este transportat în cofraje cu o anumită presiune. Metoda se aplică pentru betoanele de consistență fluidă.

Injecția betonului se execută în două etape; în prima se introduce în cofraje agregatele fără nisip, iar în etapa a doua se injectează mortar de ciment, preparat în prealabil.

Turnarea betonului sub apă necesită o incintă în care apa trebuie să fie stătătoare, betonul turnîndu-se prin intermediul unor tuburi speciale sau recipiente cu care este adus pînă la locul unde este turnat.

Turnarea betonului trebuie să se facă, pe cît posibil, continuu, fără întreruperi, iar în timpul turnării să nu se producă separarea materialelor componente (segregarea).

Compactarea betonului este o operație foarte importantă din tehnologia betonului, prin care se urmărește o umplere completă a cofrajelor, o reducere a spațiilor dintre granule și eliminarea parțială a aerului. Există mai multe procedee de compactare.

— Vibrarea betonului este procedeul cel mai folosit, astăzi, pentru compactarea betonului. Prin vibrare se aplică betonului proaspăt șocuri succesive, de o anumită frecvență, care pun componentele betonului într-o stare de mișcare oscilatorie. În acest mod betonul vîrtos (cărui a se aplică de regulă acest procedeu) capătă aspectul unui fluid ce poate lua forma cofrajelor. Principalele tipuri de vibratoare sînt date în figura 7.10.

— Vacuumarea betonului este un procedeu de absorbție a excesului de apă din masa betonului turnat prin crearea unui vacuum (depresiuni) la suprafața betonului. Acest procedeu se aplică la elemente de beton cu suprafața mare și grosime redusă, mai ales în industria prefabricatelor (fig. 7.11).

— Centrifugarea este o metodă aplicată, în special, la executarea tuburilor din beton armat (fig. 7.12).

— Presarea se aplică la executarea elementelor de dimensiuni reduse și se realizează fie mecanic printr-un sistem de pîrghii, fie hidroalic sau cu aer comprimat.

— Torcretarea este un procedeu de punere în operă și compactare prin proiectarea betonului cu ajutorul aerului comprimat (fig. 7.13). Procedul este indicat pentru realizarea unor straturi de protecție de beton, turnarea de pînze subțiri, cămășuții de tunele și galerii, consolidarea elementelor de beton și de zidărie afectate de cutremur etc.

În afara procedurilor prezentate mai sus, rezultate deosebite în compactarea betonului s-au obținut prin utilizarea unor metode combinate : vibropresare, vibrovacuumare etc.

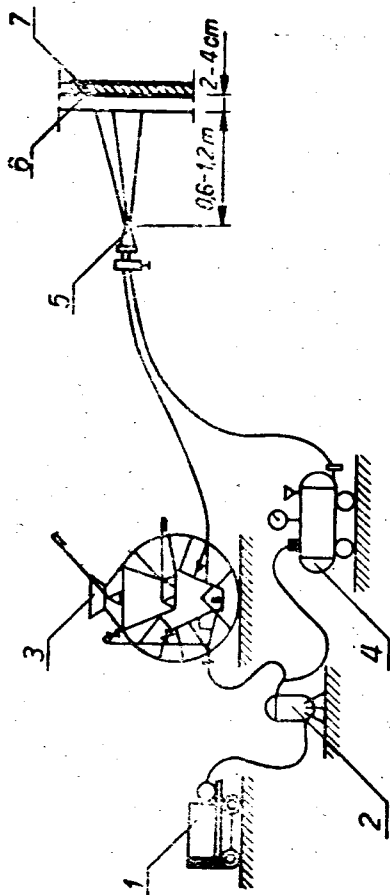


Fig. 7.13. Instalație de torcetare a betonului :

1 — compresor de aer; 2 — filtru de aer; 3 — aparat de torcetare; 4 — rezervor de presiune pentru apă; 5 — duza injectorului; 6 — beton; 7 — cofraj.

### 7.3.5. Tratarea betonului după turnare

Menținerea betonului în anumite condiții după turnare reprezintă o necesitate pentru asigurarea unei întăriri corespunzătoare. În acest sens, influența umidității este esențială pentru obținerea unor betoane de calitate. Umiditatea are rolul de a asigura hidratarea mai departe a cimentului și de a împiedica deformațiile de contracție la uscare.

Asigurarea unei umidități corespunzătoare se face prin menținerea betonului în mediu umed cel puțin 7 zile, iar când se utilizează cimenturi cu adaosuri, 14 zile. Realizarea acestor condiții se asigură prin acoperirea betonului cu materiale de protecție (rogojini, nisip etc.) și stropirea periodică cu apă sau prin folosirea de foi de polietilenă, emulsie din polimeri etc., care au caracter hidrofob. Este contraindicată stropirea directă cu apă a betonului. Pentru protecția lucrărilor de beton cu suprafață mare (drumuri, plste de aerodromuri, taluzuri de canal etc.) se folosește emulsia de parafină — EP. Aceasta nu este recomandabilă la suprafețe de beton care se finisează ulterior.

Temperatura influențează într-o măsură însemnată priza și întărirea pastei de ciment din beton. Ea poate avea un rol de distrugere, de oprire, de încetinire sau de accelerare a formării structurii betonului.

Temperaturile sub 0 °C, intervenite în primele 24 ore de la turnare, au drept efect o distrugere a structurilor cristaline slabe, formate în primele ore, ca urmare a înghețării unei mari cantități de apă liberă din beton. Temperaturile sub 0 °C, intervenite între 1 și 3 zile de la turnare au ca efect o oarecare diminuare a rezistențelor finale ale betonului, iar temperaturile sub 0 °C, intervenite peste 3 zile, nu au influențe asupra structurii betonului în formare.

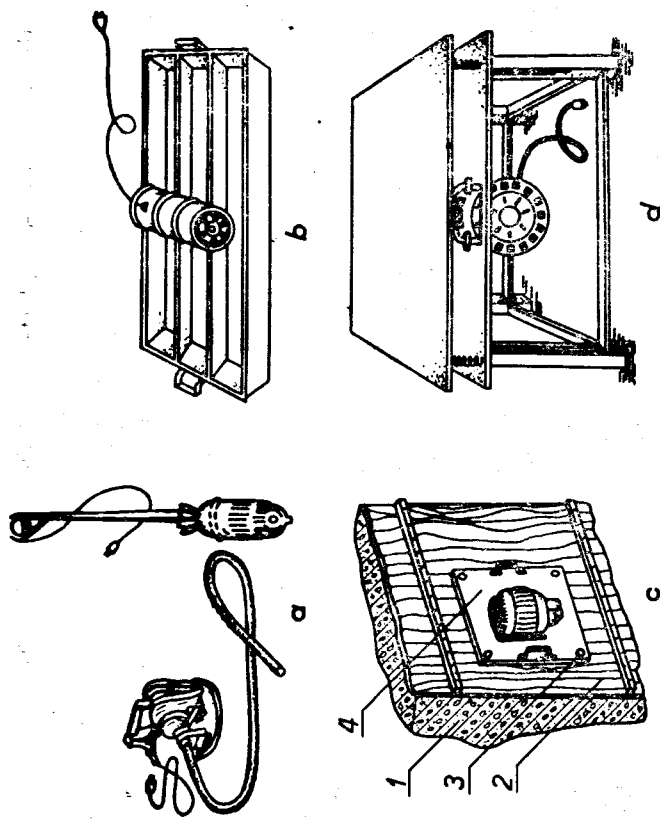


Fig. 7.10. Vibratoare :

a — de interior (pervibrator); b — de suprafață; c — de cofraj; d — mese vibrante.

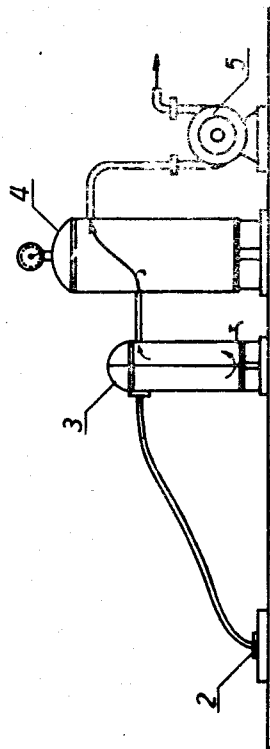


Fig. 7.11. Instalație de vacuizare a betonului :

1 — beton proaspăt în cofraj; 2 — butelie; 3 — rezervor colector de apă; 4 — compensator; 5 — pompă de apă.

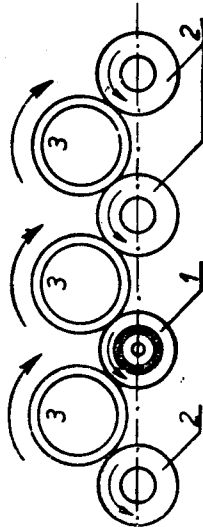


Fig. 7.12. Instalație de centrifugare a betonului :

1 — rolă motoare; 2 — role de reazem; 3 — tipare.

Temperaturile între 0 și +4 °C au drept efect o creștere însemnată a perioadei de priză (fig. 7.14). Temperaturile între 5 și 35 °C sînt considerate normale, temperatura de 20 °C fiind considerată temperatura standard de păstrare.

Influența simultană a temperaturii și umidității favorizează hidratarea și întărirea inițială a betonului proaspăt, constituind procedee rapide de accelerare a întăririi betonului în primele zile. Aceste procedee se numesc tratamente termice și se aplică cu bune rezultate în industria prefabricatelor. Procedeele industriale cele mai utilizate sînt :

- aburirea, procedeu în care betonul se păstrează într-o atmosferă saturată de vapori de apă, la presiune obișnuită, timp de 4...10 ore, în funcție de tratament, la temperatura de 70...90 °C;
- autoclavizarea, procedeu în care betonul se păstrează în autoclave etanșe, într-o atmosferă de vapori saturați, la temperaturi între 120 și 190 °C și presiuni între 2 și 12 atm, de obicei timp de 30...60 min.;

— tratament cu apă caldă la 60...80 °C, timp de cel puțin 24 ore, pentru a spori rezistențele;

— tratament pentru încălzirea betonului fie în masa lui (prin încălzirea cofrajelor metalice), fie prin armături cu curent electric, pe baza efectului Joule.

În toate aceste cazuri, mai cu seamă la procedeele uscate, se acordă o deosebită atenție împiedicării pierderii apei din beton prin evaporare.

#### 7.4. CARACTERISTICILE BETONULUI PROASPĂT

Starea betonului, din momentul amestecării cimentului cu apa și agregatele pînă la începerea prizei cimentului, este definită ca beton proaspăt. Conform STAS 1759-70, asupra betonului proaspăt se efectuează următoarele determinări: consistența, gradul de compactare, tendința de separare a apei, densitatea aparentă, conținutul de apă din betonul proaspăt, verificarea conținutului de agregate mari din betonul proaspăt. În afara acestor determinări, la betonul proaspăt se mai pot determina lucrabilitatea, compoziția reală, volumul de aer oclus, sedimentarea.

##### 7.4.1. Consistența

Consistența este definită ca mobilitatea unui beton proaspăt sub acțiunea masei proprii sau a unor forțe exterioare care acționează asupra lui și se poate determina prin următoarele metode: metoda răspîndirii, metoda

tasării trunchiului de con, metoda viscozimetrelui tip Powers, metoda viscozimetrelui tip VE-BE.

Metoda răspîndirii se folosește pentru betoane de consistență slab plastică, plastică, fluidă și foarte fluidă și care au granula maximă de agregat pînă la 40 mm.

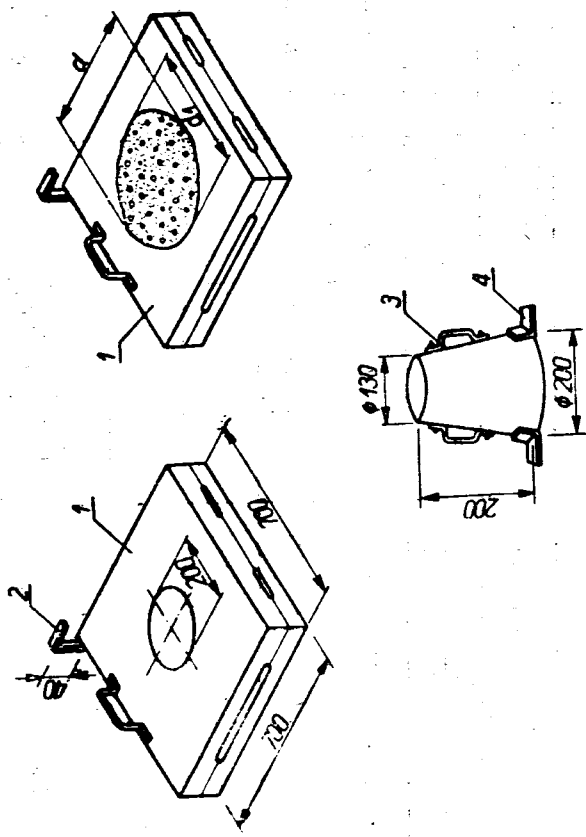


Fig. 7.15. Metoda răspîndirii :

1 -- masa de răspîndire; 2 -- opritor; 3 -- trunchi de con; 4 -- arșitoare de imobilizare.

Pentru efectuarea determinării se așază centric pe masa de răspîndire (fig. 7.15) trunchiul de con, cu baza mare în jos și se umple cu beton în condițiile stabilite de standard. Se scoate trunchiul de con, apoi se ridică, de 15 ori, partea mobilă a mesei pînă la un opritor distanțat la 4 cm și se lasă să cadă liber.

Se măsoară diametrele  $d$  și  $d_1$  ale turtei de beton rezultate și se stabilește consistența în funcție de datele din tabelul 7.4.

Metoda tasării se folosește la betoanele preparate cu agregate avînd granula maximă pînă la 100 mm și o consistență foarte vîrtoasă, vîrtoasă, slab plastică, plastică și fluidă. Tasarea se determină utilizînd trunchiul de con din tablă galvanizată cu dimensiunile din figura 7.16. Dimensiunile din paranteză se referă la betonul preparat cu agregate avînd granula maximă pînă la 40 mm.

Și în acest caz se umple cu beton trunchiul de con, se ridică și se măsoară apoi, diferența  $d$  dintre înălțimea trunchiului de con (înălțimea inițială a betonului) și înălțimea betonului după tasare (fig. 7.16). Tasarea, exprimată în centimetri, reprezintă diferența dintre aceste înălțimi.

Metoda viscozimetrelui tip VE-BE (fig. 7.17) se recomandă la betoanele preparate cu agregate avînd granula maximă pînă la 40 mm, de consistență foarte vîrtoasă, vîrtoasă, slab plastică și plastică.

Tabelul 7.4

Clasificarea betonului după consistență

| Categoria betonului | Consistența betonului determinată prin: |                |          |            |                |             |
|---------------------|---|----------------|----------|------------|----------------|-------------|
|                     | Tasare, cm                              | Răspândire, cm | VE-BE, s | Remodelare |                |             |
|                     |   |                |          | nr. șocuri | Powers secunde |             |
| Foarte virtos       | 0...0,5                                 | —              | >20      | >30        | >25            | >1,45       |
| Virtos              | 0,6...2,0                               | —              | 20...11  | >30        | 25...15        | 1,45...1,21 |
| Slab plastic        | 2,1...5,0                               | 34...40        | 10...5   | 30...20    | 14...10        | 1,20...1,11 |
| Plastic             | 5,1...8,0                               | 41...47        | 4...1    | <20        | 9...6          | 1,10...1,05 |
| Fluid               | 8,11...11,0                             | 48...54        | —        | —          | —              | —           |
| Foarte fluid        | >11,0                                   | >54            | —        | —          | —              | —           |

Trunchiul de con se umple cu beton, se scoate și apoi se măsoară tasarea pe o tijă gradată, după ce s-a coborât discul translucid pe fața superioară a betonului. Se pune în funcțiune vibratorul, încercarea fiind terminată când betonul aderă uniform la suprafața interioară a discului translucid. Se

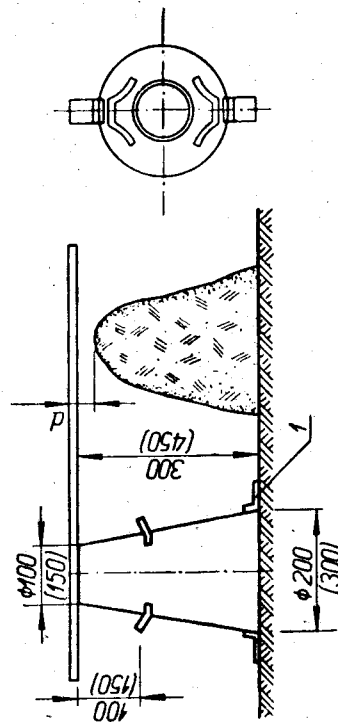


Fig. 7.16. Metoda tasării:  
1 — aripioare de imobilizare.

înregistrează timpul, în secunde, de la pornirea vibratorului până la aderența uniformă a betonului de discul translucid, timp care definește consistența betonului (v. tabelul 7.4).

Metoda viscozimetrelui tip Powers, cu masă vibrantă sau cu masă de șoc, se utilizează la betoanele preparate cu agregate având granula maximă

până la 40 mm, de consistență foarte virtuosă, virtuosă, slab plastică și plastică. Este o metodă asemănătoare, cu principiul și aparatură, cu metoda VE-BE.

După ce trunchiul de con se umple cu beton și se compactează în trei straturi cu vergea, se realizează compactarea definitivă prin vibrație până ce la suprafața betonului și la baza trunchiului de con se constată separarea laptei de ciment (timp de vibrație între 5 și 30 s). Apoi, se scoate

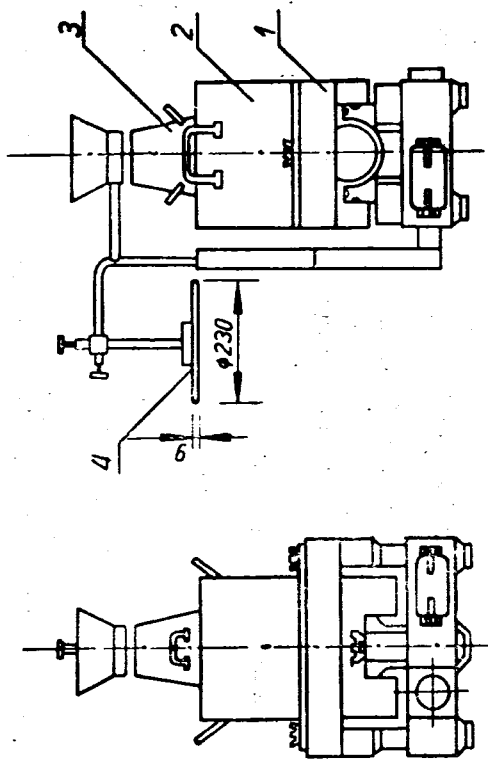


Fig. 7.17. Metoda viscozimetrelui tip VE-BE:

1 — masă vibrantă; 2 — cilindru metalic; 3 — trunchi de con; 4 — disc translucid.

trunchiul de con, iar pe suprafața betonului se aplică o placă rotundă care este ghidată și poate cădea liber datorită propriei mase. Pentru determinarea consistenței betonului se pune în mișcare masa vibrantă sau masa de șoc până când placa rotundă a ajuns la un nivel stabilit. Consistența se apreciază prin numărul de secunde de vibrație sau numărul de șocuri din momentul începerii operațiilor de vibrație sau șoc și până când placa a ajuns în poziția stabilită.

7.4.2. Gradul de compactare Walz

Gradul de compactare Walz reprezintă raportul dintre înălțimea inițială a betonului și înălțimea betonului vibrat până ce a atins densitatea agregatei maximă. Această determinare se face la betoanele preparate cu virtuosă, slab plastică și plastică.

Determinarea se efectuează utilizând un vas prismatic cu baza de 20 x 20 cm și înălțimea de 40 cm, care se umple cu beton fără a se compacta. Se șază, apoi, vasul pe o masă vibrantă sau de șoc și se compactează până

înălțimea  $h$  a betonului în vas rămâne constantă. Gradul de compactare este :

$$G_c = \frac{40}{h} \quad (7.8)$$

7.3. Tendința de separare a apei

în separarea apei se înțelege proprietatea betonului de a ceda o parte din excesul de apă la suprafața lui. Se folosesc vase metalice cilindrice cu capac, care sînt umplute cu beton, și din care se extrage apa separată la suprafața betonului cu ajutorul pipetei. Se determină :

$$\text{Apă separată} = \frac{a_s}{A} \text{ [cm}^3/\text{cm}^2] \quad (7.9)$$

unde  $a_s$  este volumul apei separate, în  $\text{cm}^3$  și  $A$  — aria suprafeței betonului, în  $\text{cm}^2$  ;

cantitatea de apă separată în procente :

$$\text{Apă separată} = \frac{a_s}{a_b} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (7.10)$$

unde  $a_b$  este cantitatea totală de apă, în  $\text{cm}^3$ , din proba de beton luată pentru încercare.

#### 7.4.4. Lucrabilitatea

Lucrabilitatea este proprietatea unui beton de a nu se dezamesteca la transport și manipulare, de a avea o bună coeziune și de a umple cofrajele fără să se scindureze și să se desprindă. Rezultă că lucrabilitatea unui beton este o proprietate complexă, pentru stabilirea căreia o singură metodă de determinare nu este suficientă.

Prin precizarea lucrabilității betonului se poate face prin metodele de încercare prezentate sau prin alte metode :

- determinarea raportului între tasare și răspîndire ;
- determinarea coeficientului de remodelare prin vibrare sau șoc (viscosimetru VE-BE și Powers) ;
- determinarea gradului de compactare Walz ;
- determinarea tendinței de separare a apei etc.

Lucrabilitatea, ca o caracteristică generalizată a betonului proaspăt, este influențată de factorii de compoziție. Astfel prin creșterea dozajului de ciment lucrabilitatea se îmbunătățește datorită creșterii volumului de apă care asigură o mai bună coeziune amestecului. În ceea ce privește tendința de apă de amestecare, exprimată prin raportul  $A/C$ , aceasta trebuie să fie bine stabilită pentru a avea o lucrabilitate corespunzătoare. Pentru aceeași lucrabilitate (sau consistență), se poate corela raportul  $A/C$  cu dozajul de ciment, conform figurii 7.1. Adăsurile plastifiante îmbunătățesc lucrabilitatea cînd se păstrează constant raportul  $A/C$ .

#### 7.4.5. Compoziția reală

Compoziția reală a betonului proaspăt se determină în două situații : pentru verificarea cantităților de materiale componente și, în al doilea rînd, pentru analiza unui beton proaspăt cînd nu se cunosc cantitățile de materiale componente.

În primul caz se cunosc : cantitatea  $c$  de ciment, în  $\text{kg}$  ;  $a$  de apă, în  $\text{l}$  ;  $n$  de nisip, în  $\text{m}^3$ , cu densitatea în grămadă în stare naturală  $\rho_{gn}$ , în  $\text{kg}/\text{m}^3$ ,  $p$  de pietriș, în  $\text{m}^3$ , cu densitatea în grămadă în stare naturală  $\rho_{gp}$ , în  $\text{kg}/\text{m}^3$ . Aceste cantități au fost folosite la prepararea betonului care se analizează și a cărui densitate aparentă  $\rho_{bp}$ , în stare proaspătă, se determină pe epruvete cubice de  $20 \text{ cm}$ .

Cu aceste date, dozele reale de ciment  $C$ , apă  $A$ , nisip  $N$  și pietriș  $P$ , în cazul dozării în volume a agregatelor, se calculează cu relațiile evidente :

$$C = \frac{c \cdot \rho_{bp}}{m_{bp}} ; \quad (7.11)$$

$$A = \frac{a \cdot \rho_{bp}}{m_{bp}} ; \quad (7.12)$$

$$N = \frac{n \cdot \rho_{gn} \cdot \rho_{bp}}{m_{bp}} ; \quad (7.13)$$

$$P = \frac{p \cdot \rho_{gp} \cdot \rho_{bp}}{m_{bp}} ; \quad (7.14)$$

unde :  $m_{bp} = c + a + n \cdot \rho_{gn} + p \cdot \rho_{gp} = \rho_{bp} V_{bp}$  reprezintă masa betonului proaspăt. În cazul al doilea se determină dozele de materiale componente pentru un beton proaspăt a cărui compoziție nu este cunoscută sau se doarește a fi verificată. Pentru această determinare este însă necesară cunoașterea prealabilă a cantității de fracțiune mai mică de  $0,2 \text{ mm}$  agregate. Se consideră că la  $100 \text{ kg}$  agregat această fracțiune este  $a$  (valoarea lui  $a$  poate fi apreciată din curba granulometrică a agregatului, corespunzătoare gruului maxime din betonul analizat).

Pentru început, se ia o cantitate  $m_{bs}$  de beton proaspăt și se usucă pînă la masă constantă  $m_{bu}$ . Prin această determinare se poate stabili conținutul procentual de apă din betonul proaspăt :

$$\% A = \frac{m_{bp} - m_{bu}}{m_{bp}} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (7.15)$$

Dozajul de apă va rezulta :

$$A = \frac{(\% A)}{100} \cdot \rho_{bp} \text{ [l/m}^3] \quad (7.16)$$

Cantitatea de agregat se stabilește luînd o nouă probă de beton proaspăt  $m_{bp}$ , care se spală pe sita de  $0,2 \text{ mm}$ , se usucă și se cîntărește  $m_{sp}$ . Se notează cu  $m_{0,2}$  cantitatea de agregat mai mică de  $0,2 \text{ mm}$  din proba de



on  $m_{bp}$  și deci cantitatea totală de agregat este  $(m_{0,2} + m_{ag})$ . Cum la 0 kg agregat partea fină mai mică de 0,2 mm s-a notat cu  $a$ , rezultă :

$$m_{0,2} = \frac{a}{100 - a} m_{ag} \quad (7.17)$$

Cantitatea procentuală de agregate va fi :

$$\% Ag = \frac{m_{0,2} + m_{ag}}{m_{bp}} \cdot 100 = \frac{100 m_{ag}}{m_{bp} (100 - a)} \cdot 100 \quad (7.18)$$

Dozajul de agregate este :

$$Ag = \frac{\% Ag}{100} \rho_{bp} \quad [kg/m^3] \quad (7.19)$$

Cunoscând cantitățile procentuale de apă și agregate se poate stabili dozajul de ciment :

$$C = \frac{100 - (\% A + \% Ag)}{100} \cdot \rho_{bp} \quad [kg/m^3] \quad (7.20)$$

De remarcat că la stabilirea cantității totale de apă dintr-un amestec de beton trebuie să se țină seama de faptul că la apa ce se pune în amestec adaugă și umiditatea naturală din nisip și pietriș.

## 7.5. CARACTERISTICILE BETONULUI ÎNTĂRIT

### 7.5.1. Densitate, compactitate, porozitate

*Densitatea aparentă a betonului întărit* se determină pe epruvete cubice, prismatice sau cilindrice, adică pe elementele pe care urmează să se determine și caracteristicile mecanice ale betonului, și pe bucăți extrase din acrare.

*Compactitatea* este o caracteristică importantă a betonului deoarece influențează alte proprietăți, cum ar fi : permeabilitatea, rezistența la greutate, rezistențele mecanice, rezistența la agenți chimici etc. Compactitatea medie a unui beton greu este de 0,8...0,85 (limita maximă atîngînd 0,92) și depinde de compoziția sa și de modul de punere în operă.

*Porozitatea* betonului întărit reprezintă volumul de goluri din unitatea de volum a betonului.

Aceste caracteristici ale betonului întărit sînt influențate de diverși factori, fie din compoziția betonului, fie din mediul exterior.

— Astfel, cantitatea de ciment folosită la preparare influențează densitatea aparentă și implicit compactitatea și porozitatea (fig. 7.18). Se constată că densitatea aparentă are un maximum al dozajului de ciment de 300...400 kg/m<sup>3</sup> cînd pasta de ciment și respectiv piatra de ciment implu toate golurile dintre granulele de agregat. În situația în care doza de ciment sînt mai mici decît cele optime pasta (piatra) de ciment este insuficientă și nu umple toate golurile dintre granule, rezultînd un beton poros și cu densitate aparentă mai mică. Cînd dozajul de ciment îl depăș

șoste pe cel optim, pasta (piatra) este în cantitate mare și se interpune în spațiile dintre granule, reducînd cantitatea de agregat ce revine pe 1 m<sup>3</sup> de beton. Cum pasta (piatra) de ciment are o densitate aparentă mai mică decît a agregatelor, rezultă un beton cu o densitate aparentă mai mică.

— Raportul A/C influențează, în mod hotărîtor, densitatea, compactitatea și porozitatea betonului, S-a arătat că la un raport A/C mare, rezultă un beton poros ca urmare a evaporării excesului de apă. Un astfel de beton are o densitate aparentă mică și compactitate redusă. Pe de altă parte un raport A/C prea mic duce la un beton cu lucrabilitate scăzută, greu de pus în operă și deci cu volum mare de goluri.

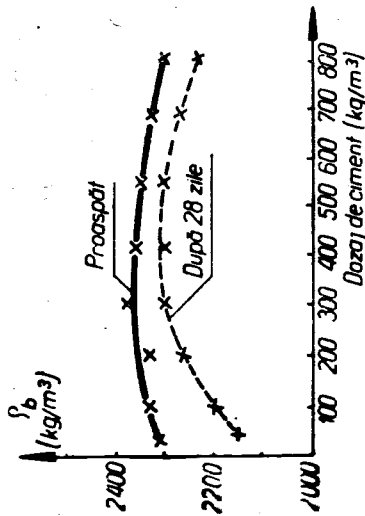


Fig. 7.18. Corelația dintre densitatea betonului și dozajul de ciment.

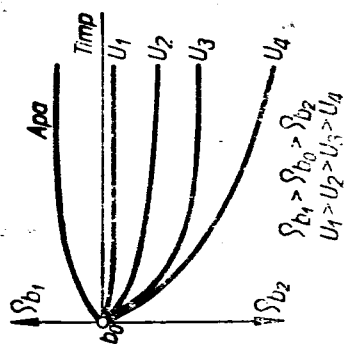


Fig. 7.19. Variația densității betonului în funcție de umiditate.

— Agregatele influențează cele trei caracteristici ale betonului, mai ales prin granulozitatea sa. S-a constatat că fracțiunea nisipoasă are o influență esențială. Astfel, cu creșterea cantității de fracțiune fină este necesară mai multă apă de amestecare, la aceeași consistență. Creșterea cantității de apă și implicit a raportului A/C produce înfierea nisipului care determină scăderea densității aparente și reducerea dozajului de ciment. Acest lucru influențează negativ și rezistențele mecanice. Agregatele trebuie să aibă curba granulometrică în domeniul bun și utilizabil.

— Modul de punere în operă este un factor esențial pentru asigurarea unei bune compactații (volum cât mai mic de pori și goluri). De aceea, mijloacele de compactare energetică cum sînt : vibrarea, vacuumarea, presarea, centrifugarea, torcretarea sau cele combinate asigură o bună compactare.

Capacitatea betonului întărit de a absorbi apă în porii pe care îi conține face ca densitatea sa aparentă  $\rho_b$  să varieze în funcție de diferitele umidități  $u_1, u_2, u_3$  ale mediului ambiant (fig. 7.19).

### 7.5.2. Permeabilitatea

Permeabilitatea unui beton este caracterizată prin ușurința de pătrundere a apei în masa lui. Pentru construcțiile din beton, și în special pentru lucrările hidrotehnice și pentru elementele supuse la coroziune, o primă condiție pentru stabilitatea lor este impermeabilitatea.

Gradul de impermeabilitate față de apă al betonului se caracterizează în funcție de prestația maximă până la care epruvetele de beton, încercate în condițiile STAS 3519-76, nu prezintă infiltrații de apă pe fața opusă aceleiașor în contact cu apa sub presiune. Gradul de impermeabilitate se mai poate caracteriza și prin înălțimea până la care apa pătrunde în masa betonului la o presiune maximă dată.

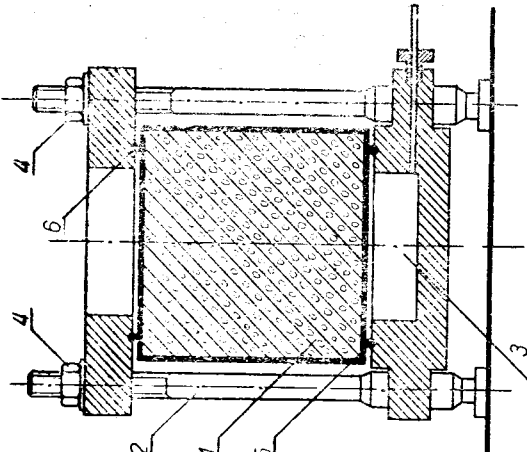


Fig. 7.20. Instalație pentru determinarea gradului de impermeabilitate:  
1 - epruvetă de beton; 2 - tijă metalică de fixare; 3 - bazin de apă sub presiune; 4 - piulițe de strângere; 5 - inel de etanșare; 6 - garnitură de cauciuc.

Permeabilitatea depinde de compactitatea sa, iar la aceeași compactitate, de forma și natura porilor din masa betonului. Apa circulă în beton prin caverne, macropori, fisuri și canale capilare. Cavernele, macroporii și fisurile pot fi eliminate prin compoziție, punere în operă și compactare respunzătoare; canalele capilare nu pot fi însă eliminate, dar volumul lor poate fi micșorat.

Impermeabilitatea betonului se poate mări acționând asupra următorilor factori:

- sporirea dozajului de ciment, păstrând constantă cantitatea de apă și folosirea unor cimenturi cu adaos de tras;
- folosirea unor agregate cu granulozitate bună, fără impurități și cu formă corespunzătoare a granulelor;
- folosirea aditivilor plastifianți care acționează fie prin reducerea raportului A/C, păstrând aceeași lucrabilitate, fie prin închiderea circulației apei în canalele capilare prin bulele de aer (antrenorii de aer), care se împartă ca niște dopuri în lungul acestor canale, îngreunând mișcarea apei.

### 7.5.3. Gelivitatea

Gelivitatea sau rezistența la îngheț-dezghet a unui beton se definește în numărul maxim de cicluri îngheț-dezghet succesive, pe care epruvetele de beton, începând cu o vîrstă de cel puțin 28 de zile de la confecționare, pot să le suporte fără ca să sufere o reducere a rezistenței la compresiune mai mare de 25% față de epruvetele martor.

Determinarea rezistenței la îngheț-dezghet se efectuează, conform STAS 3518-68, pe epruvete în formă de cub cu laturile de 10, 20 sau 30 cm; numărul epruvetelor de încercat și respectiv marilor este de 6 (G 50) și 9 (G 100 și G 150).

Pentru efectuarea încercării, toate epruvetele se saturează cu apă la temperatura de  $(+20 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Epruvetele destinate încercării se introduc în camera de îngheț, iar cele martor se păstrează în continuare sub apă. Încercarea la îngheț-dezghet constă în menținerea epruvetelor în camera de îngheț la temperatura de  $(-17 \pm 2)^\circ\text{C}$  timp de 4 ore, după care epruvetele se scot și se introduc fie într-o baie cu apă, fie se stropesc continuu cu apă a cărei temperatură se menține la  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  timp de 4 ore.

Rezistența la îngheț-dezghet a betonului se poate determina și pe cale nedistructivă prin urmărirea variației modului de elasticitate dinamic.

Rezistența la îngheț-dezghet a betonului depinde de compactitatea sa și de gradul de impermeabilitate față de apă. Realizarea unor betoane rezistente la îngheț-dezghet se poate face prin:

- folosirea de cimenturi bogate în  $\text{C}_3\text{S}$ ; cimenturile cu adaosuri și bogate în  $\text{C}_3\text{A}$  reduc rezistența la gelivitate;
- folosirea de aditivi plastifianți, de tipul antrenorilor de aer, porii de aer introduși de acești aditivi jucînd rolul unor vase de expansiune pentru apa care își mărește volumul prin îngheț;
- realizarea unor betoane compacte prin folosirea unor mijloace energice de compactare a betonului.

### 7.5.4. Acțiunea căldurii asupra betonului

În afara efectelor pe care căldura le are asupra procesului de întărire al betonului, mai interesează și următoarele două aspecte: conductivitatea și dilatarea termică a betonului.

— Conductivitatea termică a betonului se apreciază în funcție de coeficientul de conductibilitate termică  $\lambda$ . Conductivitatea termică reprezintă cantitatea de căldură în kJ (kcal) ce străbate un material de 1 m grosime, printr-o suprafață de  $1 \text{ m}^2$ , timp de o oră, diferența de temperatură între cele două fețe ale stratului fiind de un grad K ( $1^\circ\text{C}$ ). Pentru betonul greu obișnuit coeficientul de conductibilitate termică se ia  $\lambda = 1,1 \text{ kcal/m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$  ( $\approx 1,28 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{K}$ ).

Coeficientul de conductibilitate termică crește pe măsură ce se mărește densitatea aparentă a betonului.

— Dilatarea termică a betonului depinde de natura componentilor săi și de proporția lor de amestecare. Coeficientul de dilatare liniară la temperaturi cuprinse între  $-15$  și  $+50^\circ\text{C}$  variază între 0,009 și 0,011 mm/m  $^\circ\text{C}$ , luîndu-se în mod obișnuit 0,01 mm/m  $^\circ\text{C}$ , adică  $10^{-5}$  mm/mm  $^\circ\text{C}$ .

### 7.5.5. Rezistențele betonului

Dintre caracteristicile betonului întărit, rezistențele mecanice interesează în mod deosebit, deoarece principala destinație a elementelor de beton, beton armat și beton precomprimat este de a alcătui structurile de

stentă ale construcțiilor. Rezistențele betonului la încărcări simple, de lungă durată, sînt : rezistența la compresune, rezistența la întindere, rezistența la torsiune și rezistența la forfecare. Betonul mai poate fi supus și încărcării compuse, la încărcări repetate sau de lungă durată, cînd o comportare specifică.

5.5.1. **Rezistența la compresune.** Constituie principalul criteriu de evaluare a calității unui beton, dînd indicații suficient de precise asupra stăruirii la alte solicitări, cît și asupra altor proprietăți fizico-mecanice ale betonului. Rezistența la compresune se determină pe epruvete în formă de cuburi, cilindri sau prisme de diferite dimensiuni. La noi în țară rezistența la compresune a betonului  $R_b$  se determină pe epruvete cubice.

Prin marca betonului se înțelege rezistența la compresune centrică a epruvete cubice cu latura de 20 cm, încercată după 28 de zile de la confecționare ; fiecare rezultat trebuie să fie media a cel puțin trei încercări. Marca betonului se notează convențional cu litera B urmată de valoarea rezistenței prescrise a betonului sau, uneori,  $R_b$ .

Centrul determinării rezistenței la compresune se utilizează prisma cubică cu forța maximă egală cu de cel mult 8 ori forța de rupere a epruvetei supuse încercării. Transmiterea sarcinilor se realizează prin plăcine din metal, plată superior fiind prevăzută cu un dispozitiv rotulă al cărui centru coincide cu centrul plăcilor, pentru transmiterea forței și centrică a forței (fig. 7.21).

Epruvetele se vor așeza astfel încît direcția de încercare să fie perpendiculară pe direcția de turnare. Încărcarea se aplică continuu și uniform

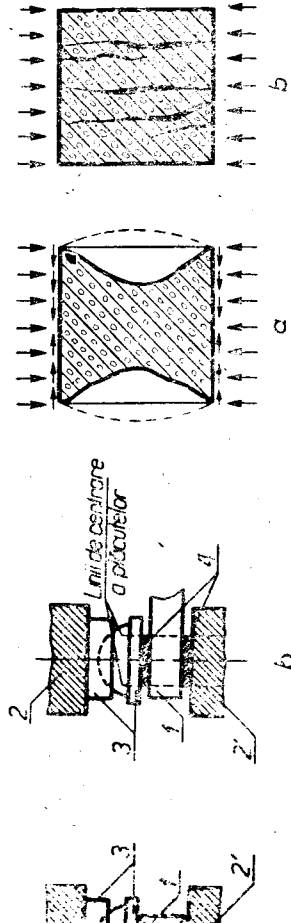


Fig. 7.21. Dispozitiv pentru încercarea la compresune :

a — pe cuburi ; b — pe prisme ; 1 — epruvete ; 2 și 2' — plăci inferioare, respectiv inferioară ; 3 — dispozitiv cu lăcaș semi-sferic ; 4 — plăcuțe intermediare.

să la ruperea epruvetei, cu o creștere constantă de  $(6 \pm 4)$  daN/cm<sup>2</sup>·s, astfel încît încercarea să dureze minimum 30 s.

Încercarea pe cuburi se poate face fără anularea frecării dintre platane și fețele cubului, încercare admisă de STAS 1275-70, sau cu anularea frecării la suprafețele de contact prin ungere cu parafină, interzicerea de foi de plumb, carton etc. (fig. 7.22).

În cazul cînd există frecare între platanele și fețele epruvetei, eforturile tangențiale care apar la suprafața de contact împiedică deforma-

țiile transversale mărind astfel rezistența față de cazul cînd frecarea a fost înălțurată ; se formează două trunchiuri de piramidă cap la cap (fig. 7.22, a).

O mare parte a structurilor în construcții se prezintă sub formă de bare sau plăci plane ori curbe unde rezistența la compresune pe cuburi  $R_b$  nu intervine direct. De aceea, în calculul acestor elemente se folosește o altă rezistență, cea prismatică  $R_{pr}$ , care se determină pe prisme supuse la compresune centrică (fig. 7.23, a). Rezistența prismatică a betonului este mai

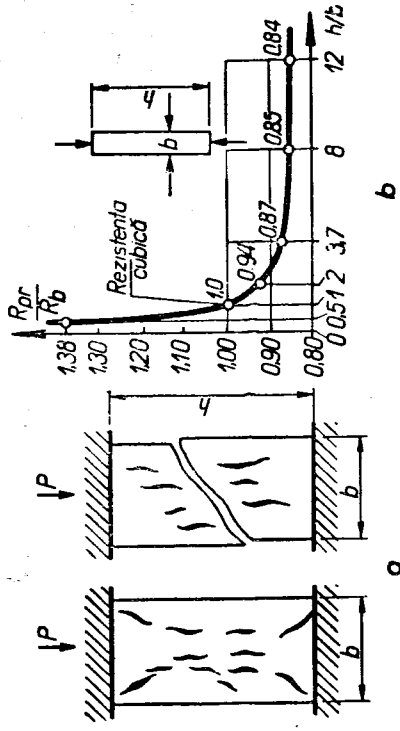


Fig. 7.23. Încercarea pe prisme.

mică decît cea cubică deoarece efectul forțelor de frecare este cu atît mai redus cu cît raportul dintre înălțimea  $h$  și latura bazei  $b$  este mai mare. În figura 7.23, b, se dă variația raportului  $R_{pr}/R_b$  în funcție de  $h/b$ . Între aceste două rezistențe se poate scrie relația :

$$R_{pr} = \frac{1\ 300 + R_b}{1\ 450 + 3R_b} R_b. \quad (7.21)$$

5.5.5.2. **Rezistența la întindere.** Determinarea rezistenței la întindere pe epruvete încărcate centric este puțin folosită, datorită inconvenientelor legate de realizarea epruvetelor și de solicitarea lor centric. De aceea, rezistența la întindere a betonului se determină prin încercări la încovoire pe epruvete prismatice  $R_{tt}$  sau prin încercări de despicare  $R_{td}$  a cilindrilor, cuburilor sau prismelor.

Determinarea rezistenței la întindere prin încercarea la încovoire se face pe epruvete prismatice de  $10 \times 10 \times 55$  cm (fig. 7.24) sau  $20 \times 20 \times 70$  cm (STAS 1275-70). Forța se aplică perpendicular pe direcția de turnare a betonului, continuu și uniform pînă la rupere, cu o creștere constantă de  $(5 \pm 2)$  daN/cm<sup>2</sup>·s.

În cazul în care epruveta este confecționată dintr-un material elastic și izotrop, rezistența la întindere se determină cu relația (v. fig. 7.24) :

$$R_{tt} = \frac{3}{2} \frac{P l}{b h^2}. \quad (7.22)$$

Betonul este un material neelastic și anizotrop, astfel încât are o comportare specifică, iar rezistența la întindere  $R_t$ , determinată prin încercarea la încovoiere a epruvetelor prismatice, este dată de relația:

$$R_t = \frac{3.5}{4} \frac{Pl}{bh^3} = 0,584 R_{it} \quad (7.23)$$

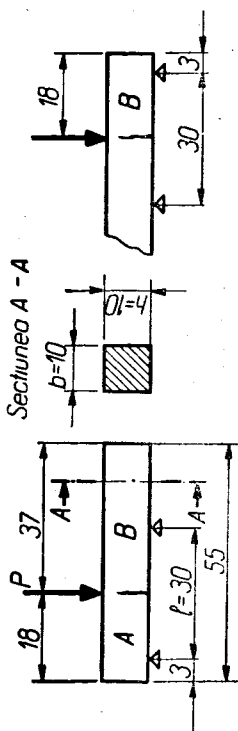


Fig. 7.24. Încercarea la încovoiere.

Relația a fost stabilită prin considerarea plasticizării betonului din zona tinsă a elementului încovoiat.

— Determinarea rezistenței la întindere prin despăcare se face pe cilindri, cuburi sau prisme. În figura 7.25 sînt prezentate aceste încercări relațiile pentru calculul rezistenței la despăcare  $R_{td}$ , stabilite în baza oriei elasticității. Pe baza cercetărilor efectuate în diferite laboratoare

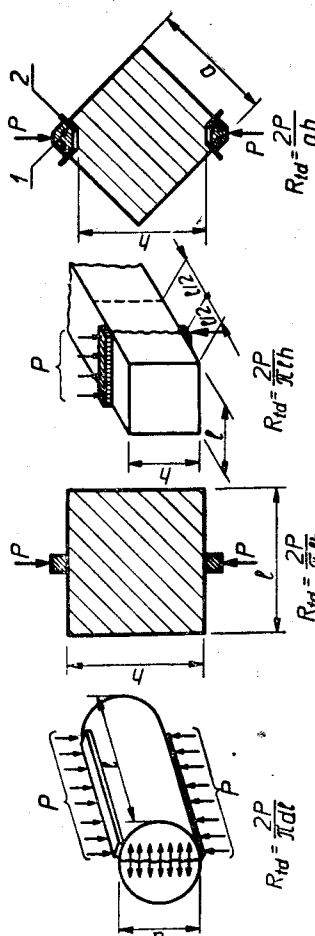


Fig. 7.25. Încercarea prin despăcare.

putut constata că rezistența la întindere prin despăcare  $R_{td}$  este cu (... 15) % mai mare decît rezistența la întindere centrică  $R_t$ , forma și dimensiunile epruvetelor neinfluențînd rezistența  $R_{td}$ . STAS 1275-70 în-șă metoda de încercare prin despăcare a cuburilor, care apoi se pot uti-za pentru încercarea la compresiune.

Între rezistența la întindere centrică  $R_t$  și cea de compresiune pe cu-ndri  $R_b$ , pentru betoane păstrate în aer, Féret a găsit următoarea relație :

$$R_t = 0,5\sqrt[3]{R_b^2} \quad (7.24)$$

Din încercări s-a găsit că  $R_t/R_b = 1/6 \dots 1/20$ , rezistența la întindere ead cea mai mică rezistență a betonului.

7.5.5.3. Factorii care influențează rezistențele betonului. Principali factori care influențează, în mod substanțial, proprietățile betonului sînt fie de compoziție, fie din mediul exterior.

Cimentul influențează rezistențele betonului atît prin calitate cît și prin cantitate (dozaj). Rezistențele constituenților mineralogici ai cimentului se transmit, mai mult sau mai puțin atenuate, asupra rezistențelor betonu-lui, în practică alegerea tipului de ci-ment fiind în funcție de specificul lucrării.

Influența cantității de ciment, ex-primată prin dozaj, asupra rezisten-țelor betonului, este prezentată în fi-gura 7.26. Se constată că rezistența la compresiune crește odată cu dozajul, dar nu proporțional. Același lucru se observă și la rezistența la întindere ; creșterile sînt însă mai lente, iar la anumite doze de ciment rezistența la întindere începe să descrească. Această diminuare a creșterii rezistențe-lor la doze mari de ciment se datorește efectului contracției sporite a ple-trel de ciment, care duce la apariția fisurilor ce influențează negativ rezis-tențele, și mai ales rezistența la întindere. În tabelul 7.5 este prezentat raportul între rezistența la compresiune, respectiv întindere și dozajul de ciment. Reiese că la doze de (300 ... 400) kg ciment la metru cub pentru compresiune și respectiv (200 ... 400) kg/m<sup>3</sup> pentru întindere, se obține cea mai economică utilizare a cimentului.

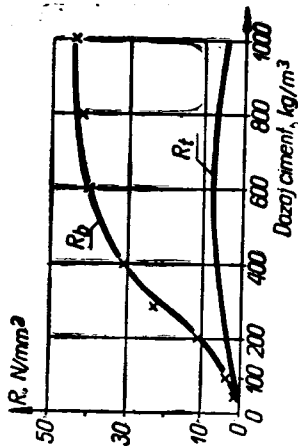


Fig. 7.26. Corelația dintre rezistențele betonului și dozajul de ciment.

Tabelul 7.5  
Variația rezistenței la compresiune și întindere a betonului în funcție de dozajul de ciment

| Dozaj ciment, kg/m <sup>3</sup> | 100   | 200   | 300   | 400   | 600   | 800   | 1 000 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $R_b$ /dozaj, daN/kg            | 0,30  | 0,54  | 0,77  | 0,76  | 0,59  | 0,55  | 0,47  |
| $R_t$ /dozaj, daN/kg            | 0,070 | 0,125 | 0,130 | 0,120 | 0,088 | 0,065 | 0,049 |

Apa de amestecare influențează într-o măsură însemnată rezistențele betonului. Dacă dozajul de ciment și agregatele rămîn aceleași, rezistența la compresiune funcție de raportul A/C variază ca în figura 7.27. Se poate vedea că pentru un anumit mod de compactare, există o valoare optimă a raportului A/C care conduce la rezistența maximă. Dacă raportul A/C este sub valoarea optimă, rezultă un beton prea vîrtos și nu se poate compacta rămîind poros ; dacă raportul A/C depășește valorile optime, piatra de ciment este foarte poroasă și cu multe canale capilare deschise spre exte-rior datorită evaporării apei. Ambele situații conduc la reducerea rezisten-țelor mecanice.

cea ce privește rezistența la întindere s-a constatat că influența raportului  $A/C$  este mai redusă:  $R_t$  scade mai puțin decât  $R_b$  odată cu sporul raportului  $A/C$ .

*agregatele* influențează rezistențele betonului prin granulozitate, forma și dimensiunile, natura suprafeței și dimensiunea maximă a granulelor.

granulozitatea agregatelor influențează rezistența betonului în măsură asigurată o compactare maximă și o cantitate de apă de amestecare minimă cu condiția să fie păstrată aceeași lucrabilitate (fig. 7.28). Se con-

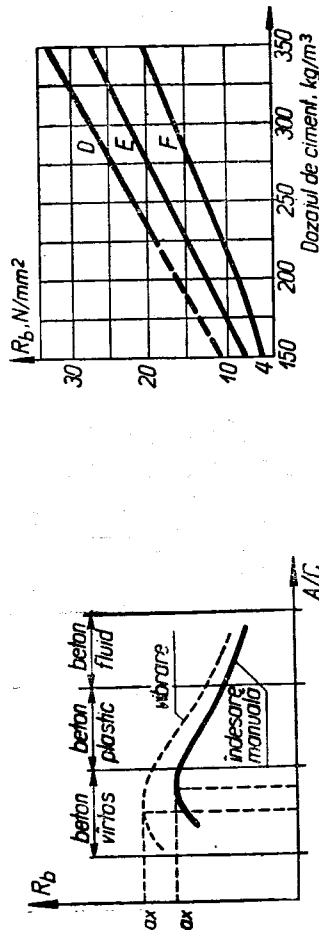


Fig. 7.27. Corelația dintre rezistența la compresiune și raportul  $A/C$ .

tă că la cantități egale de ciment, rezistența betonului crește odată cu cantitatea de agregat mare (curba  $D$ ), în comparație cu un agregat care are și multă parte fină (curba  $F$ ). Această comportare se explică astfel: cu nisipul este mai fin și în cantitate mai mare, cu atât amestecul de beton este mai multă apă de amestecare la aceeași consistență; plusul de apă nisip produce înfiorarea betonului proaspăt care provoacă o reducere a rezistenței real de ciment, rezultând un beton mai poros și cu rezistențe mecanice mai mici.

Agregatele de formă rotunjită dau betoane cu rezistențe mai mari decât cele cu formă lamelară sau aciculară deoarece duc la creșterea compacității și o mai bună lucrabilitate. Rezistențele cresc, de asemenea, când se folosesc agregate de concasaj, care au o suprafață mai rugoasă și deci o bună aderență între piatra de ciment și agregat.

Dimensiunea maximă a agregatelor influențează rezistențele betonului: cantități egale de ciment, betoanele au rezistențe mai mari decât ortarele.

Pentru betoanele grele obișnuite, rezistența agregatelor  $R_{ag}$  trebuie să fie mai mare decât rezistența pietrei de ciment  $R_{cc}$ , pentru ca ruperea să se producă prin agregat:

$$R_{ag} \geq 1,5 R_{cc}. \quad (7.25)$$

*Additivii* influențează în mod favorabil rezistențele betonului. Astfel, adosul de clorură de calciu accelerează priza și întărirea betonului, asigurându-i, în primele zile rezistențe mai mari decât în condiții normale, dar conduce la scăderi în timp a rezistențelor, datorită unor fenomene de cristalizare.

Additivii plusfluidanți măresc lucrabilitatea betoanelor și produc reducerea factorului  $A/C$ . Acest lucru duce la creșterea rezistențelor betonului, așa cum s-a arătat (v. fig. 7.24).

*Punerea în operă și condițiile de păstrare* influențează în mod hotărâtor rezistențele betonului. Factorul cel mai important este modul de compactare al betonului proaspăt, deoarece el influențează în cea mai mare măsură compactitatea betonului și prin aceasta rezistența betonului. Dintre metodele de compactare prezentate, vibrarea este procedeul cel mai folosit. Folosirea vibrării conduce la obținerea unui beton bine compactat cu cit mai puține goluri. În figura 7.27 este prezentat efectul pe care îl are vibrarea asupra rezistenței betonului la compresiune. Se constată că prin vibrare se poate reduce raportul  $A/C$  și se obține o rezistență mult mai mare față de situația unei îndesări manuale.

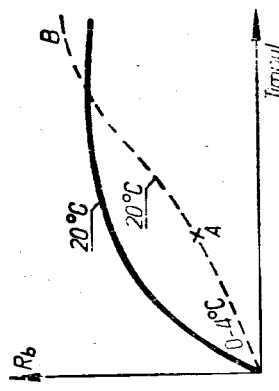


Fig. 7.29. Influența temperaturii asupra rezistenței la compresiune.

Tratarea betonului după turnare este o condiție esențială pentru obținerea unor betoane de rezistență corespunzătoare. Așa după cum s-a arătat, umiditatea și temperatura sunt factori care influențează, în măsură însemnată rezistențele betonului.

Menținerea betonului, în prima fază, la temperaturi scăzute ( $0 \dots 4$ ) °C și apoi la temperaturi normale de 20 °C facilitează o îmbunătățire a rezistenței la compresiune față de condițiile normale de temperatură (fig. 7.29). Această comportare este explicată prin hidratarea mai profundă a cimentului, la temperaturi scăzute, dar superioare punctului de îngheț.

*Vîrstă betonului* influențează rezistențele betonului în sensul că acestea cresc în timp, la început cu o viteză mai mare și apoi cu o viteză din ce în ce mai mică pînă ce creșterea devine egală cu zero. Pentru a se aprecia rezistența betonului la compresiune la un timp  $t$ , au fost găsite legi logaritmice și exponențiale. Astfel, pentru betoane cu ciment portland și metatargic la care raportul  $A/C > 0,5$ , Skramtaev a propus relația:

$$R_{bt} = 0,69 R_{b28} \log t, \quad (7.26)$$

în care:

$R_{bt}$  este rezistența betonului la  $t$  zile;

$R_{b28}$  — rezistența la 28 de zile;

$t$  — timpul, în zile.

O altă relație stabilită este:

$$R_{bt} = a + b \log t, \quad (7.27)$$

unde:

$a$  este rezistența betonului la o zi;

$b$  — creșterea rezistenței în următoarele 9 zile.

Legile logaritmice de variație a rezistențelor betonului în timp sînt valabile pentru perioade normale de întărire (pînă la 1 an); pentru  $t \rightarrow \infty$  rezultă  $R_{bt} \rightarrow \infty$  ceea ce este o absurditate.

7.5.5.4. Evaluarea mărcii betonului. O problemă care a preocupat și mai ocupă pe cercetători este găsirea unei relații care să cuprindă, în mod rezonabil, toți factorii care influențează sensibil această caracteristică. F o r e t a pornit de la ipoteza că rezistența betonului  $R_b$  este proporțională cu pătratul compactității  $c$ :

$$R_b = K_f c^2 \quad (7.28)$$

unde  $K_f$  este un coeficient experimental.

Pentru simplificare se ia în considerare numai compactitatea pietrei de ciment. Volumul fazei solide este  $V_c$ , iar volumul aparent este compus numai din volumul cimentului  $V_c$  și al apei  $V_a$ . Compactitatea va rezulta:

$$c = \frac{V_c}{V_c + V_a} \quad (7.29)$$

Se înmulțește numărătorul și numitorul cu densitatea cimentului  $\rho_c$ , zultind pentru compactitate relația:

$$c = \frac{C}{C + A \rho_c} = \frac{1}{1 + \frac{A}{C} \rho_c} \quad (7.30)$$

Rezistența betonului la compresiune la 28 zile rezultă:

$$R_b = K_f \left( \frac{1}{1 + \frac{A}{C} \rho_c} \right)^2 \quad (7.31)$$

O altă relație a fost stabilită de Bolomey:

$$R_b = K_b \left( \frac{C}{A} - 0.5 \right), \quad (7.32)$$

unde:

$A$  și  $C$  sînt cantitățile de apă și respectiv ciment;

$K_b$  — coeficient ce depinde de natura cimentului, vîrsta și condițiile de păstrare ale betonului.

În urma studiilor experimentale efectuate pentru determinarea coeficientului  $K_b$  din formula lui Bolomey, Skramtaev propune, pentru toate lucrările, relația:

$$R_b = K R_c \left( \frac{C}{A} - 0.5 \right) \quad (7.33)$$

unde:

$R_c$  este marca cimentului folosit;

$K$  — are valoarea 0,50 pentru piatră și 0,55 pentru piatră spartă.

În cazul betoanelor vibrante, membrul drept se înmulțește cu 1,1. Relația (7.33) poate fi folosită pentru calculul compoziției betonului, rezultind raportul  $C/A$  pentru  $R_b$ ,  $R_c$  și  $K$  cunoscute.

## 7.5.6. Deformațiile betonului

Deplasările relative ale punctelor unui corp, unele în raport cu altele, ducînd la modificarea dimensiunilor corpului respectiv, sînt definite ca deformații. În funcție de natura lor și de cauzele care le provoacă deformațiile betonului sînt: de contracție și umflare, datorate variațiilor de temperatură și sub încărcări.

7.5.6.1. Deformații de contracție și umflare. Sînt provocate de modificarea conținutului de apă din structura pietrei de ciment; păstrat în aer, betonul își micșorează volumul, fenomenul fiind denumit *contracție*, iar la păstrarea în apă sau în aer cu o umiditate relativ ridicată, betonul își mărește volumul, fenomenul denumindu-se *umflare*. Viteza de dezvoltare în timp a contracției și umflării betonului este mai mare la o vîrstă tînră și scade pe măsură ce betonul îmbătrînește, anulîndu-se după un anumit număr de ani (fig. 7.30). La păstrarea alternativă în aer și apă, betonul prezintă deformații de contracție și umflare, cele două fenomene fiind parțial reversibile.

Experimental s-a constatat că fenomenul de contracție nu începe pînă cînd nu s-a evaporat apa liberă din beton, adică apa suplimentară celei necesare hidratării cimentului.

Explicarea fenomenului de contracție și de umflare este destul de dificilă, astfel încît nu există în prezent o teorie unitară, care să explice influența tuturor factorilor care intervin la aceste deformații inițiale. Mai cunoscute sînt teoria sorbției superficiale și cea a tensiunilor capilare.

— Teoria sorbției superficiale sau teoria coloidală explică fenomenul contracției și umflării betonului prin migrarea apei în gelurile fazei hidratate a cimentului. La o scădere a umidității mediului înconjurător se produce mai întîi o evaporare a apei libere aflată în porii și vasele capilare din structura pietrei de ciment, după care este antrenată și apa legată fizic (adsorbită pe suprafața criptocristalelor din geluri). Evaporarea spre exterior a apei din geluri este însoțită și de o absorbție spre nucleul nehidratat al granulei de ciment. Această pierdere de apă duce la o micșorare a volumului masei gelice, adică la o contracție a ei. Cînd cantitatea de apă din masa gelului sporește, se fixează noi molecule de apă pe suprafața criptocristalelor, ceea ce duce la creșterea distanțelor dintre particule, adică la umflarea pietrei de ciment.

— Teoria tensiunilor capilare, inițiată de Freyssinet F., explică contracția betonului prin efectul tensiunii superficiale a apei din porii capilari. În porii de dimensiuni mijlocii, apa formează meniscuri care conduc la apariția unor tensiuni superficiale ce solicită pereții porilor. În cazul în care umiditatea aerului scade, presiunea pe pori crește provocînd o micșorare de volum, deci o contracție, iar cînd umiditatea crește se produce o

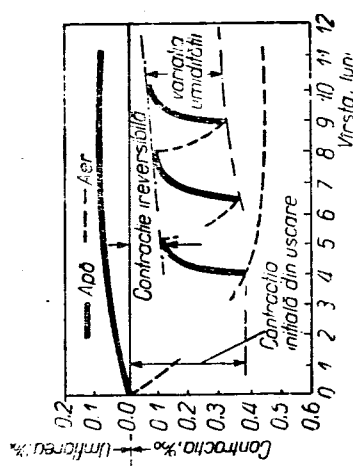


Fig. 7.30. Conținutul și umflarea betonului.



umflare. Această teorie este limitată, deoarece nu dă o explicație satisfăcătoare caracterului parțial reversibil al contracției în mediu umed și nici umflării betonului introdus în apă.

Contractajă și umflarea sînt influențate de factori de compoziție și din mediul exterior.

**Cimentul** influențează contracția prin natura mineralogică, prin doza și finețea de măcinare. Contractajă componentelor mineralogici ai cimentului a fost prezentată în capitolul 5. În ceea ce privește dozajul și finețea de măcinare, s-a constatat că la creșterea lor contracția betonului este mai mare. Această comportare se datorește sporirii volumului relativ al pietrei de ciment și deci al componentei gelice atunci cînd crește dozajul de ciment și se mărește finețea de măcinare. Sporirea componentei gelice duce la contracția mai mare, conform teoriei coloidale.

**Apa de amestecare** este pusă în evidență prin raportul A/C. La sporirea raportului A/C contracția betonului crește. Aceasta se explică prin mărirea numărului de pori din beton (care favorizează pierderea apei prin evaporare) și prin scăderea rezistenței betonului, fiind deci posibilă o contracție mai mare.

**Agregatele** influențează contracția prin cantitatea de agregate, prin natura lor și prin granulozitate. Cu cît cantitatea de agregate este mai mare în raport cu volumul pietrei de ciment, cu atît contracția este mai mică deoarece piatra de ciment este cea care se contractă și nu agregatul. Natura agregatelor influențează contracția prin rigiditatea lor (modulul de elasticitate). Agregatele mai rigide dau betoane cu contracții mai mici. Granulozitatea agregatelor trebuie să fie bună pentru a rezulta betoane cu contracții mici. La o granulozitate defectuoasă rezultă un beton cu compactitate mică la care contracția se produce ușor.

**Alți factori** care influențează contracția sînt: umiditatea și temperatura mediului ambiant, modul de punere în operă, dimensiunile elementului.

S-a constatat că într-un mediu uscat și cu temperatură ridicată (de exemplu în timpul verii), contracția crește mai mult și mai repede decît la aceeași temperatură, însă într-un mediu cu umiditate ridicată. La aceeași umiditate a mediului ambiant, temperatura influențează puțin contracția.

Betoanele puse în operă prin procedee energice de compactare au o compactitate mai mare și deci contracții mai mici.

Contractajă este cu atît mai mare și se produce cu atît mai repede cu cît raportul dintre volumul elementului și suprafața lui liberă va fi mai mic; la elemente cu dimensiuni mici ale secțiunii transversale, pierderea apei se produce mai ușor și contracția va fi mai mare.

Determinarea contracției axiale a betonului întărit se face pe epruvete de formă prismatică cu dimensiunile,  $40 \times 40 \times 160$ ;  $100 \times 100 \times 550$ ;  $140 \times 140 \times 600$  mm. Principiul determinării constă în măsurarea lungimii epruvetelor de beton la diferite vârste: 7; 14; 28; 56; 90 zile și la alte termene considerate necesare.

Pe baza citirilor contracția axială se determină cu relația:

$$\text{Contractajă} = \frac{\delta_0 - \delta_1}{L_0}; \quad \frac{\delta_0 - \delta_2}{L_0}; \dots [\text{mm/m}] \quad (7.34)$$

în care:

$\delta_0, \delta_1, \delta_2 \dots$  citirile la comparatorul care înregistrează deplasările la 7; 14; 28 ... zile;  
 $L_0$  — lungimea epruvetei.

**7.5.6.2. Deformațiile datorită variațiilor de temperatură ale mediului înconjurător.** Se produc ca urmare a variațiilor de volum ale componentelor betonului. Legile deformațiilor datorită variațiilor de temperatură, stabilite pentru toate corpurile în general (v. cap. 3) sînt valabile și la beton.

**7.5.6.3. Deformațiile betonului sub încălzire.** Aceste deformații au un caracter orientat, dezvoltîndu-se după direcția de acționare a încălzirii.

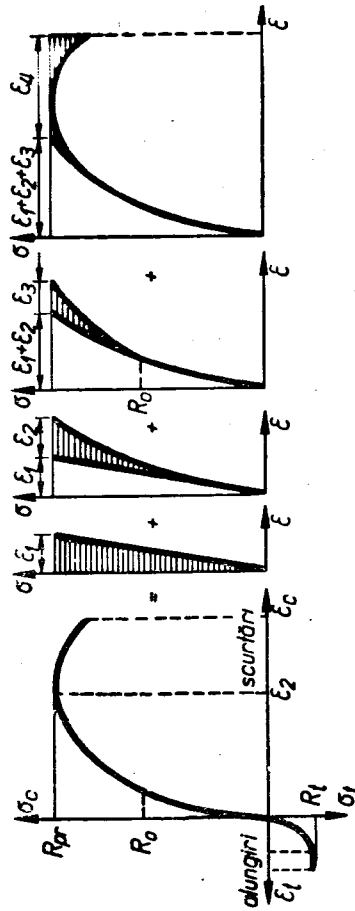


Fig. 7.31. Componentele deformației betonului.

Rezultă că analiza deformațiilor produse la încălzire se poate face prin considerarea corelației dintre eforturile unitare σ și deformațiile specifice ε. În cazul betonului funcția σ—ε se exprimă printr-o curbă a cărei formă depinde de marca, compoziția și vârsta betonului, de mărimea, durată și caracterul acționării încălzirii.

Sub acțiunea încălzirilor, betonul, un material cu proprietăți fizico-mecanice specifice, suferă deformații complexe. Pentru analiza lor se descompune deformația totală, pentru cazul compresiunii, în deformații componente considerate elementare (fig. 7.31).

— Deformația elastică ε<sub>1</sub> presupune o comportare elastică a materialului: legătura dintre efortul unitar σ și deformația specifică ε<sub>1</sub> fiind dată de legea lui Hooke:

$$\sigma = E_0 \cdot \varepsilon_1, \quad (7.35)$$

unde E<sub>0</sub> este modulul de elasticitate al betonului.

Betonul are deformații elastice mai pronunțate cu cît are o vîrstă mai mare, cu cît este de o marcă mai bună și cu cît încălzirea se face mai repede.

— Deformația de curgere lentă ε<sub>2</sub> produce curbarea diagramei σ—ε și apare sub acțiunea de durată a încălzirilor, suprapunîndu-se deformațiilor elastice. Cu cît durata de acțiune a încălzirilor este mai mare, cu atît curbarea diagramei σ—ε este mai pronunțată, rezultînd și o scădere a efortului unitar de rupere, σ/R < 1,0 (fig. 7.32). Pentru explicarea fenomenului de curgere lentă există, la fel ca și la contracție, mai multe teorii.

Teoria curgerii viscoase a pietrei de ciment (teoria coloidală) presupune curgerea lentă a betonului este datorită deformărilor viscoase ale componentei gelice. Când se aplică încărcarea se produce deformarea elastică instantanee  $\epsilon_1$ , încărcarea fiind preluată pe de o parte de agregate, componenta structurală cristalină și nucleele nehidratate din piatra de ciment, care toate se deformează elastic, iar pe de altă parte de componenta gelică,

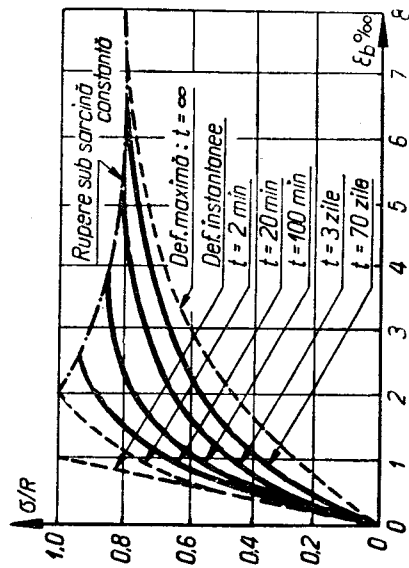


Fig. 7.32. Influența duratei de încărcare asupra deformărilor.

începe să curgă ca un material viscos, antrenând în această deformare celelalte componente. Viteza acestei deformări determinată de raportul este mare la început apoi scade până când se amortizează (fig. 7.33).

Teoria curgerii lente datorită infiltrării apei din geluri presupune că sub acțiunea unei presiuni exterioare apa se infiltrează în spațiile capilare de unde se evaporă în mediul înconjurător, fapt care duce la o deformare lentă.

Curgerea lentă este influențată de diferiți factori la fel ca și contracția. Astfel, deformările de curgere lentă sînt mai mari pentru: doza și finețe de măcinare mai mari ale cimentului; raport A/C mai mare; agregate cu modul de elasticitate mai mic și granulozitate defectuoasă; dimensiuni mai mici ale elementelor etc.

— Deformarea plastică  $\epsilon_3$  se produce peste o anumită valoare a efortului unitar, notată cu  $R_0$ . Aceste deformări sînt datorate proceselor ireversibile de microdistrugere, care în timpul unei curgeri unitare  $R_0$ , iar pe măsura creșterii efortului microdistrugerile se transformă în macrodistrugeri și se extind pe suprafețe tot mai mari. Deși sînt denumite tot deformări plastice acestea deosebesc esențial de deformările plastice propriu-zise care se dezvoltă în metale.

Cînd eforturile unitare depășesc limita  $R_0$ , deformările de curgere lentă definesc ca deformări de curgere lentă neliniară și se studiază împreună

cu deformările plastice. Limita  $R_0$  depinde de marca betonului (mai joasă pentru mărci mici).

— Deformările pseudo-plastice  $\epsilon_4$  apar la trepte înalte de încărcare cînd viteza deformărilor crește brusc, iar viteza de creștere a eforturilor este mai mult sau mai puțin constantă. Deformările pseudo-plastice reprezintă un proces autoaccelerat al creșterii ruperilor inferioare. Aceste deformări sînt proprii în special betoanelor de mărci inferioare, cu  $R_0$  redus.

În general deformările neelastice ale betonului  $\epsilon_2$ ,  $\epsilon_3$  și  $\epsilon_4$  se denumesc deformări viscos-plastice și se notează :

$$\epsilon_p = \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4. \quad (7.36)$$

Rezultă că betonul se caracterizează prin deformări elasto-viscos-plastice.

### 7.5.7. Comportarea betonului la acțiuni agresive

Comportarea betonului la atacul agenților destructivi depinde de stabilitatea pietrei de ciment, de compactitatea betonului, de natura agregatului, de natura agentului agresiv etc.

Cum distrugerea pietrei de ciment reprezintă un factor esențial pentru durabilitatea betoanelor, tipurile de coroziune și mecanismele după care se produc, prezente la studiul cimentului, rămîn valabile și la beton.

În plus, la betoane mai pot apărea degradări din cauza acțiunii fenomenelor fizice, biochimice și a incompatibilității agregatelor cu cimentul.

**Distrugerea prin fenomene fizice** se poate produce datorită înghețului-dethingelui repetat, variațiilor de temperatură și acțiunii fizice provocate de anumite substanțe. Astfel, uleiurile fluide pot pătrunde prin absorbție capilară și se depun între piatra de ciment și agregat, micșorînd aderența. De asemenea, anumite săruri solubile pot fi absorbite prin capilarii, iar după evaporarea apei pot cristaliza în porii betonului, distrugîndu-l.

**Acțiunea corosivă biochimică** este produsă de activitatea anumitor microorganismelor (bacterii, alge, mușchi etc.) care dau naștere la substanțe care atacînd componenții pietrei de ciment, îl distrug.

**Incompatibilitatea agregatelor cu cimentul** apare la betoanele confecționate cu cimenturi bogate în alcalii și cu agregate care conțin bioxid de siliciu activ (opale, calcedonie, flint etc.). La prepararea betonului, alcaliile trec în soluție sub formă de hidroxizi și reacționează cu  $\text{SiO}_2$  activ din agregate formînd geluri, care au proprietatea de a se umfla în contact cu apa, solicitînd și distrugînd betonul.

Protecția betonului împotriva acțiunilor agresive se face fie constructiv, fie prin diverse tratamente.

— Protecția constructivă constă în alegerea unor cimenturi rezistente la coroziune, folosirea unor agregate stabile la acțiunile chimice respective, compatibilitatea cu cimentul și cu bună granulozitate, realizarea unor betoane compacte.

— Tratamentele superficiale care se aplică pe suprafața elementelor de beton se pot realiza în urma reacțiilor chimice cu piatra de ciment sau prin aplicarea unor substanțe anticorozive. Dintre procedeele de protecție cu acțiuni chimice care reacționează cu piatra de ciment se folosesc: fluatarea și ocrutarea.

Pluatarea constă în tratarea suprafețelor de beton cu soluții de săruri ale acidului silicofluorhidric cu metale grele (fluaj).

Ocratarea, aplicată numai la prefabricate, constă în tratarea betonului cu tetrafluorură de siliciu gazoasă ( $\text{SiF}_4$ ).

Ca substanțe anticorozive pentru protecția betonului se folosesc: materiale bituminoase, materiale din polimeri sub formă de folii, lacuri etc.

## 7.6. BETOANE SPECIALE

Betonul greu obișnuit reprezintă principalul tip de beton folosit în construcțiile de beton simplu, beton armat și beton precomprimat. Condițiile deosebite în care se găsesc unele elemente de construcții în exploatare au condus la crearea unor tipuri de betoane speciale, care să asigure structurilor durabilitatea necesară, cum sînt: betoanele rezistente la temperaturi înalte (refractare); betoanele antiacide; betoanele de protecție împotriva radiațiilor; betoanele cu polimeri ș.a.

### 7.6.1. Betoane rezistente la temperaturi înalte (refractare)

Betoanele rezistente la temperaturi înalte sînt acele betoane care își mențin caracteristicile fizico-mecanice esențiale în anumite limite, chiar după ce au fost supuse timp îndelungat acțiunii unor temperaturi ridicate. După temperaturile la care sînt folosite aceste betoane se clasifică în [34]:

- beton termorezistent (refractaritatea  $< 1\,500\text{ }^\circ\text{C}$ ; temperatura de fosire  $200 \dots 1\,100\text{ }^\circ\text{C}$ );
- beton refractar ( $1\,500\text{ }^\circ\text{C} < \text{refractaritatea} < 1\,790\text{ }^\circ\text{C}$ ; temperatura de fosire  $1\,100 \dots 1\,300\text{ }^\circ\text{C}$ );
- beton foarte refractar (refractaritate  $> 1\,790\text{ }^\circ\text{C}$ ; temperatura de fosire  $> 1\,300\text{ }^\circ\text{C}$ ).

Lianții folosiți la prepararea betoanelor refractare sînt: cimentul aluminos; cimentul portland cu stabilizator ceramic; lianții speciali (silicat de sodiu, ciment magnezian etc.).

Cimentul aluminos este liantul care se pretează cel mai bine la prepararea betoanelor refractare. În ultimul timp, însă, cimentul portland a început să fie tot mai folosit, cu condiția să i se adauge un "stabilizator ceramic". Acesta are rolul de a menține rezistența mecanică necesară în perioada deshidratării totale a cimentului între  $400$  și  $900\text{ }^\circ\text{C}$ , asigurînd totodată și formarea unor silicați și aluminați anhidri de calciu. Ca stabilizator ceramic se adaugă agregate fine cum ar fi: argile refractare, zgură metalurgică refractară, șamotă etc.

Agregatele utilizate la prepararea betoanelor refractare sînt: șamota, minereul de crom și magnezie, carbură de siliciu, materialele bogate în oxid de aluminiu etc. Condiția de bază care se pune agregatelor este de a avea o granulozitate bună pentru a rezulta un beton cu un consum cît mai redus de liant și apă, asigurîndu-se astfel o mai bună refractaritate.

Față de ceramica refractară, betonul refractar are următoarele avantaje: rapiditate în execuție; nu necesită ardere prealabilă și turnare în forme

complicate; eliminarea rosturilor de la zidărie; rezistență mult mare la șocuri; cost de producție mai redus etc.

Folosirea betoanelor refractare a început să fie tot mai largă, acestea înlocuind ceramica refractară la căptușirea unor agregate termice din industria siderurgică, metalurgică fieroasă și neferoasă, industria ceramică și a sticlei, industria cimentului, industria chimică, tehnica nucleară etc.

### 7.6.2. Betoane antiacide

În această categorie de materiale intră mortarele și betoanele de protecție anticorosivă. Mortarele au în compoziția lor un nisip provenind din roci rezistente la corziune chimică. Betoanele au aceeași compoziție ca și mortarele, agregatul folosit avînd atît parte fină cît și agregat mare cu o compoziție granulometrică bine stabilită, pentru a da o impermeabilitate cît mai mare.

Lianții folosiți se bazează, în principal, pe silicați solubili, dintre care cel mai folosit este silicatul de sodiu (sticla solubilă). Se mai pot utiliza lianți de natură organică cum sînt rășinile pe bază de polimeri.

Agregatele trebuie să provină din roci rezistente la agenți chimici agresivi și să aibă o bună granulozitate. Se pot utiliza: cuarțul, granitul, silitul și dioritul, andezitul, bazaltul, tufuri vulcanice etc.

Adaosuri accelerafoare ale prizei și întăririi se folosesc mai ales, în cazul cînd liantul este pe bază de sticlă solubilă. Cel mai des se utilizează fluosilicați de sodiu ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ) și potasiu. Se mai utilizează și acizi concentrați, esteri ai acizilor grași etc. Adăugarea acestor substanțe face ca priza să se facă în cîteva minute.

Mortarele și betoanele antiacide sînt folosite ca straturi de protecție a elementelor de beton la fundații de rezervoare și bazine, la căptușirea utilajelor și agregatelor, la rosturile pardoselilor din plăci antiacide etc.

### 7.6.3. Betoane de protecție împotriva radiațiilor

Betonul, ca material de protecție împotriva radiațiilor nucleare, este materialul cel mai ieftin, fapt pentru care este foarte folosit în toate instalațiile unde există surse radioactive.

Ca liant se folosește fie cimentul portland, fie lianți de altă natură, dar în dozaie ridicate.

Agregatele joacă un rol important deoarece betoanele foarte grele dau cea mai bună atenuare a radiațiilor nucleare penetrante. În mod obișnuit pentru prepararea acestor betoane se utilizează: barita, magnetitul, limonitul etc.

### 7.6.4. Betoane cu adaosuri de polimeri

La prepararea betoanelor obișnuite se adaugă emulsii de polimeri care trebuie astfel dozate încît să asigure umplerea porilor capilari ai betonului. Pierderea apei din emulsii, prin evaporare și hidratarea cimentului, duce

formarea unor membrane solide de polimeri care măresc adezlunea între piatra de ciment și agregat, ceea ce contribuie la îmbunătățirea urtoarelor caracteristici ale betonului : rezistența la întindere, uzură, impermeabilitate, atac chimic etc.

Aceste betoane se utilizează ca : pardoseli, îmbrăcăminți rutiere, lucrări finisaj etc.

Un beton special, de dată mai recentă, este betonul de ciment impregnat polimerizat. Acesta se obține prin impregnarea unui beton obișnuit în apă cu un monomer, care este apoi polimerizat în masa betonului. Rezultă un material nou cu caracteristici tehnice (rezistențe mecanice ; impermeabilitate ; rezistență la uzură, la îngheț-dezghet și chimică etc.) cu mult peste performanțele betonului obișnuit.

### 7.6.5. Alte betoane speciale

O altă categorie de betoane speciale o constituie betoanele de mare rezistență, betoanele hidrotehnice și cele pentru drumuri.

**Betoanele de mare rezistență** au rezistența la compresie la 28 de zile la mare de 600 daN/cm<sup>2</sup>. Pentru realizarea acestora, în condiții obișnuite, folosesc : cimenturi de mărci superioare (P 500, PZ 500, RIM 200 și 300) cu dozaj sporit ; agregate de concasaj cu o granulozitate bună ; un raport A/C redus, realizat prin dozaj sporit de ciment dar și prin folosirea plastifianti ; folosirea unor mijloace energetice de compactare.

Betoane de mărci superioare se pot obține și prin realizarea betonului ciment polimerizat.

Betoanele de mare rezistență sunt destinate elementelor de construcții deschideri mari și puternic solicitate.

**Betoane hidrotehnice** se găsesc în contact permanent sau periodic cu apă, și ca atare trebuie să asigure construcțiilor durabilitate în aceste condiții. Conform STAS 6102-69 betoanele hidrotehnice se grupează astfel (Fig. 7.34) :

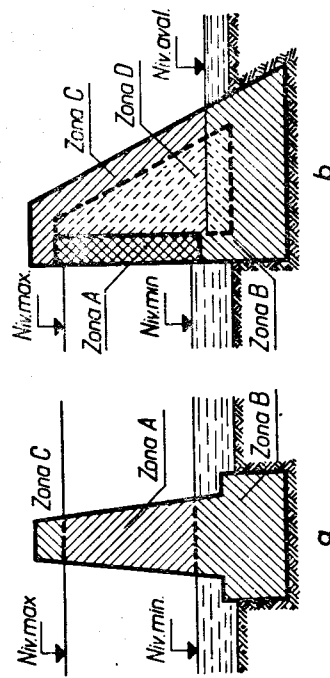


Fig. 7.34. Betoane hidrotehnice.

în funcție de poziția lor în construcția hidrotehnică față de nivelul apei în :

- beton permanent sub apă (zona A) ;
- beton aflat în zona de variație a nivelului apei (zona A) ;

- beton aflat deasupra zonei de variație a nivelului apei (zonele C și D).

După masivitatea construcției, în :

- beton nemasiv (fig. 7.34, a) ;

- beton masiv (fig. 7.34, b) ;

După poziția betonului în raport cu fețele exterioare ale construcțiilor masive în :

- betonul zonei exterioare (de parament, zonele A și C) ;

- betonul zonei interioare (de interior, zona D).

După presiunea apei care se exercită asupra construcției :

- beton pentru construcții supuse la presiunea apei ;

- beton pentru construcții nesupuse presiunii apei.

Caracteristicile tehnice care se determină la betoanele hidrotehnice sint date în tabelul 7.6.

Tabelul 7.6

### Caracteristicile tehnice ale betoanelor hidrotehnice

| Caracteristica                           | Valori reale caracteristicii  | Zonele la care nu se referă determinarea caracteristicii                          |
|--|---|---|
| Rezistența în acțiunea agregativă a apei | —   | Zonele interioare ale construcțiilor masive nesupuse la presiuni                  |
| Impermeabilitatea                        | P 4, P 8, P 12.   | Zonele interioare ale construcțiilor masive nesupuse la presiuni                  |
| Rezistența la îngheț-dezghet             | G 50, G 100, G 150  | Betonul aflat permanent sub apă și betonul zonei interioare a construcției masive |
| Rezistențele mecanice                    | $R_b=100, 150, 200, 250, 300, 400, 500$<br>$R_t=10, 15, 20, 25, 30$ | —   |
| Dezajarea de căldură                     | —   | Betonul pentru construcții masive   |

Zonele care nu sint trecute în ultima coloană a tabelului trebuie executate ca să corespundă din punctul de vedere al caracteristicilor respective. Betoanele hidrotehnice se notează cu indicativul BH, urmat de : rezistența la compresie la 90 zile, în daN/cm<sup>2</sup>, rezistența la întindere T, gradul de impermeabilitate P și gradul de gelivitate G. Exemplu : BH 150, T 15, P 4, G 50.

**Betoanele pentru drumuri** sint folosite la fundații, iar pentru drumurile de mare trafic, la îmbrăcăminți rutiere. Îmbrăcămințile rutiere se execută din două straturi : stratul de rezistență de minimum 10 cm grosime din beton B 300 și stratul de uzură de minimum 5 cm și beton B 350. Pentru

tarca fisurilor din contracție, îmbărcămînțile rutiere nu se execută conuu, ci cu rosturi care se umplu cu chit bituminos. Plăcile rezultate au gimi de (12...15) m și lățimi de 3 m. Pentru a avea o rezistență cit mai re la gelivitate, betoanele rutiere se execută cu cimenturi bogate în C<sub>3</sub>S cu aer oclus.

## 7.7. BETOANE UȘOARE

Prin betoane ușoare se înțeleg acele betoane care au o densitate aparentă ai mică decit cea a betoanelor grele obișnuite. Conform clasificării prentate în primul paragraf al acestui capitol, betoanele ușoare sînt cele re au o densitate aparentă mai mică decit 1 700 kg/m<sup>3</sup>. Prescripțiile Co-tetului European de Beton (CEB) arată însă că în categoria betoanelor oare sînt cuprinse toate betoanele avînd densitatea aparentă mai mică ct 2 100 kg/m<sup>3</sup>.

Betoanele ușoare s-au creat și au o mare dezvoltare în prezent datorită or caracteristici tehnice care le fac deosebit de apreciate : densitate apa-ntă redusă și capacitate de izolare termică ridicată. Aceste caracteristici nduc la elemente de beton cu greutate proprie redusă, bune termoizola-are, ușor de prefabricat etc.

Betoanele ușoare pot fi clasificate din mai multe puncte de vedere abelul 7.7). După cum rezultă din tabelul 7.7, agregatele folosite la pre-ararea betoanelor ușoare sînt de natură anorganică (minerală), naturale artificiale și de natură organică, naturale (cele vegetale) și artificiale ele din polimeri organici); densitatea în grămadă a agregatelor ușoare te mai mică de 1 200 kg/m<sup>3</sup>.

După natura lor, agregatele minerale ușoare pentru betoane și mortare clasifică în (STAS 2 386-73) :

— agregate naturale : diatomit, tufuri vulcanice, scorii bazaltice etc. ;  
— agregate artificiale, care sînt produse secundare industriale ca : zgure e focare de cazane, steril ars din exploatările de cărbuni, deșeuri cera-ice etc., cît și produse fabricate în mod special ca : argile expandate ranulit), zgure expandate, perlit expandat etc.

După densitatea în grămadă, în stare afînată a materialului uscat, agre-tele minerale ușoare se împart în clasele indicate în tabelul 7.8.

Densitatea în grămadă se definește pe sortul 7,1/16, iar pentru tipurile e agregate care au granulația maximă 7,1 mm, definirea se face pe mate- alul ca atare.

Agregatele ușoare naturale rezultă în urma solidificării magmei vulca- ce, au structuri poroase, densități de pînă la 1 000 kg/m<sup>3</sup> și rezistența la ompresiune pînă la 150 daN/cm<sup>2</sup>.

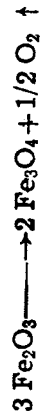
Granulitul se obține în urma expandării argilelor ușor fuzibile. În acest op argila se fasonază cu cantități reduse de apă sub formă de granule se arde în cuptoare rotative la 1 100...1 200 °C. Expandarea se dato- ește degajării, la temperatura ridicată din cuptor a unor gaze care apar

Tabelul 7.7

## Clasificarea agregatelor ușoare

| Fiul clasificării                   | Tipul betoanelor ușoare          | Caracteristici  |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|
| — După structură și granulozitate   | Compacte                         | Cu agregate minerale ușoare sau cu agregate vegetale  |
|                                     | Macroporoase                     | Cu agregate avînd diametrul granular de cel puțin 5 mm iar pasta de ciment nu umple spațiul dintre granule                          |
|                                     | Celulare                         | Se obțin prin înspumare sau pe bază de adaosuri generatoare de gaze   |
| — După tipul agrega- telor folosite | Agregate minerale                | Cuprînd agregatele minerale ușoare naturale și artificiale  |
|                                     | Agregate vegetale                | Sînt agregate organice naturale (rume- guș, talaj, coji de orez, puzderil de în și chiepă)  |
|                                     | Agregate din polimeri organici   | Cuprînd granule de polisti. en, de cau- ciuc, de poliuretani etc.   |
| — După domeniul de folosire         | Termoizolatoare                  | Principala caracteristică este asigura- rea izolării termice $\lambda \leq 0,3$ kcal/m·h·°C, $R_b < 30$ daN/cm <sup>2</sup>         |
|                                     | Termoizolatoare și de rezistență | Rezistența la compresiune mai mare de 30 daN/cm <sup>2</sup> și conductivitatea ter- mică $\lambda \leq 0,60$ kcal/m·h·°C.          |
|                                     | De rezistență                    | Au rezistențe ridicate și se apropie de betoanele obișnuite grele $R_b \geq 100$ daN/cm <sup>2</sup> ; $\lambda > 0,6$ kcal/m·h·°C. |

în urma reacțiilor de disociere sau de combinare a unor oxizi ai argilei.  
De exemplu :



Granulitul are la exterior o suprafață ușor vitrifiată, iar în interior o structură poroasă. Se livrează în sorturile : 0...7,1 mm ; 7,1...16 mm ; 16...31 mm și în subelasele A 1b, A 2a, A 2b, A 3a și A 3b. Rezistențele la strivire ale granulitului în funcție de densitatea în grămadă în stare afînată

**Clasele de agregate ușoare**

| Clasa | Subclasa | Densitatea $\rho_a$ , kg/m <sup>3</sup> | Tipul de agregate  |
|-------|----------|---|--|
| A 1   | A 1a     | <200                                    | perlit expandat  |
|       | A 1b     | 201...350                               | perlit expandat ; granullit  |
|       | A 2a     | 351...500                               | granullit, diatomit  |
| A 2   | A 2b     | 501...600                               | granullit, zgură expandată   |
|       | A 3a     | 601...750                               | granullit, zgură expandată, agloporit                              |
| A 3   | A 3b     | 751...900                               | granullit, zgură expandată, scorle bazaltică zgură de cazan        |
|       | A 4      | 901...1 200                             | scorle bazaltică, tuf dacitic, steril ars, spăr-turi ceramice etc. |

uscată, conform STAS 7343-73, trebuie să fie de minimum: A 2a...20 daN/cm<sup>2</sup>; A 2b...25 daN/cm<sup>2</sup>; A 3a...30 daN/cm<sup>2</sup>; A 3b...40 daN/cm<sup>2</sup>.

Zgura expandată se obține prin răcirea zgurei de furnal în cuva de expandare, cu jeturi puternice de apă; agregatele din zgură expandată se obțin prin concasarea și sortarea zgurei expandate. Agregatele din zgură expandată se livrează în sorturile 0...7,1 mm; 7,1...16 mm și 16...31 mm și cu densități în grămadă între 500 și 1 200 kg/m<sup>3</sup>.

Perlitul expandat se obține dintr-o rocă magmatică silicioasă, numită erlit, prin expandare în cuptoare speciale (expandarea se datorește apei legate chimic în rocă). Este un material foarte poros cu densitatea în grămadă sub 350 kg/m<sup>3</sup>.

Agloporitul rezultă din arderea unor deșeuri industriale cu conținut de cărbune cum sînt zgurele și cenușele de termocentrală, cît și sterilul ars de la exploatarea carboniferă. Are rezistența la compresiune între 10 și 100 daN/cm<sup>2</sup>.

### 7.7.1. Betoane ușoare compacte

Betoanele ușoare compacte se execută cu agregate minerale ușoare sau agregate vegetale. Caracteristica principală a structurii lor este compactitatea, realizată prin umplerea cu mortar a golurilor dintre granule. Greutatea redusă a acestor betoane se datorește exclusiv porozității agregatelor.

Dintre agregatele folosite, granullitul (cu denumirile de : Keramzit — rusă ; expanded clay — engleză ; argile expanse — franceză ; Blöhton — germană ; qullctt — suedeză sau denumirea firmei Lecca) este cel mai mult utilizat.

La stabilirea compoziției betoanelor ușoare compacte și prepararea lor, se vor avea în vedere următoarele :

— agregatul ușor să aibă o granulozitate bună, care să asigure un volum de goluri minim între granule. Asigurarea granulozității continue se face prin folosirea de nisip obișnuit (10...35% din totalul agregatului) ;

— în cazul folosirii agregatelor vegetale este necesară mineralizarea lor pentru a neutraliza efectul corosiv asupra pietrei de ciment, produs de unele substanțe existente în aceste agregate, pentru împiedicarea degradării lor sub acțiunea microorganismelor și umezelii, precum și pentru îmbunătățirea aderenței dintre piatra de ciment și agregat. Ca mineralizatori se folosesc soluții de clorură de calciu, silicat de sodiu, lapte de var sau substanțe combinate.

Caracteristicile tehnice ale betoanelor ușoare compacte diferă în funcție de natura agregatului și cantitatea de agregat folosit. În tabelul 7.9, sînt arătate cîteva caracteristici fizico-mecanice pentru betoanele grele și ușoare cele mai folosite.

Tabelul 7.9

**Caracteristicile fizico-mecanice ale betoanelor grele și ușoare mecanice**

| Tipul betonului | $\rho_b$ , kg/m <sup>3</sup> | $P_f$ , % | $\lambda$ , kcal/m <sup>2</sup> Ch (W/mK) | $R_p$ , daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) | Modulul de elasticitate |
|-----------------|------------------------------|-----------|---|--|-------------------------|
| Greu obișnuit   | 2 200...<br>2 500            | <10       | 1,1<br>(1,28)                             | Variabil<br>pînă la<br>800 (80)                  | $E_0$                   |
| Ușor compact    | ≤1900                        | 5...50    | 0,2...0,7<br>(0,23-0,82)                  | Variabil<br>pînă la<br>400 (40)                  | (0,5...0,8) $E_0$       |

Conductivitatea termică a betoanelor ușoare compacte depinde de diferenți factori, printre care cea mai mare influență o exercită densitatea aparentă, tipul materialului și structura sa, precum și umiditatea relativă.

Materialul cu densitate aparentă mică (foarte poroasă) și cu valori mici ale conductivității termice, sînt deci bune izolatoare. La o porozitate identică, conductivitatea termică crește odată cu mărirea porilor deoarece sporește convecția aerului în pori, ceea ce favorizează trecerea căldurii (exemplu : pentru temperatura de 0 °C în pori cu diametrul de 0,5 mm,  $\lambda = 0,022$  kcal/m·h·°C, iar în pori de 5 mm,  $\lambda = 0,038$  kcal/m·h·°C). În ceea ce privește umiditatea s-a constatat că la creșterea umidității are loc întotdeauna și creșterea conductivității termice.

Rezistențele betoanelor ușoare compacte cresc odată cu creșterea densității aparente. În figura 7.35 este prezentată variația rezistenței la com-



prestune funcție de densitatea aparentă pentru betoane ușoare cu granulat. Dozajul de ciment, raportul A/C, mijloacele de punere în operă influențează în același sens rezistențele acestor betoane, ca și în cazul betonului greu obișnuit. O influență însemnată o are rezistența agregatului deoarece  $R_{ag} < R_c$ , ruperea avînd loc prin agregat.

Valorile mai mici ale modului de elasticitate al betonului ușor compact conduc la valori mai mari (în medie cu 30%) ale deformațiilor decât în cazul betonului greu obișnuit.

Betoanele ușoare compacte au o largă utilizare în construcții, ele fiind deosebit de avantajoase la confecționarea de blocuri și panouri mari pentru pereți, corpuri de umplură, plăci și fișii pentru planșee și acoperișuri, plăci termoizolatoare, iar în ultimul timp, ca elemente de beton armat și precomprimat, diafragme la clădiri înalte.

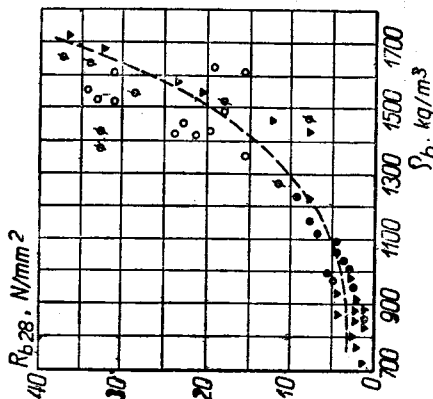


Fig. 7.35. Rezistența betoanelor ușoare compacte în funcție de densitate.

### 7.7.2. Betoane macroporoase

Aceste betoane se obțin prin alegerea unei granulozități speciale a agregatelor, care pot fi grele compacte sau ușoare poroase. Partea fină din agregate se elimină, iar cantitatea de apă și ciment se dozează astfel încît fiecare granulă să fie învelită cu o peliculă fină de pastă de ciment, fără a golurile dintre granule să fie umplute (fig. 7.36).

Dozajul de ciment la betoanele macroporoase trebuie deci astfel calculat încît pasta să acopere granulele agregatului cu peliculă, sudi-le doar la punctele de contact. În aceste condiții, dozele de ciment sînt, în general, mai mici, nedepășind 300 kg/m<sup>3</sup>, iar raportul A/C trebuie bine stabilit pentru ca pasta ce rezultă să învelească uniform granulele de agregat; în medie A/C = 0,4 ... 0,5.

În tabelul 7.10 sînt prezentate cîteva din caracteristicile fizico-mecanice ale betoanelor macroporoase. Betoanele cu porozitatea de tip A se realizează cu agregate monogranulare, grele și ușoare, de un singur sort; cele de tip B cu agregate, grele și ușoare, formate din unul sau mai multe sorturi; cele de tip C utilizează mai multe sorturi de agregate ușoare monogranulare la care se admite și un procent redus din fracțiunea 0 ... 3 mm. Conductivitatea termică a betoanelor macroporoase este în general mai mare decît la betoanele ușoare compacte cu aceeași densitate, datorită

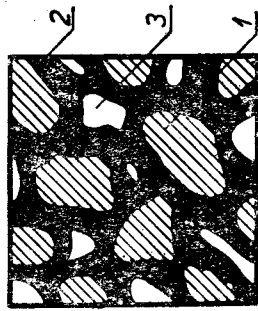


Fig. 7.36. Beton macroporos: 1 — granulă de agregate; 2 — pastă de ciment; 3 — pori macroscopici.

Tabelul 7.10

Caracteristicile fizico-mecanice ale betoanelor macroporoase

| Caracteristici | $\rho_b$<br>kg/m <sup>3</sup> | Volum de goluri, % |           |      | $A_1$<br>kcal/m <sup>2</sup> ·h·°C<br>(W/m <sup>2</sup> ·K) | $R_b$<br>daN/cm <sup>2</sup><br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-------------------------------|--------------------|-----------|------|---|--|
|                |                               | A                  | B         | C    |   |  |
| Valori limită  | 1 000 ... 2 000               | 25 ... 35          | 20 ... 25 | < 20 | 0,25 ... 0,60<br>(0,29 ... 0,70)                            | Variabil<br>pînă la<br>100 (16)                      |

porilor de dimensiuni mai mari. Rezistențele mecanice depind de același factori ca și în cazul betonului greu obișnuit cu valori pînă la 100 daN/cm<sup>2</sup>. La mărci echivalente, moduli de elasticitate ai betonului macroporos sînt mai mari decît ai betonului obișnuit rezultînd deformații mai reduse (exemplu contracția 0,2 mm/m). Aceste observații sînt valabile pentru cazul cînd se folosesc agregate grele compacte. Betoanele macroporoase au o permeabilitate ridicată, și o rezistență la îngheț-dezghet mai mare, datorită porilor și golurilor specifice (permit trecerea apei pe care nu o rețin și joacă rolul unor vase de expansiune pentru apa care îngheață).

Betoanele macroporoase se utilizează la executarea de pereți monoliți, blocuri de zidărie, plăci termoizolatoare etc.

### 7.7.3. Betoane celulare

Betoanele celulare se obțin prin provocarea unei reacții chimice urmate de o degajare de gaz în pasta de ciment ori într-un mortar de ciment sau var cu agregat fin — *betoane cu gaz (gazobetoane)* — sau prin amestecarea pastei de ciment cu o spumă — *betoane cu spumă (spumobetoane)*. Rezultă un material cu un număr foarte mare de bule de aer, diametrul lor fiind între 0,5 și 7 mm (fig. 7.37).

Tot în categoria acestor betoane mai pot fi incluse și betoanele microporoase la care porii se formează din cauza evaporării apei, diametrul lor fiind de obicei mai mic de 0,1 mm.

Materialul folosit pentru fabricarea betoanelor celulare sînt:

— liantul folosit este cimentul portland cu sau fără adaosuri sau varul (se obțin produse silicocalcare). Cimentul folosit nu trebuie să aibă o marcă prea mare;

— agregatele utilizate sînt, de obicei, fine, astfel încît aceste materiale sînt de fapt mortare. Se folosesc: nisip silicios, cenușă de termocentrală, tras, diatomit sau agregate cu dimensiuni pînă la 31 mm din zgură expandată sau granulat. Agregatele folosite influențează proprietățile betoanelor celulare prin finețea lor de măcinare și prin conținutul în SiO<sub>2</sub>, mai ales la betoanele autoclavizate;

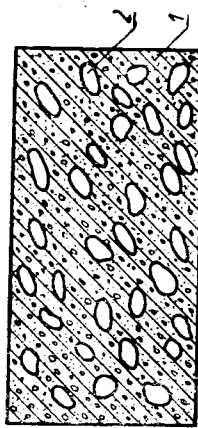


Fig. 7.37. Beton celular: 1 — beton; 2 — pori.

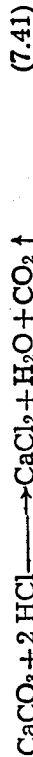
— cantitatea de apă de amestecare este mai mare decât la celelalte betoane, raportul A/C putând să ajungă la 2. Cantitatea mare de apă este reclamată de agregate care fiind fine necesită multă apă de amestecare.

*Substanțele generatoare de gaze* sînt următoarele:

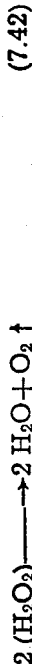
— elemente ca Al, Zn, Mg sau feroaliajele Fe-Si, Fe-Mn, care în stare de pulberi reacționează cu componenții bazei ai liantului, cu formare de hidrogen. Cel mai mult folosită este pulberea de aluminiu:



— substanțele care reacționează între ele cu degajare de gaze (carbonați și bicarbonați cu acizi):



— substanțe care se descompun prin reacții de oxido-reducere cu degajare de gaze:



La folosirea acestor substanțe există unele restricții: să nu se producă reacții violente; să nu rezulte gaze toxice sau inflamabile; gazele să nu provoace apariția eflorescențelor; la betoane armate să nu se degaje oxigen; să fie economice.

*Substanțele generatoare de spumă* trebuie să asigure formarea unei cantități de spumă stabilă și cu pori fini, care să nu se distrugă prin amestecare cu mortarul și să nu influențeze negativ procesul de priză și întărire a betonului. Generatori de spumă sînt: spumogenul (deșeurii de la abatoare), cleiul și săpunul de colofoniu, sulfatul aluminat naftenic etc.

La prepararea betoanelor celulare se mai folosesc și *stabilizatori de spumă* ca: săruri de aluminiu și fier, clei, amidon, clorură de calciu etc., precum și *substanțe plastifiante*.

Întărirea betoanelor celulare poate să fie normală sau prin tratament termic. În cazul unei întăriri normale, cantitatea mare de apă de amestecare din aceste betoane conduce la existența unor contracții mari la uscare, care provoacă fisurarea lor. De aceea, asemenea elemente se fac de dimensiuni mici. Eliminarea acestor dezavantaje este posibilă prin folosirea tratamentului termic. În ultimul timp s-a extins procedeul de autoclavi-zare (4...18 ore la 175°C și 8 atm). Betoanele rezultate se numesc *betoane celulare autoclavizate* sau prescurtat BCA (tabelul 7.11).

Tabelul 7.11

Caracteristicile fizico-mecanice ale betoanelor celulare autoclavizate—BCA

| Caracteristicile | $\rho_b$ , kg/m <sup>3</sup> | $P_f$ , %  | $\lambda$ , kcal/m·h·°C (W/mK) | $R_b$ , daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) | $R_b$ , 10 <sup>3</sup> daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) | Contractia, zona/in |
|------------------|------------------------------|------------|--------------------------------|--|--|---------------------|
| Valori limită    | 300...1200                   | Pină la 85 | 0,08...0,3 (0,093—0,35)        | Pină la 150 (15)                                 | 10...50 (1...5)  | 0,25...0,50         |

Conductivitatea termică a betoanelor celulare în stare uscată este mică, urmare a structurii lor microporoase omogene. O mare influență asupra conductivității termice o are umiditatea. Sub influența umidității conductivitatea termică crește rapid; la umiditate de circa 20% din greutate, coeficientul de conductibilitate este de circa 2 ori mai mare decât în stare uscată. În figura 7.38 este prezentată variația conductivității termice în funcție de densitatea aparentă pentru un material uscat și pentru un material cu umiditate de 8% din masă.

Rezistențele la compresie ale betoanelor celulare depind de densitatea aparentă și de modul de întărire. Corelația rezistență-densitate a fost pusă în diferite relații, fiecare autor bazându-se pe experiențe proprii. În general pentru densități de 400 kg/m<sup>3</sup>, rezistența la compresie este în jur de 20...30 daN/cm<sup>2</sup>; pentru 600 kg/m<sup>3</sup>, de 40...50 daN/cm<sup>2</sup>; iar pentru 1000 kg/m<sup>3</sup>, de 100...120 daN/cm<sup>2</sup>.

Modulul de elasticitate al betoanelor celulare este în general mic, existînd și în acest caz diferite relații în funcție de densitate și rezistență. Valorile mici ale modulului de elasticitate conduc la deformații mari ale betoanelor celulare.

Principalele caracteristici tehnice ale betonului celular autoclavizat cu gaz (GB) fabricate în țara noastră sînt date în tabelul 7.12.

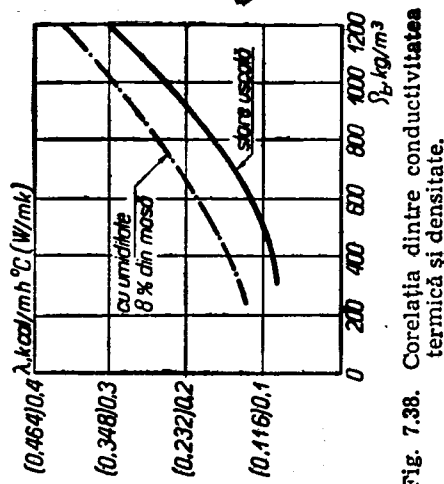


Fig. 7.38. Corelația dintre conductivitatea termică și densitate.

Caracteristicile fizico-mecanice ale betonului celular autoclavizat cu gaz — GB

| Sortiment | $R_b$ , daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) |          | $\rho_b$ , kg/m <sup>3</sup> |           | $\lambda$ , kcal/m·h·°C (W/mK) |              |
|-----------|--|----------|------------------------------|-----------|--------------------------------|--------------|
|           | GBN  | GBC      | GBN                          | GBC       | GBN                            | GBC          |
| GB 25     | 25 (2,5)   | 25 (1,8) | 400...500                    | 150...550 | 0,09 (0,102)                   | 0,11 (0,128) |
| GB 35     | 35 (3,5)   | —        | 501...600                    | —         | 0,12 (0,14)                    | —            |
| GB 50     | 50 (5)   | 50 (4)   | 601...700                    | 650...750 | 0,17 (0,198)                   | 0,17 (0,198) |

Obs.: GBN (liant); ciment, var sau ghips; var sau ghips; agregat; nisip; agregat; conușă de termocentrală.

deasupra betonului celular autoclavizat cu gaz (GB) se fac determinările indicate în tabelul 7.13 (STAS 7344-70).

Tabelul 7.13

Determinările efectuate la betonul celular autoclavizat - GB

| Felul determinării  | Forma epruvei | Dimensiuni, cm |
|---|---------------|----------------|
| Umiditatea<br>Absorbția de apă la saturare<br>Densitatea aparentă<br>Rezistența la compresie<br>Coeficientul de înmuiere<br>Comportarea la îngheț-dezghet | cub           | 10 × 10 × 10   |
| Absorbția capilară  | prismă        | 10 × 10 × 20   |
| Contractia<br>Rezistența la întindere din încovoiere  |               | 4 × 4 × 16     |
| Conductivitatea termică   | placă         | 20 × 20 × 5    |

Betoanele celulare se utilizează pentru executarea de blocuri pentru arii, fișii, plăci și panouri pentru pereți, elemente armate sub formă de fișii pentru acoperiș, elemente termoizolante pentru placarea pereților și destinații speciale (conducte, camere frigorifice), straturi termoizolante etc.

7.8. PRODUSE TIP BETON

7.8.1. Produse din beton simplu

Din beton se execută o serie de produse, care au o largă utilizare în industria construcțiilor ca de exemplu: plăci de beton pentru pavaje, borduri de beton pentru trotuare, tuburi de beton pentru canalizări, blocuri din beton pentru zidării.

Plăcile de pavaj au forma pătrată cu latura de 20...40 cm și grosimi de 5,5 cm (fig. 7.39, a) sau hexagonală cu latura de 40 cm și grosimea de 9 sau 15 cm. Ele se fabrică din două straturi: un strat de bază sau de rezistență și un strat superior numit strat de uzură, fața superioară fiind înclinată sau cu striuri antiderapante. În anumite cazuri stratul de uzură se realizează prin mozaic, cu grosimea de (5...7) mm, alcătuit din ciment portland, nisip și agregat de 1...5 mm (piatră colțuroasă provenind din calcare

compacte, marmură și tufuri vulcanice) și fâină de piatră. Calitatea plăcilor de pavaj se apreciază după: forma geometrică, comportarea la șoc, rezistența la uzură și rezistența la îngheț-dezghet.

Bordurile de beton se fabrică simple sau cu-un strat de uzură obișnuit sau mozaicat, aplicat numai pe fețele văzute ale bordurii (fig. 7.39, b). Calitatea bordurilor se apreciază după aceleași caracteristici ca și în cazul plăcilor de pavaj, determinându-se, în plus, rezistența la încovoiere.

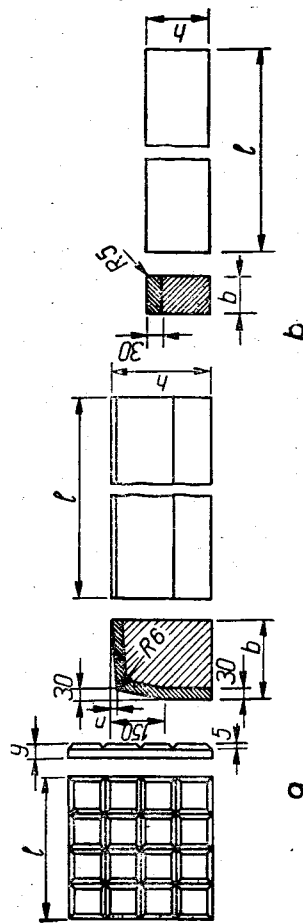


Fig. 7.39. Produse de beton simplu.

Tuburile de beton pentru canalizări se execută cu secțiunea circulară, cu și fără talpă și cu secțiune ovoidală (fig. 7.40). Tuburile de beton pentru canalizări sînt produse realizate pe baza unei tehnologii moderne din beton cu marca B 300 și se utilizează la evacuarea apelor uzate. Ele se confecționează cu lungimi de 1 m și 2,5 m și cu diametre variabile între 15 și 50 cm, la cele circulare. Calitatea tuburilor se apreciază după forma corectă și exactitatea dimensiunilor, după permeabilitate și după rezistența la compresie de-a lungul generatoarei.

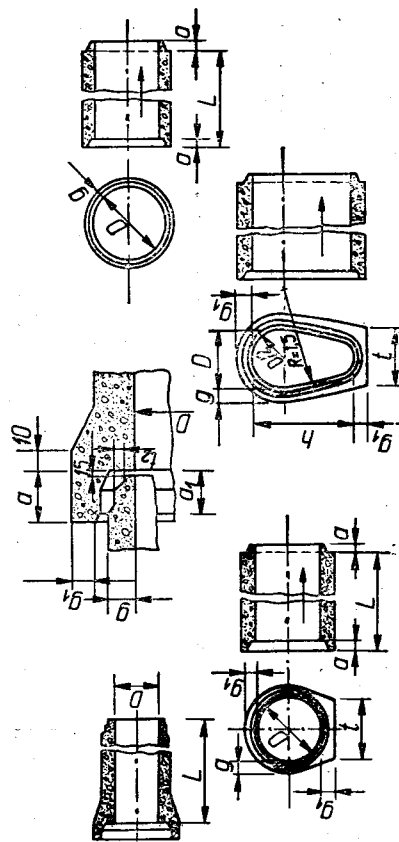


Fig. 7.40. Tuburi de beton.

Blocurile din beton pentru zidării se execută pline sau cu goluri, conformația lor putîndu-se realiza manual sau mecanizat. Forma blocurilor este paralelipipedică, iar la cele cu goluri, acestea sînt perpendiculare pe fața de rezemare fiind închise pe celelalte cinci părți.

După densitatea aparentă în stare uscată, blocurile mici din beton se part în trei clase:

— clasa C<sub>1</sub> cu  $\rho_a = 1\ 001 \dots 1\ 300\ \text{kg/m}^3$ , la confecționarea cărora sînt folosite agregate ușoare, ca: argilă expandată, scorie bazaltică etc.;

— clasa C<sub>2</sub> cu  $\rho_a = 1\ 301 \dots 1\ 500\ \text{kg/m}^3$ , folosind ca agregat zgura grălată de furnal;

— clasa C<sub>3</sub> cu  $\rho_a = 1\ 501 \dots 1\ 800\ \text{kg/m}^3$  din beton obișnuit.

După rezistența la compresie blocurile mici din beton se clasifică în trei mărci: 35; 50, 75; 100 daN/cm<sup>2</sup>.

Formatele de blocuri mici, cu dimensiunile în milimetri, avînd toleranțe  $\pm 3\ \text{mm}$ , sînt date în tabelul 7.14.

Tabelul 7.14

| Dimensiunile blocurilor mici din beton pentru zidării |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| lungime   | 440 | 365 | 290 | 365 | 440 | 440 |
| ățime   | 290 | 240 | 290 | 288 | 288 | 140 |
| ățime   | 138 | 138 | 188 | 188 | 65  | 138 |

Blocurile mici din beton se pot utiliza la executarea pereților exteriori rîtași și neporțanți. Nu este admisă utilizarea blocurilor mici la execuția de zidării subterane, fundații, canale și coșuri de fum etc.

În figura 7.41 sînt prezentate două tipuri de blocuri mici din beton cu goluri.

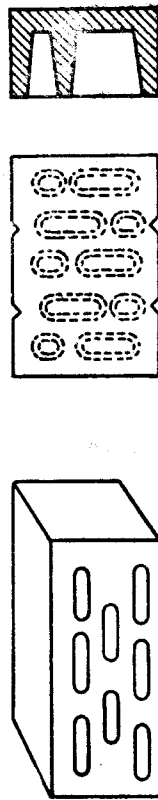


Fig. 7.41. Blocuri din beton pentru zidării.

## 7.8.2. Cărămizile silicocalcare

Cărămizile silicocalcare sînt produse relativ noi avînd o serie de avantaje: consum de forță de muncă, combustibil și energie electrică mult mai mici decît cele utilizate la fabricarea cărămizilor obișnuite; durată a ciclului de fabricație sub 24 h; produsele rezultate au o formă corectă, fără defecte, ceea ce ușurează și accelerează zidirea.

Materialele prime folosite la fabricarea produselor silicocalcare sînt: varul, sîrul și apa.

Varul folosit la fabricarea cărămizilor silicocalcare se găsește în proporție de 6...10% trebuie să fie gras (să conțină cel puțin 75% CaO activ),

să se stingă repede (sfrîșitul stingerii să se producă după 30 min), să fie cernut și măcinat cît mai fin.

Nisipul întrebunțat la fabricarea cărămizilor silicocalcare este un amestec de granule de cuarț și alte minerale avînd mărimea între 0,05 și 5 mm și se găsește în proporții de 90...94%. Partea componentă principală a nisipurilor este bioxidul de siliciu SiO<sub>2</sub> și cu cît acesta este în cantitate mai mare, cu atît nisipul este mai de calitate.

Procesul tehnologic de fabricare a cărămizilor silicocalcare constă, în principal, din următoarele faze: pregătirea amestecului brut, presarea cărămizilor crude, autoclavizarea. Autoclavizarea este ultimul stadiu al procesului tehnologic de fabricare al cărămizilor silicocalcare. Cărămizile sînt supuse la presiune de 8 atm și temperatură de circa 175 °C. În timpul tratamentului termic, bioxidul de siliciu din nisip reacționează cu hidroxidul de calciu și formează hidrosilicați de calciu, care provoacă întărirea formelor și rezistența lor mecanică. Cărămizile silicocalcare au culoare gălbuie și rezistențe variînd între 10 și 200 daN/cm<sup>2</sup>, obținute în funcție de durata de autoclavizare și temperatură.

Produsele silicocalcare se fabrică în trei clase, după densitatea lor aparentă:

— produse silicocalcare grele  $\rho_a > 1\ 701\ \text{kg/m}^3$  de forma și dimensiunile cărămizilor obișnuite, puțin să le înlocuiască pe acestea;

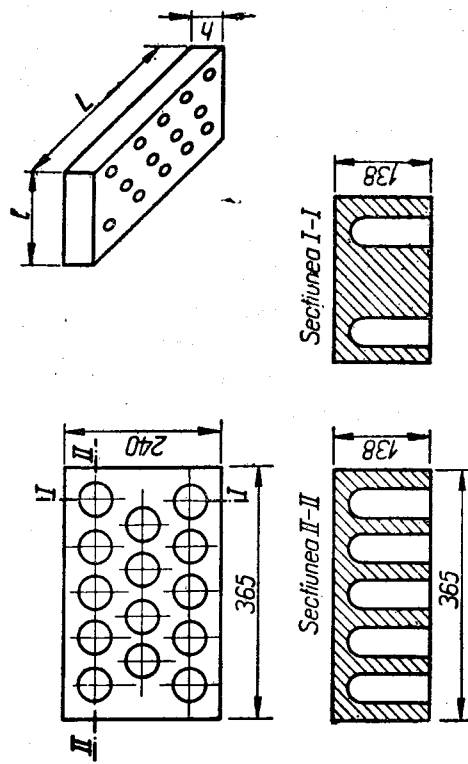


Fig. 7.42. Cărămizi silicocalcare.

— produse silicocalcare de densitate mijlocie cu  $\rho_a = (1\ 001 \dots 1\ 700)\ \text{kg/m}^3$ ;

— produse silicocalcare ușoare cu  $\rho_a \leq 1\ 000\ \text{kg/m}^3$ .

La fabricarea ultimelor două tipuri de produse reducerea densității aparente se poate face prin practicarea unor goluri și prin realizarea unei structuri celulare cu ajutorul unui agent generator de spumă sau gaze, identic cu cel folosit la betoanele celulare. Un bloc de tipul produselor silicocalcare cu goluri este prezentat în figura 7.42.

### 7.8.3. Produse de azbociment

Azbocimentul este obținut dintr-un amestec de ciment, apă și fibre de azbest.

Azbocimentul este un mineral care se desface cu ușurință în fibre elastice, extrem de fine, care după aspectul exterior se aseamănă cu bumbacul, fiind mai rezistente la temperaturi ridicate și solicitări mecanice decât fibrele de bumbac. În ultimul timp se tind să se înlocuiască fibrele de azbest, datorită costului ridicat, cu alte fibre minerale.

În produsele de azbociment, azbestul se folosește în proporție de 10 până la 20% din amestecul azbest-ciment. Textura de fibre de azbest creează un sistem elastic, care preia cea mai mare parte din încărcările exterioare și în special cele de întindere.

Fluxul tehnologic de fabricare a produselor de azbociment cuprinde mai multe procese de bază, și anume: sortarea și defibrarea azbestului; obținerea amestecului azbest-ciment-apă; formarea produselor de azbociment (tuburi sau plăci); întărirea produselor, colorarea și finisarea produselor. Azbocimentul se caracterizează prin bune proprietăți mecanice, cu excepția rezistenței la șoc. Valorile citorva caracteristici sunt:

- rezistența de rupere la încovoiere  $15 \dots 30 \text{ N/mm}^2$ ;
- densitatea aparentă  $1500 \dots 2200 \text{ kg/m}^3$ ;
- conductivitatea termică  $0,3 \dots 0,8 \text{ kcal/m}^\circ\text{C h}$  ( $0,35 \dots 0,95 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ ).

Azbocimentul se folosește sub formă de foi și tuburi.

Foile de azbociment se folosesc pentru plăci de înveltoare, plăci de fațadă (fig. 7.43), plăci pentru scopuri tehnico-sanitare, captușirea pereților, panouri, tavane, pereți despărțitori, cabine sanitare, cornișe, tâblii de uși și de mobile etc.

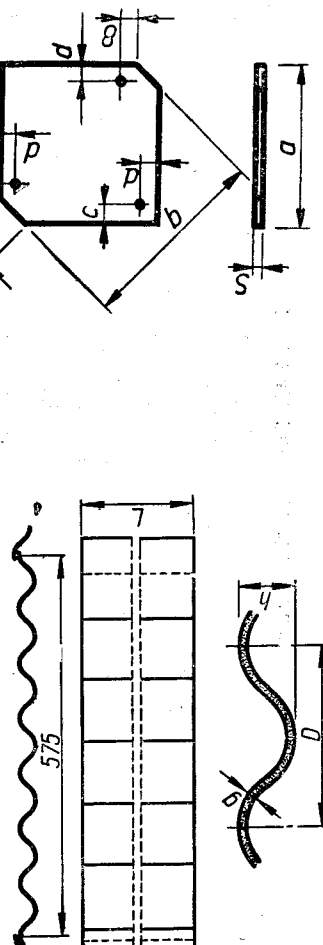


Fig. 7.43. Produse de azbociment:  
a - placă ondulată; b - placă plană.

Tuburile se folosesc pentru canale de ventilații și canale de fum, conducte de apă sub presiune, ape industriale, produse petroliere și gaze naturale, tuburi pentru canalizări.

Plăcile plane de azbociment se mai folosesc la producerea unor panouri mari în structură sandviș, folosite la pereții neporanți ai halelor industriale, la construcții avicole, turistice etc. Aceste panouri au fețele din

plăci plane de azbociment și mlez de polistiren. Au grosimea de 2,4... 9,6 cm și greutatea redusă (circa  $30 \text{ kg/m}^2$ ), fiind foarte bune izolatoare termice. Plăcile ondulate se utilizează pe scară largă la alcătuirea pereților neporanți din plăci ondulate de azbociment, neizolați sau izolați termic, cu plăci autoportante din vată minerală.

Folosirea azbocimentului la lucrări de acoperișuri și pereți termoizolanți sau la o serie de lucrări de interior, prezintă o serie de avantaje care se bazează pe principalele calități ale acestui produs și anume:

- greutatea redusă a peretelui sau acoperișului și șarpantei care îl susține, confecționată din metal sau beton;
- consum minim de manoperă pentru punerea în operă în comparație cu alte sisteme de învelitori sau pereți;
- durabilitate mare, determinată de buna capacitate de izolare hidro-fugă, buna comportare la gelivitate și de natura sistemului ciment-azbest;
- rezistență la foc;
- posibilitate de remediere a eventualelor deficiențe, gradul ridicat de demontabilitate de lucrări;
- aspect estetic deosebit, materialul putând avea fețele șlefuite, colorate sau cu diverse texturi.

## Capitolul 8

### MATERIALE CERAMICE

#### 8.1. GENERALITĂȚI

Materialele ceramice se obțin în urma fasonării, uscării și arderii la temperaturi mari ( $900 \dots 1500^\circ\text{C}$ ) a maselor argiloase.

Materia primă de bază folosită în industria produselor ceramice este argila, care datorită plasticității sale, permite fasonarea diferitelor produse. În funcție de indicele de plasticitate  $a_p$ , apreciat prin procentul de apă conținut într-o epruvetă de argilă încercată conform metodelor standardizate, argilele se clasifică astfel:

- cu plasticitate superioară având  $a_p > 30$ ;
- cu plasticitate medie,  $a_p = 15 \dots 30$ ;
- cu plasticitate scăzută,  $a_p = 7 \dots 15$ ;
- neplastice,  $a_p < 7$ .

Deoarece produsele ceramice se obțin prin arderea maselor argiloase fasonate, este necesară cunoașterea transformărilor care au loc la încălzirea progresivă a argilelor.

Prin încălzire până la  $110^\circ\text{C}$  se evaporă numai apa liberă și adsorbită (de higroscopicitate), determinând o reducere de volum a masei, denumită contracție la uscare; prin reumezire argila devine din nou plastică.

La temperaturi între 450 și 600 °C (funcție de natura argilei) se pierde apă legată chimic (de cristalizare), iar argila devine poroasă și sfărâmoasă. Această transformare este ireversibilă, deoarece la amestecare cu apă, argila nu mai dă mase plastice.

Când temperatura depășește 750 °C, bioxidul de siliciu și trioxidul de aluminiu devin activi în urma eliminării apei de cristalizare, reacționează între ei formând compuși noi, care imprimă masei poroase, rezistențe mecanice, chimice și stabilitate la apă.

La temperaturi mai mari de 1000 °C, porozitatea începe să scadă din cauza apariției topiturilor parțiale, care umplu porii masei arse. În cazul unui porozitate scade sub 8%, produsele se numesc clincherizate, iar când scade sub 2%, vitrificate. Odată cu reducerea porozității, rezistențele mecanice ale produselor ceramice, cresc foarte mult. Transformările produse la temperaturi mai mari de 750 °C conduc la o nouă reducere de volum a masei, denumită contracție la ardere.

Dacă încălzirea continuă, masa argiloasă începe să se înmoaie (datorită unei proporții mari de topitură), deformându-se sub propria greutate și apoi se topește. Temperatura la care argila sub sarcină prezintă o deformare standard, caracterizează refractaritatea ei. În funcție de această caracteristică, argilele se clasifică în: argile fuzibile — cele mai răspândite cu refractaritate sub 1100 °C, vitrifiabile (cu refractaritatea în jur de 500 °C, care prin ardere dau produse clincherizate și vitrificate) și argile refractare (cu refractaritate peste 1580 °C).

În industria produselor ceramice, în afară de materia primă de bază — argila, se utilizează și materiale auxiliare, care funcționează de rol pe care îndeplinesc în masa argiloasă se clasifică în:

- degresanți — care au rolul de a micșora plasticitatea și implicit contracția la uscare a masei argiloase. În acest scop se utilizează: nisip, șraf de șamotă, cenușă, zgură și deșeuri lemnoase;
- fondanți (topitori) — care coboară temperatura de clincherizare sau vitrifiere a masei argiloase. Cel mai utilizat fondant este feldspatul;
- aglomeranți — cu efect contrar degresanților, măresc plasticitatea masei. Ca aglomeranți se folosesc: varul, melasa, dextrina etc.

În funcție de materia primă folosită în fabricație și de temperatura de ardere, produsele ceramice pot să fie colorate sau albe, cu structură poroasă, clincherizată sau vitrificată (tabelul 8.1).

Tabelul 8.1

Clasificarea produselor ceramice după culoare și structură

| Produse ceramice | Colorate   |   |
|------------------|--|---|
|                  | Poroase (cărămizi, țigle, tuburi de drenaj etc.) | Clincherizate (plăci de gresie, cărămidă de clincher, tuburi de bazalt) |
| Albe             | Poroase (faianța)<br>Vitrificate (porțelanul)    |   |

Funcțiile de mărimen constituenților din structura produselor ceramice, acestea conform STAS 3281-75 se clasifică în clasele A, B și C (tabelul 8.2).

Tabelul 8.2

Clasificarea produselor ceramice funcție de mărimea constituenților

| Claselo | Felul produselor  |
|---------|---|
| A       | — produse ceramice brute, formate din granule cu diametrul pînă la 5 mm (cărămizi, materiale pentru învelitori, materiale refractare, gresie ceramică brută). |
| B       | — produse ceramice semifine, formate din granule cu diametrul maxim de 1,5 mm (teracotă, gresie ceramică semifină, abrazivi).                                 |
| C       | — produse ceramice formate din granule cu diametrul maxim de 0,06 mm (faianță, semiporțelan, porțelan, gresie ceramică fină etc.).                            |

## 8.2. TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A PRODUSELOR CERAMICE

Principalele faze din procesul tehnologic de fabricare a produselor ceramice sînt: pregătirea masei ceramice, fasonarea formelor crude, uscarea produselor, arderea, decorarea dacă este cazul.

**Pregătirea masei ceramice** constă în dozarea argilei și a materialelor auxiliare care intră în compoziția amestecului, eliminarea impurităților dăunătoare, mărunțirea, umezirea și omogenizarea masei. Impuritățile dăunătoare produselor ceramice sînt mai ales granulele de pietriș cuarțos mai mari de 7 mm și cele de calcar mai mari de 2 mm. În timpul arderii, granulele de pietriș își măresc volumul producînd astfel crăpături în produse, iar granulele calcaroase se transformă în oxid de calciu, care ulterior se hidratează în produsul finit, degradîndu-l prin expansiune.

**Fasonarea formelor crude** este operația prin care se dă forma definitivă produsului ceramic, dar mărită, avînd în vedere contracția la uscare și ardere a masei ceramice. Fasonarea se poate face manual sau mecanic, funcție de consistența masei. Astfel, masele fluide se toarnă în tipare absorbante de ipsos, cele plastice se fasonază prin presare ușoară, manuală sau mecanică, iar cele virtoase numai prin presare mecanică puternică.

Fasonarea mecanică a cărămizilor de construcții, precum și a unor țigle se realizează cu ajutorul preseii cu melc și filleră (fig. 8.1). Masa argiloasă introdusă în corpul preseii este tăiată de cuțite și apoi preluată de melc, care o presează spre filleră din care iese sub formă de prismă cu secțiunea egală cu fața mare a cărămizii. Prismă ieșită din filiera preseii este tăiată apoi cu aparate automate sau semi automate, în bucați paralelipipedice de forma cărămizilor.



În cazul fasonării cărămizilor cu găuri, la fillera presel cu melc se adaptează miezuri de oțel, iar în cazul fabricării țiglelor se folosește o filieră corespunzătoare secțiunii țiglei.

Uscarea formelor crude se efectuează pentru a se evita o evaporare intensă a apei în timpul arderii, care provoacă fisurarea și crăparea produselor. Uscarea se poate face natural (în șoproane) sau artificial. Uscarea

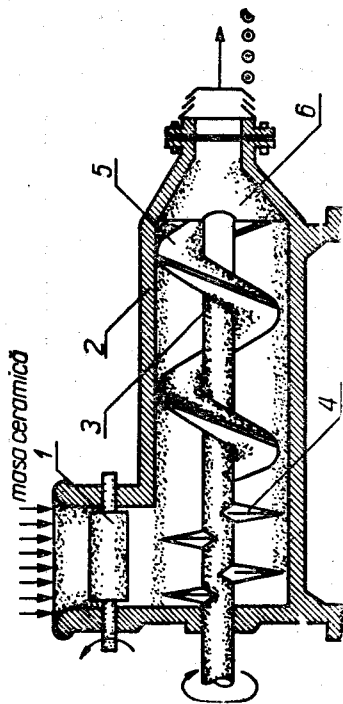


Fig. 8.1. Presa cu melc: 1 - valuri de alimentare; 2 - corp cilindric; 3 - arbore; 4 - cuțite; 5 - melc; 6 - filieră.

artificială se realizează în uscătorii special construite sub formă de camere sau tuneluri și încălzite cu aer cald, sau în uscătorii montate deasupra cupoarelor, care folosesc căldura radiată de cuptoare.

Arderea produselor ceramice se poate efectua în cuptoare cu funcționare intermitentă sau continuă.

Cuptoarele cu funcționare intermitentă sînt alcătuite din camere de ardere, în care arderea este oprită pentru încărcarea și descărcarea produselor. Aceste cuptoare se caracterizează printr-un consum mare de combustibil, deoarece nu recuperează căldura gazelor de ardere și cea a produselor arse.

Cuptoarele cu funcționare continuă recuperează atât căldura gazelor de ardere care preîncălzesc formele crude, cât și căldura produselor arse care preîncălzesc aerul necesar arderii combustibilului. Din acest motiv, consumul lor de combustibil este mai redus. Cele mai utilizate cuptoare cu funcționare continuă sînt cuptoarele circulare (Hoffmann) și tunel.

Cuptoarele circulare sînt alcătuite dintr-un număr par (minimum 12) de compartimente (camere) dispuse circular (fig. 8.2). Compartimentele sînt despărțite între ele, prin câte un panou de hirtie care se arde odată cu arderea produselor. În aceste cuptoare produsele stau pe loc și se mișcă focul de la o cameră la alta în sensul arătat în figură.

Cuptoarele tunel (fig. 8.3) spre deosebire de cele circulare au zona de ardere fixă. Produsele așezate pe vagonete străbat cuptorul de la un capăt la altul trecînd prin zonele de preîncălzire, ardere și răcire.

Decorarea produselor ceramice constă în acoperirea unor produse cu o peliculă de material de calitate mai bună sau de compactitate mai mare, spre a le conferi un aspect mai frumos și a le mări durabilitatea. În acest scop se folosesc angobele și glazurile.

Angobele se realizează prin aplicarea de suspensii apoase de argile curate pe produse uscate, care se ard odată cu acestea.

Glazurile sau smalturile sînt peliclele subțiri de sticle de pe suprafața produselor ceramice. Se obțin prin aplicarea pe produse uscate sau arse pînă la structură poroasă (biscuit) a unor suspensii apoase de materiale,

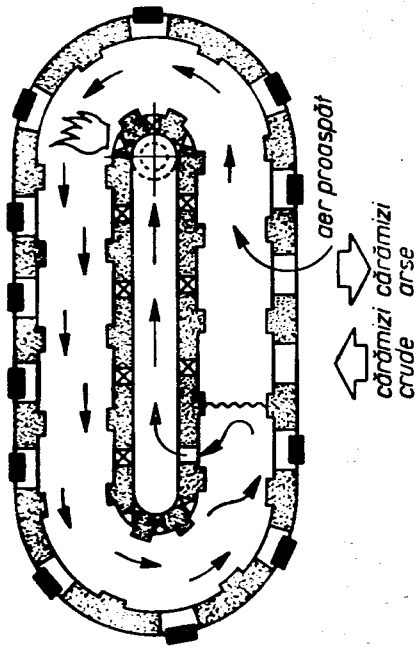


Fig. 8.2. Cuptor circular.

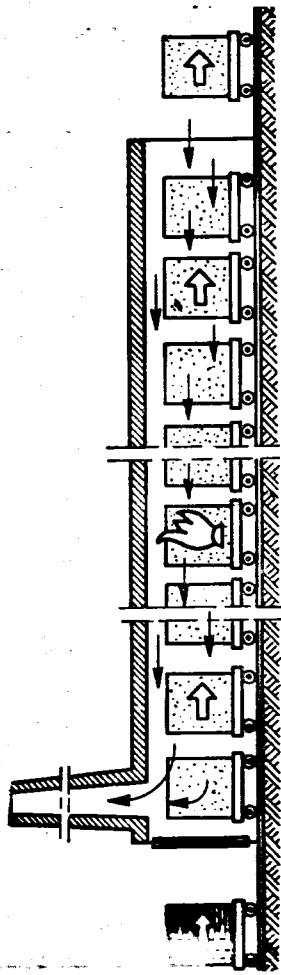


Fig. 8.3. Cuptor tunel.

care în timpul arderii se topesc, formînd sticle transparente sau opace, colorate diferit. Cea mai simplă glazură se realizează cu sare de bucătărie (NaCl), la formarea căreia participă și unele componente ale produsului ceramic.

### 8.3. MATERIALE CERAMICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚII

#### 8.3.1. Cărămizi

Cărămizile sînt produse ceramice brute, colorate, cu structură poroasă. Se obțin prin arderea la 900...1000 °C a formelor fasonate din argile obișnuite, ușor fuzibile, cu adaos de degresanți. În țara noastră, pentru realizarea zidărilor se utilizează următoarele tipuri de cărămizi: cărămizi pline presate pe cale umedă, cărămizi cu găuri verticale, cărămizi și blocuri cu găuri orizontale, cărămizi găurite cu lambă și uluc, cărămizi de placaj și cărămizi raclate pentru coșuri. În tabelul 8.3 sînt redat

Caracteristicile diferitelor tipuri de cărămizi

| Nr. crt. | Denumirea produsului   | Dimensiuni (mm)  | Rezistența medie la compresie, N/mm <sup>2</sup> | Clasa densității ρ <sub>a</sub> kg/dm <sup>3</sup>   | Calit. țării | Observații   |
|----------|--|--|--|--|--------------|--|
| 0        |  | 1  | 2  | 3  | 4            | 5  |
| 1        | Cărămida plină presată pe cale umedă (STAS 457-71) fig. 8.4              | 240 × 115 × 63   | 5,0; 7,5; 10,0;<br>12,5; 15,0; 20,0              | C <sub>1</sub> (ρ <sub>a</sub> =1,0-1,3)<br>C <sub>2</sub> (ρ <sub>a</sub> =1,3-1,5)<br>C <sub>3</sub> (ρ <sub>a</sub> =1,5-1,8) | A<br>I<br>II | Pot avea găuri de uscare cu suprafața ≤ 15% din suprafața cărămizii  |
| 2        | Cărămizi și blocuri cu goluri verticale (GV) (STAS 5185-75) fig. 8.5     | 240 × 115 × 88 (188)<br>290 × 140 × 88 (188)<br>290 × 240 × 88 (188)<br>365 × 180 × 138  | 5,0; 7,5; 10,0;<br>12,5; 15,0; 20,0;<br>25,0     | C <sub>1</sub> (ρ <sub>a</sub> =1,0-1,3)<br>C <sub>2</sub> (ρ <sub>a</sub> =1,3-1,5)   | A<br>I<br>II | Secțiunea golurilor ≤ 6 cm <sup>2</sup> (la cele cu goluri circulare cu diametrul ≤ 18 mm)                 |
| 3        | Cărămizi și blocuri cu goluri orizontale (GO) (STAS 8560-74) fig. 8.6    | 290 × 240 × 138 (188)<br>145 × 240 × 138 (188)<br>290 × 290 × 138 (188)<br>145 × 290 × 138 (188)<br>290 (145) × 138 × 290<br>290 (145) × 115 × 188   | 2,5; 5,0; 7,5                                    | C <sub>0</sub> (ρ <sub>a</sub> =0,7-1,0)<br>C <sub>1</sub> (ρ <sub>a</sub> =1,0-1,3)   | I<br>II      | Grosimea pereților exteriori minimum 15 mm - grosimea pereților interiori minimum 8 mm                     |
| 4        | Cărămizi cu lam-bă și uluc (LU) (STAS 2945-73) fig. 8.7                  | 190 (290) × 90 × 190<br>190 (290) × 60 × 190<br>190 (290) × 45 × 190   | -  | C <sub>0</sub> (ρ <sub>a</sub> <1,0)<br>C <sub>1</sub> (ρ <sub>a</sub> =1,0-1,3)<br>C <sub>2</sub> (ρ <sub>a</sub> =1,3-1,5)     | I<br>II      | După lățimea cărămizii sunt de trei tipuri: LU 90; LU 60; LU 45; Suprafața utilă poate fi sau nu glazurată |
| 5        | Cărămizi de placaj (placi din argilă arsă) (STAS 7830-75) fig. 8.8       | dreptunghiulare<br>115 × 50 (60,88) × 22,5...30<br>190 × 50 (60,88) × 22,5...30<br>240 × 50 (60,88) × 22,5...30<br>colțare<br>115 (115) × 50 (60,88) × 15...50<br>120 (115) × 50 (60,88) × 15...50<br>230 (115) × 50 (60,88) × 15...50<br>240 (115) × 50 (60,88) × 15...50 | 15,0<br>12,5                                     | -  | I<br>II      | După valorile lui I aceste cărămizi sunt: CRA; CRB; CRC; CRD   |
| 6        | Cărămizi radiale din argilă arsă pt. coșuri (CR) (STAS 1428-71) fig. 8.9 | f = 190<br>l = 150; 200; 250; 300<br>h = 90  | 15,0<br>12,5                                     | -  | I<br>II      |  |

pulele caracteristice ale acestor cărămizi, iar în figurile 8.4... 8.9 cîteva din formele lor constructive.

Față de cărămizile pline, obișnuite, cărămizile și blocurile cu goluri se caracterizează prin: consum mai redus de materie primă pentru fabricarea lor, capacitate de izolare termică mai bună, ceea ce permite reducerea grosimii zidurilor și implicit ușurarea greutății construcțiilor. De asemenea, datorită dimensiunilor lor mai mari, accelerează ritmul de execuție a zidăriei.

Pentru aprecierea calității cărămizilor, asupra probei medii luate la întimplare din diferite locuri ale lotului, se efectuează conform STAS 456-73, o serie de verificări (incercări) și anume: verificări de ordinul I, de ordinul II și de ordinul III.

Verificările de ordinul I se referă la anumite încercări curente și periculoase (cel puțin odată pe săptămână), care se execută la întreprinderea producătoare. Verificările curente constau din: determinarea știrbiturilor la muchii și colțuri, determinarea strîmbării muchiilor și fețelor, determinarea crăpăturilor și fisurilor pe fețele văzute, stabilirea proporției de jumătăți de cărămizi și a cărămizilor insuficient arse, verificarea culorii și a sunetului. Verificările periodice se referă la: verificarea dimensiunilor, determinarea densității aparente, determinarea absorbției de apă și stabilirea influenței granulelor de var.

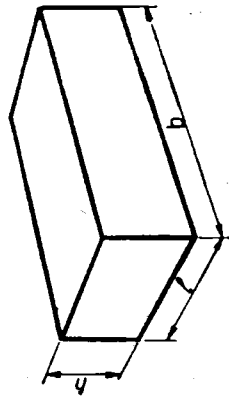


Fig. 8.4. Cărămida plină.

Verificările de ordinul II se execută trimestrial, la întreprinderea producătoare sau în laboratoare de specialitate și se referă la: determinarea rezistenței medii la compresie, determinarea rezistenței medii la întindere prin încovoire, determinarea gelivității și stabilirea conținutului de săruri solubile.

În ce privește determinarea rezistenței la compresie, aceasta se efectuează diferit funcție de tipul sărămizii, astfel: cărămizile pline se tale în două jumătăți care se lipesc una de alta (fig. 8.10) cu mortar de ciment de compoziție 1:1. Cu același mortar se netezesc și fețele exterioare, paralele cu rostul. După patru zile de întărire a mortarului, în condițiile standardizate, probele astfel pregătite se încearcă la presa hidroalică. Cărămizile cu goluri se încearcă întregi, după ce în prealabil fețele lor mari au fost netezite cu un strat de mortar de ciment. Când golurile cărămizilor sau blocurilor depășesc 6 cm<sup>2</sup>, acestea înainte de aplicarea mortarului, se umplu cu hirtie.

Verificările de ordinul III se efectuează numai în laboratoare de specialitate și la cererea beneficiarului. Se referă la: determinarea coeficientului de transfer termic K și a indicelui de reducere sonoră R.

Verificările efectuate pe cărămizi se aplică și blocurilor ceramice.

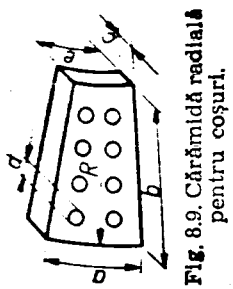


Fig. 8.9. Cărămidă radială pentru coșuri.

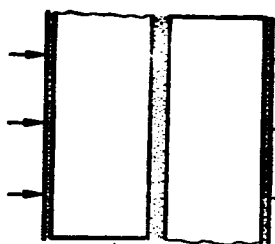


Fig. 8.10. Epruvică din cărămizi pentru încercarea la compresiune.

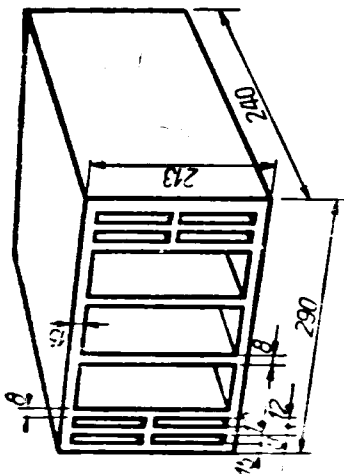


Fig. 8.6. Bloc ceramic cu găuri orizontale.

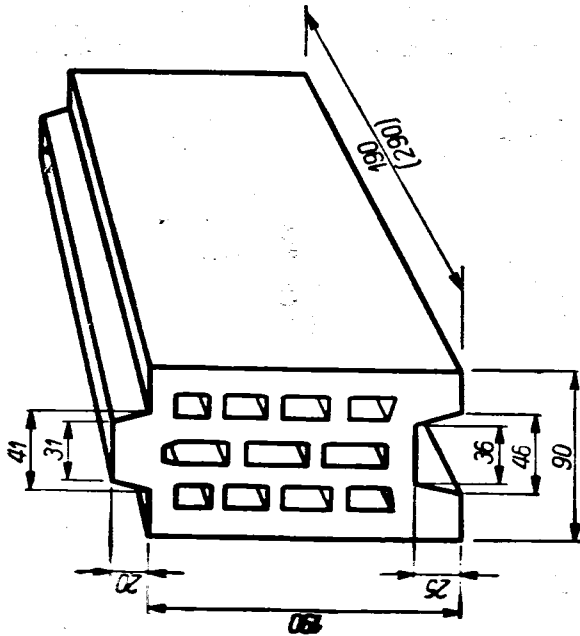


Fig. 8.7. Cărămidă cu lambă și uluc.

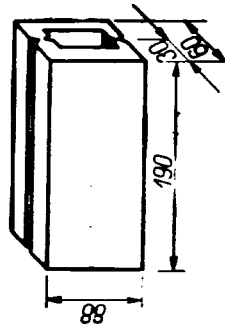
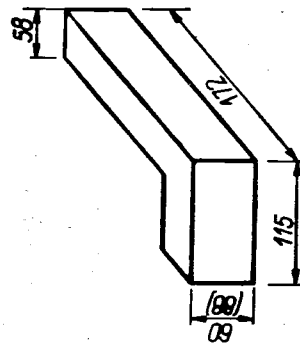


Fig. 8.8. Cărămidă de placaj.

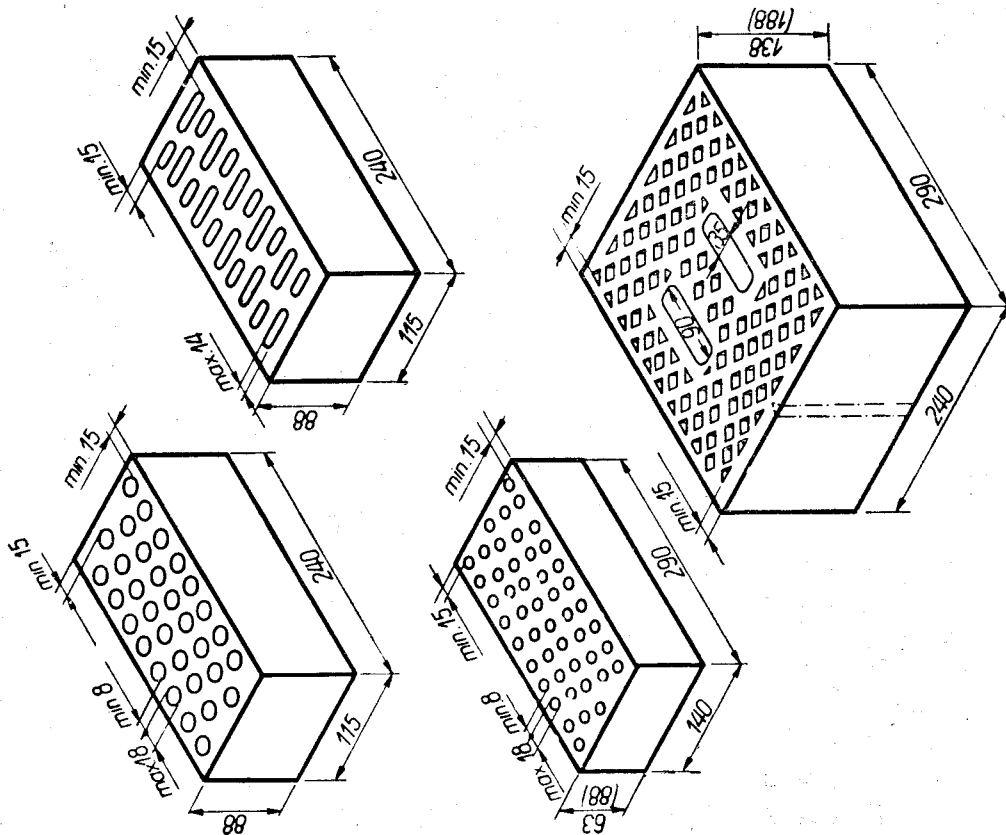


Fig. 8.5. Tipuri de cărămizi cu găuri verticale.

### 8.3.2. Materiale ceramice pentru învelitori

Din grupa materialelor ceramice utilizate pentru învelitori fac parte: țiglele, olanele și coamele. Aceste produse se obțin din argile fuzibile (prelucrate mai îngrijit decât în cazul cărămizilor) prin presare în tipare sau prin tragere prin filiera presei cu melc. După uscare, se ard la 900 ... 1 000 °C. Țiglele și coamele se produc și smălțuite în diferite culori.

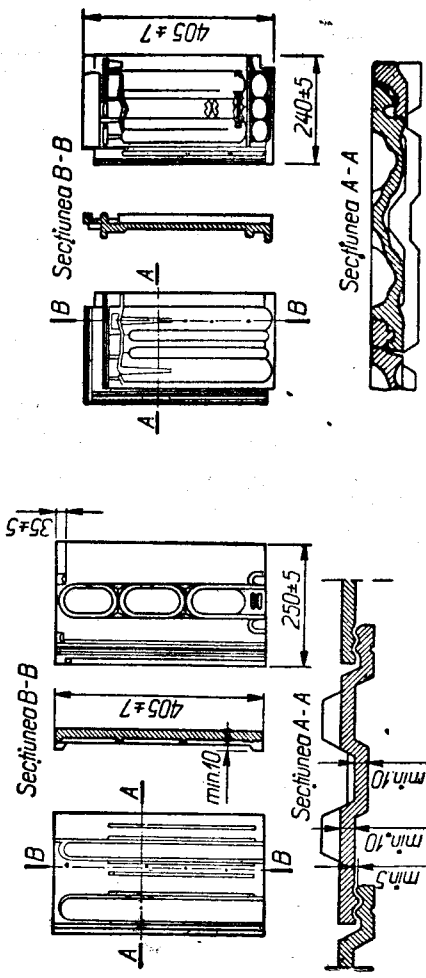


Fig. 8.11. Țiglă cu două jgheaburi laterale.

Fig. 8.12. Țiglă cu două jgheaburi laterale și la capete.

Țiglele după formă și mod de obținere se clasifică în: țigle cu două jgheaburi (fig. 8.11), țigle cu două jgheaburi laterale și la capete (fig. 8.12), țigle cu dublu falț (fig. 8.13), țigle cu un jgheab, trase (fig. 8.14) și țigle solzi (fig. 8.15).

Pentru o rezemare corespunzătoare pe șipcle șarpantei de acoperiș, țiglele sînt prevăzute cu unul, două sau patru ciocuri.

Țiglele solzi au o folosire nerațională a suprafeței lor (circa 45%) în comparație cu celelalte tipuri, datorită faptului că etanșarea se realizează prin suprapunere și nu prin îmbinare cu jgheaburi și pene. Din această cauză, pentru 1 m<sup>2</sup> de acoperiș sînt necesare 40 bucăți de țigle, iar acoperișul realizat din astfel de țigle este greu.

Coamele utilizate pentru închetearea acoperișului, după mărime și mod de îmbinare se clasifică în: coame mari (fig. 8.16, a) și coame mici (fig. 8.16, b).

Olanele au forma unor jumătăți de trunchi de con (fig. 8.17) și se așază pe acoperiș în două straturi: stratul inferior cu concavitatea în sus și partea îngustă spre pantă, iar stratul superior cu concavitatea în jos și partea îngustă spre coamă (fig. 8.18). Se fixează cu mortar de ciment-var. Acoperișurile din olane sînt grele și neeconomice. Se practică în regiuni cu vînturi puternice.

În tabelul 8.4 sînt prezentate principalele caracteristici ale materialelor ceramice pentru învelitori.

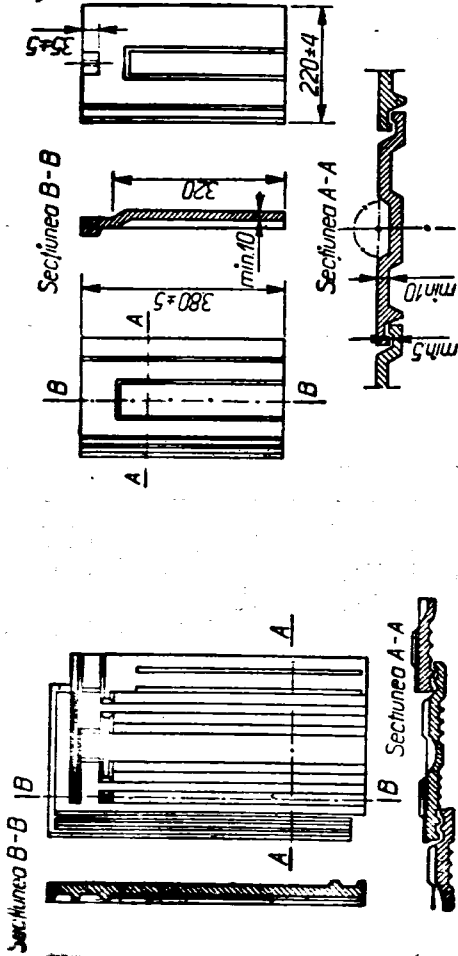


Fig. 8.13. Țiglă cu dublu falț.

Fig. 8.14. Țiglă cu un jgheab.

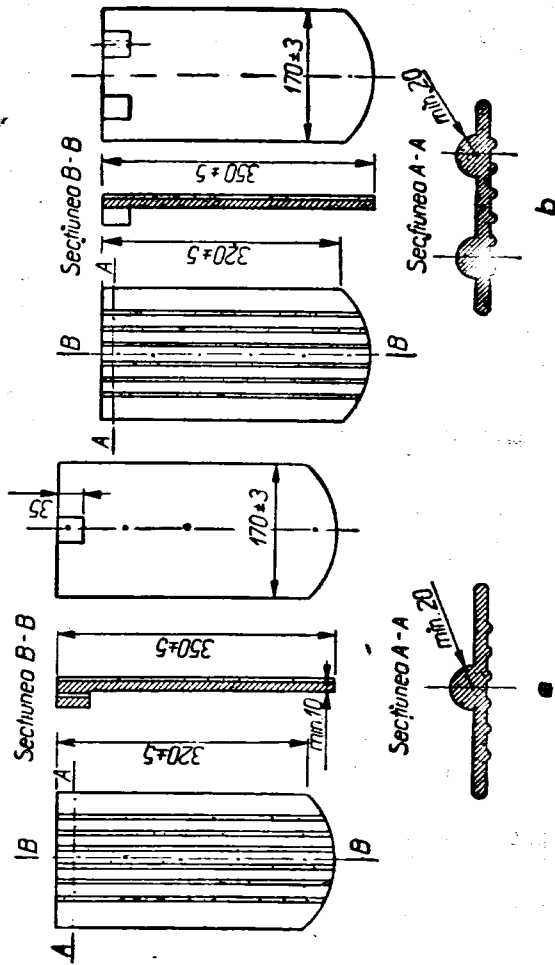


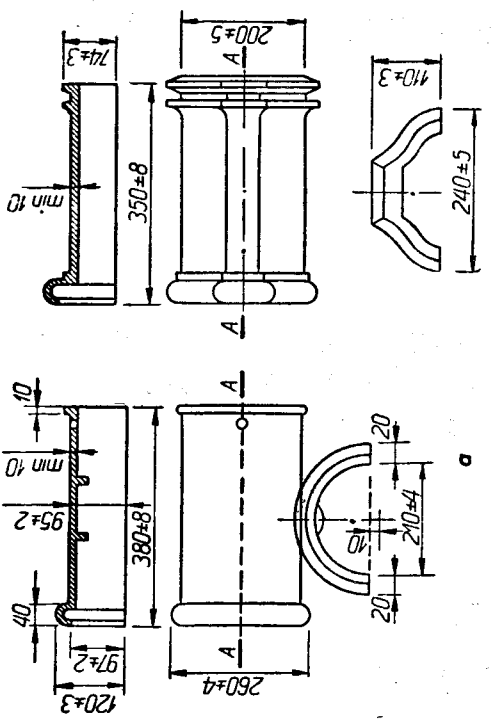
Fig. 8.15. Țiglă solzi:

a — cu un cîlec; b — cu două cîleci.

Caracteristicile materialelor ceramice pentru invelitori

| Tipul produsului           | Modelul de fasonare                                 | Dimensiunea în plan orizontal, mm | Masa, kg | Capacitatea portantă, N | Observații   |
|----------------------------|---|-----------------------------------|----------|-------------------------|--|
| TIGLE (STAS 515-71)        | cu două jgheaburi laterale (fig. 8.11)              | 405 × 230                         | 2 600    | 750                     | — au 4 ciocuri<br>— suprafața utilă 75 %<br>— 15 buc/m <sup>2</sup>      |
|                            | cu două jgheaburi laterale și la capete (fig. 8.12) | 405 × 240                         | 3,000    | 800                     | Idem   |
|                            | cu dublu falț (fig. 8.13)                           | 405 × 235                         | 2,600    | 800                     | — au 2 ciocuri<br>— suprafața utilă 75 %<br>— 15 buc/m <sup>2</sup>      |
| COAME (STAS 515-74)        | cu un jgheab (fig. 8.14)                            | 390 × 220                         | 2,400    | 800                     | — au un cioc<br>— suprafața utilă 75 %<br>— 15 buc/m <sup>2</sup>        |
|                            | solzi (fig. 8.15)                                   | 350 × 170                         | 1,350    | 700                     | — au 1 și 2 ciocuri<br>— suprafața utilă 45 %<br>— 40 buc/m <sup>2</sup> |
| OLANE (STAS 513-74)        | marți (pentru țigle cu jgheaburi) (fig. 8.16, a)    | 380 × 210                         | 3,000    | nu se determină         | — se îmbină cu o pană într-un jgheab                                     |
|                            | mici (pentru țigle solzi) (fig. 8. 16, b)           | 320 × 206/110                     | 2,700    | idem                    | — se îmbină prin suprapunere   |
| Olane (STAS 513-74) fig. 8 | presate   | 450 × 180/140                     | —        | idem                    | — se așază în două straturi pe acoperiș                                  |

Secțiune A-A



Secțiune A-A

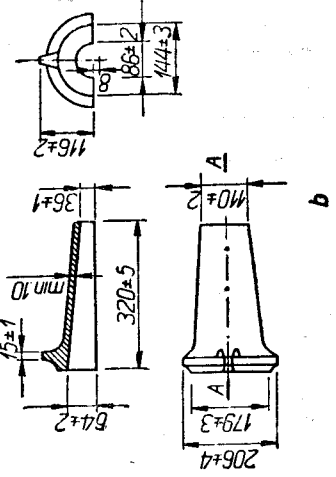


Fig. 8.16. Coame.

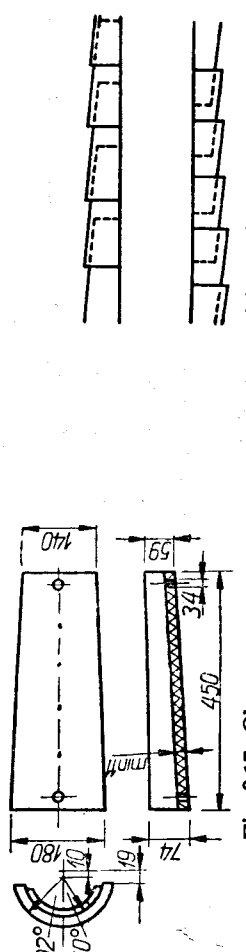


Fig. 8.17. Olane.

Fig. 8.18. Așezarea olanelor pe acoperiș.

Materialele ceramice pentru învelitori se clasează în două calități: calitatea I și II. Pentru verificarea calității, se efectuează încercări curente și periodice conform STAS 515-71.

Verificările curente se referă la: determinarea dimensiunilor, crăpăturilor, știrbiturilor (la colțuri, muchii, fețe sau ciocuri), sunetului, masei și influenței granulelor de var.

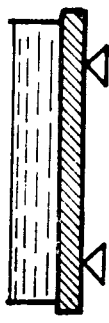


Fig. 8.19. Determinarea impermeabilității la țigle.

Incercările periodice constau din: determinarea impermeabilității, rezistenței la îngheț-dezghet alternativ și capacității portante.

Impermeabilitatea se determină pe 10 bucăți de țigle fixate cu chit bituminos într-un cadru metalic, de așa natură încât țigla să constituie partea de bază a cutiei etanșe (fig. 8.19). În această cutie se introduce apă până ce nivelul ei este cu 50 mm deasupra suprafeței celei mai adânci a țiglei. Se impune ca apa să nu pătrundă prin țigla timp de 3 ore.

Capacitatea portantă se determină prin încercarea la încovoiere, pe cinci bucăți de țigle. Distanța dintre reazeme (deschiderea) se ia astfel: 18 cm pentru țigle solzi și 30 cm pentru celelalte țigle.

În ce privește rezistența la îngheț-dezghet a produselor ceramice pentru învelitori, aceasta se verifică prin minimum 25 cicluri, după metoda cunoscută.

### 8.3.3. Alte produse ceramice brute

Din această grupă fac parte: tuburile ceramice pentru drenaj, corpurile ceramice cu goluri pentru planșee și acoperișuri, precum și corpurile ceramice pentru pardoseli la grajduri și padocuri.

Tuburile ceramice pentru drenaj (STAS 1626-74) se obțin pe cale umedă, prin presare, din mase argiloase cu sau fără adaos de degresanți. Au forma anterioară cilindrică, iar cea exterioară cilindrică sau prismatică (fig. 8.20).

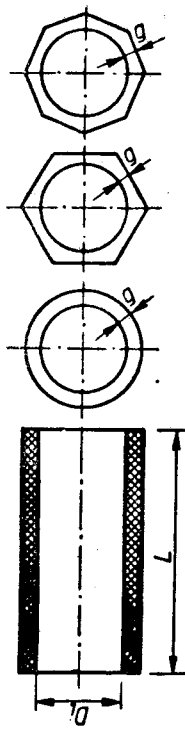


Fig. 8.20. Tuburi de drenaj.

Lungimea tuburilor de drenaj este de  $330 \pm 10$  mm, diametrul interior  $g = 40 \dots 250$  mm și grosimea pereților  $g = 8 \dots 30$  mm în funcție de diametru. Se folosesc la lucrările hidrotehnice de colectare și evacuare a apei.

Pentru verificarea calității, asupra tuburilor de drenaj se fac următoarele încercări: verificarea dimensiunilor, determinarea curbării tubului de generatoare, determinarea înclinării planului de capăt față de axa tubului, determinarea ovalizării, determinarea știrbiturilor și fisurilor, de-

terminarea golurilor provocate de granulele de var, determinarea rezistenței la compresune pe generatoare și determinarea rezistenței la îngheț-dezghet (minimum 15 cicluri).

Corpurile ceramice cu goluri pentru planșee și acoperișuri se folosesc la executarea fișilor prefabricate pentru planșee și acoperișuri. Se fabrică prin presare, în două tipuri, după domeniul de utilizare:

— tipul CP 160 pentru planșee (fig. 8.21) cu dimensiunile  $160 \times 200 \times 300$  și  $160 \times 300 \times 200$  mm;

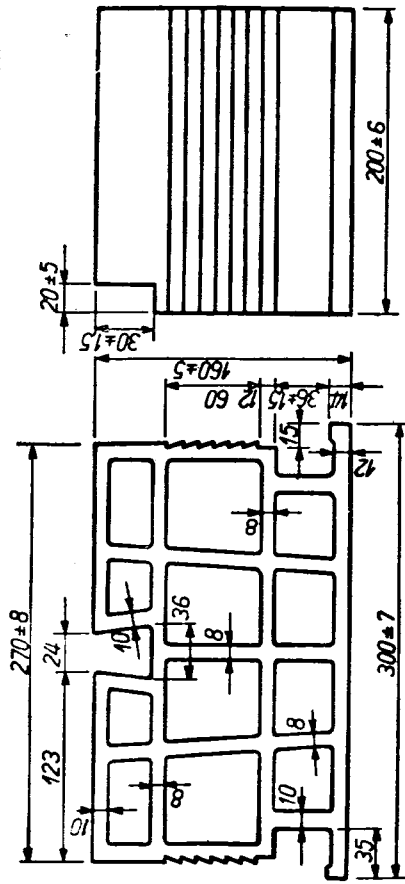
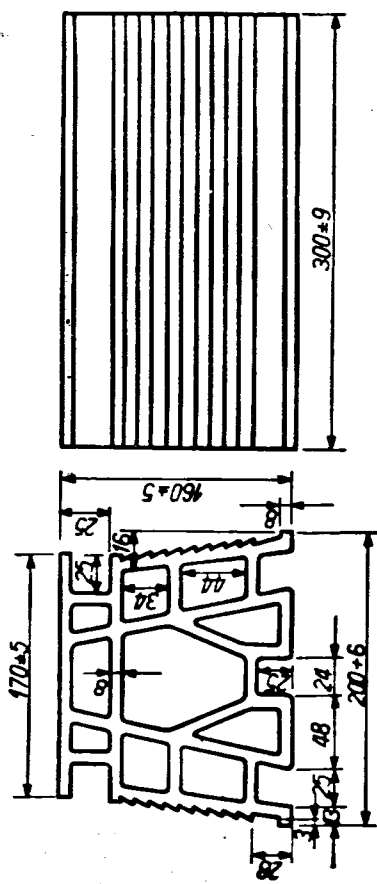


Fig. 8.21. Corpuri ceramice pentru planșee.

— tipul CA 110, pentru acoperișuri (fig. 8.22), cu dimensiunile:  $110 \times 250 \times 160$  (300) mm;

La aceste corpuri ceramice se fac următoarele încercări: verificarea dimensiunilor, a masei, a sunetului, determinarea știrbiturilor, erapăturilor, a corpurilor străine (care trebuie să fie mai mici de 3 mm), a planșetății fețelor, a absorbției de apă (8...17%) și a rezistenței la compresune (se impune  $R_c$  min — 200 daN/cm<sup>2</sup>).



Dimensiunile corpurilor ceramice pentru pardoseli grajduri și padocuri

| Tipul produsului                 | Dimensiuni, mm |           |             | Înălțime, h |
|----------------------------------|----------------|-----------|-------------|-------------|
|                                  | lungime, l     | Lățime, b | Înălțime, h |             |
| Cu lambă și uluc<br>fig. 8.23, a | 200 ± 4        | 200 ± 4   | 108 ± 3     | 108 ± 3     |
| Cu striuri fig. 8.23, b          | 250 ± 5        | 250 ± 5   | 108 ± 3     | 108 ± 3     |
| Cu uluc fig. 8.23, c             | 190 ± 4        | 190 ± 5   | 65 ± 2      | 108 ± 3     |
|                                  | 200 ± 4        | 200 ± 4   | 108 ± 3     | 108 ± 3     |
|                                  | 250 ± 5        | 250 ± 5   | 108 ± 3     | 108 ± 3     |

8.3.4. Produse din gresie ceramică

Gresia ceramică este un material cu structură compactă (clincherizată sau vitrifiată) obținută în urma arderii amestecului de argilă vitrifiabilă cu sau fără adaos de feldspat și nisip, la temperaturi cuprinse între 1 200 și 1 300 °C. Culoarea gresiei ceramice este foarte variată (brună, roșie, galbenă, cenușie, albă), fiind funcție de natura fondanților și de condițiile de ardere. În anumite cazuri, gresia se glazurează. Din cauza compactității mari, se caracterizează prin rezistență la compresiune, la uzură, rezistență chimică și la îngheț-dezghet alternativ, ridicate. În schimb, are rezistență scăzută la șoc mecanic.

Cele mai importante produse din gresie ceramică utilizate în construcții sunt: plăcile, cărămizile, tuburile și piesele de legătură.

Plăcile din gresie ceramică (STAS 5939-73) se fabrică prin presare semi-uscaltă, în forme pătrate (25 × 25; 50 × 50; 100 × 100; 150 × 150; 200 × 200; 300 × 300 mm), dreptunghiulare (100 × 50; 150 × 75; 150 × 100; 200 × 100; 300 × 150 mm) și sub formă de pișcoturi (fig. 8.24), cu dimensiunile:  $L = l = 36 \dots 75$  mm. Grosimea plăcii variază între 4 și 28 mm. De asemenea se produc și elemente de cordare (colțuri, scafe și socluri). Suprafața plăcilor poate fi netedă sau reliefată, glazurată sau neglazurată.

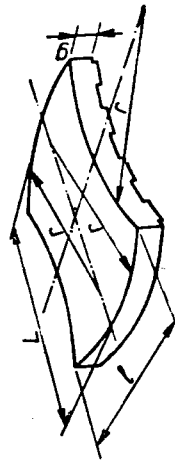


Fig. 8.24. Pișcoturi din gresie ceramică.

În țara noastră, plăcile din gresie ceramică se fabrică în două tipuri: tip S (plăci din gresie natur) și tip F (plăci din gresie fină). În tabelul 8.6 sînt redată principalele caracteristici fizico-mecanice ale acestor plăci. Funcție de aspect se sortează în două clase de calitate.

Plăcile de gresie ceramică se utilizează la pardoseli în încăperi nelocuite permanent (laboratoare, bucătării, băi, coridoare, magazii etc.), precum și la placarea pereților, în special în industria cu medii agresive.

Planșele cu corpuri ceramice se pot realiza prefabricat sau monolit, cînd aceste corpuri se așază cap la cap, iar în spațiile dintre ele se montează armătura și apoi se consolidează cu un beton fin.

Corpurile ceramice pentru pardoseli la grajduri și padocuri (STAS 9694-74) se obțin cu goluri orizontale, prin presare. Pe fețele fără goluri

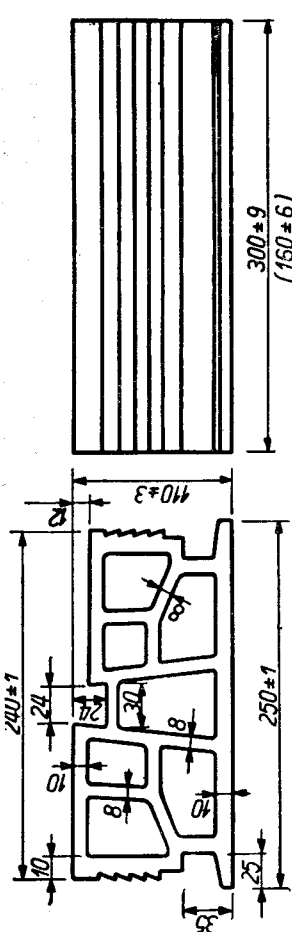


Fig. 8.22. Corpuri ceramice pentru acoperișuri.

sînt prevăzute cu striuri pentru evitarea alunecării animalelor și respectiv pentru mărirea adeziunii mortarului la montarea lor. Se fabrică în trei tipuri: cu lambă și uluc (fig. 8.23, a), cu striuri (fig. 8.23, b) și cu uluc (fig. 8.23, c), avînd dimensiunile din tabelul 8.5. Aceste corpuri se clasează în două calități, calitatea apreciindu-se după aspectul lor (strîmbarea muchiilor și fețelor, numărul știrbiturilor, crăpăturilor și fisurilor), ab-

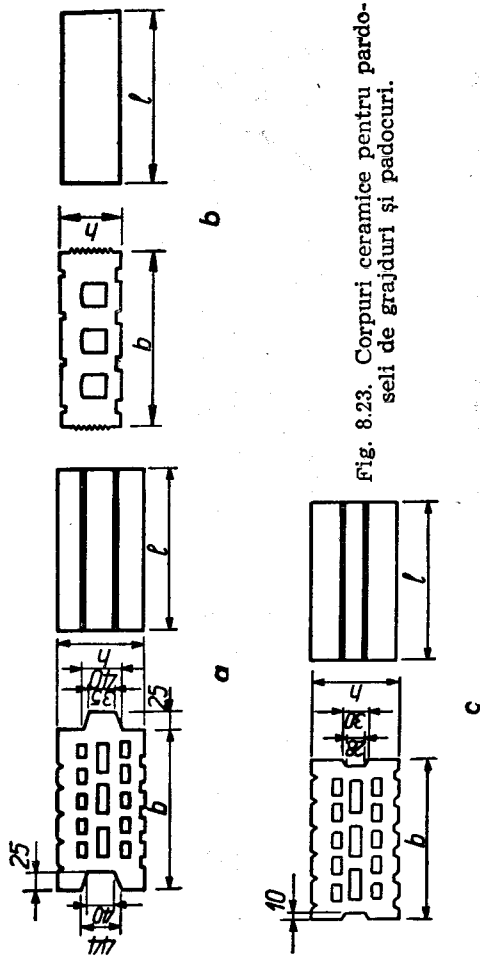


Fig. 8.23. Corpuri ceramice pentru pardoseli de grajduri și padocuri.

sorbția de apă (maximum 12%), rezistența la îngheț-dezghet (min. 25 cicluri), rezistența la uzură (pierdere în grosime max. 8 mm), rezistența la compresiune ( $R_c$  min 75 daN/cm<sup>2</sup>), prezența granulelor de var (să fie mai mici de 3 mm), coeficientul de conductibilitate termică (maximum 0,814 W/mK) și sunetul care trebuie să fie clar, nedogit.

Caracteristicile fizice-mecanice ale plăcilor din gresie ceramică

| Caracteristicile   | Condiții de admisibilitate  |              |
|--|---|--------------|
|  | Gresie fină   | Gresie natur |
| Densitatea aparentă, g/cm <sup>3</sup> (kg/m <sup>3</sup> ), minimum                       | 2,4 (2 400)   | 2,4 (2 400)  |
| Absorbția de apă, %, max.  | 2   | 2,5          |
| Rezistența la întindere prin încovoiere, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ), minimum | 250 (25)  | 250 (25)     |
| Rezistența la uzură, maximum g/cm <sup>2</sup>   | 0,29  | 0,22         |
| Rezistența la îngheț-dezghet   | după încercare la 25 cicluri, nu trebuie să prezinte exfolieri, pierderi din masă sau desprinderi de glazură              |              |
| Rezistența la agenți chimici, %, minimum:<br>- acid sulfuric;<br>- hidroxid de sodiu;      | 96<br>80  | 96<br>80     |
| Rezistența la variații bruște de temperatură și aderența la mortar                         | după încercările la 10 cicluri nu trebuie să prezinte crăpături, exfolieri și să nu se desprindă de pe corpurile de probă |              |
| Rezistența la șoc mecanic  | la încercare să nu prezinte crăpături sau fisuri  |              |
| Rezistența la șoc termic   | după încercare la un ciclu la 150 °C, nu trebuie să prezinte crăpături, fisuri în glazură sau sfărâmături                 |              |
| Stabilitatea glazurii la acțiunea chimică  | să nu prezinte distrugerii de glazură   |              |

Cărămițile de cîlnăcher se fabrică din gresie ceramică, cu dimensiunile: 210 × 110 × 65 mm sau 220 × 110 × 75 mm, folosite la zidăria aparentă, dirușorii de mare trafic, pardoseli în diferite industrii, precum și la căptușirea cannelor colectoare, a pilelor și culeelor de poduri.

În țara noastră din gresie antiacidă se confecționează cărămizii normale și pene (STAS 8080-76) utilizate la protecții antiacide (cu excepția acidului fluorhidric). În funcție de dimensiuni aceste produse se produc în 5 tipuri (tabelul 8.7): A, B, C, D (pentru căptușirea și pardosirea suprafețelor drepte) și P (pană) pentru căptușirea suprafețelor circulare (fig. 8.25).

Tabelul 8.7

Dimensiunile cărămizilor din gresie antiacidă

| Tipul    | Dimensiuni, mm |     |                |    |
|----------|----------------|-----|----------------|----|
|          | l              | b   | b <sub>1</sub> | h  |
| A        | 250            | 123 | -              | 65 |
| B        | 200            | 100 | -              | 30 |
| C        | 200            | 100 | -              | 20 |
| D        | 250            | 123 | -              | 30 |
| P (pană) | 120            | 44  | 38             | 65 |

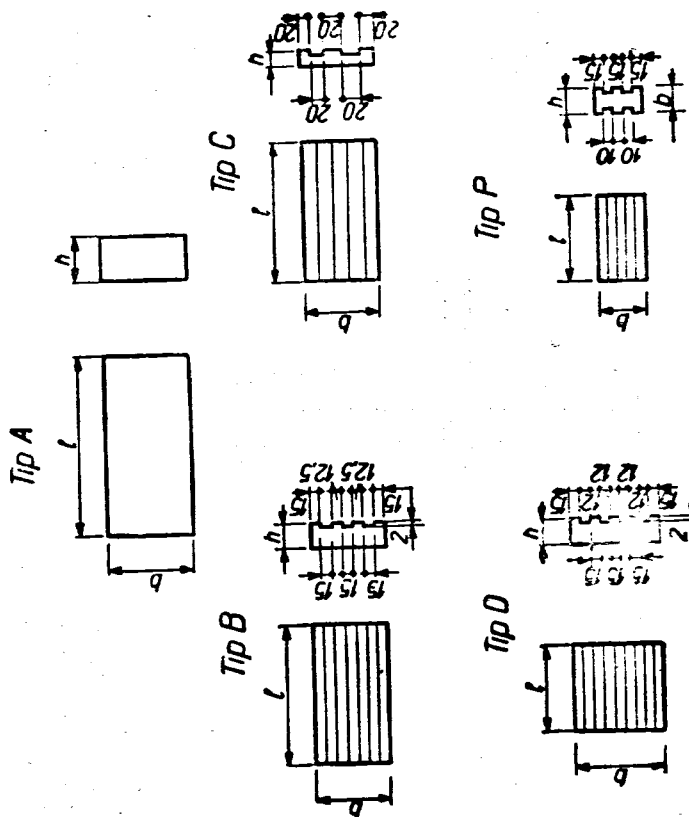


Fig. 8.25. Cărămiți din gresie ceramică.

**Tuburile și piesele de legătură din gresie ceramică (STAS 4183-68)** se folosesc pentru canalizări și instalații industriale prin care circula lichide agresive. Pentru mărirea impermeabilității și reducerea frecării la scurgerea lichidelor, aceste produse se glazurează atât în interior cât și la exterior. În vederea asamblării, la unul din capete sînt prevăzute cu mufă, iar în interiorul mufei și pe partea exterioră a capetelor fără mufă, au caneluri (fig. 8.26). Tuburile se fabrică în diferite diametre, cuprinse de la

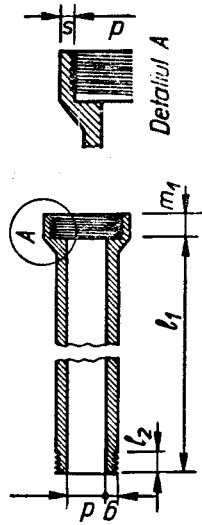


Fig. 8.26. Tuburi din gresie ceramică.

75 la 1 000 mm și cu lungimea de 1 000 și 1500 mm. Grosimea pereților variază între 14,5 și 51 mm, în funcție de diametrul lor.

Condițiile tehnice impuse tuburilor și pieselor de legătură din gresie ceramică sînt date în tabelul 8.8. Funcție de abaterile dimensionale și

Tabelul 8.8

Condiții tehnice ale tuburilor din gresie ceramică

| Caracteristici   | Condiții de admisibilitate  |
|--|---|
| Rezistența la acizi, %, minimum  | 99  |
| Rezistența la alcalii, %, minimum  | 85  |
| Impermeabilitatea  | trebuie să reziste la o presiune hidrostatică de 0,5 daN/cm <sup>2</sup> , timp de 30 secunde |
| Rezistența la șoc termic, număr de cicluri, minimum                                    | 2   |
| Absorbție de apă, %, maximum   | 6   |
| Rezistența la compresie pe generatoare, daN/m, pentru diametrul nominal                | 2 400<br>2 600<br>3 000   |
| — 250 și 300 mm  |   |
| — 350 și 400 mm  |   |
| — 450 ... 1 000 mm   |   |
| Rezistența la presiune hidrostatică, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ), minimum | 4 (0,4)   |

aspectul exterior, tuburile se sortează în trei calități: S, I și II, iar piesele de legătură (coturi, teuri, ramificații etc.) într-o singură calitate care nu trebuie să fie inferioară calității a II-a tuburilor.

### 8.3.5. Produse ceramice fine

Aceste produse se fabrică din mase bine omogenizate, alcătuite în general din argile curate, cu adaosurile necesare, iar finisarea suprafețelor este mai îngrijită. Cu mici excepții, se produc glazurate. După structură se clasifică în produse poroase (faianță, majolică, teracotă) și produse compacte (semiporțelan, porțelan și gresie ceramică fină). Din această categorie de produse, în construcții se utilizează pe scară largă plăcile de faianță și plăcile de majolică.

— **Plăcile de faianță (STAS 233-77)** se folosesc la placarea pereților în interior (băi, bucătării, laboratoare, grupuri sociale etc.) sau la acoperirea acoperșilor de laborator.

Faianța se obține dintr-un amestec de circa 50% caolinuri și argile curate, 40% nisip (degresant) și 10% feldspat (fondant). Plăcile de faianță se fabrică prin presarea semiuscată a amestecului respectiv bine omogenizat și arderea în două faze. În prima fază, se ard la circa 1 250 °C, cînd are loc un produs poros (biscuitul) și de culoare albă. Apoi, pe fața văzută se acoperă cu o glazură incoloră sau colorată și se ard a doua oară, la temperatură mai joasă (850 ... 900 °C) pentru topirea glazurii. Pe fața nevăzută, plăcile sînt prevăzute cu striuri pentru a îmbunătăți aderența mortarului cu care se fixează pe stratul suport.

Plăcile de faianță se produc în forme pătrate (150×150×5,5 mm) și dreptunghiulare (150×75×5,5 mm) cu toate muchiile drepte, sau cu o mufă, respectiv cu două rotunjite. De asemenea, se fabrică brișori lați (150×150×5,5 mm) și înguști (150×12,5×5,5 mm), piese pentru scafe (150×

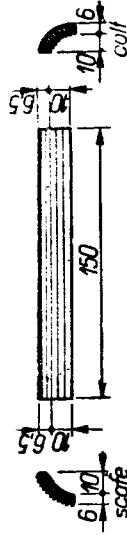


Fig. 8.27. Piese de faianță pentru scafe și pentru colț.

150 mm) și piese pentru colț (150×5,5 mm) fig. 8.27. Se produc în trei clase de calitate: extra, I și II. Calitatea se apreciază după exactitatea dimensiunilor, planitatea fețelor, prezența știrbiturilor și calitatea glazurii. De asemenea, plăcile trebuie să corespundă din punctul de vedere al rezistenței la încovoiere (minimum 15 N/mm<sup>2</sup>) al rezistenței la șoc termic, la agenți chimici și al absorbției de apă (13 ... 18%).

— **Plăcile de majolică** sînt produse poroase obținute din argile mai puține curate care după ardere dau un ciob colorat în galben-roșcat. Pe fața aparentă sînt acoperite cu glazură care poate fi mată sau lucioasă, transparentă sau opacă, divers colorată, într-una sau în mai multe culori. În țara noastră aceste plăci sînt cunoscute sub denumirea comercială de plăci ceramice CERSAROM (STAS 7813-73). Se fabrică în forme pătrate (L=20 ... 100 mm; g=5 ... 9 mm) și dreptunghiulare (L=40 ... 250 mm, l=20 ... 90 mm; g=5 ... 14 mm). Pentru ușurarea fixării pe elementele

de construcții a plăcuțelor mici până la 50 mm, acestea se livrează în pânouri de circa 32x32 cm, fiind lipite cu fața glazurată pe hîrtie. Plăcuțele CESAROM sînt de două calități: I și II. Condițiile de calitate se referă la aspectul exterior (fisuri, bășici, puncte negre în glazură, stratificări și crăpături în masa ceramică), rezistența glazurii la acțiunea vaporilor, rezistența plăcuțelor la variații bruște de temperatură de la 150 la 200 °C și la gelivitate (să reziste la minimum 25 cicluri). Aceste plăci se utilizează la finisarea prin placare a elementelor de construcții, atât pentru interior cît și pentru exterior. Se fixează cu mortar de ciment cu adaos de var.

### 8.3.6. Produse refractare

Prin produse refractare se înțeleg materialele care rezistă la temperaturi mai mari de 1580 °C, fără a se deforma sub propria lor greutate. Se folosesc la construcții supuse temperaturilor înalte: focare, cuptoare, reactoare etc.

Produsele ceramice refractare au compoziție chimică și mineralogică foarte variată; pot avea caracter acid, bazic sau neutru.

Din gama bogată de produse refractare fabricate în prezent în țara noastră, cele mai utilizate sînt: produsele silica, silico-aluminoase și magnezice.

**Produsele refractare silica** conțin peste 93% SiO<sub>2</sub>. Se fabrică din cuarțite și gresii curate. Materia primă se macină fin, se sortează pe fracțiuni, care apoi se reamestecă în vederea obținerii unui agregat cu un volum minim de goluri. Amestecul rezultat se aglomerează cu lapte de var, care are rolul de liant și de mineralizator (înlesnește transformările polimorfe ale SiO<sub>2</sub> în timpul arderii) și se presează în tipare. Produsele fasonate și uscate se ard la circa 1450 °C. Spre deosebire de toate celelalte produse ceramice care în timpul arderii se contractă, produsele silica suferă mărirea de volum, din cauza transformărilor polimorfe ale cuarțului. Au un caracter acid și se caracterizează prin stabilitate redusă la șoc termic sub 600 °C. De aceea, se utilizează la agregate termice cu funcționare continuă (cuptoare de topit sticla, cuptoare Siemens-Martin și electrice pentru obținerea oțelului).

**Produsele refractare silico-aluminoase** sînt bogate în SiO<sub>2</sub> și Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Din această grupă, mai utilizate sînt produsele de șamotă, care se obțin din argile refractare, prin ardere în două faze. În prima fază, argila se arde la circa 1300 °C rezultînd un material lipsit de plasticitate, denumit șamotă. Șamota se macină fin (granula maximă de 5 mm) și se sortează pe fracțiuni, care apoi se reamestecă pentru obținerea unui agregat cu volum minim de goluri. În faza a doua, nisipul de șamotă astfel realizat se amestecă cu argila refractară (în cantitate strict determinată pentru umplerea golurilor) și cu apă pentru obținerea unui amestec vîrtos, care se fasonează prin presare și se arde la circa 1400 °C. Produsele de șamotă au un caracter neutru și rezistă bine la șoc termic.

**Produsele refractare magnezitene** se obțin din materii prime bogate în oxid de magneziu sau silicat de magneziu; astfel: din magnezit MgCO<sub>3</sub>, se fabrică produse refractare magnezitice; din dolomit MgCa(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, produse dolomitice și din roci cu conținut de silicați de magneziu (serpentină, talc, olivină), produse forsteritice.

Produsele refractare magnezitice și dolomitice se obțin după procedeele obișnuite cu cel descris la produsele de șamotă. Roca mai înfil se arde la temperatură ridicată pentru obținerea oxidilor corespunzătorilor, în stare caursă. Oxizii obținuți se macină, se sortează și se reamestecă, rezultînd un nisip cu cît mai puțoluri. Nisipul respectiv amestecă apoi cu o cantitate de liant potrivit (oxid de calciu sau de magneziu) și cu apă și se presează în tipare. Produsele fasonate se usucă și se ard la 1000-1600 °C.

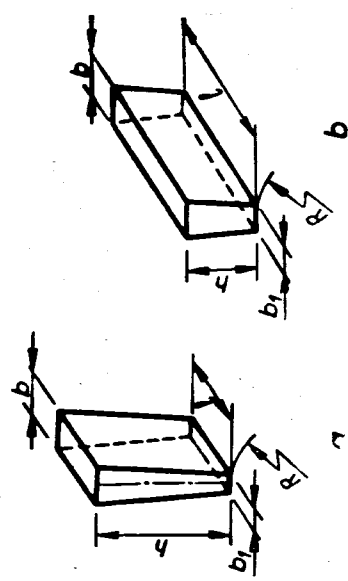


Fig. 8.28. Cărămizi refractare.

Produsele refractare magnezitene se caracterizează prin plasticitate ridicată. Fiind foarte ușoare se utilizează la cupetoare unde se ard materialele bazice (cuptoare pentru cimenturi, cuptoare pentru obținerea oțelului etc.)

În materialele refractare descrise, se fabrică mai ales cărămizi normale și cărămizi-pană lungi (fig. 8.28, a), respectiv cărămizi-pană scurte (fig. 8.28, b), care în funcție de dimensiuni (STAS 131-77), se produc în multe tipuri. De asemenea, materialele ceramice refractare pot fi livrate și sub formă granulară sau în pulberi, utilizîndu-se la confecționarea mortarelor și betoanelor rezistente la temperaturi ridicate.

## MATERIALE DIN STICLA

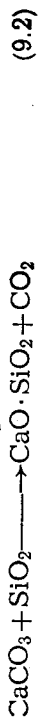
### 9.1. COMPOZIȚIE CHIMICĂ, STRUCTURA FIZICĂ ȘI TIPURI PRINCIPALE DE STICLĂ

**Sticla este un material rezultat în urma solidificării unei topituri, alcătuită în majoritate din bioxid de siliciu necombinat (circa 70%) și silicați complecși de sodiu, potasiu, calciu, plumb etc. (funcție de natura sticlei).**

Materia primă de bază, pentru fabricarea sticlei este nisipul silicios, curat, lipsit în special de oxizi de fier (care colorează sticla în verde), întrucît SiO<sub>2</sub> se topesc foarte greu (la 1710 °C), se folosesc și adăosuri fondante (carbonat de sodiu Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> sau de potasiu K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), care reacționează în cuptor cu bioxidul de siliciu, formînd silicați de sodiu sau de potasiu cu punctul de topire coborît:



Deoarece acești silicați sînt solubili în apă, în amestecul de materii prime se adaugă și stabilizatori (CaCO<sub>3</sub> sau PbO), care reacționează cu bioxidul de siliciu, formînd silicați de calciu sau de plumb :



Silicații noi formați, la rîndul lor, reacționează cu silicații de sodiu sau potasiu și formează silicați complecși, foarte greu solubili în apă și astfel sticla devine stabilă la acțiunea intemperiorilor.

Pentru modificarea unor caracteristici tehnice, în afara materiilor prime de bază, se folosesc și o serie de substanțe auxiliare, ca de exemplu : diferți oxizi metalici pentru obținerea sticlelor colorate ; fosfat de calciu (cenușă de oase) în vederea realizării unei sticle opalitate ; bioxid de mangan sau de seleniu care decolorează sticla etc.

Sticla topită se prezintă sub forma unui lichid viscos. La răcire, viscozitatea topiturii crește treptat pînă la solidificare. Sticla solidă are o structură amorfă.

În funcție de fondanții sau stabilizatorii folosiți la fabricare, există următoarele tipuri principale de sticle :

- sticla calco-sodică formată din SiO<sub>2</sub> și silicați de calciu și sodiu. Este sticla obișnuită din care se fabrică majoritatea materialelor de construcții ;
- sticla calco-potasică, alcătuită din SiO<sub>2</sub> și silicați de calciu și potasiu. Este de calitate mai bună și se utilizează la fabricarea vaselor de laborator ;
- sticla plumbo-potasică are drept componenți, SiO<sub>2</sub> și silicați de plumb și potasiu. Este sticla de cea mai bună calitate, fiind cunoscută sub denumirea de cristal.

#### 9.2. FABRICAREA PRODUSELOR DIN STICLĂ

Pentru fabricarea materialelor de construcții, se utilizează sticla calco-sodică. Procesul de fabricație cuprinde următoarele faze : alcătuirea amestecului brut, topirea amestecului, fasonarea produselor, recoacerea, finisarea și decorarea.

Materiile prime fin măcinate și dozate sînt omogenizate și apoi topite la circa 1 450 °C, în cuptoare sub formă de bazin, denumite cuptoare vană.

Fasonarea produselor se realizează prin diferite procedee : suflare, presare, laminare, tragere sau procedee combinate. În figura 9.1

este redat procedeul tragere-laminare, denumit și Fourcault, utilizat la fasonarea geamurilor obișnuite. Principiul de funcționare este următorul : în timpul lucrului la cuptorului, se introduce o duză din material refractar cu o deschidere longitudinală egală cu lățimea benzii de sticlă. La ieșirea din duză, banda de sticlă este apucată de un picptene de oțel și apoi de prima pereche de valțuri din cheson. Prin rotirea valțurilor, banda

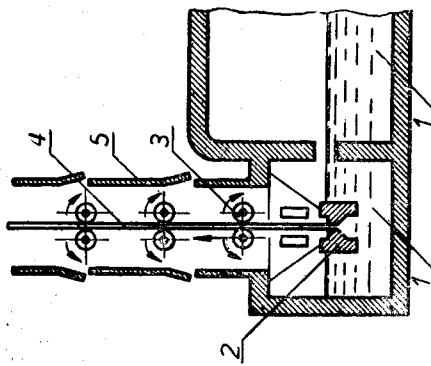


Fig. 9.1. Procedeul Fourcault de fabricare a geamurilor : 1 — zona de lucru a cuptorului ; 2 — duza din material refractar ; 3 — valțuri ; 4 — bandă de geam ; 5 — cheson.

sticla este trimisă continuu, suflată o răcire lentă. La partea superioară a cuplorului geamul răcit este tăiat în bucăți. Recoacerea constă în încălzirea lor fasonate la 550...600 °C și apoi răcirea lor treptată. Se realizează în scopul eliminării tensiunilor interne, apărute în urma răcirii sticlei (de la 1 000 la 20...50 °C) în momentul fasonării. Prezența lor internă scade foarte mult rezistența la șoc a produselor din

sticlă și decorarea se aplică în scopul de a elimina unele defecte (bule, fle) de a înfrumuseța suprafața produselor, prin gravare, pictare.

### 9.3. PROPRIETĂȚI FIZICO-MECANICE ȘI CHIMICE ALE STICLII RIGIDE

Structura sticlei sale, sticla rigida este un material izotrop (proprietățile mecanice nu variază cu direcția de determinare). Proprietățile fizico-mecanice ale sticlei calco-sodice, determinate în condiții de laborator sînt prezentate în tabelul 9.1.

Tabelul 9.1

| Caracteristici fizico-mecanice ale sticlei calco-sodice | Densitatea (kg/m <sup>3</sup> ) | Conducibilitatea termică, kcal/m °C (W/mK) | Rezistența la rupere la temperatură naturală | Rezistențe, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) |                          | Modul de elasticitate E, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) |
|---|---------------------------------|--|--|--|--------------------------|---|
|   |                                 |  |  | Compreșiune  | Întindere (în încoviere) |   |
|   | 2 400... 2 500                  | 0,80...1,15 (0,70...1,32)                  | 5...7  | 3 000... 12 000 (300... 1 200)                       | 300... 1 000 (30... 100) | 600 000... 900 000 (60 000... 90 000)                             |

sticla prezintă rezistența la acțiunea agenților chimici, s-a constatat că rezistența este la acțiunea acizilor, cu excepția acidului fluorhidric. Acidul nu utilizează pentru fasonarea sticlei și obținerea sticlei mate. Proprietățile bazice atacă sticla, când se utilizează timp îndelungat.

#### 9.4. MATERIALE DE CONSTRUCȚII DIN STICLĂ

Produsele din sticlă utilizate în construcții se pot grupa în următoarele categorii : produse din sticlă pentru ferestre, pentru lucrări de protecție și izolație, pentru pereți și planșee, pentru canalizări și pentru termolizolații.

##### 9.4.1. Produse din sticlă pentru ferestre și luminatoare

În această categorie fac parte diferite tipuri de geamuri (tabelul 9.2). Pentru geamurile șlefuite, șlefuite, mate, muslin, givrare și triplex se obțin prin prelucrarea geamului obținut prin diferite procedee, se mai realizează și geamuri prelucrate.

Tabelul 9.3

Diferite tipuri de geamuri

| Nr. crt. | Tipul geamului                  | Modul de fabricație                            | Caracteristici   | Dimensiuni (mm)                                       | Calități   | Domeniul de utilizare  |
|----------|---------------------------------|--|--|---|--|--|
| 1        | Geam tras (obișnuit STAS 853-75 | tragere și laminare (Fourcault)                | - transparent<br>- fețe plane  | $g = 2...12$<br>$l = 280...2300$<br>$L = 1000...3500$ | Cal. S<br>Cal. I<br>Cal. II<br>Cal. III<br>Cal. IV<br>Cal. V | - oglinzi și geam securit;<br>- vitrine și căldiri principale;<br>- căldiri locuit;<br>- construcții industriale |
| 2        | Geam rigid STAS 1506-67         | laminare sau turnare                           | - pe una din fețe are striuri  | $g = 5$<br>$l \leq 1700$<br>$L = 1500...3000$         | Cal. I   | - luminoare;<br>- ferestre pentru magazine și depozite mărfuri   |
| 3        | Geam armat STAS 949-67          | laminare sau turnare (fig. 9.2)                | - fețe plane;<br>- are inclusă o rețea de sirmă din oțel;<br>- incolore sau colorate | $g = 5...10$<br>$l = 700...1700$<br>$L \leq 3000$     | Cal. I<br>Cal. II  | - luminoare, balcoane, parapete scări, pereți despărțitori   |
| 4        | Geam ornamentat STAS 3515-75    | laminare                                       | - pe una din fețe are modele în relief;<br>- incolore sau colorate                   | $g = 4...10$<br>$l = 500...700$<br>$L = 1500...3000$  | Cal. I incolore<br>Cal. I și II colorate                     | - ferestre, uși;<br>- pereți despărțitori, luminoare   |
| 5        | Geam termoabsorbant             | tragere și laminare cu adaos de oxizi metalici | - albastru verzui;<br>- fețe plane;<br>- absoarbe radiații calorice                  | $g = 3...6$<br>$l = 1100...1600$<br>$L = 1200...2000$ |  | - ferestre;<br>- luminoare;  |
| 6        | Geam șlefuit STAS 9041-76       | șlefuire pe ambele fețe ale geamului obișnuit  | - transparent;<br>- fețe plane   | $g = 3,5...7$<br>$l = 400...2100$<br>$L = 500...4500$ | Cal. I<br>Cal. II  | oglinzi, vitrine, ferestre, geam securit   |

Tabelul 9.8 (continuare)

| Tipul geamului              | Modul de fabricație  | Caracteristici  | Dimensiuni (mm)  | Calități         | Domeniul de utilizare   |
|-----------------------------|--|---|--|------------------|---|
| Geam transparent (obișnuit) | tratament termic al geamului obișnuit (calor în aer)                               | - transparent;<br>- fețe plane sau curbe                              | $g = 5...8$<br>$l = 1000...1000$<br>$L = 100...1000$   | Cal. A<br>Cal. B | - ferestre, uși, pereți despărțitori;<br>- parbrize pentru autovehicule |
| Geam colorat                | tratament termic al geamului obișnuit care pe o față are aplicat un strat de email | - colorate;<br>- netransparente;<br>- are pe o față un strat de email | $g = 3,8...10$<br>$l = 100...1800$<br>$L = 100...3000$ | Cal. I           | - placarea pereților;<br>- uși  |
| Geam rezistent la impact    | lipirea a două foi de geam cu adezivul sticlei transparente                        | - fețe plane;<br>- rezistențe mari                                    | -  | -                | - Elemente de construcție puternic solicitate                           |
| Geam mat                    | Prelucrare mecanică sau chimică a unei fețe de geam obișnuit                       | - una din fețe este mată (rușoasă și netransparentă)                  | $g = 4...8$<br>$l = 400...1000$<br>$L = 1000...1000$   | -                | - uși, ferestre, pereți despărțitori                                    |
| Geam multistrat             | Idem, dar acoperire prelată cu gublorne  | are modele mate   | Idem   | -                | Idem  |
| Geam glazurat               | Aplicarea unui strat de email peste geamul mat și uscare în 30-35°C                | are una din fețe cu aspect de flori de gheață                         |  |                  |   |

Nota: g - grosime; l - lățime; L - lungime;



Față de geamurile obișnuite geamurile securit și triplex se caracterizează prin rezistențe mecanice mai bune, iar la spargere nu se desfac în bucăți tăioase. Geamurile securit nu pot fi tăiate cu diamantul, fapt pentru care se fabrică la dimensiunile de întrebuințare.

Geamurile armate au inclusă în masa lor o rețea din sîrmă de oțel-carbon (fig. 9.2) care le face mai rezistente la șocuri.

#### 9.4.2. Produse din sticlă pentru lucrări de protecție și finisaj

Pentru lucrările de protecție și finisaj se utilizează: plăci din sticlă opazit, plăci din sticlă cristalizată și plăci de sticlă mozaic.

— *Plăcile de sticlă opazit* sînt plăci groase din sticlă opalizată, albe sau colorate, cu fața văzută netedă, iar fața opusă prevăzută cu striuri, pentru îmbunătățirea aderenței față de mortarul cu care se fixează. Se utilizează la placarea pereților interiori înlocuind plăcile de faianță. Sînt mai ieftine decît acestea, dar au dezavantajul unei fragilități mai mari și al unei aderențe mai slabe față de mortarul de legătură.

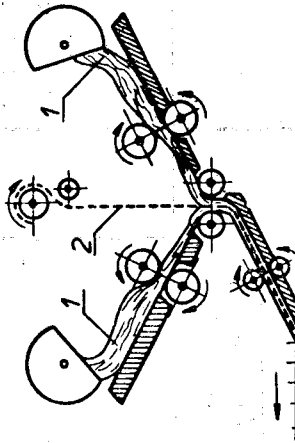


Fig. 9.2. Procedul de obținere a geamului armat:

1 — sticlă; 2 — plasă de oțel.

sticlă cristalizată se fuzionează plăci, utilizate la placarea pereților și executarea pardoselilor.

— *Plăcile de sticlă-mosaic* se fuzionează din sticlă colorată și opalizată, în formă pătrată cu dimensiunile:  $20 \times 20 \times 4,5$  și  $40 \times 40 \times 5$  mm. Fața vizibilă a acestor plăci este lîsă sau cu model, iar cea opusă, cu striuri. Se livrează lipite cu fața aparentă pe hîrtie, în panouri de  $320 \times 320$  mm. Se folosesc pentru placarea pereților interiori și exteriori, a coloanelor și a altor elemente de construcții, permițînd realizarea de mozaicuri și compoziții artistice.

#### 9.4.3. Produse din sticlă pentru planșee și pereți luminoși

Pentru obținerea unui efect arhitectural deosebit, precum și pentru satisfacerea unor cerințe de ordin funcțional, anumite planșee și pereți se execută din produse de sticlă. În acest scop se folosesc: pavele rotalite, dale de sticlă, profile „U”, geam dublu termoizolant (termopan) și cărămizi din sticlă.

*Pavelele tip rotalit* se folosesc la executarea planșeelor luminoase. Se fabrică prin presare și au fața superioară prevăzută cu striuri antideșănate, părțile laterale adîncite și striate pentru a le mări aderența față de betonul de monolitizare, iar fața inferioară scobită (fig. 9.3). În funcție de dimensiuni, se fabrică în două tipuri (tabel 9.3). La executarea planșeelor se ține seama de faptul că, la montaj, la distanța de 3 cm una de alta. Între ele, se montează barele de armătură (fig. 9.3) pe ambele direcții, iar spațiul rămas liber se umple cu un beton fin.

*Dalele pentru pereți* se confecționează în forma pătrată prin presare. Sunt prevăzute cu concavități, pe ambele părți — biconcave, sau numai pe o față — monoconcave (fig. 9.4). Muchiile acestor dale sînt prevăzute cu șanț și striuri pentru montaj. Se fabrică atît incolore cît și colorate. La executarea pereților luminoși, dalele se așază una peste alta, pe cînt, iar în spațiile tubulare închise între ele, se introduce armătură (fig. 9.5). Monolitizarea dalelor se realizează cu pastă de ciment.

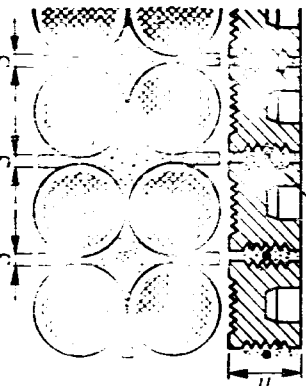


Fig. 9.3. Pavele Rotalit:

1 — armătură.

Tabelul 9.3

#### Tipuri de pavele Rotalit

| Pavele rotalit | H, mm      | h, mm      | Masa, g          |
|----------------|------------|------------|------------------|
| R 60           | $60 \pm 1$ | $34 \pm 1$ | $700 \pm 50$     |
| R 80           | $80 \pm 1$ | $45 \pm 2$ | $1\ 080 \pm 100$ |

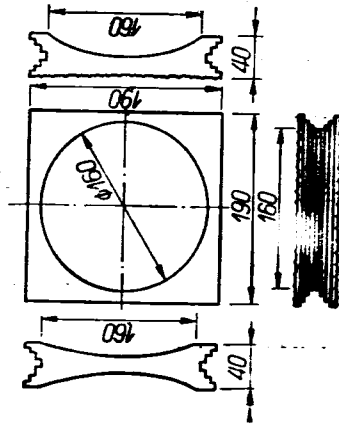


Fig. 9.4. Dale de sticlă pentru pereți.

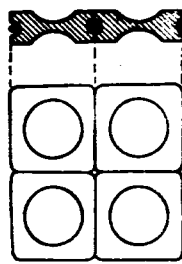


Fig. 9.5. Monolitizarea dalelor de sticlă.

— *Profilele U din sticlă* (fig. 9.6) utilizate pentru executarea pereților se fuzionează prin laminare. Se produc armate sau nearmate, din sticlă colorată sau incolord, cu ambele fețe netede sau cu una din fețe ornamentată.

Îmbinarea profilelor se poate face la un singur rînd, la un rînd și jumătate sau la două rînduri (fig. 9.7.). Etanșarea se realizează cu chituri sau cu profile din cauciuc ori polietilenă de vinil.

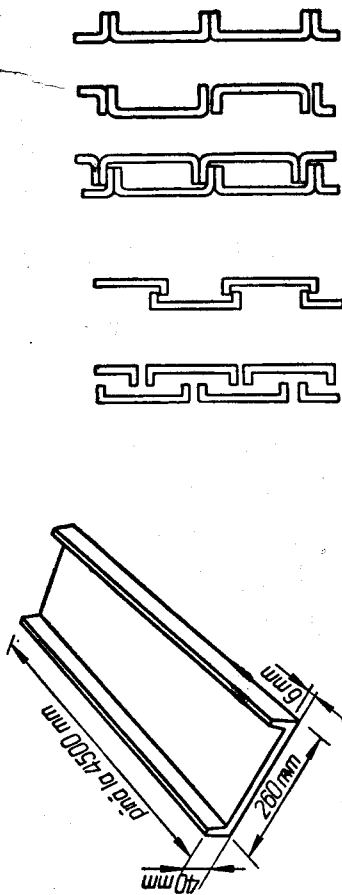


Fig. 9.6. Profile U din sticlă.

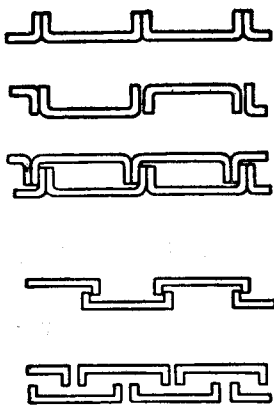


Fig. 9.7. Îmbinarea profilelor U din sticlă.

— *Geamul dublu termoizolant (Termopan)*, se execută din două foi de geam, securizat sau obișnuit, distanțate prin intermediul unui distanțier de sticlă, plasat de jur împrejur, între foi fiind creat un spațiu ermetic închis, umplut cu aer uscat (fig. 9.8). Se folosește la executarea unor pereți în construcții civile, industriale și social-culturale, unde se cere o vizibilitate maximă și o bună izolare termică.



Fig. 9.8. Geam Termopan.

— *Cărămișile din sticlă* se fabrică în 4 tipuri, în funcție de dimensiuni (tabelul 9.4). Se folosesc la executarea pereților despărțitori interiori, exteriori, precum și la casa scărilor.

— *Țiglele de sticlă* obținute prin presare se produc după formă în două tipuri: țigle solzi și țigle cu jgheab, asemănătoare cu cele ceramice. Se utilizează în construcția acoperișurilor (la luminatoare).

Tabelul 9.4

| Tipul | Dimensiuni, mm |     |     | g   |
|-------|----------------|-----|-----|-----|
|       | L              | l   | g   |     |
| I     | 190            | 190 | 80  | 80  |
| II    | 240            | 115 | 80  | 80  |
| III   | 240            | 240 | 80  | 80  |
| IV    | 300            | 300 | 100 | 100 |

Cărămiși din sticlă

#### 9.4.4. Tuburi din sticlă

Tuburile din sticlă se produc prin laminare. Dimensiunile și presiunea de lucru ale acestor tuburi sînt redată în tabelul 9.5. Se folosesc pentru acoperirea soluțiilor și gazelor agresive, precum și pentru cabluri telefonice. Păși de tuburile din oțel, fontă sau beton, tuburile din sticlă prezintă avantajul unei rezistențe chimice mai mari, al transparenței și al unor suprafețe interioare netede. În schimb, sînt mai fragile și cu rezistențe relativ scăzute la șocuri.

Tabelul 9.5

Tuburi din sticlă

| Diametrul exterior, mm | Grosimea peretelui, mm | Presiunea de lucru, daN/cm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) |
|------------------------|------------------------|--|
| 45                     | 4 ± 1                  | 7 (0,7)  |
| 68                     | 5 ± 1                  | 6 (0,6)  |
| 93                     | 6 ± 1                  | 5 (0,5)  |
| 122                    | 7 ± 1                  | 4 (0,4)  |

Lungimi = 1,50; 1,75; 2,00; 2,50; 2,75; 3,00 m.

#### 9.4.5. Materiale termoizolatoare din sticlă

Din sticlă se fabrică și materialele termoizolatoare ca: sticla spongioasă și vata din sticlă.

— *Sticla spongioasă* se obține din deșeuri de sticlă, care se topesc împreună cu un adaos de calcar, sau amestec de sulfat de sodiu și cărbune. La temperatura de topire a sticlei, adaosurile se descompun punînd în libertate gaze care rămîn prinse în topitură, iar la răcire, rezultă o structură rigidă, foarte poroasă. Densitatea aparentă  $\rho_a$  a acestui material variază între 150 și 250 kg/m<sup>3</sup>, coeficientul  $\lambda$ , între 0,05 și 0,075 kcal/m °C h, iar porozitatea totală poate ajunge la 90%. Sticla spongioasă se poate tăia ușor cu ferăstrăul la dimensiunile dorite. Se folosește la executarea termoizolațiilor la pereți.

*Vata de sticlă* este un material fibros, obținut prin centrifugarea sau suflarea unei topituri viscoase de sticlă.

În cazul centrifugării, topitura de sticlă curge în fir subțire pe un disc din material refractar prevăzută cu striuri radiale, care se rotește cu viteză mare. Datorită forței centrifuge, topitura din striuri este aruncată lateral, sub formă de fibre subțiri de 5...30  $\mu$  grosime.

Prin metoda suflării, topitura de sticlă primește lateral un curent de aer comprimat sau de aburi, fiind pulverizată în fibre subțiri.

Fibrele de sticlă obținute se presează ușor sub formă de saltele, care se prind între plase de sîrmă, carton ondulat etc., folosindu-se în acest mod la izolarea planșelor, conductelor și altor elemente de construcții.

Vata de sticlă este foarte ușoară ( $\rho_a = 70 \dots 80 \text{ kg/m}^3$ ) și cu bune proprietăți termoizolatoare ( $\lambda = 0,035 \dots 0,040 \text{ kcal/m}^\circ\text{C h}$ ).

## Capitolul 10

### METALELE

#### 10.1. GENERALITĂȚI

Cuprul și aliajul său cu staniul, numit bronz, au fost primele metale obținute prin metode primitive, încă de la începutul mileniului al doilea î.e.n., și folosite ca obiecte de podoabă sau pentru confecționarea uneltelor. Cu mult mai târziu, după câteva secole, a început să se dezvolte și metalurgia fierului, care este folosit la început pentru confecționarea obiectelor de podoabă, a uneltelor și a armelor; în construcții, fierul — de fapt aliajul său cu carbonul denumit oțel s-a folosit de abia din a doua jumătate a secolului al XVIII-lea. Alumiul și aliajele sale, materiale cu densitate redusă au început să fie întrebunțate din ce în ce mai mult în prezent în construcțiile metalice.

Construcțiile metalice s-au dezvoltat foarte mult, mai ales în domeniul hanelor industriale, al clădirilor cu multe etaje, podurilor, rezervoarelor, conductelor etc., datorită avantajelor pe care oțelul, ca material de construcție, le are față de celelalte materiale: greutate proprie mică; siguranță mai mare a construcțiilor; timp de execuție mai scurt; o execuție rațională și mai sigură din punct de vedere calitativ etc. Construcțiile metalice au și unele dezavantaje, în special față de construcțiile de beton armat: oțelul este un material deficitar și scump; sensibilitate la temperaturi ridicate; pericol de distrugere prin coroziune.

Metalele, folosite în construcții, se clasifică în două categorii: metale feroase (fonta și oțelul) și metale neferoase (alumiul, cuprul, zincul, plumbul și diverse aliaje ale acestora).

#### 10.2. CARACTERISTICI STRUCTURALE ALE METALELOR

##### 10.2.1. Structura metalelor

Metalele sînt solide policristaline cu microstructură grăunțoasă; microcristalele sînt formate din rețele spațiale de ioni pozitivi și un nor de electroni, care oscilează printre planurile reticulare.

Majoritatea metalelor principale au rețele spațiale cubice și hexagonale. În 16 metale folosite în construcții, 12 cristallizează în sistemul cubic și unul hexagonal.

În sistemul cubic metalele pot avea o structură de cub centrat ori cu un centrat (fig. 10.1, a) sau cub cu fețe centrate (fig. 10.1, b).

A structura cubică cu volum centrat ioni se găsește în virfuri și în centrul cubului. Această structură se continuă astfel încît ioni central

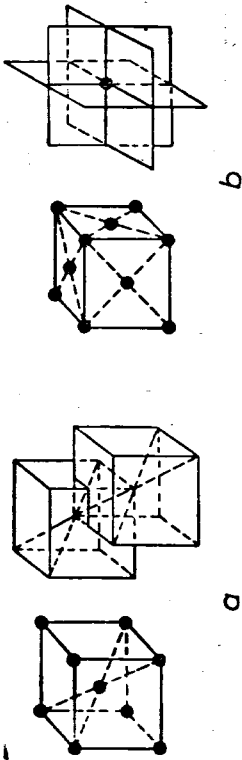


Fig. 10.1. Crystallization in a cubic system.

din fiecare cub elementar devine colțul comun al altor opt cuburi elementare care se întrepătrund cu primul cub (v. fig. 10.1, b). La structura cubică centrată numărul de coordinație este  $c = 8$ .

Structura cubică cu fețe centrate are în afară de ioni din colțurile cubului elementar cîte un ion în centrul fiecărei fețe. Această structură continuă la infinit, astfel încît fiecare ion din colțul unui cub elementar este comun la opt cuburi elementare alăturate (fig. 10.1, b). În acest caz cei trei ioni din centrele fezelor cubului elementar se găsesc la cea mai mică distanță, față de ionul de referință. Numărul de coordinație rezultă:  $c = 8 \times 3/2 = 12$  (unde

8 — cuburi elementare alăturate; 3 — ioni din centrul fezelor; 2 = două cîte două fețe ale cuburilor colțului), adică o structură mai compactă decît la sistemul cubic centrat.

În cazul sistemului hexagonal, structura cea mai compactă este dată de prisma dreaptă cu baza hexagonală, în fiecare colț al prisme și în centrele bazelor găsindu-se cîte un ion. Deasupra și dedesubtul ionilor din centrele bazelor se mai găsesc grupări de cîte trei ioni, uniform răspândiți și la aceeași distanță de ionul din centrul bazelor, ca și ioni din unghiurile hexagonului corespunzător (fig. 10.2, a). Se obține o structură centrată cu numărul de coordinație 12. Structura se continuă la infinit, în cele trei direcții ale spațiului (fig. 10.2, b).

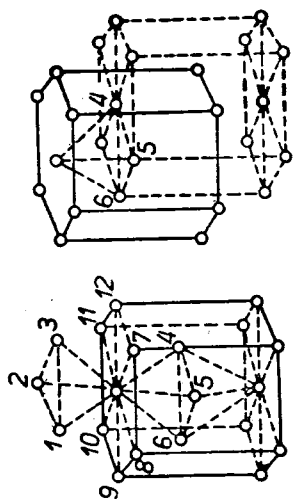


Fig. 10.2. Crystallization in a hexagonal system.

Trecerea unui metal din stare topită în stare solidă se face prin cristalizare. Formarea rețelei cristaline începe să se producă la o temperatură proprie fiercării metal; în mod practic, pentru producerea cristalizării este necesară o subrăcire.

Formele alotropice ale fierului (ferita  $F$  cu impurități de 0,03% C) sînt prezentate în figura 10.3. Transformările alotropice au loc la temperaturile de 1390 °C, cînd din o structură cristalină cubică centrată se ajunge la o structură în rețele cubice cu fețe centrate și apoi din nou, sub 906 °C, în sistemul cubic centrat.

La temperatura de 768 °C fierul mai suferă o transformare însă nu de natură cristalină, ci magnetică. La temperatura normală fierul  $\alpha$  are proprietăți magnetice care dispar la temperatura de 768 °C (temperatură de transformare magnetică). Fierul  $\gamma$  este important pentru faptul că are capacitate mare de a se alia cu alte elemente.

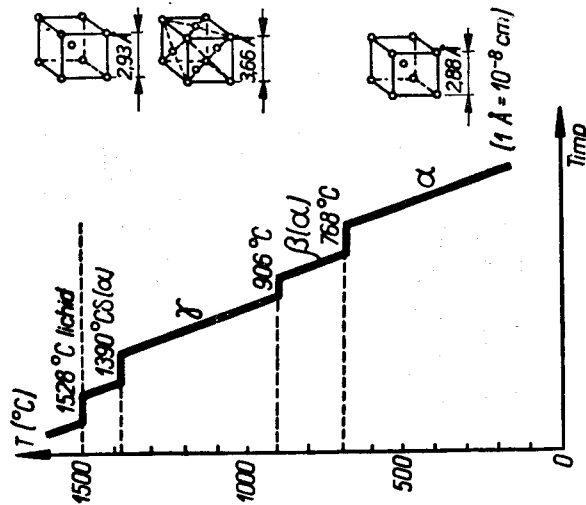


Fig. 10.3. Formele alotropice ale fierului.

în topitura unui metal a unor elemente de aliere, la solidificarea acestor topituri obținându-se aliajele. Aliajul se poate prezenta ca un amestec al diferitelor particule ale componentelor, cu cristale unice sau cu mai multe feluri de cristale. Elementele aliajului pot reacționa și chimic între ele cu formarea de compuși chimici ce alcătuiesc o rețea cristalină deosebită de cea a componentelor.

*Aliajele soluție solidă* sînt formate dintr-un singur fel de microcristale, omogenitatea sistemului păstrîndu-se și în stare solidă. Soluțiile solide se formează prin dizolvarea în topitura unui metal a unui sau mai multor elemente, astfel că într-un cristal intră, în anumite proporții, atomii ai tuturor elementelor. Soluțiile solide se formează în două feluri :

- Soluția solidă de substituție, caracterizată prin înlocuirea ionilor din rețeaua cristalină a componentului de bază cu ioni ai altor elemente. Pentru aceasta este necesar ca la elementele respective razele ionice să fie apropiate (diferența < 10%) și rețelele cristaline să fie identice (fig. 10.4, a).
- Soluția solidă de pătrundere (de interstiție), caracterizată prin faptul că ionii străini ai elementelor care se dizolvă pătrund în golurile rețelei

cristaline ale elementului de bază. Acest lucru este posibil numai cînd între razele ionice ale celor două metale există o diferență afit de mare însoțit ionul cel mai mic se poate intercala în spațiile libere sau interstițiile dintre ionii cel mari (fig. 10.4, b).

Pentru a exprima starea fizică și compoziția chimică a unui aliaj soluție solidă, format din două metale, se prezintă diagrama de echilibru stabilită experimental (fig. 10.5). Astfel; curbele I, II sînt ale metalelor în stare pură cu puncte caracteristice de topire  $t_1$  și  $t_2$ .

Pentru amestecuri în diferite proporții există zone de topire (curba III în figura 10.5, a).

În figura 10.5, b curba lichidus reprezintă puncte de începere a solidificării pentru toate aliajele (toate proporțiile între  $Me_1$  și  $Me_2$ ), iar curba solidus reprezintă punctele de sfîrșit de solidificare.

*Aliajele de amestec* sînt formate din cel puțin două feluri de cristale reprezentînd sisteme neomogene. Diagrama de echilibru, stabilită tot experimental, este mai complicată decît în cazul soluțiilor solide și se prezintă în figura 10.6, unde s-a considerat cazul cel mai simplu a două metale

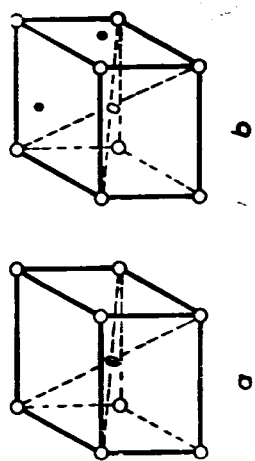


Fig. 10.4. Tipuri de cristale în soluții solide.

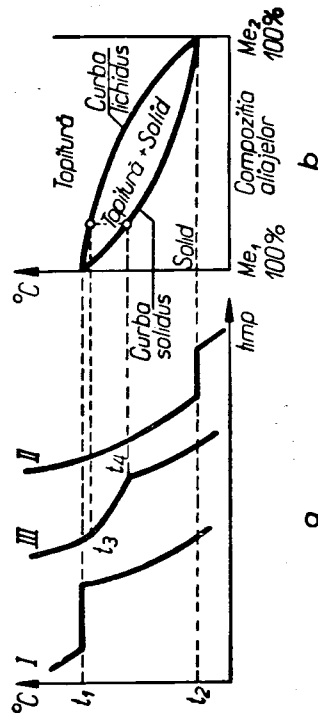


Fig. 10.5. Diagrama de echilibru a unei soluții solide.

$Me_1$  și  $Me_2$ . Curba  $t_1$  și  $t_2$  se numește lichidus, iar dreapta  $AB$  solidus. Zonele hașurate reprezintă soluții solide: cantitățile foarte mici de celălalt metal se dizolvă în metalul ce este în cantități mari dînd o dispersie omogenă (în acest caz componentii au o solubilitate reciprocă limitată). În punctul  $E$  ambele metale cristalizează împreună la o temperatură anumită și cu o compoziție constantă la fel ca o substanță pură. Acest punct se numește eutectic, iar la temperatura eutecticii se sfîrșește solidificarea tuturor aliajelor  $Me_1-Me_2$ , rezultînd sub  $A-B$  numai stare solidă. În zona  $t_1$   $AE$  se solidifică (cristalizează) numai metalul  $Me_1$  existînd un amestec de cristale  $Me_1$  și topitură. Situația este analogă și în zona  $t_2$   $BE$  cel mai

simplu caz de amestec este cînd la solidificare componenții nu formează zone de soluții solide (de ex. Sb și Pb).

În cazul unor metale, așa cum este și fierul care la anumite temperaturi suferă transformări alotropice favorabile formării unei soluții solide, zona de existență a soluției solide este mai mare, așa după cum se vede în diagramă (zona  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $E'$ ,  $A'$ ). La răcire transformarea soluției solide în amestec de cristale se face după o curbă asemănătoare cu curba lichidus. Punctul minim de pe această curbă ( $E'$ ) se numește eutectoid și reprezintă punctul în care cele două metale, care formau soluția solidă, cristalizează împreună ca o substanță pură. Acesta se deosebește de eutectic prin faptul că se formează din soluția solidă și are o structură mult mai fină. Eutecticul și eutectoidul reprezintă puncte triple de trecere dintr-o fază omogenă la două faze.

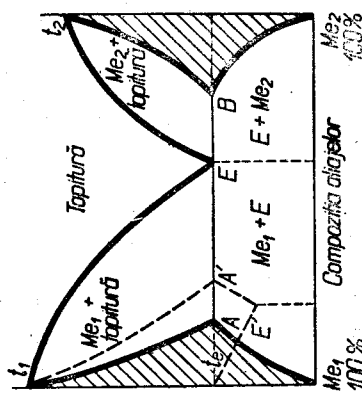


Fig. 10.6. Diagrama de echilibru pentru aliaje de amestec

### 10.2.3. Aliajele fier-carbon

Fierul dă cu carbonul o combinație chimică, o soluție solidă și aliaje de amestec. Diagrama de echilibru a sistemului fier-carbon, răcirea făcându-se repede, este dată în figura 10.7.

Compusul chimic dat de fier și carbon este  $Fe_3C$  numit carbură de fier sau *cementită* cu un conținut de carbon de 6,67%. Se formează numai prin

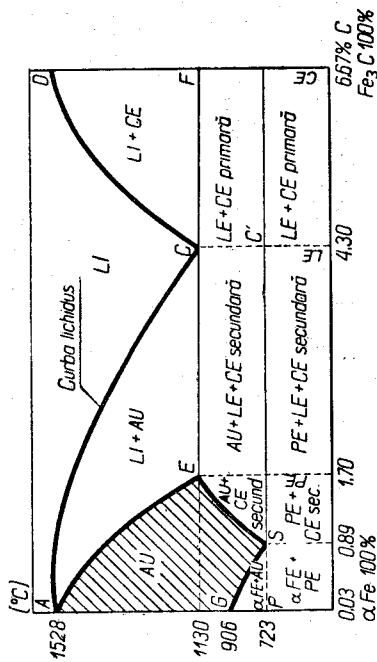


Fig. 10.7. Diagrama fier-carbon: Li — lichid (topitură); Au — austenită; Ce — cementită; Pe — perlită; Le — ledeburită.

încălzire la temperaturi mai mari de 1 145 °C, iar prin răcire bruscă rămâne stabilă și la temperatură normală. Cementita este foarte dură ( $HB=800 \text{ daN/mm}^2$ ), rezistentă la uzură, dar fragilă și cu densitate mai mică decît a feritei (tabelul 10.1).

Caracteristicile fizico-mecanice ale unor aliaje Fe-C

| Componentul | C, %       | $\rho_s$ , kg/cm <sup>3</sup> | $\sigma_r$ , daN/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) | HB, daN/mm <sup>2</sup> (N/mm <sup>2</sup> ) | $\sigma_n$ , % |
|-------------|------------|-------------------------------|---|--|----------------|
| Ferita      | 0,03       | 7 800                         | 30 (300)  | 80 (800)                                     | 40             |
| Austenita   | 0,03...1,7 | —                             | 100 (1 000)   | 200...250 (2 000...2 500)                    | 50             |
| Perlită     | 0,89       | —                             | 85 (850)  | 180 (1 800)                                  | 10             |
| Cementita   | 6,67       | 7 620                         | —   | 800 (8 000)                                  | —              |

lichidă solidă de carbon în  $\gamma$  ferită se numește *austenită* și conține maxim 1,7% carbon. Ea este stabilă numai la temperaturi mai mari de 723 °C și la temperaturi mai mici de 723 °C. La răcire austenita se descompune în  $\alpha$  ferită și cementită sau în amestec eutectoid al acestor două componente. Poate fi stabilă și la temperatură normală, dar numai prin adăugarea cu mangan sau nichel (tabelul 10.1). Eutecticul sistemului ferită-cementită se numește *ledeburită*. Are structură lamelară cu lamele alterne din austenită și cementită. Eutectoidul sistemului ferită-cementită se numește *perlită*; are tot o structură lamelară  $\alpha$  Fe și cementită, dar cu dimensiuni mult mai mici. Poate însă avea și o structură globulară. Din tabelul 10.1 se constată că pe măsură ce crește procentul de carbon, scade densitatea și se mărește ruperea, iar rezistențele mecanice cresc. În diagrama de echilibru, curba lichidus este *ACD*, iar curba solidus *AECF*. În zonele de eutectic și eutectoid se găsesc amestecurile indicate în figura 10.7. De remarcat că sub curba *GS*, se separă  $\alpha$  ferita de soluția solidă, iar sub curba *PS* soluția solidă (austenita) rămâne cristalizată sub formă de

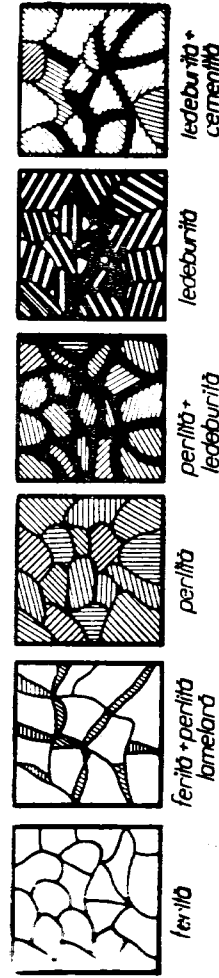


Fig. 10.8. Aspectul aliajelor ferită-cementită.

perlită. Din austenită, sub curba *SE*, se separă cementita secundară spre deosebire de cementita care cristalizează din topitură și se numește cementită primară.

Punerea în evidență a microstructurii aliajelor ferită-cementită se face cu ajutorul microscopului metalografic. Principalele aliaje ale sistemului ferită-cementită sînt arătate în figura 10.8. Structura feritei este formată

dintr-un singur fel de microcristale; la aliajul ferită-perlită lamelară, procentul de carbon este sub 0,8%; perlită este alcătuită dintr-un singur fel de cristale cu structură lamelară; aliajul perlită-ledeburită are 0,89...4% carbon; ledeburita este alcătuită dintr-un singur fel de cristale cu structură lamelară grosolană, iar aliajul ledeburită-cementită are un procent de carbon peste 4,3 și apar cristale aciculare de cementită.

### 10.3. TEHNOLOGIA FONTELEOR ȘI OTELURILOR

#### 10.3.1. Materii prime și fluxul tehnologic

Materia primă pentru fabricarea fontei o constituie minereurile de fier care conțin o parte utilă, în care fierul se găsește în general sub formă de oxizi și o parte nefolositoare (gangă), formată din diferite amestecuri. Pentru a putea fi utilizat, minereul trebuie să conțină 35% fier, altfel sînt necesare operații de pregătire a materiei prime. Principalele minereuri de fier, utilizate la fabricarea fontei sînt:

- $Fe_2O_3$  trioxid de fier anhidru numit *hematită*;
- $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ , trioxid de fier hidratat, numit *limonită*;
- $FeO \cdot Fe_2O_3$  oxid magnetic de fier, numit *magnetită*;
- $FeCO_3$ , carbonat de fier, numit *siderită*;

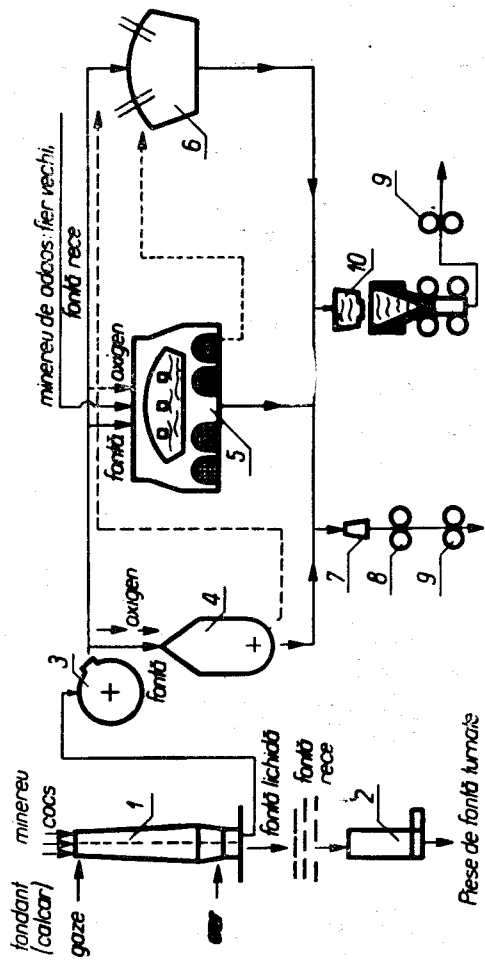


Fig. 10.9. Tehnologia de obținere a fontei și oțelurilor:  
1 — furnal; 2 — cubilou; 3 — melanjor; 4 — convertizor; 5 — cuptor electric; 6 — lingou; 7 — laminator degrosor; 8 — laminator finisor; 9 — cristalizor.

—  $FeS_2$ , bisulfură de fier, numită *pirită*. Aceasta nu se întrebuițează direct în metalurgia fierului din cauza conținutului ei foarte ridicat în sulf, utilizându-se numai cenușa de pirită.

Obținerea produselor din fontă și oțel prin diverse procedee este prezentată în figura 10.9.

#### 10.3. Elaborarea fontei

Fonta se fabrică în cuptoare înalte, numite furnale (fig. 10.10). Pentru fabricarea fontei, în furnal se introduc: minereul de fier natural sau preelaborat, la care se elimină unele impurități; cocsul cu rol de combustibil, motor de oxizi de fier și pentru carburarea fierului rămas liber; fondant ( $CaO$ ) pentru eliminarea părții nefolositoare (gangă) din minereul

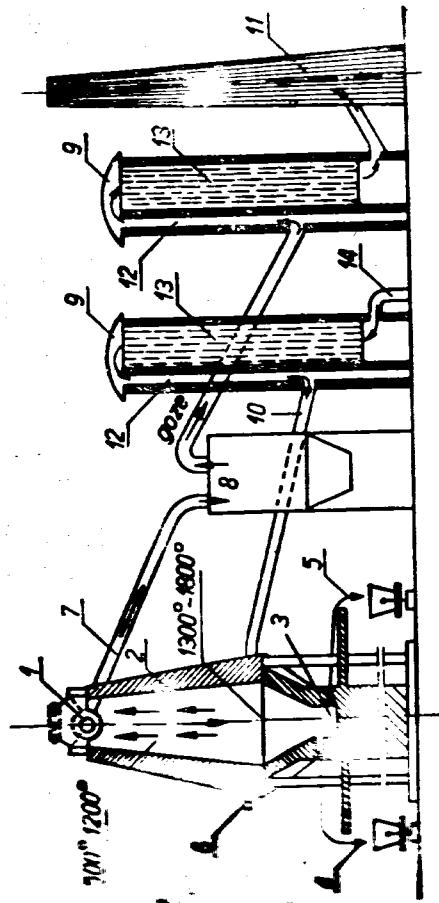
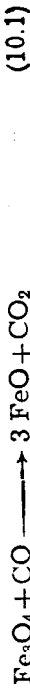


Fig. 10.10. Furnal:

- 1 — cură de alimentare; 2 — cuva furnalului; 3 — creuzet; 4 — orificiu pentru eliminarea gazelor; 5 — orificiu pentru evacuarea fontei; 6 — guri de aer; 7 — conductă de evacuare a aerului; 8 — cameră de desprăsură a gazelor; 9 — caupere de preîncălzire a aerului; 10 — conductă de aer cald; 11 — coș pentru gaze; 12 — cameră de ardere; 13 — cameră de preîncălzire; 14 — conductă de aer rece.

de fier. Acești fondanți sînt de natură basică, iar impuritățile din minerale de natură acidă (în mod obișnuit), amestecurile respective topindu-se la temperaturi mai scăzute și separându-se ușor deasupra fontei fiind scoase la zgura de furnal. Minereul, fondantul și cocsul se încăcă pe la partea superioară în straturi alternative. În furnal se suflă aer sub presiune la 1,2...2,5 at, după ce a fost preîncălzit la 600...900 °C.

Materialele, încăcate pe la partea superioară a cuptorului, se usucă și se încălzesc treptat; la temperaturi de 400...950 °C se produce reducerea indirectă a oxizilor de fier din minereuri cu ajutorul oxidului de carbon (CO) ce rezultă din oxidarea cocsului de către aerul cald. Astfel, reducerea fierului din minereu decurge aproximativ după relațiile:



În același timp au loc și reacții de reducere a siliciului din  $SiO_2$ , a manganului din  $MnO$ , a fosforului din fosfați etc. Sulfur existent în  $FeS$  este legat de  $CuO$  și trece în cea mai mare parte în zgură.



Fierul redus, coborînd prin cuptor se saturează treptat cu carbon, înfrînd cu el în combinație chimică, astfel :



Rezultă în acest mod carbura de fier (cementita), care se dizolvă în fier la temperaturi înalte (1 250 ... 1 300) °C și îl carburează, obținînd astfel fonta care se scurge, în stare topită, pe fundul crucetului (v. fig. 10.10).

În mod curent fontele se produc cu conținutul în carbon cuprins între 2,5 și 5%, avînd în structura lor ledeburită. Dacă fontele au un conținut de carbon mai mic decît 4,3% se numesc hipoeutectice, iar la un conținut ce depășește 4,3% carbon se numesc hipereutectice. Aliajele cu un conținut în carbon între 1,7 și 2,5% au proprietăți intermediare între fonte și oțeluri, nu se fabrică direct și sînt mai puțin importante pentru practică. În afară de carbon fontele conțin cantități acceptabile de impurități ca Si, Mn, S, P etc. Conținutul în impurități este în funcție de tipul fontei laborate.

Fontele sînt de trei categorii : *fonta cenușie* (de turnătorie) care are ceaștă culoare datorită grafitului, este relativ moale și se prelucurează la mașini unelte ; *fonta albă* (de afinare) care conține cementită, fiind foarte dură și servește pentru fabricarea oțelului ; *fonte speciale* care conțin în diferite proporții unul sau mai multe elemente de aliere (siliciu, aluminiu, mangan, crom, titan, molibden etc.) și servesc la fabricarea oțelurilor speciale.

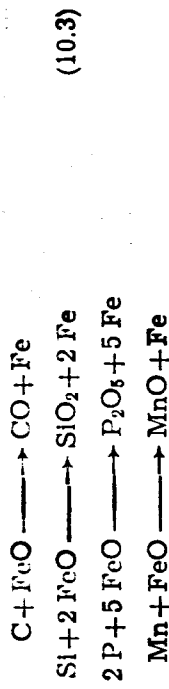
Produsele din fontă (v. fig. 10.9) se caracterizează prin rezistența mare la compresiune cît și la acțiunea distructivă a agenților atmosferici ; se folosesc sub formă de plăci, blocuri pentru reazeme, obiecte tehnico-sauitare etc. Ca dezavantaje ale produselor din fontă sînt : rupere casantă ; existență redusă la șoc ; imposibilitatea de prelucrare prin forjare, laminare etc.

Fontele destinate fabricării oțelurilor se introduc într-un recipient, numit melanjor (v. fig. 10.9), care servește la păstrarea fontei de la obținerea ei în furnal și pînă la introducerea în cuptoarele de la oțelării, în melanjor se realizează și omogenizarea fontelor ce provin de la diferite urnale.

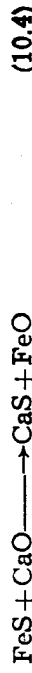
### 10.3.3. Elaborarea oțelurilor și a produselor din oțel

Oțelurile se obțin din fonte supuse unor tratamente care au ca scop îndepărtarea, sub anumite limite, a carbonului și a celorlalte elemente pe care le mai conțin (siliciu, fosfor, sulf, mangan etc.). O parte din aceste daosuri se oxidează și se transformă în compuși, care nu se dizolvă în metalul topit, ies la suprafață și trec în zgură, cu care se evacuează din cuptorul pentru obținerea oțelului. Reactivul care îndepărtează aceste impurități din metal este oxidul de fier FeO, care rezultă din oxidarea fierului cu oxigenul din aer și din oțelul vechi (rugina).

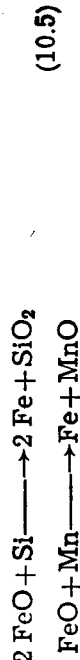
Reacțiile de oxidare a impurităților sînt următoarele :



Sulful se găsește în fontă sub formă de FeS ; pentru îndepărtarea lui se introduce în zgură oxid de calciu, care transformă sulful în CaS, compus insolubil în lichid, care trece în zgură :



Conținutul de FeO folosită la oxidarea impurităților este în exces, fiind necesară îndepărtarea surplusului. Acest lucru se face cu elemente care combinate mai energic cu oxigenul decît fierul și se numesc deoxidanți. În deoxidanți se utilizează aliajele Fe-Mn, Fe-Si etc., iar reducerea are loc conform reacțiilor :



Procedeele cele mai răspîndite pentru fabricarea oțelului sînt : procesul convertizorului, Siemens-Martin și cel electric.

Procedeele convertizorului constă în suflarea de aer sub presiune la fontă care oxidează fierul din fontă formînd FeO și acesta reacționează cu C, Mn, Si și P după reacțiile indicate (10.3). Aceste reacții se produc cu degajare de căldură, ceea ce ridică temperatura metalului pînă la 1 600 °C. Convertizorul este în formă de pară (fig. 10.11), construit din tablă de oțel și echipat în interior cu cărămizi refractare.

Cuptorul este prevăzut la partea inferioară cu niște orificii prin care se suflă aer, iar lateral cu dispozitive mecanice care îi permit bascularea în timpul operațiilor de încărcare-descărcare. Durata de elaborare a unei șarje este relativ redusă (circa 15 ... 20 min). Oțelurile rezultate sînt ieftine, dar de o calitate mai slabă datorită impurităților care le conțin. Există următoarele metode de convertizor : metoda Bessemer, Thomas și metoda convertizorului cu oxigen.

Metoda Bessemer este indicată pentru obținerea oțelurilor din fonte bogate în siliciu și sărace în fosfor. Zgurele rezultate sînt acide (conțin mult SiO<sub>2</sub>) și de aceea căptușala cuptorului trebuie să fie din materiale

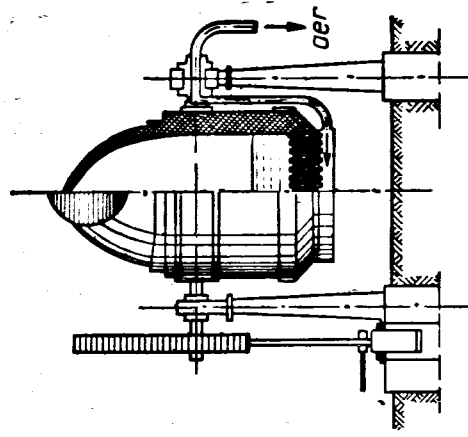


Fig. 10.11. Convertizor.

refractare acide. Prin acest procedeu rezultă oțeluri cu conținut ridicat de fosfor și sulf având limitări în folosire: nu se pot utiliza la construcții solicitate dinamic (șoc).

— Metoda Thomas se aplică în cazul fontelor cu conținut ridicat de fosfor și puțin siliciu. Aceste cuptoare se căptușesc cu materiale refractare de natură bazică. Și prin această metodă se obțin oțeluri impurificate, având aceleași delimitări ca și în metoda Bessemer.

— Metoda convertizorului cu oxigen (Linz-Dunawitz) utilizează tot un convertizor; reacțiile de decarburare și oxidare au loc mai repede și mai omogen, deoarece în loc de aer se suflă oxigen sub presiune deasupra băii metalice. Prin acest procedeu se obțin oțeluri de calitate bună, comparabilă cu a oțelurilor Siemens-Martin; au însă o productivitate mai mare și cost mai redus al investițiilor. La noi procedeu este folosit la Combinatul Siderurgic Galați.

**Procedeu Siemens-Martin** permite să se obțină oțeluri de calitate diferite și cu adaosuri de fontă, oțel vechi și chiar de minereuri de fier. Oxidul de fier, necesar oxidării impurităților, rezultă din fonta și oțelul vechi sau din minereurile de fier. În acest procedeu se folosește un cupurtor cu vatră (fig. 10.12) cu căptușeală acidă sau bazică în funcție de natura fontei introduse. Pentru a obține temperatura înaltă necesară în

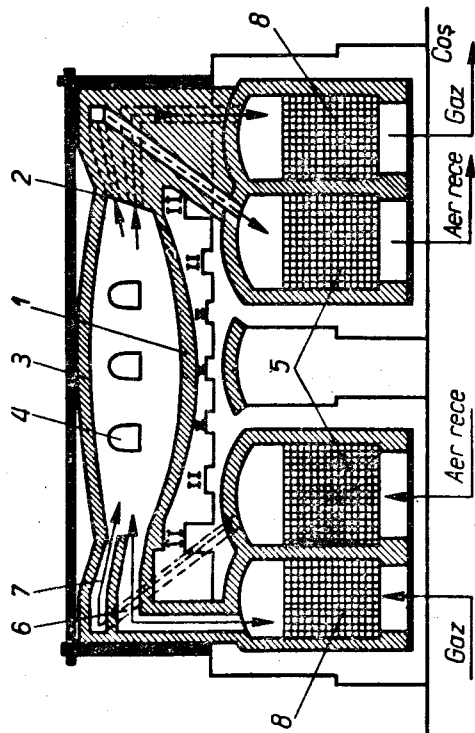


Fig. 10.12. Cuptor Siemens-Martin: 1 — vatra cupurtorului; 2 — pereți laterali; 3 — boltă; 4 — guri de alimentare; 5 — camere regeneratoare pentru aer; 6 — canale pentru combustibilii de ardere; 7 — canale pentru aer preîncălzit; 8 — camere regeneratoare pentru gaze.

cazul de lucru al cupurtorului, se arde un combustibil încălzit (obișnuit gaz) care înainte de a intra în cupurtor trece prin camerele regeneratoare. Încălzirea acestor camere se realizează cu căldura gazelor evacuate din cupurtor și cedează căldura ei amestecului combustibil. Temperatura în cupurtor ajunge la 1700 °C. Durata unei șarje este de circa 5...6 ore, procesele metalurgice pot fi bine stăpânite și ca urmare se obțin oțeluri de bună calitate și cu compoziție chimică omogenă.

**Procedeu electric** este procedeu cel mai perfecționat pentru obținerea oțelului, deoarece: cantitatea de aer care pătrunde în cupurtor este nelimitată; se obține o temperatură foarte înaltă și se produc oțeluri de calitate superioară.

Prin oxidarea impurităților se folosește, și în acest caz, fierul vechi. Prin transformarea energiei electrice în căldură, temperatura se face prin transformarea energiei electrice în căldură prin sistemul de arc electric, prin care se realizează o temperatură foarte înaltă și se produc oțeluri de calitate superioară.

Procedeu este folosit de obicei în cupurtor pentru a obține oțeluri de calitate superioară. Prin transformarea energiei electrice în căldură, temperatura se face prin transformarea energiei electrice în căldură prin sistemul de arc electric, prin care se realizează o temperatură foarte înaltă și se produc oțeluri de calitate superioară.

Procedeu este folosit de obicei în cupurtor pentru a obține oțeluri de calitate superioară. Prin transformarea energiei electrice în căldură, temperatura se face prin transformarea energiei electrice în căldură prin sistemul de arc electric, prin care se realizează o temperatură foarte înaltă și se produc oțeluri de calitate superioară.

Procedeu este folosit de obicei în cupurtor pentru a obține oțeluri de calitate superioară. Prin transformarea energiei electrice în căldură, temperatura se face prin transformarea energiei electrice în căldură prin sistemul de arc electric, prin care se realizează o temperatură foarte înaltă și se produc oțeluri de calitate superioară.

Procedeu este folosit de obicei în cupurtor pentru a obține oțeluri de calitate superioară. Prin transformarea energiei electrice în căldură, temperatura se face prin transformarea energiei electrice în căldură prin sistemul de arc electric, prin care se realizează o temperatură foarte înaltă și se produc oțeluri de calitate superioară.

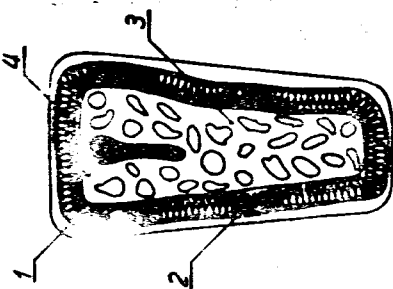


Fig. 10.13. Structura lingourilor:

1 — cristale mărunte datorită răcirii bruște; 2 — cristale alungite datorită răcirii lente; 3 — grăunți uni-formi; 4 — goluri (retasuri sau bășicute de gaz — sufluri).

Procedeu este folosit de obicei în cupurtor pentru a obține oțeluri de calitate superioară. Prin transformarea energiei electrice în căldură, temperatura se face prin transformarea energiei electrice în căldură prin sistemul de arc electric, prin care se realizează o temperatură foarte înaltă și se produc oțeluri de calitate superioară.

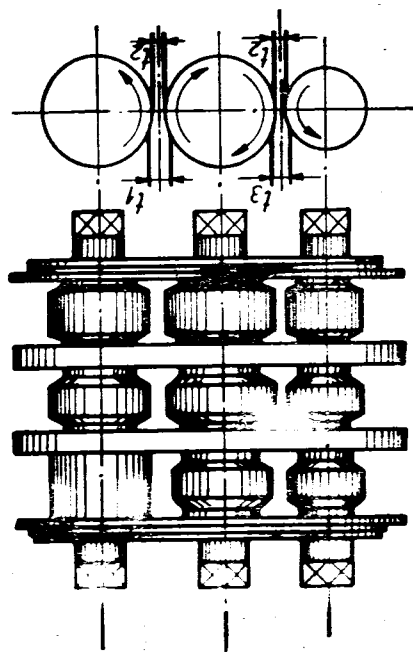


Fig. 10.14. Laminarea oțelului.

Procedeu este folosit de obicei în cupurtor pentru a obține oțeluri de calitate superioară. Prin transformarea energiei electrice în căldură, temperatura se face prin transformarea energiei electrice în căldură prin sistemul de arc electric, prin care se realizează o temperatură foarte înaltă și se produc oțeluri de calitate superioară.

astfel ca prin trecerea lingoului încălzit, să se obțină produsul dorit. De obicei, prima laminare a lingourilor se face într-un laminor puternic nunit bluming (lingouri de 4...8 t), apoi laminatul respectiv se taie în bucăți și acestea se laminatează din nou, fiind transformate în produse finite. Produsele laminate au o mare utilizare în construcții și mai cu seamă la realizarea structurilor de rezistență.

— Trefilarea, procedeul prin care semiprodusul de oțel este tras printr-un orificiu (fileră) mai mic cu 10% decât secțiunea acestuia. Când trecerea prin orificiul se realizează prin presare, procedeul se numește extrudare. Prin trefilare și extrudare se obțin: sîrmă, țevi cu pereți subțiri, bare cu dimensiuni exacte etc.

— Matrișarea, procedeul prin care materialul se presează în tipare ce corespund formei produsului. Prin îndoirea și matrișarea tablei subțiri la rece, combinată cu sudura prin puncte, se fabrică profile cu pereți subțiri. Aceste profile au un consum de metal redus în comparație cu profilele laminate.

Tratamentele mecanice se pot face la cald sau la rece. În timpul acestor tratamente metalele suferă deformații plastice care conduc la schimbări în structura cristalelor. Astfel, microcristalele din metal, care aveau la început o formă grăunțoasă plină (fig. 10.15, a) se turtesc și iau o formă

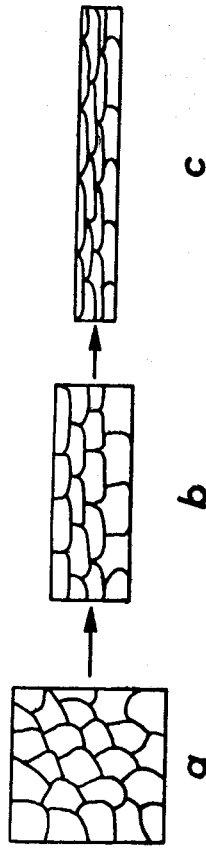


Fig. 10.15. Modificarea structurii metalului prin tratamente mecanice.

alungită (fig. 10.15, b), iar la o deformație și mai pronunțată, structura devine practic fibroasă (fig. 10.15, c).

Energia consumată pentru modificările structurale suferite de metal se transformă în energie calorică și parțial în eforturi care măresc unele rezistențe ale metalului. Starea aceasta de eforturi interioare se numește *ecruisaj*. Metalul ecruisat se caracterizează prin duritate mărită și rezistențe sporite comparativ cu același metal necruisat, diferența fiind cu atât mai mare cu cât temperatura metalului supus la tratamente mecanice este mai mică.

*Turnarea continuă* (v. fig. 10.9) reprezintă un procedeu direct de obținere a pieselor de oțel. În acest caz se obțin elemente de oțel direct din metal lichid, calitatea acestora fiind mai bună decât în cazul procedeeului obișnuit. Vasul fără fund — cristalizor — are pereți răciți cu apă, iar

în interior are forma barei ce se dorește să se obțină. Prin acest procedeu se elimină turnarea în lingotiere, operațiile de prelucrare a lingourilor, iar oțelul este lipsit de o serie de defecte specifice lingourilor.

Oțelurile sînt aliajele cu conținut în carbon cuprins între 0,03 și 1,7%. Unul conținutul în carbon este sub 0,89%, oțelurile se numesc *hipoeutectoidice*, iar cînd este peste acest procentaj, se numesc *hipereutectoidice*. Așa cum rezultă din diagrama Fe-C, oțelurile au în microstructura lor

#### 10.3.4. Tratamente termice și termochimice

Prin prelucrarea termică a oțelului se înțelege operația sau succesiunea de operații, care implică încălzirea și răcirea în condiții determinate a unui produs (STAS 2500-66). Scopul prelucrărilor termice este modificarea structurii și a proprietăților mecanice și fizice ale oțelului. Cele mai importante tratamente termice sînt:

— *convecerea*, normalizarea, călirea, recuirea și îmbătrînirea.

În figura 10.16 curba GS din diagrama fier-carbon (v. fig. 10.7) este notată cu  $A_3$ , iar dreapta PS cu  $A_1$ , acestea reprezentînd locurile punctelor critice, adică temperaturile la care au loc transformările de fază.

10.3.4.1. **Recoacerea.** Tratamentul se aplică atât la oțeluri cît și la altele și aliaje și poate fi de mai multe feluri. Dacă temperatura se ridică peste punctul critic  $A_3$ , adică se urmărește o transformare totală în austenită, recoacerea se numește completă ( $R_{ec}$  — fig. 10.16); dacă temperatura este cuprinsă în interiorul intervalului de transformare, recoacerea se numește incompletă (se poate realiza și peste punctul  $A_3$ , dar cu o durată mai scurtă a tratamentului). Scăderea temperaturii se face, în general, lent. Principalele tipuri de recoacere sînt:

— *recoacerea de omogenizare* care constă din încălzirea și menținerea suficient de lungă la o temperatură cuprinsă în intervalele  $A_1$  și  $A_3$  urmate de răcire lentă în cuptor, în scopul uniformizării prin difuziune a inhomogenității chimice și structurale rezultate de obicei din turnare;

— *recoacerea de recristalizare* care se aplică la produse deformate plastic la rece (ecruisate), la o temperatură superioară temperaturii de cristalizare (cu 150...200 °C) în scopul de a elimina efectele ecruisării, prin obținerea unei structuri grăunțoase în locul celei fibroase (v. fig. 10.15);

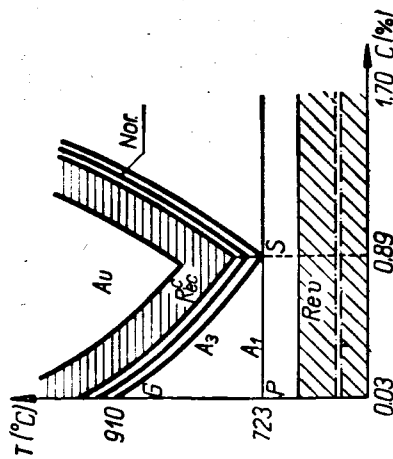


Fig. 10.16. Tratamentele termice ale oțelului.

— **recoacerea de detensionare** care constă în încălzirea și menținerea în o anumită temperatură, în general inferioară domeniului de transformare, urmată de răcire lentă (în cuptor până la 150 ... 200 °C și apoi în aer) în scopul eliminării tensiunilor interne provocate de operații anterioare (turnare, călire, deformare la rece, sudare etc.).

10.3.4.2. **Normalizarea.** Tratamentul constă din încălzirea și menținerea oțelurilor la o temperatură superioară domeniului de transformare  $A_3$  (de obicei cu 50 °C, reprezentată prin curba Nor în fig. 10.16) urmate de răcire în aer, în scopul micșorării mărimii grăuntelui, uniformizării structurii și de obicei ameliorării caracteristicilor mecanice.

10.3.4.3. **Călirea.** Acest tratament se aplică în scopul măririi durtății pieselor de oțel. Încălzirea se face peste punctul critic  $A_3$ , transformând structura în austenită, se menține un timp suficient, după care răcirea se face brusc (viteză superioară vitezei critice de răcire). În acest fel  $\gamma$ -ferita din soluția solidă se transformă în  $\alpha$ -ferită (v. fig. 10.3), iar carbonul care era dispersat omogen în  $\gamma$ -ferită, nu are timp suficient pentru a trece în perlită și rămâne dispersat atomic printre rețelele cristaline ale  $\alpha$ -feritei, ducând la deformarea lor. Structura astfel formată se numește martensită, este bogată în energie și are o durtate ridicată. Caracteristicile fizico-mecanice ale martensitei sînt: durtatea Brinell,  $HB = 600 \dots 700 \text{ daN/mm}^2$ ; alungirea la rupere  $\delta_n = 0$ ; gîtuirea la rupere  $\psi = 0$ ; densitatea  $\rho = 7750 \text{ kg/m}^3$ . La viteze de răcire mai reduse se realizează alte structuri: bainita (troostita), sorbita, care au durtăți mai reduse (350 ... 500 daN/mm<sup>2</sup> și respectiv 250 ... 350 daN/mm<sup>2</sup>). Răcirea bruscă se poate realiza în apă, uleiuri, aer.

Durtatea oțelurilor călite și capacitatea de călire sînt în funcție de procentul de carbon din oțelul respectiv. Din figura 10.17 se constată că cu cît conținutul în carbon este mai ridicat, cu atît durtatea crește mai mult după călire. De asemenea, capacitatea de călire a unui oțel crește cu conținutul în carbon.

10.3.4.4. **Revenirea.** Acest tratament se aplică pentru a reduce durtatea și fragilitatea oțelurilor călite. Piesa de oțel călită se încălzește sub punctul critic  $A_1$  (zona Rev. din figura 10.16) și apoi se răcește lent. Prin încălzire, mobilitatea ionilor se mărește sub acțiunea eforturilor interioare care se vor diminua. În acest fel fragilitatea se micșorează, iar rezistența de rupere și durtatea devin mai mici dar totuși superioare oțelului care nu a suferit nici un tratament termic.

10.3.4.5. **Îmbătrînirea aliajelor.** Acest fenomen se observă la mai multe aliaje călite și constă în creșterea durtății în timp pînă la o valoare

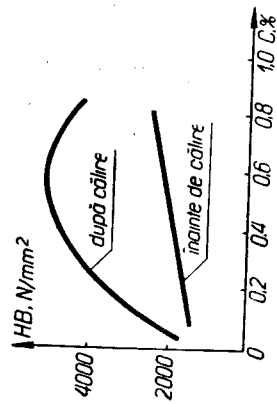


Fig. 10.17. Corelația dintre durtate și conținutul de carbon în procesul de călire.

... înă, după care urmează o scădere a acesteia. În funcție de regimul de efectuare, îmbătrînirea poate fi naturală, cînd se produce la temperatura normală, sau artificială, cînd se face prin încălzire. Fenomenul se poate datora faptului că metalul călît păstrează, la răcire, o parte din soluția sub formă de soluție subrăcită. Această stare este nestabilă avînd tendința să treacă în stare solidă care provoacă deformarea rețelelor cristaline ceea ce duce la apariția de eforturi interioare și mărirea durtății.

Tratamentele termochimice ale oțelurilor au ca scop îmbunătățirea proprietăților tehnice ale suprafeței pieselor, urmărindu-se, în special, mărirea durtății sau a rezistenței chimice. Principalele tratamente termochimice sînt:

**Cimentarea reprezintă o recarburare a stratului superficial al piesei de oțel pentru a-i mări durtatea.** Acest tratament se poate realiza prin încălzirea în 900 ... 950 °C, într-o cutie metalică, a piesei de oțel cu carbon de lemn (este lipsit de sulf) și carbonați de bariu și de sodiu. Rezultatul este un oțel foarte activ, care difuzează în stratul superficial al piesei de oțel și îl carburează. Cimentarea se poate face și cu gaze care conțin carbon combinat, cum sînt: gazul metan, gazele de generator, gazele de gazolînă etc.

**Nitrurarea reprezintă o saturare cu azot.** Acest tratament se aplică numai în oțelurile aliate cu aluminiu, titan, vanadiu, molibden sau crom, care dau combinații dure cu azotul ce se numesc nitruri. Nitrurarea se realizează prin trecerea peste piesa de oțel încălzit la 500 ... 600 °C a unui curent de amoniac gazos.

**Cianurarea se face prin introducerea piesei de oțel în topitură de săruri 500 ... 850 °C, care conțin cianură de sodiu NaCN sau ferocianură de potasiu —  $K_4Fe(CN)_6$ .** Aceste cianuri pun în libertate azot și carbon atomici, care produc simultan cimentarea și nitrurarea oțelului.

Pentru a realiza, pe suprafața pieselor de oțel obținut, o peliculă de oțel aliat, cu rezistența mai bună la coroziune se aplică și alte tratamente cum sînt: alitarea sau calorizarea, șerardizarea, termocromarea și altele.

## 10.4. PROPRIETĂȚI MECANICE ALE METALELOR

### 10.4.1. Clasificări

Proprietățile mecanice ale metalelor se pun în evidență prin încercările care se fac asupra unor epruvete specifice tipului de încercare considerat. Prin încercările metalelor se înțeleg toate determinările privind comportarea metalelor în anumite condiții de solicitare, stabilite convențional. Clasificările privind încercările metalelor sînt date în STAS 6967-73 (tabelul 10.2).

Clasificarea încercărilor metalelor

| Criterii de clasificare                | Clasificarea încercărilor  |
|--|--|
| 1. După tipul solicitării              | Tracțiune (întindere)  |
|  | Compresiune  |
|  | Încovoiere   |
|  | Răsucire (torsiune)  |
|  | Forfecare  |
|  | Presiune de contact (Duritate)   |
|  | Încercări la solicitări compuse  |
| 2. După modul de acțiune a solicitării | Încercări statice : viteza de solicitare $\leq 10$ daN/mm <sup>2</sup> s |
|  | Încercări dinamice : viteza de solicitare $> 10$ daN/mm <sup>2</sup> s   |
| 3. După numărul solicitărilor          | Încercări cu solicitare unică  |
|  | Încercări cu solicitări repetate   |

| Criterii de clasificare                           | Clasificarea încercărilor                       |
|---|---|
|   | Încercări în condițiile atmosferice ambiante    |
| 4. După temperatura la care se execută încercarea | Încercări la cald                               |
|   | Încercări la rece                               |
| 5. După durata încercării                         | Încercări de scurtă durată : durata $< 100$ ore |
|   | Încercări de lungă durată : durata $> 100$ ore  |
| 6. După felul caracteristicilor examinate         | Încercări de rezistență                         |
|   | Încercări tehnologice                           |

10.4.2. Încercări și metode de determinare

În cele ce urmează vor fi prezentate principalele încercări asupra metalelor, cu referiri concrete la încercările pe oțeluri. Se va insista asupra încercărilor de rezistență și mai puțin asupra celor tehnologice.

**Încercarea la tracțiune** se face (STAS 200-75) pe epruvete de secțiune circulară sau dreptunghiulară în mașina de încercat cu o viteză de cel mult 1 daN/mm<sup>2</sup>.s punându-se în evidență, pentru oțelul moale, următoarele caracteristici de rezistență și deformații (figura 10.18) :

- limita de proporționalitate  $\sigma_p$  ( $\sigma_{10}$ ) care reprezintă efortul unitar la care abaterea de la proporționalitate dintre efortul unitar și alungire atinge valoarea prescrisă de 10% ;
- limita de curgere  $\sigma_c$ , care are valorile extreme  $\sigma_{cs}$  și  $\sigma_{cl}$ . Până la limita de curgere superioară  $\sigma_{cs}$  materialul se comportă tot elastic, dar nu proporțional. De la această valoare a efortului unitar, materialul intră în așa-numita *zonă de curgere*, iar deformațiile sînt de natură plastică. Deformațiile plastice ale oțelului, numite și deformații plastice de ordinul I, se datoresc alunecării planurilor reticulare. Deformațiile plastice

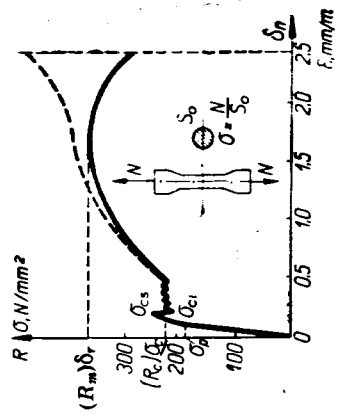


Fig.10.18. Diagrama caracteristică efort-unitar-deformație specifică.

se produc practic la un efort unitar constant  $\sigma_c$ , valoare care se la drept criteriu de stabilire a rezistențelor limită ale materialului.

Deformațiile plastice ale metalelor (curgerea) apar datorită lunecărilor (fig. 10.19, a) care duc la micșorarea (gîtuirea) progresivă a secțiunilor transversale (fig. 10.19, b). Lunecările se produc în planurile reticulare ale grăunților ce alcătuiesc metalul respectiv. Cum aceste planuri sînt, în general înclinate, față de direcția de acțiune a forței de întindere, aceasta se descompune ca în figura 10.19, a, iar componenta tangențială (din planul înclinat) va provoca alunecarea pachetelor de planuri reticulare.

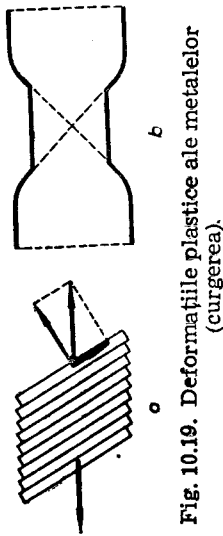


Fig. 10.19. Deformațiile plastice ale metalelor (curgerea).

zone. Cînd lunecările s-au produs în toate planurile în toate direcțiile de planuri reticulare au ajuns paralele cu direcția forței), curgerea începează și rezistența epruvei începe din nou să crească (v. fig. 10.18).

— După consumarea *paiierului de curgere* eforturile unitare pot să crească din nou pînă la valoarea maximă a efortului unitar denumită limită de rupere  $\sigma_r$  sau rezistența la rupere  $R_m$ . Cînd eforturile cresc din nou, această zonă se numește zona de ecrusare a materialului.

După atingerea limitei de rupere, eforturile unitare încep să scadă pînă în momentul cînd materialul se rupe, caracterizat prin deformația  $\epsilon_r$ . Această scădere a eforturilor unitare este fictivă și se datorește faptului că în relația de calcul a efortului unitar s-a stabilit să se ia aria inițială  $A_0$  și nu cea reală  $A$  din momentul respectiv, care este dificil de măsurat. Diagrama reală de rupere este cea punctată (v. fig. 10.18).

— Modulul de elasticitate  $E$  se stabilește în domeniul de proporționalitate al diagramei  $\sigma$ - $\epsilon$ . Pentru oțelurile de construcții se poate lua  $E = 2,1 \cdot 10^6$  daN/cm<sup>2</sup>.

— Alungirea specifică la rupere  $\delta_n (A_n)$  se determină cu relația:

$$\delta_n (A_n) = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100, \quad (10.6)$$

unde:

$L_u$  — este lungimea epruvei după rupere, cuprinzînd secțiunea ruptă în treimea mijlocie;

$L_0$  — lungimea inițială pîndu-se lua:  $5 d_0$  sau  $10 d_0$  și rezultînd  $\delta_5$ , respectiv  $\delta_{10}$ ;

$d_0$  — diametrul inițial.

— Gîtuirea  $Z$  rezultă din formula:

$$Z = \frac{S_0 - S_u}{S_0} \cdot 100, \quad (10.7)$$

unde  $S_u$  este aria secțiunii transversale rupte.

Încercarea la compresie se face mai ales la aliajele de turnare. Pentru efectuarea determinării se folosesc epruvete cilindrice cu diametrul de 3 cm și înălțimea de 3 cm, încercarea făcîndu-se cu presa hidraulică.

— Pînă în evidență aceiași limite cu și la încercarea la întindere. *Duritatea metalelor* se determină prin mai multe metode: Brinell, Vickers, Rockwell și Poldi.

Metoda Brinell de determinare a durității constă în apăsarea, cu o sarcină  $F$ , un timp dat, pe piesa de încercat, a unei bile de oțel de dia-

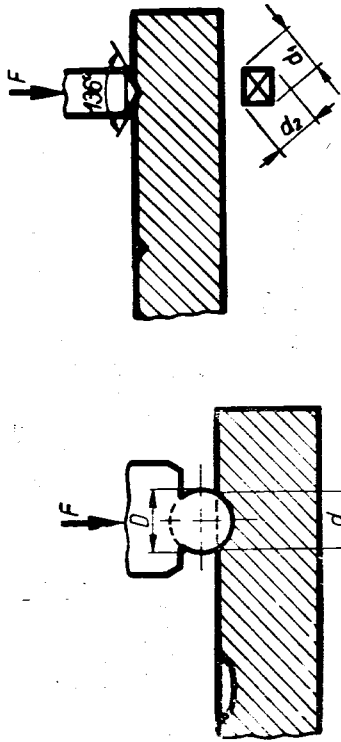


Fig. 10.20. Încercarea la duritate Brinell.

Fig. 10.21. Încercarea la duritate Vickers.

metrul  $D$  (fig. 10.20) și măsurarea diametrului  $d$  al urmei lăsate de bilă după îndepărtarea sarcinii. Formula de calcul a durității Brinell HB, este:

$$HB = \frac{2F}{D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (10.8)$$

— Metoda Vickers constă în apăsarea cu o sarcină  $F$ , un timp dat, pe piesa de încercat, a unui penetrator piramidal drept, cu baza pătrată, avînd precis unghiul la vîrf, și în măsurarea diagonalei  $d$  a urmei lăsate pe suprafața piesei de încercare, după îndepărtarea sarcinii (fig. 10.21). Formula de calcul a durității Vickers HV, este:

$$HV = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}, \quad (10.9)$$

unde  $F$  este exprimat în daN.

— Metoda Rockwell constă în apăsarea unui penetrator (con de diamant sau bilă de oțel) sub o sarcină inițială  $F_0$  și apoi sub o suprasarcină  $F_1$  și măsurarea adîncimii remanente de pătrundere  $e$ , după îndepărtarea suprasarcinii, menținîndu-se sarcina inițială aplicată. Duritatea Rockwell este diferența dintre adîncimea convențională dată  $E$  și adîncimea pătrunderii remanente  $e$  a penetrometrului sub o suprasarcină  $F_1$ ; adîncimea se măsoară față de poziția penetratorului sub sarcina inițială  $F_0$  (fig. 10.22). Formula pentru calculul durității este:

$$HR - E - e. \quad (10.10)$$

unde  $E$ , luat în figura 10.22 cu valoarea convențională 100, are o adîncime reală de 0,20 mm; el poate avea și alte mărimi.



— Metoda Poidl este o metodă dinamică de determinare a durității. Durata unei piese se face în funcție de duritatea cunoscută a unei bare etalon, prin raportul dintre diametrele celor două amprente pe care o bilă le lasă în cele două piese. Cu ajutorul unui dispozitiv bila este presată între cele două piese prin batere cu ciocanul (fig. 10.23).

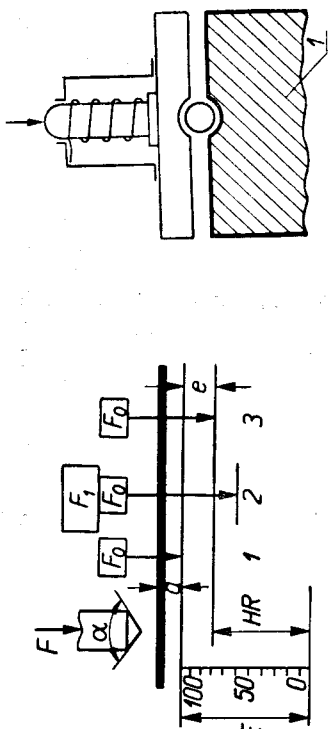


Fig. 10.22. Încercarea la duritate Rockwell.

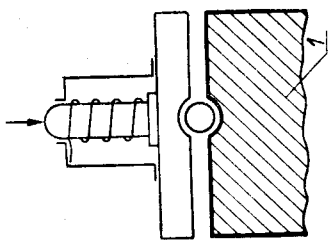


Fig. 10.23. Încercarea la duritate Poidl;  
1 — piesa de cercetat.

Reziliența sau rezistența la încovoiere prin șoc reprezintă raportul dintre lucrul mecanic consumat pentru ruperea epruvetei și aria secțiunii din dreptul creștăturii unde se produce ruperea. Reziliența se determină pe epruvete de  $100 \times 100 \times 550$  mm sau de  $50 \times 100 \times 550$ . Modul de încercare a fost descris în capitolul 3.

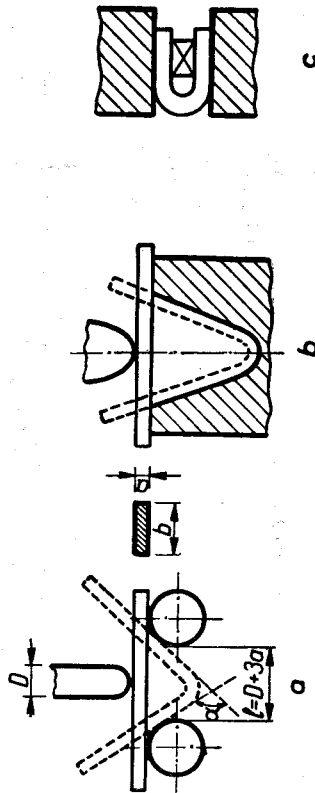


Fig. 10.24. Încercarea la îndoire.

Încercarea la îndoire este o încercare tehnologică și servește la aprecierea capacității de deformare plastică a epruvetelor. Încercarea constă în deformarea plastică a unei epruvete rectilini cu secțiune plină (circulară sau poligonală) prin îndoire lentă și continuă. Încercarea se poate face într-un dispozitiv cu role (fig. 10.24, a), într-o matrită (fig. 10.24, b) sau prin îndoire completă (fig. 10.24, c). Încercarea la îndoire poate fi și alternativă (schimbarea sensului de îndoire).

### 10.4.3. Factorii care influențează proprietățile oțelului.

Caracteristicile oțelurilor sunt puternic influențate de compoziția chimică și de factorii externi. O deosebire influențată este exercitată de către conținutul procentual de carbon (fig. 10.25 și 10.26).

Se poate constata că la creșterea procentului de carbon, densitatea  $\rho$ , deformațiile  $\delta$ , pallerul de curgere și mărimea curbei descendente ( $\sigma$ — $e$ )

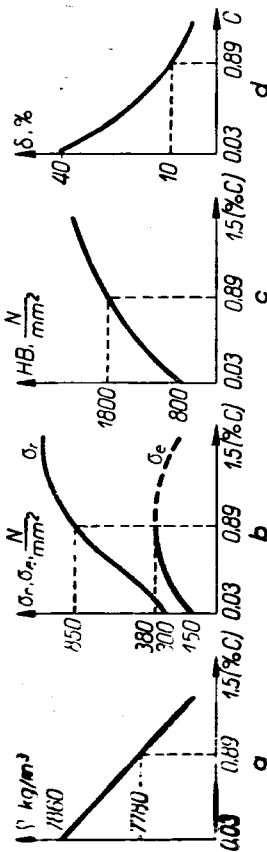


Fig. 10.25. Influența procentului de carbon asupra unor caracteristici fizico-mecanice:

a — densitate; b — rezistențe  $\sigma_s$  și  $\sigma_e$ ; c — duritate Brinell; d — alungirea la rupere.

vand, iar rezistențele mecanice cresc. Oțelurile cu conținut redus de carbon pot fi prelucrate mecanic denumindu-se oțeluri moi, iar cele cu conținut ridicat sînt mai rigide și se numesc oțeluri dure. Conținutul în carbon influențează și comportarea oțelurilor la tratamente mecanice, termice și termochimice.

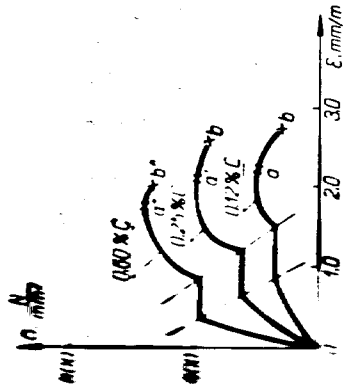


Fig. 10.26. Influența procentului de carbon asupra diagramei  $\sigma$ — $e$ .

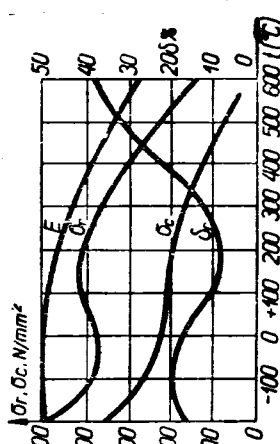


Fig. 10.27. Influența temperaturii asupra caracteristicilor mecanice.

Celalți componente chimici influențează în felul următor caracteristicile oțelului:

— manganul se găsește în proporție de pînă la 0,65% în oțelul carbon obținut, influențînd în mod avantajos calitățile oțelului. Cînd este în procent mare duce la obținerea unei structuri fibroase și la formarea unor incluziuni care se alungesc mai mult;

— siliciul se găsește într-un procent mic influențînd avantajos calitățile oțelului prin mărirea rezistențelor dar micșorează sudabilitatea și rezistența la coroziune.

Oțelul cu 2,5% Si rezistă bine la oboseală, cu 4% Si are rezistivitate mare, iar cu 12% Si este rezistent la acizi;

— sulf și fosforul sînt elemente dăunătoare deoarece măresc fragilitatea metalului, conținutul lor fiind limitat prin descripții.

Caracteristicile mecanice stabilite pentru temperatura normală (+20 °C) variază cu scăderea sau creșterea temperaturii (fig. 10.27).

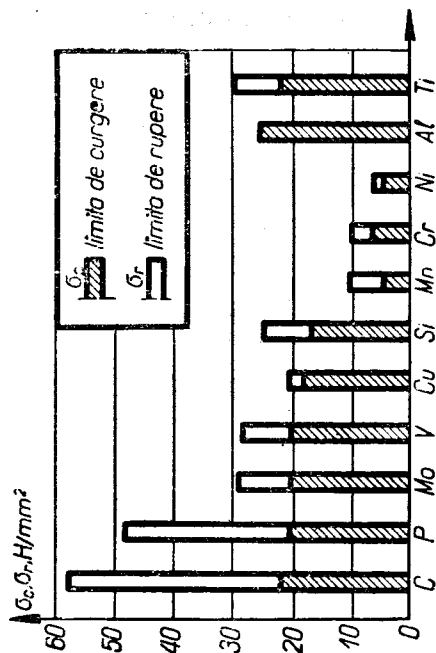


Fig. 10.28. Limita de curgere și de rupere pentru unele elemente de aliere.

Oțelurilor pentru construcții, cu o duritate corespunzătoare li se pot mări limitele de curgere și rupere prin introducerea de elemente de aliere ca: siliciu, mangan, cupru, crom, nichel etc. În figura 10.28 este prezentat efectul acestor elemente asupra limitei de rupere  $\sigma_r$  și a celei de curgere  $\sigma_c$ , pentru un adaos de 1% și un procent de carbon  $C=0,15\%$ .

## 10.5. OȚELURI FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚII

### 10.5.1. Tipuri de oțeluri. Clasificări

Așa cum s-a arătat, oțelurile sînt aliaje cu conținutul în carbon cuprins între 0,03 și 1,7%. În general, pentru executarea construcțiilor se folosesc oțeluri cu un conținut mediu în carbon pînă la 0,6%.

10.5.1.1. Oțeluri carbon. Oțelurile carbon au în compoziție Fe, C și Si, Mn, Al, S, P etc., în cantități reduse. Aceste oțeluri se împart în următoarele categorii:

— oțel carbon obișnuit, folosit în mod curent, fără tratament termic, la construcții metalice, construcții de mașini, oțel-beton etc. Se livrează în 4 clase de calitate, cu garantarea caracteristicilor mecanice, cu garan-

tarea compoziției chimice sau cu garantarea și a compoziției chimice și a caracteristicilor mecanice date la livrare;

— oțel carbon de calitate, un oțel neallat, este, supus, în general, la tratamente termice și termochimice;

— oțel carbon superior, la care se garantează, în afară de cele arătate și conținutul maxim de impurități.

10.5.1.2. Oțeluri slab aliate și oțeluri aliate. Elementele de aliere, metale sau nemetale, urmăresc fie mărirea rezistențelor, fie îmbunătățirea comportării față de agenții agresivi din mediul exterior.

Principalele elemente de aliere sînt: Si, Mn, Ni, Cr, W, Mo, V.

Aliajele cu siliciu se obțin prin introducerea ferrosiliciului în oțelul topit. Alierea cu siliciu este posibilă la oțelurile mai sărace în carbon. Caracteristicile oțelurilor aliate cu siliciu sînt în funcție de procentul de siliciu: pentru  $Si < 2,5\%$  oțelurile au rezistență mare la oboseală; cînd  $Si = 3,0 \dots 4,4\%$  oțelurile se caracterizează prin rezistivitate mare, iar cînd  $Si > 12\%$  oțelurile devin rezistente la acțiunea acidului sulfuric și azotic.

Aliajele cu mangan pentru construcții metalice se realizează cu un conținut maxim de 0,8%, deoarece manganul mărește fragilitatea oțelului. Cînd manganul se găsește în cantități mai mari, aliajele respective ale oțelului au duritate și rezistență mari. Astfel, un aliaj cu 1,0...1,3% C și 11...14% Mn are următoarele caracteristici: duritatea Brinell este 210 daN/mm<sup>2</sup>; limita de curgere  $\sigma_c = 40$  daN/mm<sup>2</sup>; rezistența de rupere  $\sigma_r = 105$  daN/mm<sup>2</sup>; alungirea la rupere  $\delta_n = 80\%$ . Aceste aliaje se folosesc la piese metalice cum sînt fălcile de concasor și blindajul morilor cu bile.

Aliajele cu nichel au aceleași proprietăți ca și aliajele cu mangan, dar pentru cantități duble de nichel. O caracteristică importantă a aliajelor cu nichel este coeficientul lor de dilatare foarte redus. Astfel, învarul, avînd 35...37% Ni are un coeficient de dilatare termică foarte mic, astfel încît în intervalul de temperatură 0...100 °C, este considerat că are un volum constant, fiind folosit pentru diverse etaloane și aparate de măsură. Prețul ridicat al acestor aliaje le face inutilizabile la piese de dimensiuni mari.

Aliajele cu crom sînt inoxidabile și au rezistențe mecanice superioare. Astfel, un oțel cu 0,1% C și cu 12...15% Cr are după călire și revenire, următoarele caracteristici:  $\sigma_r = 80$  daN/mm<sup>2</sup> și  $\delta_n = 15\%$ . O importanță practică deosebită o prezintă oțelurile cu crom și nichel, care au duritate mare și deformația plastică corespunzătoare. Astfel, un oțel cu 0,2% Ni și 18...25% Cr are următoarele caracteristici: HB = 150 daN/mm<sup>2</sup>;  $\sigma_c = 25$  daN/mm<sup>2</sup>;  $\sigma_r = 70$  daN/mm<sup>2</sup>;  $\delta_n = 65\%$ . Aliajele cu crom și unul sau mai multe metale ca W, Mo, V sînt aliaje pentru executarea sculelor.

STAS 500/1-68 dă condițiile tehnice generale ale oțelurilor de uz general pentru construcții. În această categorie sînt incluse oțelurile carbon și slab aliate de uz general, livrate sub formă de produse deformate plastic la cald (luminat, forjate etc.), folosite în mod curent la construcții metalice și mecanice. Notarea acestor oțeluri se face prin simbolul OL, urmat

de două cifre care reprezintă rezistența minimă de rupere la tracțiune în daN/mm<sup>2</sup> cu excepția mărcii OL 00. Simbolul mărcii se completează cu cifra 1, 2, 3 sau 4, reprezentând clasa de calitate corespunzătoare caracteristicilor garantate. De asemenea se mai completează cu o literă ce indică gradul de dezoxidare al oțelului: n — necalmat (conține cantități mici de FeO, gaze etc.); s — semicalmat (dezoxidat în lingotiere) și k — calmat (dezoxidat înainte de turnare în lingotiere). În cazul când nu se indică simbolul, se înțelege oțel necalmat. Exemplu: OL 34. In = OL 34.1, înseamnă oțel de uz general cu rezistență minimă de rupere de 34 daN/mm<sup>2</sup>, clasa de calitate 1, necalmat.

Caracteristicile mecanice ale oțelurilor de uz general pentru construcții sint date în tabelul 10.3.

Tabelul 10.3

Caracteristicile mecanice ale oțelurilor de uz general pentru construcții

| Marca oțelului | $\sigma_{c \text{ min.}}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $\sigma_{t \text{ min.}}$<br>N/mm <sup>2</sup> | Conținutul<br>în carbon,<br>% | Culoare<br>de vopsire |
|----------------|--|--|-------------------------------|-----------------------|
| OL 00          | 157...176                                      | minimum 314                                    | 0,26                          | —                     |
| OL 32          | 157...176                                      | 314...392                                      | 0,17                          | alb                   |
| OL 34          | 176...196                                      | 333...412                                      | 0,19                          | galben                |
| OL 37          | 206...235                                      | 363...441                                      | 0,25                          | roșu                  |
| OL 42          | 225...255                                      | 412...490                                      | 0,31                          | negru                 |
| OL 44          | 255...284                                      | 431...539                                      | 0,22                          | cafeniu               |
| OL 52 (17M13)  | 343...353                                      | 510...608                                      | 0,22                          | violet                |
| OL 50          | 265...284                                      | 490...608                                      | 0,30                          | verde                 |
| OL 60          | 294...314                                      | 608...706                                      | 0,40                          | albastru              |
| OL 70          | 343...353                                      | min 686  | 0,50                          | vișiniu               |

După domeniile de utilizare în construcții, oțelurile se mai pot clasifica în:

- laminate din oțel pentru construcții metalice și structuri din beton cu armătură rigidă;
- oțeluri pentru beton armat;
- oțeluri pentru beton precomprimat.

#### 10.5.2. Laminele din oțel

Din oțeluri de uz general pentru construcții se obțin, prin laminare la cald, o serie de produse folosite în construcțiile metalice și în construcții de beton cu armătură rigidă (tabelul 10.4).

Pentru construcții metalice se mai utilizează și profile din bandă de oțel *ormate la rece*. Profilele se execută din bandă de oțel OL 32, OL 34, OL 37.1, OL 37.2 și OL 37.3, laminată la cald sau la rece. Valorile caracteristicilor mecanice ale profilelor trebuie să fie cel puțin egale cu cele ale oțelurilor din care sint executate. În țara noastră se livrează următoarele tipuri de profile: Z cu aripi egale (STAS 8296-74) și cu aripi neegale

Tabelul 10.4

Tipuri de produse din oțel pentru construcții și confecții metalice

| Nr. crt. | Denumirea simbol                    | Forma secțiunii transversale | Dimensiuni minime...maxime |                |            |        | STAS    |
|----------|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------|------------|--------|---------|
|          |                                     |                              | a mm                       | b mm           | g mm       | l m    |         |
| 1        | Oțel rotund                         |                              | 12...56                    | -              | -          | -      | 333-71  |
| 2        | Oțel semirotund                     |                              | 5...19                     | 10...36        | -          | 3...6  | 1723-68 |
| 3        | Oțel pătrat                         |                              | 8...140                    | -              | -          | 3...9  | 334-74  |
| 4        | Oțel lei LT                         |                              | 12...150                   | 5...50         | -          | 3...7  | 395-68  |
| 5        | Plăciante                           |                              | 160...600                  | 6...40         | -          | -      | 335-57  |
| 6        | Sandă de oțel                       |                              | 20...500                   | 1...5          | -          | -      | 908-69  |
| 7        | Tubă sîcîș                          |                              | 1000...1500                | -              | 5...10     | 4...8  | 3480-75 |
| 8        | Tablă ondulată                      |                              | ≤ 150                      | 5...10         | -          | 3...8  | -       |
| 9        | Oțel cornier cu aripi egale L       |                              | 20...160                   | -              | 3...18     | 3...12 | 424-71  |
| 10       | Oțel cornier cu aripi neegale LL    |                              | 30...150                   | 20...100       | 3...14     | 4...12 | 425-75  |
| 11       | Oțel I                              |                              | 80...400                   | 42...155       | 3,9...14,4 | 5...15 | 565-71  |
| 12       | Oțel I economic IE                  |                              | 100...400                  | 55...155       | 3,9...14,4 | 5...15 | 7550-66 |
| 13       | Oțel T                              |                              | 20...50                    | 20...50        | -          | 4...8  | 566-68  |
| 14       | Oțel U                              |                              | 65...300                   | 42...100       | 55...10    | 5...15 | 564-71  |
| 15       | Oțel U economic UE                  |                              | 50...300                   | 32...100       | -          | 5...15 | 7551-66 |
| 16       | Profile pentru ferestre metalice    |                              | 25...30                    | 11,12<br>18,20 | 4          | -      | 1723-50 |
| 17       | Profile pentru împănări metalice TM |                              | 14...53                    | -              | 1,5...2,5  | 3...8  | 9142-72 |

STAS 8610-76) ; L cornier cu aripi egale (STAS 7836-77) și cu aripi neegale (STAS 8250-74) ; T cu aripi egale (STAS 8249-74) ; Ω cu aripi egale (STAS 8267-68) ; profil rotund deschis (STAS 8326-74).

### 10.5.3. Oțeluri pentru betonul armat și precomprimat

Pentru realizarea armăturilor utilizate la betonul armat se folosesc oțelul-carbon de mărcile OL 34, OL 37 și OL 37 M II și oțelul slab aliat pentru construcții de mărcile 19 M 14, 23 SM 15 și 65 SM 11, care au un conținut de siliciu și de mangan mai ridicat. Sortimentul și caracteristicile mecanice ale oțelurilor pentru armături la betonul armat sînt prezentate în tabelul 10.5.

Armăturile cu profil periodic din oțel tip PC au două nervuri longitudinale diametral opuse și nervuri elicoidale la distanțe egale înclinate la

Tabelul 10.5

Sortimentele și caracteristicile mecanice ale oțelurilor pentru armături la betonul armat

| Tipul de oțel-beton | Profil și mod de prelucrare               | Diametrul nominal, mm   | Rezistența N/mm <sup>2</sup> |                   | Alungirea minimă la rupere, % |               |
|---------------------|---|---|------------------------------|-------------------|-------------------------------|---------------|
|                     |   |   | $\sigma_c$ min               | $\sigma_r$        | $\delta_5$                    | $\delta_{10}$ |
| OB 00               | neted laminat la cald                     | 6 ; 7 ; 8 ; 10 ; 12   | —                            | —                 | —                             | —             |
|                     |   | 6 ; 7 ; 8 ; 10 ; 12   | 255                          | 370               | 26                            | —             |
| OB 37               | idem                                      | 14 ; 16 ; 18 ; 20 ; 22 ; 25 ; 28 ; 32 ; 36 ; 40.                      | 285                          | 370               | 27                            | —             |
|                     |   | 3 ; 3,55 ; 4 ; 4,5 ; 5 ; 5,6 ; 6 ; 7,1 ; 8 ; 9 ; 10                   | 510<br>460<br>400            | 610<br>560<br>510 | —<br>—<br>—                   | 6<br>7<br>8   |
| STNB (STPB)         | netedă N și profilată P. Prin tragere (T) | 6 ; 7 ; 8 ; 10 ; 12 ; 14 ; 16 ; 18 ; 20 ; 22 ; 25 ; 28 ; 32 ; 36 ; 40 | 360<br>340<br>350            | 510               | 22<br>21<br>21                | —<br>—        |
|                     |   | 6 ; 7 ; 8 ; 10 ; 12 ; 14 ; 16 ; 18 ; 20 ; 22 ; 25 ; 28 ; 32 ; 36 ; 40 | 430<br>390                   | 590               | 14                            | —             |
| PC 52               | periodic laminat la cald                  | 10 ; 12 ; 14 ; 16 ; 18 ; 20 ; 22 ; 25 ; 28                            | 590                          | 890               | 12                            | —             |
| PC 60               | idem                                      | —   | —                            | —                 | —                             | —             |
| PC 90               | idem                                      | —   | —                            | —                 | —                             | —             |

o 65° față de nervurile longitudinale (fig. 10.29). Diametrul nominal al unei bare cu profil periodic este diametrul corespunzător al unei bare rotunde netede, a cărei arie este egală cu aria efectivă a secțiunii barei de oțel periodic.

Armăturile se livrează în legături de bare cu lungimea cuprinsă între 10 și 16 m, pentru diametrele mai mari de 12 mm, iar pentru cele mai mici de 12 mm, livrarea se face în colaci.

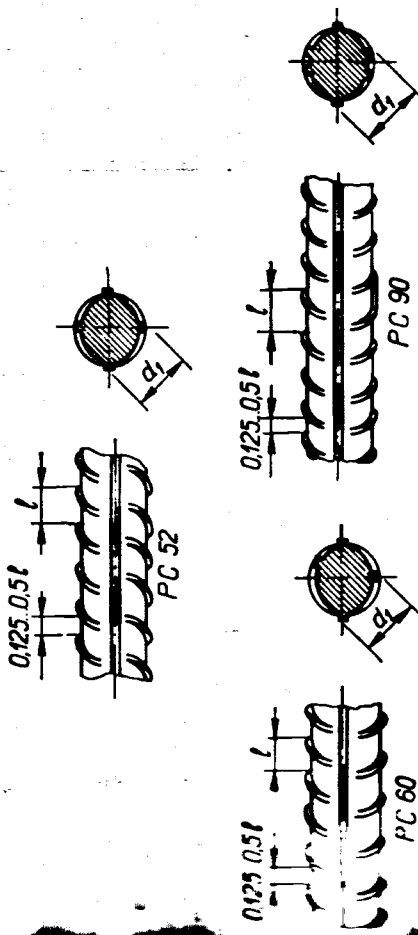


Fig. 10.29. Tipuri de armături cu profil periodic.

Oțelurile utilizate pentru betonul precomprimat sînt oțeluri de înaltă rezistență, care pot fi clasificate după tehnologia de fabricație în următoarele tipuri :

- oțel de oțel patentată, trasă la rece, cu sau fără tratamente termice finale ;
- produse din sîrmă de oțel patentată trasă la rece cum sînt împletituri din două sau trei fire, sîrmă amprentată și toroane ;
- sîrmă sau bare de oțel, de înaltă rezistență, slab aliate, laminare la rece, netede sau cu profil periodic, ecruisate sau nu, cu sau fără tratamente termice finale.

Procedeele de precomprimare cu o largă răspîndire, utilizează, mai ales, oțeluri din primele două categorii.

Oțelurile produse și utilizate în țara noastră, pentru armături pretenzionate sînt date în tabelul 10.6.

Tabelul 10.6

Mortimentele și rezistența la rupere pentru oțelurile folosite la armături precomprimare

| Tipul armăturii | Diametrul nominal, mm                     | Rezistența de rupere (corespunzătoare diametrului nominal), daN/mm <sup>2</sup> |                       |
|-----------------|---|---|-----------------------|
|                 |   | SBP I   | SBP II                |
| Mortiment       | 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 3,7 ; 4 ; 5 ; 6 ; (7) | 215 ; 205 ; 195 ; 190 ; 180 ; 175 ; 170 ; 165 ; 160                             | 195 ; 190 ; 180 ; 170 |
|                 | 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3                         | —   | —                     |

Tabelul 10.6 (continuare)

| Tipul armăturii   |   | Diametrul nominal, mm | Rezistența de rupere (corespunzătoare diametrului nominal), daN/mm <sup>2</sup> |
|-------------------|---|-----------------------|---|
| Sîrmă împren-tată | SBPA I  | 3; 4; 5; 6; 7         | 185; 175; 170; 165; 160   |
|                   | SBPA II                                       | 3; 4; 5; 6; 7         | 170; 165; 155; 150; 150   |
| Toroane           | TBP 6<br>(7 Ø2 mm);<br>TBP 7,5<br>(7 Ø2,5 mm) | 6,1; 7,6              | 190; 190  |
|                   | TBP 9<br>(7 Ø3 mm)<br>TBP 12<br>(7 Ø4 mm)     | 9,1; 12,2             | 180; 170  |
|                   | Bare cu profil periodic<br>PC 90              | 10-28; 30-110         | 60  |

10.6. METALE ȘI ALIAJE NEFEROASE

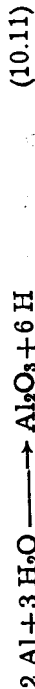
10.6.1. Alumiul

În natură, alumiul se găsește numai sub formă de combinații (mineruri) datorită tendinței sale mari de dizolvare. După oxigen (47%) și siliciu (28%), alumiul este elementul care se găsește în cantitatea cea mai mare (8%) în scoarța pământului. Cel mai răspândit minereu de alumiul este bauxita (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>nH<sub>2</sub>O).

Alumiul cristalizează în sistemul cubic cu fețe centrate, cu dimensiunea laturii  $d = 4,04 \text{ \AA}$  și are punctul de topire la 658 °C. Alumiul pur este un metal alb-strălucitor, foarte maleabil și cu rezistențe mecanice reduse. Are densitatea  $\rho = 2,7 \text{ g/cm}^3$ , modul de elasticitate  $E = 600 \cdot 10^3 \dots 650 \cdot 10^3 \text{ daN/cm}^2$  și este foarte bun conducător de căldură și electricitate (după cupru).

Caracteristicile mecanice ale alumiului sînt variabile în funcție de tratamentele la care a fost supus metalul (tabelul 10.7).

Tendința pronunțată de dizolvare a alumiului face ca să se oxideze foarte ușor în aer, suprafața sa acoperindu-se cu o peliculă de trioxid de alumiul de cîțiva microni și devenind mată, ceea ce îl protejează împotriva coroziunii. Oxidarea suprafeței alumiului nu are loc prin acțiunea oxigenului atmosferic, ci este provocată de umiditatea din aer, conform schemei:



Tabelul 10.7

Caracteristicile mecanice ale alumiului

| Numele metalului | HRB, N/mm <sup>2</sup> | $\sigma_p$ , N/mm <sup>2</sup> | $\sigma_c$ , N/mm <sup>2</sup> | $\sigma_r$ , N/mm <sup>2</sup> | $\delta_n$ , % |
|------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|
| Turnat           | 200                    | 40                             | -                              | 100                            | 40             |
| Revenit          | 400                    | 170                            | 130                            | 200                            | 6              |
| Recropt          | 300                    | 30                             | 70                             | 100                            | 30             |

Pentru obținerea alumiului, bauxita este supusă, în prima fază, la prelucrări obținându-se alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); apoi, prelucrînd prin electroliză soluția de alumina topită rezultă alumiul. Pentru a se produce o tonă de alumiul sînt necesare circa 4 t bauxită (din care rezultă 2 t alumiul), 100 kg cărbune pentru electrozi și 10.000 kWh energie electrică. Cuprul de electroliză se compune din doi anozl de grafit; un catod din grafit sau antracit și unul din oțel, iar zidul din cărămidă refractară (fig. 10.30).

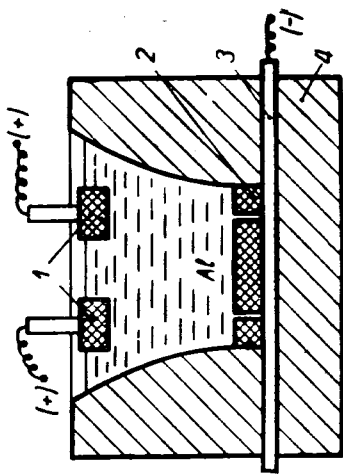


Fig. 10.30. Cuptor de electroliză: 1 - anozl de grafit; 2 - catod din grafit sau antracit; 3 - catod din oțel; 4 - cărămidă refractară.

Aliajele de alumiul s-au creat deoarece alumiul pur are caracteristici mecanice reduse și nu poate fi folosit în construcții metalice sau construcții de mașini. Cele mai folosite elemente de aliere sînt: Mg, Si, Cu, Mn, Zn etc. Cele mai multe aliaje sînt cu magneziul, metal ușor ( $\rho = 1,75 \text{ g/cm}^3$ ), care mărește foarte mult duritatea și rezistența la rupere a alumiului, fără a-i anula complet conținutul în magneziu, în tabelul 10.8 sînt prezentate aliajele aluminu-magneziu și variația caracteristicilor lor mecanice.

Aliajele aluminu-magneziu se folosesc la confecționarea pieselor metalice, la care se pune un accent deosebit pe o densitate redusă cum sînt scheletele metalice ale avioanelor, automobilelor și vagoanelor și chiar în construcții cu deschideri mari.

Tabelul 10.8

Caracteristicile mecanice ale aliajelor aluminu-magneziu

| Tipul aliajului | Mg, %   | HRB, N/mm <sup>2</sup> | $\sigma_r$ , N/mm <sup>2</sup> | $\delta_n$ , % |
|-----------------|---------|------------------------|--------------------------------|----------------|
| Alumiul         | 0       | 200                    | 100                            | 40             |
| Turnalumiul     | < 1     | 950                    | 330                            | 14             |
| Magneziu        | 10...30 | 600                    | 300                            | 10             |
| Electrom        | > 90    | 700                    | 220                            | 5              |

În construcții se folosesc mai mult aliajele aluminiului cu Si, Mg, Mn, Cu, Zn (tab. 10.9).

Tabelul 10.9

Compoziții chimice ale unor aliaje de aluminiu

| Marca aliajului      | Procentele elementelor de aliere |      |     |      |     |     |
|----------------------|----------------------------------|------|-----|------|-----|-----|
|                      | Cu                               | Mg   | Si  | Mn   | Cr  | Zn  |
| AlCuMg               | 4,4                              | 0,4  | 0,8 | 0,8  | —   | —   |
| AlMg <sub>4</sub>    | —                                | 4,0  | —   | 0,45 | —   | —   |
| AlMg <sub>4</sub> Mn | —                                | 4,45 | —   | 0,8  | 0,1 | —   |
| AlMg <sub>6</sub> Mn | —                                | 5,25 | —   | 0,8  | 0,1 | —   |
| AlZnMg               | 1,6                              | 2,5  | —   | —    | 0,3 | 5,6 |
| AlMgSi               | 0,25                             | 1,0  | 0,6 | —    | —   | —   |

În scopul îmbunătățirii caracteristicilor tehnice, aliajele de aluminiu sunt supuse la tratamente termice: recoacere de recristalizare sau de omogenizare (320...520 °C), precălire (450...525 °C) urmată de îmbătrânire naturală sau artificială (STAS 7608-71). În tabelul 10.10 sunt date caracteristicile fizico-mecanice pentru profile extrudate, supuse la tratamentele menționate mai sus.

Tabelul 10.10

Caracteristici fizico-mecanice ale profilelor extrudate din aliaje de aluminiu

| Marca aliajului      | $\sigma_p$ , N/mm <sup>2</sup> | $\delta$ , % | $E \cdot 10^4$ , N/mm <sup>2</sup> | $\rho$ , kg/m <sup>3</sup> |
|----------------------|--------------------------------|--------------|------------------------------------|----------------------------|
| AlCuMg               | 420                            | 7            | 7,60                               | 2 800                      |
| AlMg <sub>4</sub>    | 245                            | 12           | 7,24                               | 2 670                      |
| AlMg <sub>4</sub> Mn | 280                            | 12           | 7,24                               | 2 670                      |
| AlMg <sub>6</sub> Mn | 295                            | 12           | 7,25                               | 2 690                      |
| AlZnMg               | 570                            | 7            | 7,32                               | 2 800                      |
| AlMgSi               | 270                            | 10           | 7,03                               | 2 720                      |

Aliajele aluminiului prezintă dezavantajul că nu rezistă la temperaturi mari de 600 °C, fapt pentru care sudarea și nituirea la cald sînt evitate, recomandîndu-se îmbinarea cu butoane, nituirea la rece sau sudarea în puncte.

Un aliaje de aluminiu se produc table, plăci și profile de diferite forme care se folosesc în construcțiile și confecțiile metalice. Tabelele se utilizează și în izolații termice.

### 10.6.2. Cuprul

Cuprul este un metal roșiatic cu următoarele caracteristici generale: greutatea  $\rho = 8,9 \text{ g/cm}^3$ ; punct de topire 1083 °C; bun conductor de căldură și electricitate; rezistent la coroziune; ductil și maleabil putîndu-se deforma în foi pînă la grosimea de 2,6  $\mu$ . Principalele caracteristici mecanice se dau în tabelul 10.11.

Tabelul 10.11

Caracteristici mecanice ale cuprului

| Tipul metalului | H <sub>B</sub> , N/mm <sup>2</sup> | $\sigma_p$ , N/mm <sup>2</sup> | $\delta_p$ , % |
|-----------------|------------------------------------|--------------------------------|----------------|
| Turnat          | 350                                | 200                            | 20             |
| Feculsat        | 1 100                              | 450                            | 2              |
| Recopt          | —                                  | 250                            | 45             |

Cuprul se obține prin rafinare electrolitică sau termică; se întrebunșurează și instalat în industria electrotehnică și la construirea unor piese de aparate și instalații (țevi fierbătoare și refrigerente).

Aliajele cuprului interesează în mod deosebit în tehnică. Principalele aliaje sînt alamele, care sînt aliaje de laminare ale cuprului cu zincul și bronzurile obținute prin alierea cuprului cu staniu sau cu aluminiu. Principalele caracteristici mecanice ale acestor aliaje sînt prezentate în tabelul 10.12.

În construcții cuprul și aluminiul se folosesc la finisaje.

### 10.6.3. Zincul

Zincul este un metal sfărîmicios la temperatură normală, devenind maleabil la peste 100 °C, casant la peste 200 °C, iar la 419 °C se topește. Are densitatea  $\rho = 7,13 \text{ g/cm}^3$ .

Principalele întrebunșurări ale zincului sînt:

- metal de protecție a oțelului contra coroziunii;
- element de aliere la alame și aliajele de lipit;
- oxidul de zinc ZnO și sulfura de zinc ZnS se utilizează cu pigmenții albi în industria lacurilor și vopselelor;

— clorura de zinc ZnCl<sub>2</sub> se întrebunșurează la impregnarea lemnului contra putrezirii și la tratarea celulozei pentru a obține un polimer numit fibră vulcan.



Coroziunea în construcțiile metalice este rezultatul unor procese electrochimice care se produc când acestea vin în contact cu umezeala conținută din atmosferă, cu apele din precipitații sau cu apele din terenuri. Se produce astfel o reacție chimică a metalului cu apele care vine în contact și, simultan, un curent electric. Pentru producerea acestui proces electrochimic este nevoie de un sistem format dintr-o soluție de electrolit și doi electrozi. Rolul soluției de electrolit în construcțiile metalice îl are apa cu care acestea vin în contact și care conține totdeauna substanțe dizolvate electrolitice ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  etc.) care îi conferă un caracter slab acid.

Electrozii pot fi macroscopici și microscopici. Electrozii macroscopici sunt fiind două metale diferite vin în contact, fără a fi protejate cu o peliculă izolatoare impermeabilă. Electrozii microscopici apar la metalele care reprezintă aliaje de amestec; microelectrozii îi formează cristalele diferite din aliajele de amestec care dau microelemente galvanice.

Pentru protecția metalelor contra coroziunii există două metode: aliere și acoperirea cu straturi protectoare.

Alierea metalelor, prin care se obțin metale inoxidabile, este soluția cea mai eficace care însă nu poate fi folosită în construcțiile metalice datorită costului ei foarte ridicat.

Acoperirea cu straturi protectoare reprezintă procedeul folosit în mod curent împotriva coroziunii construcțiilor metalice.

**Stratul de metal de protecție** se aplică prin următoarele procedee:

scufundarea piesei de metal în topitura metalului de acoperire, procedeul aplicat la acoperirea tablelor de oțel cu zinc;

— galvanizarea la care acoperirea se realizează prin electroliză cu ajutorul unui curent continuu. În acest fel se realizează acoperirea tablelor de oțel cu zinc (se consumă de cinci ori mai puțin zinc decât în procedeul anterior), crom, nichel sau cupru;

vășuirea la cald constă în acoperirea tablelor de oțel cu table de aluminiu (fig. 10.31);

metalizarea prin pulverizare sau cu pistol de metalizare, constă în pulverizarea de metal topit pe suprafața piesei ce se acoperă (fig. 10.32);

metalizarea prin înlocuirea unui metal din soluție se bazează pe proprietatea metalelor cu tensiune de dizolvare mare de a înlocui în soluție un metal cu tensiune de dizolvare mai mică. Acest procedeu se folosește la acoperirea cu cupru a jgheburilor și burlanelor.

Aplicarea de straturi din compuși chimici cu participarea metalului de protecție, folosind în acest scop:

— oxidarea care se aplică la piese de oțel și aluminiu. Piesele de oțel se pot oxida prin fierbere într-o soluție ce conține un amestec de hidroxid de sodiu, azotit de sodiu și azotat de sodiu, condiții în care se formează un strat protector de  $\text{FeC}$ . La aluminiu are loc o oxidare electrochimică punându-se aluminiul la anod într-o baie de acid sulfuric. Aluminiul se acoperă cu un strat protector de trioxid de aluminiu;

fosfatarea se aplică la piesele de oțel și constă în tratarea lor cu o soluție de amestec de fosfați. Se formează o peliculă protectoare de fosfat de fier mult mai rezistentă decât pelicula de oxid de fier  $\text{FeO}$ ;

Tabelul 10.12

Caracteristicile mecanice ale aliajelor cuprului

| Tipul aliajului | Elementul de aliere |              | Caracteristicile mecanice |                                |                |
|-----------------|---------------------|--------------|---------------------------|--------------------------------|----------------|
|                 | Denumire            | Cantitate, % | HB, N/mm <sup>2</sup>     | $\sigma_p$ , N/mm <sup>2</sup> | $\delta_p$ , % |
| Cupru curat     | —                   | —            | 350                       | 200                            | 20             |
| Alamă           | — Zinc              | 30...39      | 600                       | 300                            | 40             |
|                 |                     | 40...43      | 750                       | 350                            | 20             |
| Bronzuri        | — Staniu            | 10           | 600                       | 320                            | 20             |
|                 |                     | 20           | 1 400                     | 370                            | 3              |
|                 |                     | 30           | —                         | 100                            | 1              |
| — Aluminiu      | —                   | 7            | 600                       | 300                            | 18             |
|                 |                     | 9            | 1 100                     | 400                            | 10             |
|                 |                     | 10           | 1 000                     | 400                            | 20             |

#### 10.6.4. Plumbul

Plumbul este un metal foarte moale cu  $\text{HB} = 4 \text{ daN/mm}^2$ , dar și foarte greu:  $\rho = 11,34 \text{ g/cm}^3$ . El se topește la  $327^\circ\text{C}$ .

La fel ca și aluminul, plumbul se acoperă la suprafață cu o peliculă neagră de oxid de plumb, compactă și aderentă la metal, care reprezintă un strat protector. Principalele întrebunțări ale plumbului și aliajelor de plumb sînt:

- metalul pur se folosește la construirea unor camere și aparate din industria chimică;
- la conducte de apă potabilă, sărurile din apă și cu plumbul dau săruri de plumb, greu solubile în apă, care reprezintă straturi de protecție împotriva combinațiilor toxice ale plumbului. Plumbul nu este indicat la conducte de apă caldă deoarece aceste săruri sînt solubile, dizolvîndu-se și ducînd la corodarea conductelor;
- plumbul sub formă de foi se folosește pentru protecția contra igrasiei și a radiațiilor gama și X;
- minul de plumb  $\text{Pb}_3\text{O}_4$  se folosește ca pigment pentru vopselele roșii, dînd o culoare foarte stabilă în timp și o vopsea cu o bună putere de acoperire, și la fabricarea unor chituri rezistente la apă și la uleturi.

— cromatarea constă în tratarea pieselor de oțel cu o soluție de anhidridă cromică,  $\text{CrO}_3$ , care se transformă prin hidratare în acid cromic,  $\text{H}_2\text{CrO}_4$ , iar acesta formează pe suprafața oțelului o peliculă protectoare de cromat de fier,  $\text{FeCrO}_4$ .

Aplicarea de *straturi de natură neorganică și nemetalică*, categorie în care intră diferitele smalțuri, formate din silicați cu o temperatură de topire mai joasă decât a metalului. Aceste smalțuri sunt sticle rezistente la coroziune.

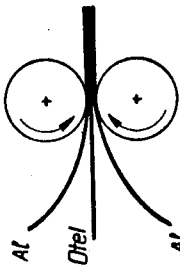


Fig. 10.31. Protecția metalelor prin vâlvuire la cald.

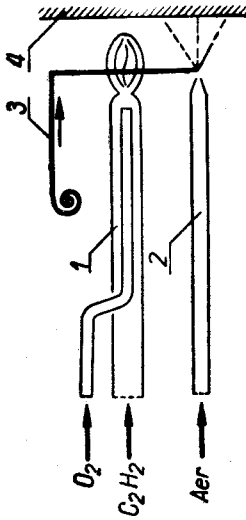


Fig. 10.32. Protecția metalelor prin pulverizare: 1 — suflător cu oxigen și acetilenă; 2 — suflător cu aer comprimat; 3 — topitura metalului de acoperire; 4 — metalul de acoperit.

Se mai folosesc și *straturi de natură organică* cum sunt *lacurile, emailurile sau vopselele*.

În toate cazurile de aplicare a straturilor protectoare, piesa de metal se curăță pe ambele părți de oxizi sau grăsimi, pentru realizarea unei bune aderențe, operația denumindu-se decapare.

## Capitolul 11 — LEMNUL

### 11.1. STRUCTURA LEMNULUI

#### 11.1.1. Caracteristici generale

Din cele mai vechi timpuri, lemnul a constituit unul din principalele materiale de construcție datorită rezistenței la sollicitări mecanice, a durabilității sale (rezistența la diverși agenți din mediul exterior) cât și a ușurinței de prelucrare, în comparație cu alte materiale de construcție. Pe de altă parte, căldura sa, textura plăcută și valoarea decorativă a desenului fibrelor lemnului au făcut ca acest material să fie foarte căutat pentru lucrările de decorație interioară a clădirilor și pentru construcția mobilierului. Tocmai această valoare a lemnului cât și crearea unor noi materiale, cu caracteristici fizico-mecanice superioare, fac ca, în ultimul timp, lemnul

să fie utilizat mai puțin ca element de rezistență și mai mult în domeniul moderne de folosire.

Materialele lemnoase se caracterizează prin următoarele proprietăți: — compoziția chimică a materialului lemnos variază după specia arborelui, după locul unde a crescut și mai ales după vârsta arborelui. Chiar în același cilindru lemnos, compoziția chimică variază de la centru spre periferie;

— din substanțele care formează materialul lemnos, 99% sînt de natură organică (macromolecule care conțin elementele carbon, hidrogen și oxigen) care formează țesuturile vegetale. Din această cauză lemnul nu este stabil la temperaturi mai mari de  $110^\circ\text{C}$ ; la  $200^\circ\text{C}$  devine combustibil, iar la  $300^\circ\text{C}$  devine inflamabil, luînd foc în aer fără flacără;

— substanțele organice care alcătuiesc țesutul vegetal, precum și substanțele acumulate în țesuturi ca rezervă pot servi ca hrană pentru diferite organisme și insecte în condiții de neprotejare, lemnul poate fi distrus de către microorganisme și insecte în cel mult 10 ani;

— în structura lemnului intră o mare cantitate de apă care variază în funcție de umiditatea mediului ambiant. Această apă influențează proprietățile mecanice ale lemnului și durabilitatea sa;

— materialul lemnos nu are o structură omogenă ci una fibroasă, direcția fibrelor fiind, în general, paralelă cu axa cilindrului lemnos. De aceea, proprietățile mecanice ale materialului lemnos variază cu unghiul pe care îl face forța cu direcția fibrelor.

În funcție de caracteristicile microstructurale lemnul este de două feluri:

- folioase, caracterizate prin frunze late și căzătoare, compactitate și rezistențe mecanice ridicate;
- rășinoase cu frunze aciculare și necăzătoare, compactitate și rezistențe mecanice mici.

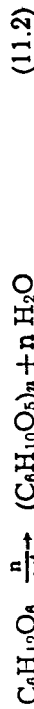
#### 11.1.2. Microstructura lemnului

Prin studiul microscopic al țesuturilor vegetale s-a observat că acestea sînt constituite dintr-o mulțime de particule de forme și mărimi diferite, care se numesc celule vegetale și sînt alcătuite din trei părți distincte cu formă și compoziție chimică (fig. 11.1): membrana celulară, protoplasma și nucleul.

La celulele tinere, membrana este formată din celuloză și, în proporție mai mică, din hemiceluloză. Acestea se formează din bioxidul de carbon atmosferic și apă prin fenomenul denumit asimilație clorofiliană conform reacțiilor:



Aldehida formică ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) se polimerizează și dă, în prima fază, zaharuri ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ), care prin policondensare trec în celuloză:



Macromoleculele de celuloză sau hemiceluloză (au valoarea lui  $n$  mai mică) formează fibrele, datorită legăturilor prin forțe van der Waals și legăturilor de hidrogen; fibrele alcătuiesc membrana celulară. Cu timpul

celulele îmbătrinesc și nu se mai înmulțesc, membrana celulară se încrustează cu lignina (C<sub>14</sub>H<sub>24</sub>O<sub>10</sub>) și se întărește, lemnul căpătând rezistență mecanică.

Protoplasma și nucleul sînt formate din substanțe proteice complexe conțin atomi de carbon, hidrogen, oxigen și azot). Protoplasma are ca rol principal formarea ligninei, iar nucleul produce înmulțirea celulelor prin diviziune; după ce s-a terminat evoluția celulelor, nucleul și protoplasma, dispar, celula rămînînd goală în interior.

În corpul plantei, celulele își schimbă forma și se grupează în țesuturi, care îndeplinesc anumite funcțiuni.

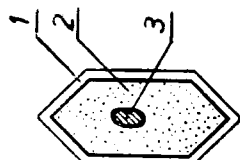
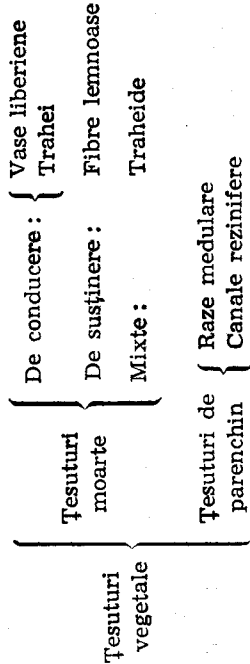


Fig. 11.1. Celulele vegetale ale lemnului:

1 - membrană celulară; 2 - protoplasmă; 3 - nucleu.



Țesuturile moarte (fig. 11.2) nu se modifică în timp, iar cele de parenchim își păstrează activitatea celulelor și se numesc țesuturi vii.

Țesuturile de conducere servesc la conducerea sevei de la frunze spre interiorul arborelui și a apei cu săruri din pământ înspre frunze. La vasele liberiene, care se găsesc sub soartă, pereții intermediari au două celule cap la cap perforate (fig. 11.2, a), pe cînd la trahee (fig. 11.2, b) fundul

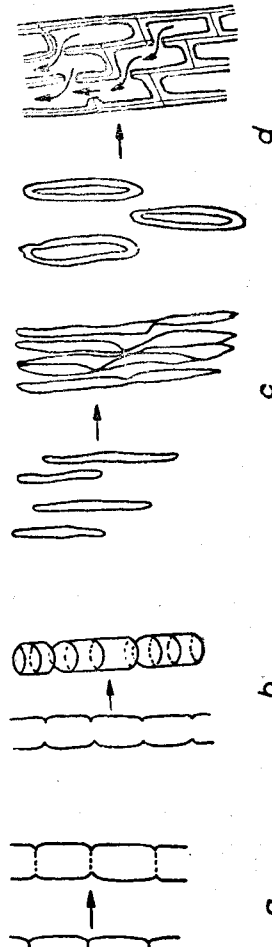


Fig. 11.2. Țesuturi moarte: a - vase liberiene; b - trahee (vase perfecte); c - fibre lemnoase și țesut de susținere; d - traheide (vase imperfecte).

celulelor respective dispare complet (servesc pentru conducerea apei de jos în sus).

Țesuturile de susținere dau rezistență lemnului; aceste țesuturi se numesc fibre lemnoase. Țesuturile mixte au celule cu pereții mult îngroșați și lignificați, dar subțiați și ciuruiți în anumite poziții; au rol de susținere și de conducere. Țesuturile moarte, goale în interior, pot fi umplute cu celule fibroase care măresc rezistența lemnului, proces numit duraminificare. Țesuturile de parenchim, formate din celule vii, se găsesc dispuse longitudinal și radial în cilindrul lemnos. Țesuturile dispuse radial, în formă

de benzi înguste printre țesuturile moarte, se numesc raze medulare și au rolul de a conduce seva descendentă spre interiorul cilindrilor lemnoși și cea ascendentă spre periferia lui. La lemnul de rășinoase, țesuturile de parenchim au și rol de a produce și înmagazina rășina, formînd canalele rezinifere, care sînt dispuse atât radial cît și longitudinal în cilindrul lemnos.

### 11.1.3. Structura microscopică a lemnului

Structura microscopică poate fi cercetată într-o secțiune transversală (fig. 11.3), pornind de la exterior înspre axa cilindrilor lemnoși, putînd fi distinsă mai multe zone.

Soartă, reprezentînd 5% din volumul arborelui este alcătuită din două straturi: ritidomul format din țesuturi moarte cu rolul de a proteja arborele și stratul liber, format din vase liberiene, prin care circulă seva descendentă.

Cambiumul este format din celule vii cu care arborele crește în perioada vegetativă a anului, prin divizarea celulelor în celule de liber, înspre coajă și celulele de lemn pe cilindrul lemnos.

Lemnul propriu-zis este format din inele anuale concentrice în care se deosebesc următoarele zone diferite: zona exterioră numită albura, formată din țesuturi lemnoase care nu sînt complet duramenificate (celule complet îmbătrinite) prin care circulă seva descendentă; duramenul format din țesuturi duramenificate umplute cu celule fibroase ce împiedică circulația sevei și măresc rezistența lemnului; măduva, formată din țesuturi răsfalte și fără rezistență și canalul medular.

Zonele lemnului propriu-zis sînt formate din mai multe inele anuale, grosimea și rădăcina dintre ele variînd cu specia, vârsta arborelui și clima. Structura inelelor anuale este diferită pe grosimea lor. La interior, inelele anuale sînt formate din țesuturi mai poroase cu celule mai mari, care s-au format într-un ritm viu în perioada de primăvară (lemnul de primăvară).

Partea exterioră a țesuturilor anuale este formată din țesuturi mai compacte, cu celule mai înguste, care s-au format lent în perioada răcoroasă a anului (toamnă). Acesta este lemnul tîrziu (de toamnă) care este mult închis la culoare.

Otrăc arbore este alcătuit din rădăcină, trunchi (tulpina), crengi și frunze. Trunchiul lemnos (fig. 11.4) formează partea principală a arborelui, re-

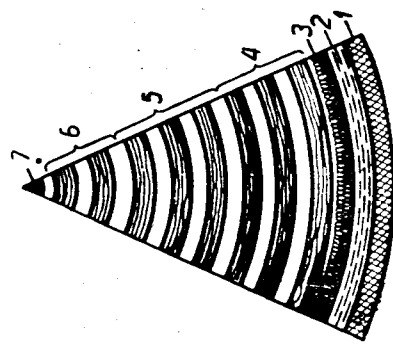


Fig. 11.3. Structura microscopică a lemnului:

1 - ritidom; 2 - strat liber; 3 - cambiu; 4 - albura; 5 - duramen; 6 - măduvă; 7 - canal medular.

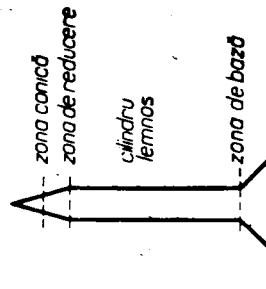


Fig. 11.4. Trunchiul lemnos.

prezentînd 60 ... 85% din volumul total, fiind în funcție de vîrsta arborelui, de locul de creștere și de esență. Cilindrul lemnos, folosit cu precădere ca material de construcție, este partea cilindrică a trunchiului și este mai mare la esențele de rășinoase și la arborii creșcuți în păduri decît la cei izolați.

## 11.2. PROPRIETĂȚI FIZICO-MECANICE ALE LEMNULUI

### 11.2.1. Umiditatea lemnului

După tăiere, lemnul conține o cantitate mare de apă, care poate să ajungă pînă la jumătate din masa sa. Această apă se poate găsi în trei stări diferite:

— apa liberă, care constituie partea preponderentă și circulă prin țesuturile vegetale. Această apă nu influențează caracteristicile mecanice ale lemnului;

— apa de higroscopicitate este fixată prin adsorbție pe pereții țesuturilor vegetale și are o influență importantă asupra principalelor proprietăți ale lemnului;

— apa legată chimic, în proporție de 1%, se găsește în compoziția substanțelor ce alcătuiesc materialul lemnos. Această apă nu influențează caracteristicile mecanice ale lemnului întrucît se îndepărtează numai prin descompunerea termică a materialului lemnos.

Umiditatea unui arbore proaspăt doborît se reduce treptat prin evaporarea apei libere și apoi a unei părți din apa de higroscopicitate pînă se stabilește un echilibru cu umiditatea atmosferică. Umiditatea lemnului nu este constantă în toată masa sa ci este mai ridicată în țesuturile tinere și înspre partea superioară a trunchiului arborelui; umiditatea variază și după anotimp.

Cantitativ, umiditatea se determină pe probe medii mici, cîntărite inițial pentru stabilirea masei în stare umedă  $m_{um}$  și apoi uscate la 105 °C pînă la masă constantă  $m_{us}$ . Se determină umiditatea relativă  $U_r$  și umiditatea absolută  $U_a$ :

$$\% U_r = \frac{m_{um} - m_{us}}{m_{um}} \cdot 100; \quad \% U_a = \frac{m_{um} - m_{us}}{m_{us}} \cdot 100. \quad (11.3)$$

Umiditatea depinde de esența lemnului, în tabelul 11.1 fiind date umiditățile absolute și relative pentru trei specii de lemn, imediat după doborîre.

Tabelul 11.1  
Umiditatea relativă și absolută a unor esențe de lemn

| Feul arborelui | Umiditate absolută, % | Umiditate relativă, % |
|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Pin            | 80...90               | 44...47               |
| Molid          | 80...100              | 44...50               |
| Mesteacîn      | 60...80               | 37...44               |

Umiditatea relativă a lemnului uscat în aer, pentru condițiile climatice din țara noastră, variază între 12 și 15%. Cînd toată apa liberă din lemn s-a evaporat, acesta conținînd numai apa de higroscopicitate, lemnul a atins punctul de saturație; acesta corespunde unei umidități absolute de 33 ... 43% sau unei umidități relative 25 ... 40%.

### 11.2.2. Densitatea lemnului

Densitatea reală (propriu-zisă) a materialului lemnos lipsit de pori este aceeași pentru toate speciile: 1 500 kg/m<sup>3</sup>. În schimb, densitatea aparentă este influențată de esența și umiditatea materialului lemnos. Densitatea se determină pe epruvete cubice (2 cm) sau prismatice (2×2×3 cm) pentru umiditatea relativă standard de 15%. În tabelul 11.2 sînt date densitățile pentru mai multe esențe de lemn.

Tabelul 11.2

#### Densitățile unor esențe de lemn

| Feul arborelui | Densitatea aparentă, kg/m <sup>3</sup> , pentru lemnul |            | uscăt |
|----------------|--|------------|-------|
|                | verde  | cu 15% apă |       |
| Brad           | 1000   | 450        | 410   |
| Molid          | 740  | 480        | 430   |
| Pin            | 700  | 520        | 490   |
| Mestejar       | 1 110  | 740        | 650   |
| Fag            | 1 010  | 750        | 690   |
| Frasin         | 920  | 760        | 680   |
| Molidm         | 880  | 750        | 730   |
| Tei            | 740  | 460        | 490   |

Se constată că umiditatea influențează foarte mult densitatea lemnului. Aceasta se poate deduce și din relația:

$$\rho_2 = \rho_1 [1 - 0,01 (1 - \beta_{v1}) (u_1 - u_2)], \quad (11.4)$$

în care:

$\rho_1$  — este densitatea corespunzătoare umidității  $u_1$ ;

$\rho_2$  — densitatea corespunzătoare umidității  $u_2$ ;

$\beta_{v1}$  — coeficientul de umflare parțială în volum pentru 1% variație de umiditate.

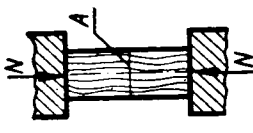
Densitatea aparentă, respectiv porozitatea lemnului influențează direct rezistențele sale mecanice.

### 11.2.3. Rezistențele mecanice și determinarea lor

Rezistențele mecanice ale lemnului sînt influențate de unghiul dintre direcția forței și fibrele longitudinale, de umiditate și de prezența defecțiilor. De aceea rezistențele se determină pe epruvete mici, cu umiditate relativă de 15%.

**Inercarea la compresiune** care se poate efectua în următoarele feluri :

- rezistența la compresiune paralelă cu fibrele (fig. 11.5) se determină pe epruvete prismatice de  $20 \times 20 \times 60$  mm ; epruvetele nu trebuie să aibă defecte și să fie cât mai regulate geometric. Rezistența la compresiune paralelă cu fibrele se deduce din relația (figura 11.5) :



$$\sigma_{c\parallel} = \frac{N}{A} \left[ \frac{\text{daN}}{\text{cm}^2} \right] \quad (11.5)$$

Din această încercare se determină și modulul de elasticitate :

$$E_{c\parallel} = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (11.6)$$

— rezistența la compresiune perpendiculară pe fibre (figura 11.6, a) se determină pe aceleași tipuri de epruvete, direcția forței putând fi tangențială (fig. 11.6, b) sau radială (fig. 11.6, c) la inele. Rezistența la compresiune paralelă cu fibrele este de circa 5...10 ori mai mare decât cea perpendiculară pe fibră (fig. 11.7). Această comportare se datorește faptului că la solicitarea paralelă fibrele au cea mai mare rezistență și cea mai mică deformație ; la solicitare perpendiculară fibrele se dezlăpesc ușor unele de altele.

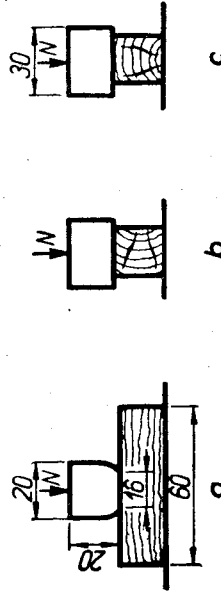


Fig. 11.6. Inercarea la compresiune perpendiculară pe fibre.

**Inercarea la întindere** se poate face în două moduri :

- rezistența la întindere paralelă cu fibrele (fig. 11.8) se determină pe epruvete confecționate din lemn fără defecte și cu fețele cât mai paralele. Efortul unitar de rupere (rezistența) se determină prin folosirea unei relații de tipul (11.5) la care aria A se măsoară în trei secțiuni. Și la această încercare se determină modulul de elasticitate ;
  - rezistența la întindere perpendiculară pe fibre se stabilește pe epruvete (fig. 11.9) în direcția radială și în direcția tangențială.
- Inercarea la încovoiere** se face conform schemei din figura 11.10. În cazul încărcărilor statice se aplică următoarea relație pentru determinarea rezistenței (fig. 11.10) :

$$\sigma_t = \frac{3}{2} \frac{P \cdot l}{b h^2} \quad (11.7)$$

Inercarea la încovoiere prin șoc se determină pe același fel de epruvetă cu ajutorul unui ciocan pendul. Înțercarea se aplică după schema din figura 11.10. Rezistența la încovoiere prin șoc este :

$$R_t^s = \frac{L}{bh} \quad (11.8)$$

în care L este lucrul mecanic consumat la ruperea epruvetei.

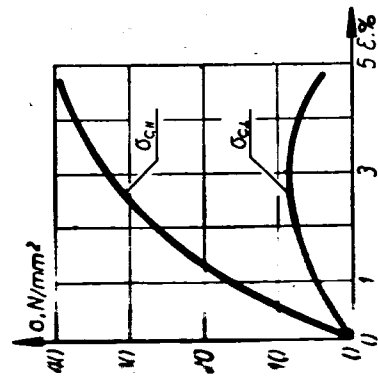


Fig. 11.7. Diagrama caracteristică a efort unitar-deformație specifică la compresiune.

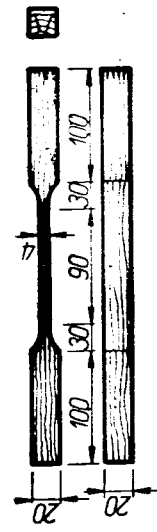


Fig. 11.8. Inercarea la întindere paralelă cu fibrele.

**Inercarea la forfecare** se poate face în diferite situații în funcție de poziția planului de forfecare și de direcția de exercitare a forței față de direcția fibrelor :

- rezistența la forfecare transversală  $\tau_t$ , la care planul forțelor și direcția forței sînt perpendiculare pe fibre (fig. 11.11, a). Se deosebesc două cazuri : cînd forța este aplicată radial la inelele anuale și cînd este aplicată tangențial ;

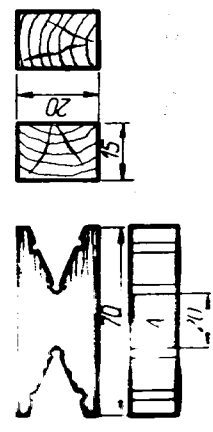


Fig. 11.9. Inercarea la întindere perpendiculară pe fibre

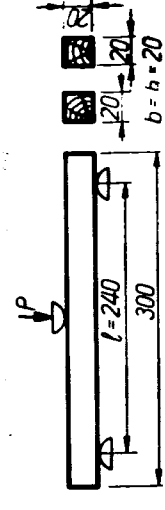


Fig. 11.10. Inercarea la încovoiere.

rezistența la forfecare longitudinală paralelă  $\tau_{\parallel}$ , la care planul forțelor și forța sînt paralele cu fibrele (fig. 11.11, b). Și aici există două posibilități : planul forțelor este radial la inelele anuale sau tangențial ; rezistența la forfecare longitudinală perpendiculară  $\tau_p$  la care planul de forfecare este paralel cu fibrele, iar direcția forței este perpendiculară pe acestea. Forța poate să fie radială sau tangențială la inelele anuale (fig. 11.11, c).

Efortul unitar tangențial de forfecare se determină din relația :

$$\tau = \frac{P}{A} \quad (11.9)$$

Toate aceste determinări arată caracterul anizotrop al lemnului.

Rezistențele mecanice ale lemnului sînt influențate de umiditate (apa higroscopică), crescînd cu scăderea conținutului său și atîngînd valori

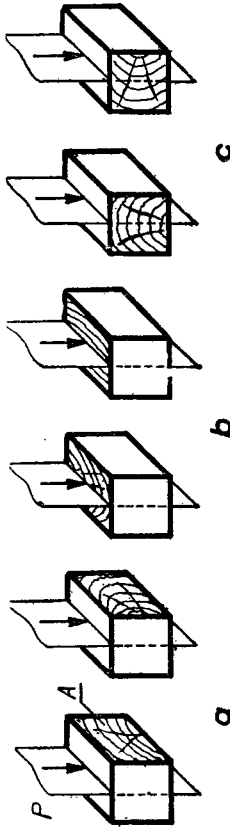


Fig. 11.11. Incercarea la forfecare.

maxime cînd apa higroscopică dispăre complet. Influența umidității asupra rezistențelor se deduce din relația :

$$\sigma(\tau)_2 = \sigma(\tau)_1 [1 + C(u_1 - u_2)] \quad (11.10)$$

în care :

- $\sigma(\tau)_1$  este rezistența cunoscută, corespunzătoare umidității  $u_1$ ;
- $\sigma(\tau)_2$  — rezistența necunoscută, corespunzătoare umidității  $u_2$ ;
- $C$  — coeficient de corecție pentru o diferență de 1% umiditate cu valori diferite în funcție de felul solicitării (0,04 la compresiune, 0,015 la întindere).

Relația (11.10) este valabilă sub punctul de saturație și pentru diferențe mici de umiditate.

În funcție de densitatea aparentă și de rezistențele mecanice există :

- material lemnos tare (stejar, frasin, salcîm, nuc, fag etc.);
- material lemnos moale (brad, molid, tei, plop, salcie etc.).

#### 11.2.4. Contragerea (constracția) și umflarea lemnului

La scăderea conținutului de apă din lemn acesta se contractă (și micșorează volumul), iar la creșterea conținutului de apă, lemnul se umflă (și mărește volumul); aceste variații de volum se datoresc caracterului hidrofîl al lemnului. Modificările de volum sînt provocate, ca și în cazul rezistențelor, numai de apa de higroscopicitate. Fenomenele de contracție și umflare sînt reversibile dacă temperatura de uscare nu este mai mare de 110 °C.

Din figura 11.12 se constată că din cauza schimbării conținutului în apă de higroscopicitate variația volumului lemnului nu este aceeași în cele trei direcții principale ale cilindriului lemnos ( $\Delta l$  reprezintă creșterea pro-

centuală a dimensiunilor în sens axial, radial și tangențial); în figură s-a reprezentat în absența umidității absolute și s-a considerat că punctul de saturație este de 40%.

Diferențele de contracție la uscare influențează deformațiile și deci modul de debitare (extragere) a cherestelei din cilindrii lemnos; dacă înleptările anuale sînt aproape perpendiculare pe fețele mari (fig. 11.13, a) re-

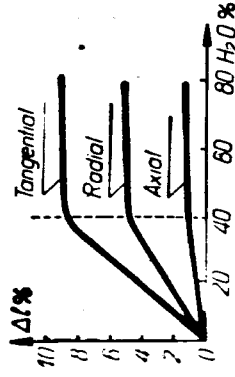


Fig. 11.12. Variația volumului în funcție de conținutul de apă de higroscopicitate.

Fig. 11.13. Deformațiile lemnului la uscare.

ultă deformații foarte mici și o chereștea de bună calitate; cînd inelele anuale sînt tangente la fața scîndurii (fig. 11.13, b) se obțin scînduri cu deformații mari deoarece spre exterior umiditatea lemnului este mai mare și contracția tangențială mai pronunțată decît spre interior. Asemenea deformații se produc și la grinzi (fig. 11.13, c și d).

Contragerile sînt diferite în funcție și de specia arborelui, existînd diferențe: cu contracție foarte mică (nucul și plopul); cu contracție mijlocie (lemnul de rășinoase); cu contracție mare (stejarul și frasinul). Dacă materialul lemnos este uscat prea repede după tăiere, atunci contragerile sînt atât de mari încît pot provoca crăpături, iar materialul să fie rebutat. Aceste neajunsuri sînt mai puțin numeroase la lemnul de rășinoase, care are un punct de contracție mai mic (se poate face tăierea în tot timpul anului) și mai numeroase la lemnul de foioase care are un punct de saturație mult ridicat (este recomandabil ca doborîrea să se facă în perioada de repaus vegetativ, cînd conținutul de umiditate este mai redus).

### 11.3. DEFECTELE LEMNULUI

Lemnul prezintă o serie de defecte care sînt determinate de diferiți factori, cum ar fi: modul de creștere, acțiunea agresivă a agenților fizici exteriori, efectul microorganismelor și ciuperților etc. Aceste defecte influențează negativ rezistențele mecanice ale lemnului, lucru de care trebuie să se țină seama. Principalele defecte ale lemnului sînt prezentate în tabelul 11.3.



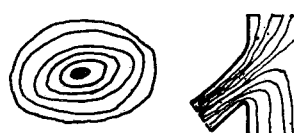
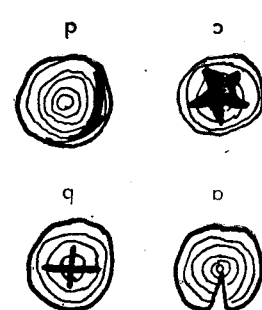
Defectele lemnului

| Denumirea defectului            | Forma și culoarea lemnului defect | Cauzele de apariție   | Influența asupra proprietăților lemnului                                     |
|---------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| Defecte de formă ale lemnului   |                                   |   |  |
| - curbura (creștere încovoiată) |                                   | Acțiunea îndulungată a vântului și zăpezii din aceeași parte              | - Se măsoară rezistențele la debitare  |
| - conștăta a-normală            |                                   | Datorită condițiilor de creștere  | Idem   |
| - canelura                      |                                   | Apare la partea inferioară a cilindrii lemnos, datorită rădăcinilor       | - Dă deseori multe la debitare<br>- Este apreciată pentru furnire decorative |
| - ovalitatea                    |                                   | Apare datorită curburii   | La fel ca la curbura   |
| - înfurea                       |                                   | Datorită condițiilor de creștere și a vântului ce despică cele două părți | Au caracteristici care fac să nu fie folosite decât pentru foc               |
| - scobitura                     |                                   | Datorită unor factori externi   | - Se măsoară rezistențele la debitare<br>- Se măresc deseori la debi-        |

2. Defecte de structură ale lemnului

| Denumirea defectului      | Forma și culoarea lemnului defect | Cauzele de apariție  | Influența asupra proprietăților lemnului  |
|---------------------------|-----------------------------------|--|---|
| - creșterea anuale        |                                   | Apare datorită condițiilor de creștere care înlocuiesc țesutul moale                   | - Se măsoară rezistențele la debitare<br>- Se măresc deseori la debitare decorative                       |
| - excrescențe (gilmel)    |                                   | Nu se cunosc cauzele   | - Se măsoară rezistențele la debitare<br>- Sunt apreciate pentru furnire decorative                       |
| - fibra creață            |                                   | Datorită condițiilor de creștere la anumite specii (nuc, frasin, pin)                  | - Scad rezistențele la îndurare și cresc cele la compresune<br>- Sunt apreciate pentru furnire decorative |
| - fibra înclinată         |                                   | Devierea într-un singur plan a fibrelor și inelului anuale                             | - Se măsoară rezistențele la debitare   |
| - fibra răsucită          |                                   | Nu se cunosc precis cauzele  | - Se măsoară rezistențele la debitare   |
| - fibra înclășată         |                                   | Deviere locală neregulată a fibrelor   | Idem  |
| - inele anuale neuniforme |                                   | Variațiile de densitate în masivul pădurii sau alternarea anilor călduroși cu cei reci | Apar deformații neuniforme care pot provoca crăpături, aparând multe deseori                              |
| - părțile moi             |                                   | Părțile moi sunt cambiumul, măduva sau inima   | Sunt atacate de microorganismele putrezesc și micșorează durabilitatea                                    |

Tabela 11.3 (continuare)

| Numărul defectului  | Forma și culoarea lemnului defect  | Cauzele de apariție  | Influența asupra proprietăților lemnului   |
|---|--|--|--|
| <p>3. Nodurile</p>  |  | <p>Apar în locurile unde ramurile copacului se leagă de ciliindrul lemnos</p>  | <p>— Se măsoară rezistențele, în special rezistența la îndoire (reducere până la 80%);<br/>— Îngreunează prelucrarea mecanică a lemnului<br/>— La furnire nodurile mici sînt apreciate</p> |
| <p>4. Defecte datorită crăpăturilor</p> <p>— gelivurile (a)</p> <p>— contracția (a)</p> <p>— rîlura (despărțirea inelilor) (d)</p> <p>— cedranura (c)</p> <p>— inima stătută (b)</p> <p>— ioviri de traversă</p> <p>— diverse</p> |  | <p>Datorită gerului timpuriu</p> <p>Datorită secei mari</p> <p>Datorită vînturilor puternice</p> <p>Datorită putrezirii măduvei</p> <p>Datorită izbirii trunchiului de pămînt</p> <p>Datorită trăsnelor</p> <p>Datorită prelucrării și exploatării</p> | <p>— Se măsoară rezistențele mecanice</p> <p>— Se mărește deseurile la debitare</p>  |

| 5. Cămbii și albedura   | Diferențe  | Acțiunea depozitelor  | Nu se schimbă sensul proprietăților  |
|---|--|---|--|
| <p>6. Colorații și alterații</p> <p>— albedura</p> <p>— colorație anormală</p> <p>— duramen fals</p> <p>— iunura</p> <p>— înțindere</p> <p>— rășacere</p> <p>— putregai</p> | <p>Lemnuri apune colorate</p> <p>Culoare diferită de cea normală</p> <p>Colorație anormală a zonei centrale a trunchiului la speciile lemnoase care normal nu au duramen</p> <p>Culoare aproape albă sau foarte deschisă</p> <p>Colorație rozetică sau cenușie la capete</p> <p>Apar zone albicioase</p>   | <p>Acțiunea ciupercilor</p> <p>Acțiunea microorganismelor</p> <p>Acțiunea microorganismelor și a factorilor externi</p> <p>Acțiunea gerului puternic</p> <p>Acțiunea umezelii și a căldurii de primăvară la busteni de borți</p> <p>Acțiunea ciupercilor, mai ales la foioase</p>                             | <p>Nu se schimbă sensul proprietăților</p> <p>Nu se modifică rezistențele mecanice</p> <p>Idem</p> <p>Produce o micșorare a rezistenței lemnului</p> <p>Produce o micșorare a rezistenței lemnului</p>   |
| <p>— putregai</p> <p>— rășacere</p> <p>— înțindere</p> <p>— iunura</p> <p>— duramen fals</p> <p>— colorație anormală</p> <p>— mază</p> <p>— albedura</p>                    | <p>Schimbară profundă a culorii și structurii</p> <p>Apar zone albicioase</p> <p>Colorație rozetică sau cenușie la capete</p> <p>Culoare aproape albă sau foarte deschisă</p> <p>Colorație anormală a zonei centrale a trunchiului la speciile lemnoase care normal nu au duramen</p> <p>Culoare diferită de cea normală</p> <p>Lemnuri apune colorate</p> | <p>Acțiunea ciupercilor</p> <p>Acțiunea ciupercilor, mai ales la foioase</p> <p>Acțiunea umezelii și a căldurii de primăvară la busteni de borți</p> <p>Acțiunea gerului puternic</p> <p>Acțiunea microorganismelor și a factorilor externi</p> <p>Acțiunea microorganismelor</p> <p>Acțiunea depozitelor</p> | <p>Micșorare mare sau totală a rezistențelor</p> <p>Proprietățile mecanice sînt reduse sensibil</p> <p>Produce o micșorare a rezistenței lemnului</p> <p>Produce o micșorare a rezistenței lemnului</p> <p>Idem</p> <p>Nu se modifică rezistențele mecanice</p> <p>Nu se schimbă sensul proprietăților</p> |

## 11.4. MATERIALE DE CONSTRUCȚII DIN LEMN

Tipurile de produse din lemn, utilizate ca material de construcție, sînt de două categorii în funcție de gradul lor de prelucrare: produse care păstrează structura materialului lemnos din care provin, cum sînt produse brute, semifabricate și finite; produse care nu mai păstrează structura materialului din care provin, datorită unor operații de așchiere, defibrare, impregnare, presare, înclieiere etc. Aceste produse fiind, în general noi, se numesc produse moderne din lemn.

### 11.4.1. Materiale lemnoase brute

În această categorie intră toate produsele la care operațiile făcute asupra cilindrilor lemnos se reduc la rețezări și curățiri de scoarță. Astăzi aceste materiale sînt tot mai mult înlocuite cu beton armat și oțel, care au caracteristici superioare. Din această categorie fac parte:

*Lemnul rotund de foioase* pentru construcții, într-o singură calitate (tabelul 11.4). Lemnul rotund de foioase se folosește la obținerea produselor semifabricate și finite.

Tabelul 11.4

Dimensiunile lemnului rotund pentru construcții

| Calitatea | La capătul subțire, cm | La capătul gros, cm | Lungimi, m  |
|-----------|------------------------|---------------------|-------------|
| I         | 10...17                | <20                 | de la 2,5 m |
| II        | 4...9                  | 20                  | de la 1,5 m |

*Bilele, manelele și prăjini* (tabelul 11.5) sînt materiale lemnoase rotunde care provin din esențe de rășinoase și se folosesc la alcătuirea schelelor.

*Lemnul rotund pentru piloți*, din rășinoase și foioase, se confecționează în trei categorii, în funcție de dimensiunea la capătul subțire: A — de 14...21 cm; B — de 22...29 cm și C — de 30...36 cm. Lemnul rotund pentru piloți, care se mai poate folosi și la poduri și batardouri, se livrează cu lungimi de 6...12 m.

Tabelul 11.5  
Dimensiunile pentru bile, manele și prăjini

| Produsul | Capătul, subțire, cm | Lungime, m |
|----------|----------------------|------------|
| Bile     | 12...16              | 6...9      |
| Manele   | 8...11               | 3...6      |
| Prăjini  | 4...7                | 2...4      |

*Stilpi pentru linii aeriene de energie electrică* din rășinoase și foioase cu lungimi de 5...14 m.

*Lemn rotund de mină* din rășinoase sau foioase cu lungimi de 1,2...6 m.

### 11.4.2. Produse semifabricate din lemn

Aceste produse se obțin din lemnul rotund prin cioplire sau tăiere. Din această categorie fac parte:

*Cioplitura*, obținută din lemn rotund, prin cioplire cu toporul. Din esență de rășinoase se obțin elemente (fig. 11.14) care se pot prelucra cu muchiile foarte subțiri, fiind cantitatea de material lemnos îndepărtată este mai mică. Se găsește în două categorii: de depozit cu dimensiuni de 8x8 cm (capătul gros) și lungimi de 3 și 8 m, cît și de comandă cu dimensiuni mici. Se folosește la elementele de șarpantă ale acoperișurilor: grinzi, pane, căpriori etc.



Fig. 11.14. Cioplitura.

Pot în categoria de cioplitură intra și traversele pentru linii ferate, care rezultă prin cioplire sau tăierea esențelor de foioase. Se confecționează cu patru fețe plane (fig. 11.15, a) care sînt traversele de cea mai bună calitate; cu trei fețe plane (fig. 11.15, b) și cu două fețe plane, talpa și fuța (fig. 11.15, c).

Condițiile care se impun traverselor sînt: fețe plane și paralele (talpa și fuța), fără curburi, fără defecte în zonele de prindere.

Alte produse cioplite sînt bulumacii, rezultați prin cioplire, pe o parte din lungime a lemnului rotund, care se folosesc la împrejmuiri.

Cherestecua se obține prin tăierea lemnului rotund în direcție longitudinală și rezultă cu toate fețele plane și paralele, două cîte două, sau nu-

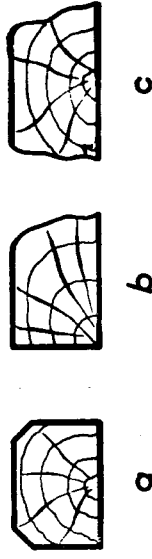


Fig. 11.15. Traverse pentru linii ferate.

mul două fețe plane și paralele. Obținerea cheresteciei (debitarea) se face în mai multe feluri:

În sistemul de debitare din figura 11.16, a se obțin: scinduri (cu margini îndreptate), margini (cu marginile mici neîndreptate), lăturoale (tălate de ferăstrăul numai pe o parte). Acest sistem are avantajul folosirii

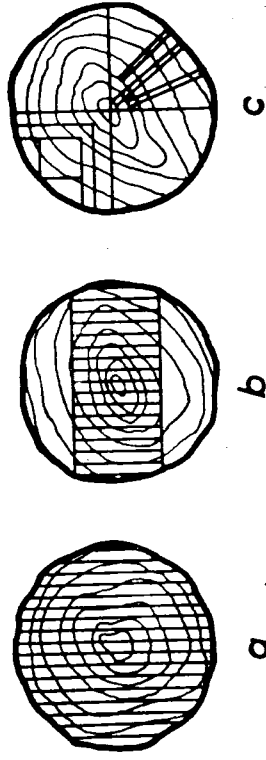


Fig. 11.16. Debitarea cheresteciei.

Integrale a lemnului, dar are dezavantajul că rezultă produse cu dimensiuni diferite și deformații mari la uscare (taturile lungi sînt tangente la turele anuale);

— în sistemul de tăiere din figura 11.16, b se obțin elemente cu aceleași dimensiuni însă deformațiile de contracție sînt mari și se pierde mult material.

Cea mai bună calitate se obține prin tăierea pe sferturi (fig. 11.16, c) deoarece contracțiile sînt cele mai mici. Are dezavantajul unor deșeuri numeroase și al unei manopere complicate; procedeul este indicat pentru industria mobilei.

Produsele tip cherestea sînt: scînduri, dulapi, șipci, grinzi și rigle. În tabelul 11.6 sînt date limitele de dimensiuni pentru cherestea de rășinoase și de foioase la care unele limite sînt trecute în paranteză.

Tabelul 11.6

Dimensiunile produselor tip cherestea

| Produsele | Grosime, mm | Lățime, mm             | Lungime, m     | Observații           |
|-----------|-------------|------------------------|----------------|----------------------|
| Scînduri  | 12...24     | 60...150;<br>160...300 | (0,4)<br>1...6 | Lățimea > 2 Grosimea |
|           |             | 70...150;<br>160...300 |                |                      |
| Șipci     | 12...40     | 18...96                | (0,4)<br>1...6 | Lățimea ≤ 2 Grosimea |
| Rigle     | 40...96     | 18...150               |                | Lățimea ≥ Grosimea   |
| Grinzi    | 100...300   | 120...350              | 3...6          | Lățimea ≥ Grosimea   |

Principalele aplicații ale cherestelei sînt:

- șipcile se folosesc la garduri sau în construcția mobilierului;
- scîndurile au numeroase utilizări, printre care: ca astereală (suport al învelitorilor), tipare pentru piese de beton, la pereții construcțiilor vizorilor, pentru tavane, în lucrări de tîmplărie (rame, panouri etc.);
- riglele sînt folosite ca elemente componente ale șarpantelor, precum și la tîmplăria ușilor și ferestrelor;
- dulapii se utilizează ca material de podire (poduri, schele), în lucrări de șantier (consolidări de săpături), cît și ca material de tîmplărie de construcții și mobilier;
- grinziile sînt elemente de rezistență la planșee, la stîlpi, poduri etc. În funcție de numărul și mărimea defectelor, cherestea de rășinoase se livrează în 5 clase de calitate, iar cea de foioase în 4 clase.

Furnirul se obține prin tăierea trunchiului de foioase selecționat în folișubțiri (0,4...6 mm) cu ajutorul unor mașini speciale. Tăierea se poate face în lungul trunchiului (fig. 11.17, a) sau tangențial cu ajutorul mașinii de derulare (fig. 11.17, b).

După locul în care se folosesc, furnirele sînt: de față (fața placajului sau a punouilor de lemn); de bază (stratul de bază al placajelor sau fața la paneele) și intermediare între cel de bază și față.

Furnirele mai pot fi clasificate în tehnice (placaje, paneele etc.) și estetice. Placajele (contraplacajele) rezultă prin lipirea unui număr impar de foi de furnir, astfel aranjate ca fibrele a două foi consecutive să facă un unghi

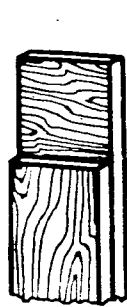


Fig. 11.18. Așezarea straturilor la placaje.

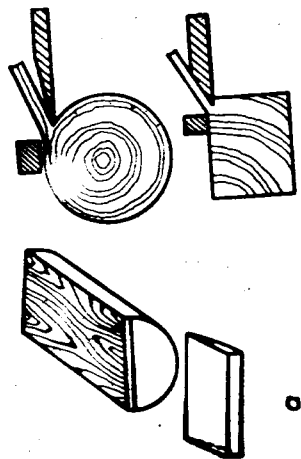


Fig. 11.17. Tăierea furnirului.

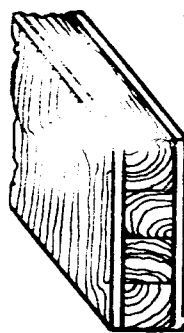


Fig. 11.19. Paneele.

drept; în anumite situații fibrele formează unghiuri de 30, 45 sau 60°. Lipsirea se face cu adeziivi naturali (clei de oase) sau sintetici.

În cazul așezării cu straturile perpendiculare, placajele nu au contracții mari, iar rezistențele mecanice sînt ridicate (fig. 11.18).

Placajele obișnuite au grosimi de 3...12 mm, în funcție de numărul defectelor, existînd 5 clase de calitate. În afara placajelor obișnuite se mai fabrică următoarele placaje speciale:

- placajul blindat cu foi metalice subțiri 0,2...0,4 mm (oțel, aluminiu, zinc) pe ambele fețe;
  - placajul armat cu țesături metalice sau textile între foile de furnir;
  - placajul bachelitizat, impregnat cu rășini fenolformaldehidice, care îl fac rezistent la acțiunea apei;
  - placajul melaminat (acoperit cu 1...3 straturi de hîrtie impregnată cu rășină de melamină formaldehidică);
  - placajul emailat rezultă prin turnarea sau pulverizarea mai multor straturi de email sau lac pe bază de rășini sintetice.
- Întrebuințările placajelor în construcții sînt foarte numeroase, printre care la: construcția mobilierului, uși, plafoanele și pereții unor construcții, cofraje pentru elemente de beton etc.
- Paneele (fig. 11.19) sînt alcătuite dintr-un miez de șipci de lemn moale lipite și acoperite pe ambele fețe cu foi de furnir de bază cu direcția fibrelor perpendiculată pe cea a șipcilor. Au contracții mici și se folosesc la mobilier, pereți despărțitori, uși etc.

### 11.4.3. Produse finite din lemn

Din această categorie fac parte acele produse care se pun în operă fără a mai suferi vreo modificare a dimensiunilor lor.

**Plăcile (panourile) celulare** (fig. 11.20) sînt alcătuite dintr-un cadru de lemn rigid, avînd în interior o serie de celule formate din fișii de furnir, drepte sau spirale, acoperite pe ambele fețe cu furnir sau placaj. Se folosesc în special la construirea ușilor, a panourilor de mobilier sau la construcția pereților despărțitori.

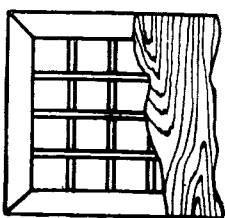


Fig. 11.20. Plăci celulare

**Scîndurile fălțuite** (fig. 11.21) se confecționează din scînduri de rășinoase ce se rindeluesc pe fața văzută: fălțurile de la canturi au diverse forme pentru a da o suprafață cit mai bine închisă.

**Dușumelele cu lambă și uluc** (fig. 11.22) se fac tot din rășinoase și sînt rindeluite pe o față. Pentru o bună înbinare sînt prevăzute cu o lambă și un uluc cu 1 mm adîncime mai mare ca lamba. Ca și scîndurile fălțuite, sînt destinate pardoselilor.

**Parchetele** sînt materialele cele mai folosite la executarea pardoselilor. În țara noastră parchetele se confecționează din lemn de stejar sau fag în următoarele tipuri: P.1 — cu lambă și uluc (fig. 11.23, a); P.2 — cu lambă, uluc, semicoadă de rîndunică și șanț pe dos (fig. 11.23, b); P.3 —



Fig. 11.21. Scînduri fălțuite.



Fig. 11.22. Scînduri cu lambă și uluc.

cu lambă aplicată (fig. 11.23, c) și P.4 — cu fălț în coadă de rîndunică (fig. 11.23, d).

Parchetele au grosimi de 16...22 mm, lățimi de 30...90 mm și lungimi de 200...500 mm. În funcție de numărul și mărimea defectelor, parchetele de stejar se livrează în trei calități, iar cele de fag în două.

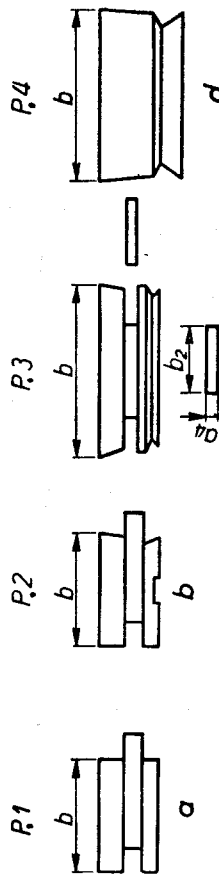


Fig. 11.23. Parchete.

Frizurile de perete sînt piese de lemn profilate pe una sau ambele părți laterale, destinate a fi montate la perete în scopul formării rampei pentru pardoseală. Corespunzător tipului de parchet există patru tipuri de frizuri: F.1, F.2, F.3, F.4.

Pervazele sînt piese de lemn profilate pe o față cu ajutorul căroră se realizează, prin aplicare, acoperirea rosturilor dintre pardoseală și perete.

### 11.4.4. Materiale moderne din lemn

Materialele moderne sînt produsele obținute prin modificarea structurii și compoziției materialului lemnos, indiferent de esență, obținîndu-se produse cu caracteristici superioare.

**Plăcile din așchi de lemn (PAL)** se obțin prin aglomerarea așchilor cu ajutorul unui adeziv sintetic (rășini formaldehidice sau ureoformaldehidice în proporție de 5...12%) sub acțiunea simultană a temperaturii și presiunii. Așchile de lemn rezultă prin mărunțirea mecanică sau chimică a lemnului sau a deșeurilor de lemn. Prin tratarea cu diferite substanțe, plăcile pot fi hidrofugate (rezistente la umiditate), ignifugate (rezistente la foc) și antiseptizate (rezistente la diferiți agenți distructivi). Presiunea se poate realiza perpendiculară pe fețe sau prin presare paralelă cu fibrele (extrudere). Plăcile pot fi unistratificate sau tristratificate.

În funcție de densitate, plăcile PAL pot să fie:

- - ușoare cu  $\rho_a < 400 \text{ kg/m}^3$ ;
- - semigrele cu  $\rho_a = 400 \dots 800 \text{ kg/m}^3$ ;
- - grele cu  $\rho_a > 800 \text{ kg/m}^3$ .

Plăcile din PAL se folosesc la lucrări de tâmplărie, înlocuind placajul și panoulul sau la pereți despărțitori, pardoseli, lambriuri, diferite straturi izolatoare etc.

**Plăcile fibrolemoase (PFL)** se fabrică din fibre de lemn a căror coeziune primară rezultă din împishirea fibrelor și din proprietățile adezive proprii. În cursul fabricației plăcilor se pot adăuga în masa de fibre adezivi, anti-ignifuganți, ignifuganți etc. Rezultă că plăcile pot să fie fără liant sau cu liant (albumină, rășini fenolice, colofoniu, bitum). Fabricarea se face prin trei procedee: procedeele umede la care se face turnarea covorului din pasta de fibre (în suspensie de apă) și presarea cu site de deshidratare; procedeele uscate la care covorul este în suspensie de aer iar presarea se face fără site de deshidratare; procedeele semiuscate cînd covorul de fibre uscate și umezite ulterior este presat cu site de deshidratare.

În cazul procedeei standard de fabricare, presarea se face la cald; plăcile mai pot fi tratate termic, uleiuate cu uleiuri sicative etc.

În funcție de densitate, plăcile sînt:

- - plăci moi poroase (nepresate, cu  $\rho_a < 350 \text{ kg/m}^3$ );
- - plăci semidure (presate), cu  $\rho_a = 350 \dots 800 \text{ kg/m}^3$ ;
- - plăci dure presate, cu  $\rho_a > 800 \text{ kg/m}^3$ .

Plăcile sînt omogene, dintr-un singur strat de fibre sau stratificate, compuse dintr-un miez și două straturi exterioare.

După destinație, plăcile PFL sînt de uz general, folosite la mobilier și cu înlocuitoare de placaj și panel sau cu utilizare specială ca plăci izolante, termoabsorbante și folosite în medii umede.

Plăcile PAL și PFL se pot emala și melamina. Emailarea se realizează prin turnarea sau pulverizarea a unui sau mai multor straturi de email sau lac, care se usucă la cald, rezultînd o placă dură. Melaminarea se realizează prin presarea la cald a unui sau mai multor filme de hirtie, impregnată cu rășină melaminică. Aceste plăci se folosesc la pereți și plafonare sau la mobilier.

Lemnul stratificat densificat (Ilgnofolul) se obține din fol de furnir montate în plăcaj, impregnate cu rășini fenolformaldehidice și presate la 100...150 at și temperaturi de 150 °C.

Lemnul impregnat și presat (Ilgnostonul) se fabrică prin impregnarea blocurilor mari de lemn moale cu rășini sintetice la presiuni mari și încălziri succesive; în acest fel volumul se reduce cu 20...25%. Ambele produse se folosesc la confecționarea diverselor piese de mașini supuse la solicitări mari.

## 11.5. MIJLOACE DE PROTECȚIE PENTRU ASIGURAREA DURABILITĂȚII LEMNULUI

### 11.5.1. Uscarea lemnului

Lemnul trebuie pus în operă la o umiditate corespunzătoare (în medie 15%), ca lemn uscat. Uscarea lemnului se poate face prin:

- *uscarea naturală*, când este necesar 1 an pentru uscarea a un centimetru grosime din lemn. Scindurile sau grinzile se pun în stive, lăsând să treacă aerul printre ele. Un procedeu îmbunătățit este prin introducerea lemnului în apă (flotare) câteva săptămâni, când seva este spălată și înlocuită cu apă curată, care apoi se elimină mai ușor. Uscarea naturală nu este economică solicitând timp și spațiu, dar este cea mai bună;
- *uscarea în aer condiționat*, când se creează un curent de aer cald în jurul stivelor. Se poate ca la început să se introducă aburi, care încălzesc lemnul fără a produce uscarea prea rapidă;
- *uscarea cu ajutorul curenților de înaltă frecvență*, care au proprietatea de a încălzi corpurile în interiorul lor. Timpul de uscare este de ordinul orelor, dar acest procedeu este scump;
- *uscarea chimică*, care constă în folosirea unor săruri ca: sarea, glucoza, ureea, care puse pe suprafața lemnului, favorizează uscarea lui. Procedul este destul de rapid.

### 11.5.2. Protecția lemnului contra agenților distructivi

Datorită naturii sale organice, lemnul este expus acțiunii diversilor agenți distructivi, care sînt de natură vegetală (alge, ciuperci, microorganisme), de natură animală (rozătoare, insecte, larve etc.) sau este atacat de foc. Ca mijloace de protecție se folosesc:

- *carbonizarea superficială* (ardere), împotriva microorganismelor;
- *aplicarea de vopsea sau lac*, împotriva intemperilor;
- *impregnarea cu substanțe antiseptice sau hidrofuge*. Ca substanțe hidrofuge sînt rășinile naturale sau artificiale, iar antiseptice și hidrofuge sulfatul de cupru, clorura de zinc, florura de sodiu și potasiu etc.;
- *împotriva focului se folosește acoperirea lemnului cu vopsele sau alte substanțe* ca: silicatul de sodiu (sticla solubilă), tencuiala de var sau de ipsos, vopselele ignifuge bazate pe săruri etc.

## 12.1. LIANȚI BITUMINOȘI (BITUMURI)

### 12.1.1. Definiție, clasificare

Bitumurile sînt materiale organice, hidrofobe, de culoare închisă (brun la negru), care funcție de temperatură se prezintă ca mase rigid-cauante, plastice sau fluid-viscoase.

După modul de formare se clasifică în: bitumuri naturale și artificiale. Bitumurile naturale s-au format prin oxidarea naturală a țițeiurilor, produsul petrecîndu-se la suprafața scoarței. Când bitumul natural este amestecat cu diferite pulberi minerale (calcar, argilă, nisip etc.) se numește asfalt, iar cînd este impregnat în diferite roci, sau în cărbune, are denumirea de bitum de rocă, respectiv de cărbune.

Bitumurile artificiale se obțin fie prin prelucrarea țițeiului (bitum de petrol), fie prin distilarea uscată a lemnului sau cărbunilor (gudroane și antracit).

### 12.1.2. Compoziția chimică a bitumurilor

Bitumurile sînt amestecuri complexe de hidrocarburi lichide, solide și derivanți ai acestora cu oxigenul, sulfură și azotul. Constituenții respectivi pot fi aciclici sau ciclici, neutri, acizi sau bazeici. Datorită acestei complexități, separarea și dozarea individuală a fiecărui component este practic imposibilă. Dar, prin tratarea bitumurilor cu solvenți selectivi, se pot separa succesiv grupe de substanțe care se aseamănă între ele prin compoziție, structură, solubilitate, comportare la încălzire etc. Astfel, se pot separa următoarele grupe de substanțe care intră în compoziția bitumurilor:

— *petrolenele* (uleiurile), substanțe de consistență fluid-viscoasă, alăturate din hidrocarburi aciclice și ciclice simple sau condensate. Se dizolvă în benzină ușoară (eter de petrol);

— *maltecele*, denumite și rășini, care la temperatură obișnuită se prezintă ca mase semisolide cu deformabilitate plastică mare. Sînt formate din amestecuri de hidrocarburi ciclice și aromatice, precum și din derivații lor cu oxigenul, sulfură și azotul în amestec cu acizi asfaltogenici. Ca și petrolenele se dizolvă în eter de petrol;

— *asfaltenele*, substanțe solide, friabile, de culoare neagră, alcătuite din hidrocarburi aromatice policiclice cu greutate moleculară mare. Încălzite peste 300 °C se carbonizează fără a se topi. Se dizolvă în tetraclorură de carbon (CCl<sub>4</sub>). Din asfaltene pot fi separate ca subgrupe: carbenele și carboldele;



— **carbenele**, solide macromoleculare cu structură aromatică politicică, ai sărace în hidrogen și cu greutate moleculară mai mare decât a asfaltinelor. Sînt solubile în sulfură de carbon (CS<sub>2</sub>);

— **carboidele**, substanțe solide cu conținut ridicat în carbon, insolubile în solvenți.

Compoziția chimică a bitumurilor variază în limite largi fiind funcție de natura lor și de tehnologia lor de obținere (tabelul 12.1).

Tabelul 12.1

| Compoziții pe grupe | Bitum de petrol |        |       | Bitum de rocă |      | Bitum de Trinidad |
|---------------------|-----------------|--------|-------|---------------|------|-------------------|
|                     | Merșori         | Băicoi | Derna | Matija        |      |                   |
| Petrolene           | 43,0            | 49,0   | 46,8  | 38,5          | 31,0 |                   |
| Maltene             | 19,2            | 14,8   | 14,1  | 27,1          | 23,0 |                   |
| Asfaltene           | 35,0            | 32,8   | 31,8  | 20,6          | 35,7 |                   |
| Carbene             | 0,3             | urme   | 2,7   | 5,8           | —    |                   |
| Alte substanțe      | 2,5             | 3,0    | 4,6   | 8,8           | 10,3 |                   |

### 12.1.3. Structura bitumurilor

Din punct de vedere structural bitumurile sînt sisteme disperse coloidale. Bitumurile fluide sînt sisteme coloidale de tip sol, iar cele semisolide de tip gel. Între aceste două extreme există o serie de sisteme intermediare.

În *bitumurile fluide*, mediul de dispersie este lichid, fiind alcătuit din soluția de maltene în petrolene, iar dispersoidul este format din miclele de asfaltene și carbene pe pelicula adsorbită de maltene față de care au o mare afinitate (fig. 12.1, a). În cazul maltenelor bogate în acizi asfaltoge-

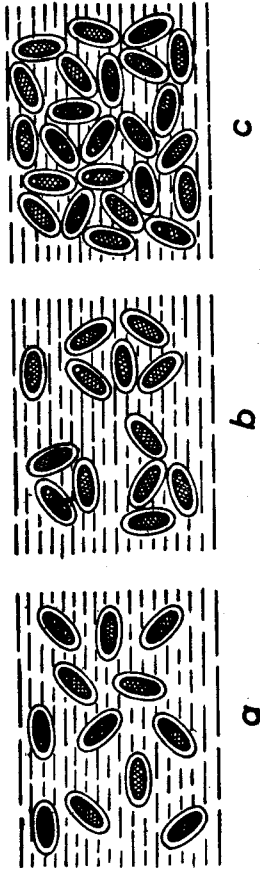


Fig. 12.1. Structura bitumurilor.

nici, stabilitatea sistemului se datorește sarcinii electrice uniforme distribuite a dispersoidului (miclele se comportă liofob). Cînd maltenele sînt sărace în acizi asfaltogenici, se formează miclele cu caracter liofil. În acest caz, stabilitatea sistemului coloidal este asigurată de adsorbția în jurul miclelor a unor straturi de molecule din mediul de dispersie, din ce în ce mai difuze, care formează un fel de înveliș elastic care împiedică asocierea miclelor.

Prin reducerea mediului de dispersie din bitumuri fluide (prin evaporare lentă sau prin oxidare naturală, respectiv artificială), miclele încep

să se asocieze în grupări care includ și o parte a mediului de dispersie (fig. 12.1, b). Din această cauză, bitumurile devin din ce în ce mai viscoase, pînă se transformă într-o *masă plastică*. Dacă procesul de asociere a miclelor continuă, se ajunge la *bitumuri semisolide cu structură de gel*, în care, miclele formează o rețea tridimensională (mediul de dispersie) în ochlurile căreia rămîne dispersată soluția de maltene în petrolene (fig. 12.1, c). Dacă însă unui bitum semisolid i se adaugă uleiuri minerale, el se poate transforma din nou în bitum fluid.

### 12.1.4. Proprietățile bitumurilor

12.1.4.1. **Tixotropia.** La bitumurile semisolide, legăturile dintre micle care alcătuiesc structura tridimensională sînt slabe (de tip van der Waals) și pot fi anulate prin aport de energie calorică sau mecanică. Astfel, prin încălzirea unui bitum semisolid, crește energia cinetică, provocînd ruperea unor legături dintre micle și transformarea lui într-un liant plastic (gel-sol); la o temperatură mai ridicată, toate legăturile se distrug și bitumul se topește, transformîndu-se într-un fluid viscos (sol). La răcire, fenomenele se petrec invers, datorită scăderii energiei cinetice.

De asemenea, sub acțiunea solicitărilor mecanice, la temperatură constantă, legăturile dintre micle pot fi distruse parțial sau total (funcție de mărimea eforturilor), determinînd transformarea bitumului semisolid (gel) în bitum plastic cu structură de gel-sol, sau în bitum fluid (sol). La anulara eforturilor, legăturile dintre micle se restabilesc și bitumul revine la structura inițială de gel. Aceste transformări reversibile de structură sub efectul solicitărilor mecanice la temperatura constantă, denumite comportarea tixotropică a bitumurilor.

12.1.4.2. **Îmbătrînirea bitumurilor.** În timp, bitumurile pierd din plasticitatea lor, transformîndu-se ireversibil în mase friabile. Acest fenomen are numește îmbătrînirea bitumului și este determinat de modificarea compoziției. Sub acțiunea oxigenului atmosferic, a radiațiilor solare, a încălzirii la temperaturi ridicate sau de lungă durată, se produc în bitumuri oxidări, polimerizări și policondensări, avînd ca urmare micșorarea conținutului lor în substanțe uleioase și plastice (petrolene și maltene) și creșterea procentului în asfaltene, carbene și carboide (substanțe fragile).

12.1.4.3. **Limitele de plasticitate.** Aceste limite definesc intervalul de temperatură în care bitumurile pot fi utilizate fără a curge sau a deveni caștule. Cu cît aceste limite sînt mai largi, cu atît bitumurile sînt considerate mai bune. De exemplu, bitumurile folosite la drumuri trebuie să-și păstreze plasticitatea atît în zilele călduroase cît și în zilele foarte geroase. În caz contrar, vara, îmbrăcămîntea rutieră face valuri sau se scurge spre șanțuri sub acțiunea traficului, iar iarna fisurează și crapă.

12.1.4.4. **Adeziunea.** Adeziunea bitumurilor pe suprafețele diferitelor materiale depinde de capacitatea lor de a umecta suprafețele respective și de absorbția pe care acestea o exercită asupra bitumurilor. Această caracteristică este importantă avînd în vedere utilizarea bitumurilor ca lianți, în executarea hidroizolațiilor și la protecția contra coroziunii a altor materiale.

12.1.4.5 **Rezistența chimică.** Bitumurile se caracterizează prin rezistență bună la acțiunea corosivă a unui număr mare de agenți chimici cum sunt: bazele, sărurile, acizii (cu excepția acizilor oxidanți:  $\text{HNO}_3$  concentrat,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). În schimb, nu rezistă la acțiunea uleiurilor, grăsimilor și plastifiantilor utilizați în industria maselor plastice.

### 12.1.5. Incercări asupra bitumurilor

Pentru aprecierea calității bitumurilor, conform metodelor standardizate, se determină următoarele caracteristici: limitele de plasticitate, penetrația (consistența), ductilitatea, stabilitatea la temperatură și puritatea.

**Limitele de plasticitate** se apreciază prin punctul de înmuiere sau de picurare (care stabilesc limita superioară) și prin punctul de rupere (care reprezintă limita inferioară a intervalului).

**Punctul de înmuiere** se definește prin temperatura la care bitumul aflat într-un inel și sub masa constantă a unei bile, prezintă o deformație standardizată. Se citește temperatura în momentul când bila trece prin bitumul înmuiat și atinge placa așezată la distanța standardizată sub inel. Această încercare se efectuează cu dispozitivul denumit „inel și bilă” (fig. 12.2). Pentru aprecierea limitei superioare a intervalului de plasticitate este mai rațional să se ia în considerare punctul de înmuiere, întrucât în practică, bitumurile se deformează de cele mai multe ori, sub acțiunea simultană a temperaturii și sarcinilor.

**Punctul de picurare** se determină cu aparatul Ubbelohde (fig. 12.3) și reprezintă temperatura la care bitumul încălzit în condiții standardizate devine atât de fluid încât se deformează sub propria lui greutate, determinând căderea unei picături printr-un orificiu calibrat al cupei (denumită niplu) în care a fost introdus.

**Punctul de rupere** se determină cu aparatul Fraass (fig. 12.4) și reprezintă temperatura la care bitumul își pierde plasticitatea din cauza răcirii și se fisurează la sollicitarea de încovoieră. La fiecare scădere a temperaturii

cu un grad, plăcuța de oțel pe care s-a aplicat pelicula de bitum este supusă alternativ la încovoieră prin intermediul unei tije mobile din aparatul de încercat. Se notează temperatura la care pelicula de bitum se fisurează în timpul încovoierii.

**Penetrația** se apreciază prin adâncimea de pătrundere a unui ac de dimensiuni standardizate, sub greutatea unei tije de 100 g, timp de 5 s, în

bitumul aflat la temperatura de 25 °C. Penetrația se exprimă în zecimi de milimetri și oferă indicații cu privire la consistența bitumurilor. Lianții bituminoși care au penetrație egală la 25 °C, prezintă visco-

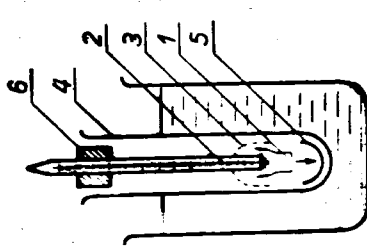


Fig. 12.3. Aparatul Ubbelohde pentru determinarea punctului de picurare la bitumuri:

- 1 — cuvă (niplu) în care se introduce bitumul;
- 2 — termometru;
- 3 — niplu prin care se introduce bitumul în probă de bitum;
- 4 — eprubetă;
- 5 — hirtie de abșerbat pe care picură bitumul;
- 6 — dop perforat.

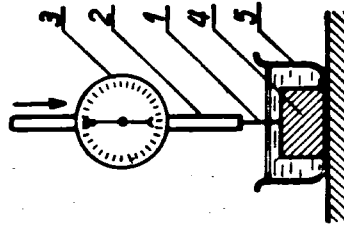


Fig. 12.5. Aparat pentru determinarea penetrației:

- 1 — ac;
- 2 — tijă mobilă;
- 3 — cadran divizat în zecimi de milimetru;
- 4 — capsulă umplută cu bitum;
- 5 — cristalizor de sticlă cu apă la 25 ± 0,5 °C.

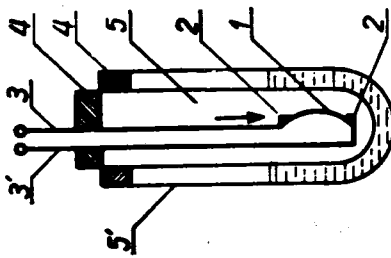


Fig. 12.4. Aparat Fraass pentru determinarea punctului de rupere:

- 1 — placă de oțel pe care se așază pelicula de bitum;
- 2 — dispozitiv de prindere a plăcii cu bitum;
- 3 — tijă mobilă;
- 4 — tijă fixă;
- 5 — dopuri perforate;
- 6 — eprubetă goală;
- 7 — eprubetă cu amestec refrigerent.

șități aproximativ echivalente la această temperatură. Determinarea se efectuează cu penetrometrul Richardson (fig. 12.5). Acul penetrometrului se așază la suprafața bitumului și apoi este lăsat să pătrundă timp de 5 s; adâncimea de pătrundere se citește pe cadranul aparatului.

**Ductilitatea** se definește prin alungirea în centimetri, pe care o poate suporta un bitum la temperaturile de 25 și 0 °C, până la rupere. În cererea se efectuează pe epruvete în formă de opt, turnate în tipare metalice (fig. 12.6). După îndepărtarea părților laterale ale tiparului, epruvetele se fixează cu ajutorul părților frontale ale tiparului în dispozitivul de încercat numit ductilometru (fig. 12.7) unde sînt supuse la tracțiune în sensul indicat de săgeată. Citirea alungirii se face pe o riglă gradată a aparatului, în momentul ruperii epruvetei. Ductilitatea este condiționată de temperatura de încercare, compoziția, structura fizică etc.

**Stabilitatea la încălzire** se determină prin menținerea bitumului timp de 5 ore la 163 °C în etuvă, după care se calculează pierderea de masă și scăderea penetrației în procente, în raport cu liantul inițial. Această încercare

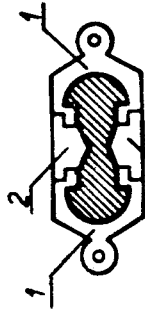


Fig. 12.6. Tipare metalice pentru confecționarea epruvetelor în formă de opt:

- 1 — parte frontală;
- 2 — parte laterală.

Caracteristicile bitumului natural

| i. Caracteristici  | Condiții de admisibilitate |          |         |         |         |         |           |
|--|----------------------------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|
|  | DT-A                       | DT-B     | DT-C    | DT-D    | DT-E    | DT-F    | DT-G      |
| Penetrația la 25 °C, mm/10   | 200...160                  | 120...81 | 80...51 | 50...41 | 40...31 | 30...21 | 20...10   |
| Punctul de înmuiere, °C  | 38...44                    | 45...50  | 51...58 | 59...68 | 69...78 | 80...90 | 100...110 |
| Ductibilitate, cm: la 0 °C, minimum la 25 °C, minimum  | 9                          | 5        | 3       | 2       | 1,5     | 1       | 1         |
| Punct de rupere Fraass, °C maximum   | -                          | -        | -       | 6       | 4       | 3       | 2         |
|  | -25                        | -25      | -25     | -18     | -18     | -15     | -15       |
| Solubilitate în sulfură de carbon, % minimum   | 99                         | 99       | 99      | 99      | 99      | 99      | 99        |
| Inflamabilitate, °C minimum  | 220                        | 220      | 225     | 230     | 240     | 250     | 260       |
| Stabilitate prin încălzire în 103 °C: pierdere de masă, % maximum<br>- scăderea penetrației, % maximum | 1                          | 0,5      | 0,5     | 0,5     | 0,5     | 0,5     | 0,5       |
|  | 30                         | 30       | 30      | 30      | 30      | -       | -         |
| Conținutul de parafină, % maximum  | 0,5                        | 0,5      | 0,5     | 0,5     | 0,5     | 0,5     | 0,5       |
| Densitatea la 15 °C, minimum, kg/m³  | 1 000                      | 1 000    | 1 000   | 1 000   | 1 000   | 1 000   | 1 000     |

efectă sensibilitatea bitumului la îmbătrânire, atât prin evaporare de etrolene, cât și prin oxidare, polimerizare și policondensare.

Solubilitatea în sulfură de carbon, indică *gradul de puritate* al liantului bituminos, deoarece carboidele și impuritățile minereale sînt insolubile în acest solvent. Determinarea constă în dizolvarea unei cantități cîntărite de bitum, în solventul menționat și filtrarea soluției. Reziduu rămas (in-

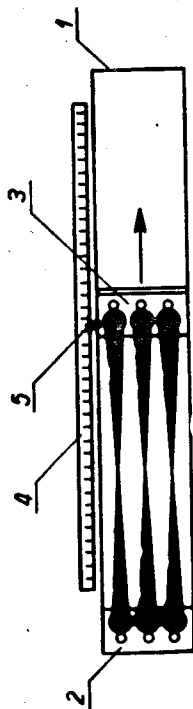


Fig. 12.7. Aparat pentru determinarea ductilității: 1 - cutie din lemn căpșuită cu tablă zincată; 2 - placă fixă; 3 - placă mobilă; 4 - rigă gradată; 5 - indicator.

solubilele) după uscare se cîntărește și se exprimă în procente față de cantitatea inițială de bitum.

Pentru toate aceste caracteristici sînt impuse prin standarde valori limitate care depind de natura liantului bituminos.

12.2. TIPURI DE LIANȚI BITUMINOȘI UTILIZAȚI ÎN CONSTRUCȚII

În această categorie de materiale intră atât bitumurile naturale și artificiale utilizate de cele mai multe ori la cald, cât și o serie de lianți bituminoși folosiți la rece.

12.2.1. Bitumuri naturale

*Bitumul de lac* (epurat) se obține prin încălzirea asfaltului natural, care, în unele regiuni formează lacuri întregi (în insula Trinidad, Cuba, Siria, URSS - lângă Baku etc.). Prin încălzirea asfaltului la 180...200 °C în cazane deschise, apa se evaporă, iar impuritățile minerale mai mari se depun pe fundul cazanelor, rezultînd un liant cu cel puțin 60% bitum, denumit bitum epurat. La noi în țară, acest tip de bitum nu se obține.

*Bitumul de extracție sau natural* se obține din rocile în care se găsește impregnat, fie prin dizolvare în solvenți organici (benzină), fie prin emulsionare cu o soluție caldă de hidroxid de sodiu sau acid sulfuric. În țara noastră, acest bitum se extrage din nisipurile bituminoase de la Derna și Tătăruși. Fiind un bitum moale (bogat în petrolene) se supune oxidării prin suflare cu aer, la cald. Se produce în 7 tipuri notate cu DT-A, DT-B, ... DT-G (tabelul 12.2). Bitumul natural se folosește la lucrări de drumuri și la hidroizolații.

### 12.2.2. Bitumul de petrol

Bitumul de petrol este cel mai utilizat bitum în țara noastră. La distilarea fracționată a țiteiului, după ce se elimină fracțiunile ușoare (benzen, petrol, motorină, uleiuri) rămâne un reziduu viscos denumit păcură. Prin prelucrarea păcurii prin diferite metode (distilare, oxidare, crăcare etc.) se obține bitumul de petrol. Păcura poate fi asfaltoasă sau parafinoasă. La fabricarea bitumurilor folosite în construcții se utilizează păcură asfaltoasă. În țara noastră se fabrică următoarele tipuri de bitumuri din petrol: **Bitumul neparafinos pentru drumuri** se obține din păcurile asfaltoase. Deoarece este prea moale din cauza conținutului mărit în petrolene se supune oxidării, trecând un curent de aer prin masa bitumului încălzit la 180...200 °C. Prin această operație are loc oxidarea petrolenelor în asfaltene și obținerea bitumurilor de calitate (bitum suflat).

Bitumul neparafinos pentru drumuri se livrează în 6 tipuri notate cu litera D urmată de două cifre care se referă la valoarea penetrației (tabelul 12.3).

Tabelul 12.3  
Caracteristicile bitumului neparafinos pentru drumuri

| Caracteristici  | Tipuri de bitum |           |           |            |           |           |
|---|-----------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|
|   | D 25/40         | D 40/50   | D 50/80   | D 80/120   | D 120/180 | D 180/200 |
| Penetrația, mm/10   | 25...40         | 41...50   | 51...80   | 81...120   | 121...180 | 181...200 |
| Punct de înmuiere, °C   | 57...67         | 55...60   | 48...55   | 43...40    | 39...45   | 38...42   |
| Ductilitate, minimă, cm<br>- la 0 °C<br>- la 25 °C  | 25              | 70        | 100       | 1,5<br>100 | 5<br>100  | 8<br>100  |
| Punct de rupere<br>maximum  | -10             | -12       | -12       | -15        | -17       | -17       |
| Stabilitatea la 163 °C<br>- pierderea de masă,<br>% maximum<br>- scăderea penetrației,<br>% maximum | 0,3<br>25       | 0,3<br>25 | 0,4<br>25 | 0,4<br>25  | 0,9<br>30 | 0,9<br>30 |
| Substanțe solubile în<br>sulfură de carbon,<br>% minimum  | 99              | 99        | 99        | 99         | 99        | 99        |
| Parafină, % maximum   | 2               | 2         | 2         | 2          | 2         | 2         |
| Densitate la 15 °C<br>minimum, kg/m <sup>3</sup>  | 1 000           | 998       | 995       | 992        | 990       | 900       |

Bitumul pentru lacuri și amestecuri electroizolante se fabrică tot din păcură asfaltoasă și se livrează în două tipuri: E 110 și E 125, cifra reprezentând temperatura minimă pentru punctul de înmuiere. Deoarece se utilizează la prepararea lacurilor, se impune să aibă o solubilitate totală în ulei de in și în white-spirit.

Bitumul industrial neparafinos se obține din păcură asfaltoasă. Are înțala I și se livrează în patru tipuri în funcție de limitele valorilor punctului de înmuiere: I 45/55, I 60/70, I 82/92 și I 85/95. Se utilizează la izolarea cablurilor electrice, ca liant pentru obținerea diferitelor materiale termolabile și la brichetarea prafului de cărbune.

Bitumul pentru materiale și lucrări de hidroizolații se obține tot din păcură neparafinoasă prin oxidare. Se notează cu litera H și se livrează în 5 tipuri în funcție de punctul de înmuiere (tabelul 12.4). Se folosește pentru fabricarea materialelor hidroizolatoare și la lucrări de hidroizolații.

Tabelul 12.4

Caracteristicile bitumului pentru hidroizolații

| Caracteristici   | Tipuri de bitum |         |         |         |           |
|--|-----------------|---------|---------|---------|-----------|
|  | H 38/42         | H 45/55 | H 68/75 | H 80/90 | H 100/105 |
| Punct de înmuiere, °C  | 38...42         | 45...55 | 68...75 | 80...90 | 100...105 |
| Penetrație la 25 °C,<br>mm/10                                    | 180...220       | 40...60 | 35...50 | 20...30 | 15...25   |
| Punct de rupere<br>Fraass, °C maximum                            | -17             | -10     | -12     | -10     | -8        |
| Ductilitate<br>- la 0 °C, minimum, cm<br>- la 25 °C, minimum, cm | 8<br>100        | 80      | 1<br>4  | 3       | 2         |

Bitumul industrial parafinos se fabrică din păcură parafinoasă. Din cauza conținutului ridicat în parafină (până la 5,5%) și a consistenței mari (penetrația între 5 și 20 mm/10) are utilizări restrinse în construcții, fiind folosit în special la brichetarea prafului de cărbune. Se notează cu Ip 85/100, cifrele referindu-se la punctul de înmuiere.

### 12.2.3. Gudroanele și smoala

La distilarea uscată a cărbunilor și lemnului rezultă ca reziduu cocsul și gudronul (un condens uleios). Prin distilarea fracționată a gudroanelor se obțin o serie de uleiuri și o masă semisolidă numită smoală. Atât gudroanele cât și smoala pot fi utilizate ca lianți bituminoși în construcții. Compoziția lor chimică diferă esențial de cea a bitumurilor de petrol. De asemenea, aceste materiale prezintă unele dezavantaje: conțin substanțe

toxice și cancerigene, au un interval de plasticitate redus și îmbătrnesc rapid. Din această cauză, se utilizează mai mult în țările care nu dispun de zăcăminte suficiente de țiței pentru fabricarea bitumurilor de petrol.

#### 12.2.4. Lianți bituminoși folosiți la rece

De cele mai multe ori, materialele realizate cu lianți bituminoși (mastice și mixturile asfaltice) se prepară și se pun în operă la cald (se încălzesc la 150...200 °C) în scopul micșorării viscozității și ameliorării lucrabilității. Operația de încălzire prezintă însă unele dezavantaje: consum de combustibil, uzura rapidă a utilajelor, pericol de îmbătrânire a liantului prin încălzire exagerată, condiții dificile de protecția muncii, pericol de incendiu etc. Pentru înlăturarea acestor neajunsuri au fost realizați lianți bituminoși care pot fi utilizați la temperatura obișnuită (la rece). Din categoria acestor lianți fac parte: soluțiile, emulsiile și suspensiile bituminoase.

**12.2.4.1. Soluțiile bituminoase.** Soluțiile bituminoase denumite și bitumuri tăiate (Cutback) se obțin prin dizolvarea bitumului topit în solvenți organici volatili (benzen, benzină grea etc.). După aplicare pe diverse materiale, se întăresc în urma evaporării solventului. Se folosesc sub formă de pelicule subțiri pentru protecția și impermeabilizarea unor elemente de beton, metal, zidărie etc., ca liant la prepararea mixturilor asfaltice, la lucrări de amorsaș etc. Soluțiile bituminoase prezintă și unele dezavantaje de care trebuie să se țină seama la utilizare: sînt toxice, inflamabile, se aplică numai pe materiale uscate și pot produce explozii (dacă se folosesc în interiorul construcțiilor).

**12.2.4.2. Emulsiile bituminoase.** Acestea sînt dispersii de particule fine de bitum în apă, realizate cu ajutorul emulgatorilor și agitate mecanică puternică. Drept emulgatori se folosesc substanțe tensioactive, de obicei săpunuri de sodiu, potasiu sau colofoniu, care se dizolvă în apă. În soluția emulgatorului, se introduce treptat, sub agitare puternică, bitumul în prealabil topit. În aceste condiții, emulgatorul se adsorbe pe capătul hidrofob, pe suprafața picăturilor de bitum B hidrofiliindu-le și astfel ele rămîn dispersate în apă (fig. 12.8, a). În apă pot să rămîna dispersate și molecule de emulgator, unele independente, altele asociate (fig. 12.8, b). Cînd emulsia vine în contact cu o suprafață solidă S, de exemplu cu un beton de ciment sau cu un agregat, echilibrul emulsiei se strică, deoarece emulgatorul este adsorbit de către suprafața solidă și

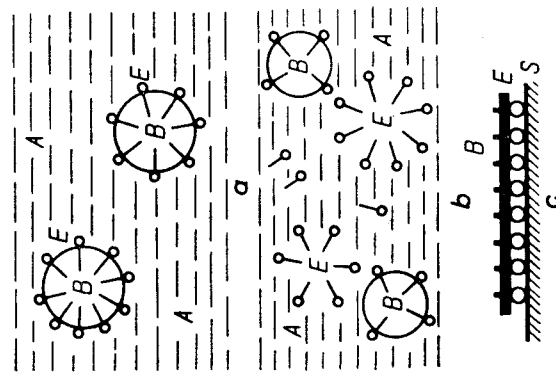


Fig. 12.8. Structura unei emulsii de bitum:  
B — particule de bitum; E — emulgator; A — apă; S — suprafața solidă.

bitumul precipită pe materialul mineral, chiar dacă acesta este umed (fig. 12.8, c). Bitumul astfel precipitat, aderă de stratul suport, iar apa separată, dispare treptat prin scurgere și evaporare. Peliculele de bitum realizate cu ajutorul emulsilor nu prezintă o adezivitate superioară la suport, deoarece ulterior (din cauza emulgatorului) apa se poate infiltra pe la interfața suport-bitum, determinînd delatarea peliculei.

În funcție de rezistența pe care o opun la distrugerea echilibrului, emulsiile se clasifică în: *normale* (se rup la contactul nisipului); *semistabile* (se strică echilibrul la amestecarea cu filere); *stabile* (ruperea se produce în contact de lungă durată cu filerul).

Emulsiile se folosesc în lucrări de betoane rutiere executate la rece, precum și la amorsarea agregatelor și suprafețelor pe care urmează să fie aplicat un strat de bitum. Compoziția lor poate fi cuprinsă în următoarele limite: 50...60% bitum, 40...50% apă și 0,2...3% emulgator.

În afară de aceste emulsii denumite și emulsii directe (utilizate mai des), se pot obține și emulsii inverse. Aceste emulsii sînt dispersii de apă în bitum realizate cu emulgatori insolubili în apă (ex. săpunul de calciu), dar solubili în petrolele din bitum. Emulgatorii respectivi hidrofobezază picăturile de apă determinînd dispersia lor în bitum.

**12.2.4.3. Suspensiile bituminoase.** Spre deosebire de emulsii, la suspensiile bituminoase hidrofilizarea particulelor de bitum se realizează cu ajutorul filerelor. Din această cauză se numesc *suspensii de bitum filerizate* (*Subif*). Cele mai bune rezultate în realizarea acestor suspensii, s-au obținut prin malaxarea pastei de var cu bitum moale, încălzit la 60...100 °C. Hidroxidul de calciu funcționează ca un filer cu suprafața specifică (descobit de mare, datorită dimensiunilor coloidale a micelilor. În timpul malaxării, micelul de hidroxid de calciu din pasta de var se amestecă bine cu particulele de bitum (datorită prezenței acizilor asfaltogenici din acestea) și totodată se adsorb pe suprafața lor, hidrofiliindu-le. În felul acesta, se realizează un sistem dispers (fig. 12.9) cu aspect de pastă de culoare brună, care se poate dilua cu apă rece.

Suspensia de bitum filerizat cu var hidratat se caracterizează prin adezivitate foarte bună atît la materiale neutre, bazice, cît și la cele acide, așa cum sînt materialele silicioase, datorită ionilor de calciu din fază lichidă, care se adsorb pe suprafața lor, schimbîndu-le caracterul din acid în bazic. De asemenea, are un domeniu mare de plasticitate (—30...+125 °C). Se utilizează la executarea mortarelor și betoanelor asfaltice, la amorsarea suprafețelor, pentru hidroizolații, la protecția metalelor contra coroziei etc. Subiful poate fi aplicat pe suprafețe umede sau amestecat cu agregate umede. Executarea lucrărilor trebuie însă efectuată numai pe vreme uscată și caldă care să permită evaporarea apei și întărirea amestecului.

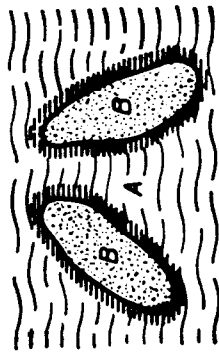


Fig. 12.9. Structura suspensiei de bitum filerizat cu pasta de var:  
B — particule de bitum filerizat;  
A — apa de var.

În țara noastră subiful se fabrică în două tipuri : pentru lucrări de drumuri și pentru hidroizolații și alte lucrări, diferențiate prin compoziția chimică (tabelul 12.5).

Tabelul 12.5

| Caracteristicile                     | Caracteristicile subifului |                |   |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------|---|
|                                      | Pentru lucrări de drumuri  |                | Pentru lucrări de hidroizolații și alte lucrări |
|                                      | Condiții de admisibilitate | Abateri limită | Condiții de admisibilitate                      |
| Bitum, %                             | 33                         | ±2             | 42  |
| Var hidratat Ca(OH) <sub>2</sub> , % | 15                         | ±1             | 19  |
| Apă, %                               | 50                         | ±3             | 36,5  |
| Rezidu din proba diluată, % maximum  | 2                          | —              | 2,5   |
| — pe ciurul R 7,1                    | 5                          | —              | 6,5   |
| — pe ciurul R 1                      | —                          | —              | —   |
| Adezivitate pe sticlă                | bună                       | —              | bună  |
| Raportul bitum/var hidratat          | 2,25                       | ±0,15          | 2,25  |

Prin amestecarea subifului cu fibre celulozice se obține chit de bitum erizat denumit prescurtat *celochit*. Compoziția celochitului poate fi prinsă în următoarele limite : 31±3% bitum, 14±1,5% hidroxid de calciu, 2±0,5% fibre celulozice, 50,5±5% apă și 2,5% impurități. Se utilizează la hidroizolații, chiftuirea geamurilor, etanșarea rezervoarelor de apă etc. Se impune să prezinte o bună adezivitate și stabilitate la căldură.

### 12.3. MASTICURI, MORTARE ȘI BETOANE CU LIANȚI BITUMINOȘI

#### 12.3.1. Masticuri bituminoase

Masticurile bituminoase sînt amestecuri omogene obținute din bitum și diferite pulberi minerale (filere) uscate. Drept filere se folosesc liberile de : calcar, diatomit, cenușă de termocentrală, talc, celuloză, coast, cărbune, var stins în praf etc. Filerele trebuie să îndeplinească condiții de finețe și de afinitate fizico-chimică față de componenții lianțului bituminos (adsorbție, chemosorbție). Deoarece masticurile se folosesc la lucrări care vin în contact cu apa, adeziunea bitum-filer trebuie să fie foarte bună (liofilia bitum-filer trebuie să fie mai mare decît hidrofilia filer-apă). În caz contrar, apa se infiltrează la interfața filer-bitum,

reducînd foarte mult durabilitatea masticului. Adeziunea depinde atît de natura chimică a bitumului cît și de cea a solidului pe care se aplică. De exemplu, bitumurile cu conținut ridicat în acizi asfalogenici prezintă o adezivitate bună față de filere bazice (var, calcar, talc, azbest) și foarte scăzută față de cele cu caracter acid ( cuarț). De asemenea, proprietățile masticului sînt influențate și de forma particulei filerului. Filerele cu forma alungită datorită mării frecării interioare, dau masticuri care rezistă mai bine la solicitări mecanice și au deformații mai mici.

Prin filerizare, se îmbunătățesc calitățile bitumului și anume :

- se mărește domeniul de plasticitate, prin creșterea punctului de înmulere și scăderea punctului de rupere ;

- crește viscozitatea (scade penetrația) datorită mării frecărilor interioare ;

- cresc rezistențele mecanice și se întîrzie îmbătrînirea.

Ameliorarea acestor caracteristici este cu atît mai evidentă cu cît suprafața specifică a filerului este mai mare. În momentul filerizării bitumului, filerul pătrunde între straturile subțiri de bitum generînd un sistem bitum-filer cu forțe de adeziune, adsorbție și frecare la interfețe, care îmbunătățesc structura de rezistență. Rezistența mai bună la îmbătrînirea bitumului filerizat se datorește atît reducerii tendinței de evaporare și oxidare a petrolenelor, prin faptul că filerul este opac la radiații solare și impermeabil față de oxigen, cît și adsorbției de către acesta, a unci părți de petrolene, care sînt redade treptat liantului bituminos, cînd echilibrul sistemului este perturbat.

Masticurile bituminoase se utilizează la izolații hidrofuge, la chituirea rosturilor dintre diferite elemente de construcții etc. Compoziția lor optimă se stabilește experimental fiind funcție de natura filerului și a bitumului utilizat. De exemplu, masticul cu filer de calcar are un dozaaj optim de aproximativ 70% filer și 30% bitum.

#### 12.3.2. Mortare și betoane asfaltice

Prin amestecarea lianților bituminoși cu agregate fine (filer, nisip) se obțin mortare asfaltice, iar prin folosirea și de pietriș, respectiv piatră spartă rezultă betoane asfaltice. Aceste amestecuri se mai numesc și mixturi asfaltice și pot fi de consistență fluidă, plastică sau vîrtoasă, funcție de lucrabilitatea necesară pentru punerea lor în operă.

Lianții bituminoși folosiți la realizarea mixturilor asfaltice au rolul de a forma pelicule în jurul granulelor de agregat și de a umple împreună cu agregatele fine, golurile dintre agregatele mari, sudîndu-le într-un tot unitar. Pentru îndeplinirea acestui rol, liantul bituminos trebuie să prezinte o bună adezivitate față de agregate și să posede un interval de plasticitate cît mai mare. Liantul bituminos imprimă mortarelor, respectiv betoanelor asfaltice, o comportare elastică la solicitările reduse de scurtă durată și plastică la solicitări mai mari.

În scopul mării rezistenței betonului asfaltic la solicitările care produc deformații plastice, se impune mărirea frecării interioare din masa



sa. Pentru aceasta, la prepararea lui se folosește un agregat cu granulozitate continuă și cu un volum minim de goluri, alcătuit din : filer, nisip, criblură.

Filerul are un rol foarte important și complex, acționând favorabil atât asupra granulozității agregatului, cât și asupra liantului bituminos (mas-ticuri). În betoanele asfaltice se folosesc curent filere de calcar (avind reziduu pe sita 02 de maximum 2%) sau var gras stins în prof. De aseme-nea, pot fi utilizate și alte pulberi minerale, naturale sau artificiale care îndeplinesc următoarele condiții : prezintă o bună adezivitate în sistemul bitum-filer ; nu reacționează chimic cu bitumul ; nu sint poroase pentru a nu mări consumul de bitum prin absorbție ; nu adsorb selectiv anumiți componenți ai liantului bituminos, ceea ce ar modifica nesatisfăcător ca-racteristicile.

Nisipul se folosește pentru a asigura o granulozitate continuă a agre-gatului (filerul fiind în majoritate sub 0,2 mm, iar criblura peste 3 mm). Când criblura are dimensiuni mai mari de 8 mm se utilizează nisip silicios de granulazăie 0,1/3,15 mm sau 0,1/7,1 mm.

Criblura reprezintă agregatul mare din amestecul de agregat și se că-racterizează prin granule colțuroase. Se obține din roci eruptive foarte rezistente, negelive și de natură bazică (bazalt sau alte roci bazice), pen-tru că bitumul nu aderă la suporturile cu caracter acid. Se impune ca roca din care provine să fie foarte rezistentă din punct de vedere meca-nic, deoarece rezistența betonului asfaltic se datorește în cea mai mare parte frecărilor dintre granulele de criblură, iar contactul dintre acestea se realizează prin colțuri și muchii, care pot ceda ușor, dacă roca este slabă. De asemenea, forma granulelor de criblură trebuie să fie cât mai plină, să respecte condițiile :  $b/a \geq 0,66$  și  $c/a \geq 0,33$  (a, b și c fiind dimensiunile gra-nulelor în ordinea descrescătoare).

Așa cum s-a arătat, criblura se livrează în sorturile : 3,15/8 ; 8/16 și 16/25 mm, care se folosesc în proporțiile necesare obținerii unui agregat cu un volum de go-luri cât mai redus.

Caracteristicile betonului asfaltic de-pind atât de natura componentilor săi, cât și de raporturile în care aceștia participă în amestec. De aceea, compoziția lor se stabilește în mod experimental.

Dozajul optim de bitum se stabilește în laborator astfel : se prepară mai multe amestecuri cu procente diferite de liant raportat la masa betonului, din care se confecționează epruvete standardizate asupra cărora se de-termină rezistența la compresiune (fig. 12.10). Pe baza rezultatelor obți-nute se alege amestecul cel mai corespunzător atât din punct de vedere tehnic (al rezistenței), cât și economic. Dacă dozajul de liant bituminos este prea mare, granulele de criblură nu se mai reazemă unele pe altele, fiind despărțite de straturi de bitum, rezultind un beton ușor deformabil

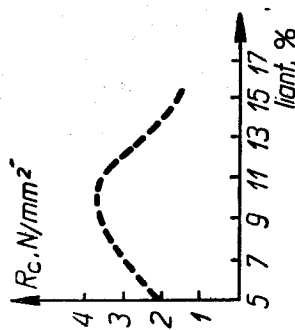


Fig. 12.10. Variația rezistenței la compresiune a betonului asfaltic în funcție de dozajul de liant bituminos.

sub acțiunea traficului. Când cantitatea de bitum este insuficientă nu se asigură umplerea golurilor intergranulare și sudarea agregatelor în punc-tele lor de contact, obținându-se un beton necompact și cu rezistențe me-canice scăzute.

O importanță deosebită asupra rezistenței betoanelor asfaltice o are și raportul dintre filer și criblură din amestecul de agregat utilizat. Se pot ivi următoarele trei situații :

— filerul se găsește în cantitate prea mică pentru a umple golurile din-tru granulele de criblură care reazemă unele pe altele (fig. 12.11, a). Pen-tru realizarea unui beton compact cu un astfel de agregat este necesară mărirea dozajului de bitum, ceea ce determină creșterea deformațiilor și reducerea rezistențelor mecanice ;

— filerul este în cantitate suficientă pentru umplerea golurilor dintre granulele de criblură (fig. 12.11, b) care reazemă între ele. În această si-tuație, consumul de bitum se reduce la minimum pentru obținerea unui beton compact, avind ca urmare mărirea frecării interioare și implicit re-ducerea deformațiilor, precum și sporirea rezistențelor mecanice ;

— filerul se găsește în exces, iar granulele de criblură nu mai reazemă unele pe altele (fig. 12.11, c). În acest caz consumul de bitum crește (da-torită suprafeței specifice mari a filerului), determinind reducerea frecării interioare, mărirea deformațiilor și scăderea rezistențelor betonului. Stabilirea raportului optim dintre criblură, nisip și filer se face prin încercări preliminare pentru fiecare lot de agregate, în vederea obținerii unui agregat cu un volum redus de goluri, care să necesite un dozaj mi-nim de liant pentru realizarea unui beton compact.

În practică, dozajul optim de bitum stabilit în laborator se reduce cu 2...4%, deoarece sub acțiunea traficului intens, betonul se deformează plastic și suferă o compactizare suplimentară. În caz contrar, pe timp cîlduros, pe suprafața îmbrăcăminții rutiere se adună un exces de bitum, care produce înmuierea și vălurirea acesteia sub acțiunea traficului.

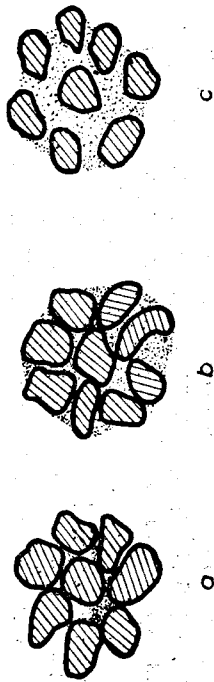


Fig. 12.11. Structura betonului asfaltic pentru dife-rite rapoarte dintre filer și agregat mare.

Rezultă deci, că între betoanele cu lianți bituminoși și cele cu ciment, există deosebiri fundamentale. Pentru a releva aceste deosebiri, în conti-nuare se face o paralelă între betonul de ciment utilizat la stratul de uzură al îmbrăcăminții rutiere și betonul asfaltic cilindrat la cald.

— Dozajul de liant în betonul de ciment este de 15...16% (din masa betonului), iar fracțiunea fină din agregate sub 7% (din totalul agregate-lor) ; în betonul asfaltic liantul este pe jumătate (circa 8%), iar fracțiunea fină (fillerul) de două ori mai mare (circa 15%).

— Ca agregat mare în betonul de ciment se folosește piatra spartă (simplu concasată) cu dimensiunea maximă de 40 mm, pe când la betonul asfaltic criblura cu granulația maximă de 25 mm.

— La punerea în operă, în cazul betoanelor de ciment se urmărește de la început o compactare cât mai înaintată, pe când în cazul betoanelor asfaltice se lasă intenționat o mică porozitate, care se închide ulterior sub acțiunea traficului.

— Întărirea betoanelor de ciment este rezultatul unor fenomene fizico-chimice, pe când la betoanele asfaltice cilindrate la cald, întărirea este un proces fizic determinat de mărirea viscozității bitumului din cauza răcirii.

— Rezistențele betonului de ciment se datoresc formării pietrei de ciment, care leagă prin aderență agregatele într-un tot unitar, pe când cele ale betonului asfaltic, frecării interioare mărite. Din această cauză, aceste betoane se comportă diferit sub acțiunea sarcinilor statice și anume : la betoanele de ciment predomină deformația elastică, iar rezistența la compresiune este de ordinul sutelor ( $\text{daN/cm}^2$ ), la betoanele asfaltice predomină deformația plastică, iar rezistența la compresiune este de ordinul zecilor ( $\text{daN/cm}^2$ ).

— Datorită deformației plastice și a rezistențelor mecanice reduse, fisurile betoanelor asfaltice se închid sub acțiunea traficului, producându-se un proces de autoreparare ; la betoanele de ciment fisurile care apar trebuie reparate cu masticiuri bituminoase.

— În condiții normale, rezistențele mecanice ale betonului de ciment cresc în timp, pe când la betonul asfaltic scad încet, datorită îmbătrânirii liantului bituminos. Din acest motiv, îmbrăcămintele rutiere din beton asfaltic necesită temporar tratamente superficiale de întreținere, executate cu bitumuri bogate în petrolene.

— Betoanele asfaltice menținute sub apă prezintă scăderi de rezistență, datorită reducerii adeziunii dintre liantul bituminos și agregatul care în general este hidrofili.

În vederea aprecierii calității betoanelor asfaltice se determină următoarele caracteristici : dozaul de liant, granulozitatea agregatelor, densitatea aparentă, rezistența la compresiune, absorbția de apă, umflarea la apă și adâncimea de pătrundere a poansonului.

Dozaul de liant bituminos se determină pe o probă de mixtură sau beton scos din îmbrăcăminte cîntărită în prealabil prin dizolvare în benzen sau sulfură de carbon. Această operație se execută de obicei cu ajutorul unui aparat de extracție tip Soxhlet.

Granulozitatea agregatelor se efectuează în mod obișnuit, asupra rezidului de la dizolvarea bitumului.

Densitatea aparentă se determină în cazul amestecurilor pe epruvete cubice cu  $l=7,07$  cm, iar în cazul probelor de beton scoase din îmbrăcăminte, pe epruvete de  $10(12) \times 10(12)$  cm și grosimea care a avut-o îmbrăcămintea de beton. Volumul aparent se deduce prin una din metodele cunoscute.

Rezistența la compresiune se determină pe epruvete cubice ( $l=7,07$  cm) în trei stări : pe epruvete uscate la  $22^\circ\text{C}$ , pe epruvete în prealabil încălzite patru ore la  $50^\circ\text{C}$  și pe epruvete saturate cu apă timp de 28 de zile.

Absorbția de apă se efectuează pe epruvete păstrate sub apă pînă la saturare, astfel : probele se mențin în apă timp de 3 ore sub un vid de 15 ... 20 mm col. Hg și apoi 2 ore la presiunea atmosferică.

Umflarea la apă se determină după o păstrare de 28 de zile a probelor sub apă. Încercarea se efectuează pe probe la care s-a determinat și absorbția de apă. Umflarea este dată de creșterea procentuală a volumului față de volumul inițial al epruvetelor încercate.

Adîncimea de pătrundere a poansonului se determină cu ajutorul unui aparat prevăzut cu un dorn cilindric (poanson), care, sub greutatea de 52,5 kg este lăsat să acționeze timp de 5 ore, asupra unei probe de beton asfaltic. Adîncimea de pătrundere a poansonului se citește pe o scară gradată, în milimetri.

## Capitolul 13

### MATERIALE DIN POLIMERI

#### 13.1. DEFINIȚIE, GENERALITĂȚI

Prin materiale din polimeri se înțeleg materiale în alcătuirea cărora intră polimerii și diferite adaosuri cu un rol bine determinat. Polimerii — substanțele macromoleculare, pot fi de natură anorganică, organică sau mixtă. În industria materialelor de construcții se folosesc polimeri organici și miești, fiindcă în cursul fabricației numai aceștia trec printr-o fază plastică, ceea ce ușurează prelucrarea lor.

De aceea, aceste materiale se mai numesc și mase plastice. Această denumire este improprie, deoarece la materialele din polimeri utilizate în construcții, nu plasticitatea constituie caracteristica fundamentală ci elasticitatea, flexibilitatea și rigiditatea lor, funcție de domeniul de utilizare.

Substanțele macromoleculare folosite la fabricarea materialelor din polimeri se pot obține prin reacții de polimerizare sau policondensare, iar din punct de vedere structural, sînt de trei tipuri : monodimensionale (filiforme, liniare sau ramificate), bidimensionale și tridimensionale — rețiculate în spațiu. În funcție de proprietățile materialelor din polimeri, aceștia se pot împărți în :

— elastomeri, formați din macromolecule monodimensionale și caracterizate prin elasticitate mare ;

— plastomeri termoplastici, alcătuiți din macromolecule bidimensionale și care își măresc reversibil plasticitatea la încălzire ;

— plastomeri termoreactivi, formați de asemenea, din macromolecule bidimensionale, dar care la încălzire trec în structuri tridimensionale și devin rigizi.

## 13.2. PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR DIN POLIMERI ORGANICI

### 13.2.1. Proprietățile fizico-chimice

Proprietățile fizico-chimice ale acestor materiale depind de compoziție, structură, gradul de polimerizare și de orientare al macromoleculor. De aceea, unele din aceste proprietăți variază în limite destul de largi. Astfel, densitatea aparentă poate fi cuprinsă între 15 și 2 000 kg/m<sup>3</sup>. Rezultă că, unele materiale din polimeri sînt de două ori mai ușoare decît aluminul și de 5...10 ori mai ușoare decît oțelul. Conductivitatea termică este în general redusă ( $\lambda=0,035 \dots 0,5$  kcal/m °C h), ceea ce determină utilizarea acestor materiale la executarea termoizolațiilor. De asemenea, unii polimeri se caracterizează prin bune proprietăți de izolare fonică, hidrofugă și electrică. De fapt, una din primele întrebări a acestor materiale, a fost cea, de izolații electrice. Polimerii prezintă și o bună rezistență chimică, cu excepția unora care sînt solubili în solvenți organici, ceea ce permite utilizarea lor la protecția materialelor clasice față de diverse medii agresive.

Materialele din polimeri prezintă însă și unele caracteristici nefavorabile: stabilitate termică redusă (la 70...80 °C polimerii termoplastici se amolează, iar cei termorigizi la 200 °C se descompun), coeficient de dilatare termică ridicat, de circa 2...15 ori mai mare decît al oțelului (25·10<sup>-6</sup>...20·10<sup>-6</sup>) și proces de îmbătrînire în timp. Unii polimeri, sub influența oxigenului atmosferic, a luminii și a căldurii, prezintă fenomenul de îmbătrînire, care se manifestă prin pierderea elasticității și plasticității, concomitent cu creșterea cazănelor materialului. Procesul de îmbătrînire se manifestă mai puternic la polimerii cu grad mai scăzut de polimerizare, respectiv de policondensare. Pentru înfrînzirea acestui proces, la fabricarea materialelor din polimeri se introduc diverse adaosuri.

### 13.2.2. Proprietățile mecanice

Caracteristicile mecanice ale polimerilor depind în mare măsură de gradul de polimerizare (policondensare), compoziția chimică, structura, temperatura, durata de acțiune a încărcărilor etc. În tabelul 13.1 sînt redate rezistențele mecanice (la compresiune, tracțiune și încovoiere) și alungirile de rupere, precum și cîteva proprietăți fizice ale unor polimeri. Se constată că în funcție de natura polimerului, rezistența la compresiune  $\sigma_c$  variază între 1,7 și 2 000 daN/cm<sup>2</sup>, rezistența la întindere  $R_t$  între 0 și 900 daN/cm<sup>2</sup>, iar alungirile de rupere între 0,3 și 800%. Unii polimeri armați cu fibre de sticlă (de exemplu poliesterii) ating rezistențele mecanice ale oțelului de calitate.

Dependența rezistenței mecanice la tracțiune a polimerilor, de gradul de polimerizare este redată în figura 13.1. Se constată că rezistența la tracțiune crește foarte mult cu gradul de polimerizare, însă numai pînă la o anumită valoare  $P$  a acestuia, după care practic se menține constantă. Creșterea rezistenței la tracțiune cu gradul de polimerizare se explică astfel: la grade mari de polimerizare, macromoleculile sînt lungi și într-o

Proprietățile fizico-mecanice ale unor polimeri

| Denumirea                       | $\rho$ ,<br>kg/m <sup>3</sup> | Rezistența                         |                                      |                                     | Alungire<br>la rupere,<br>% | Absorbția<br>de apă,<br>% | Punct de<br>vitricare,<br>°C |
|---------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------------|
|                                 |                               | la întindere,<br>N/mm <sup>2</sup> | la compresiune,<br>N/mm <sup>2</sup> | la încovoiere,<br>N/mm <sup>2</sup> |                             |                           |                              |
| Polietilenă de presiune joasă   | 930                           | 9...13                             | -                                    | -                                   | 100...700                   | 0,01                      | -20                          |
| Polietilenă de presiune înaltă  | 950                           | 24...33                            | -                                    | -                                   | 400...800                   | 0,01                      | -50                          |
| Polistiren                      | 1 050                         | 40...60                            | 85...100                             | 87                                  | 6                           | 0,005                     | 80                           |
| Polimerură de vinil dură        | 1 200                         | 60                                 | 80                                   | 80                                  | 20                          | -                         | -                            |
| Polimerură de vinil plastifiată | 1 420                         | 90                                 | -                                    | 42                                  | 100                         | 0,1                       | -                            |
| Poliacetat de vinil             | 1 350                         | 60                                 | 80                                   | 80                                  | -                           | 0,1                       | 28                           |
| Alcool polivinilic              | 1 290                         | 38                                 | -                                    | -                                   | 200                         | solubil<br>în apă         | 80                           |
| Polimetacrilat de metil         | 1 180                         | 80                                 | -                                    | 110                                 | 2...4                       | 0,1                       | 98                           |
| Rășini fenolformaldehidice      | 1 400                         | 30...75                            | 200                                  | 80                                  | 1                           | -                         | -                            |
| Rășini ureoformaldehidice       | 1 550                         | 40                                 | 200                                  | 80                                  | 0,4                         | 0,8...2                   | -                            |
| Rășini melaminice               | 1 450                         | 45                                 | 0 17                                 | 80                                  | -                           | 0,3...0,6                 | -                            |
| Rășini anti-formaldehidice      | 1 250                         | -                                  | -                                    | 110                                 | -                           | -                         | -                            |
| Rășini poliamidice (nylon 6)    | 1 130                         | 73,8                               | -                                    | -                                   | 54                          | 14                        | -                            |
| Rășini poliamidice (nylon 66)   | 1 130                         | -                                  | -                                    | 20...50                             | -                           | 8...10                    | -                            |
| Nitrat de celuloză              | 1 350                         | 70                                 | 60                                   | 60                                  | 30...50                     | 1,25                      | -                            |
| Acetat de celuloză              | 1 270                         | 50                                 | 40                                   | 50                                  | 25...40                     | 3                         | -                            |
| Aceobutirat de celuloză         | 1 140                         | 20                                 | 60...140                             | 30...60                             | 50...70                     | 1...3                     | -                            |

Tabelul 13.1

secțiune transversală apar mai puține întreruperi (fig. 13.2, b), ceea ce determină repartizarea solicitării exterioare pe mai multe macromoleculă și ca atare rezistența crește. La grade mici de polimerizare, macromoleculă lele fiind de dimensiuni mai reduse (fig. 13.2, a), alunecă unele față de altele prin învingerea forțelor van der Waals, opunând o rezistență mică la solicitări exterioare.

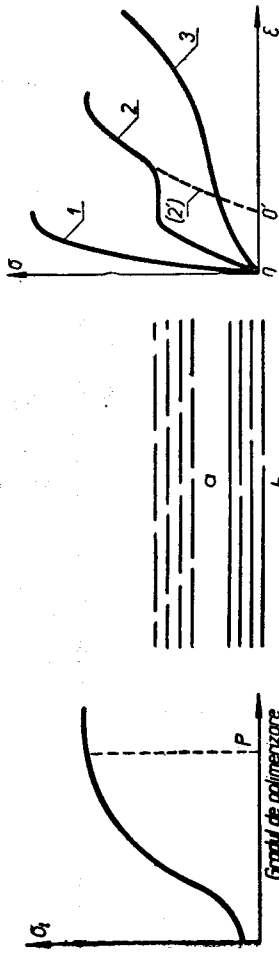


Fig. 13.1. Dependenta rezistenței la tracțiune a polimerului în funcție de gradul de polimerizare.

Fig. 13.2. Influența lungimii macromoleculor asupra rezistenței la întindere a polimerului.

Fig. 13.3. Curba caracteristică  $\sigma-\epsilon$  pentru polimeri cu structuri diferite:

1 - polimeri rigizi; 2 - plastomeri; 3 - elastomeri.

La solicitări statice de întindere, polimerii se comportă diferit în funcție de natura lor, fapt reflectat și de curbele caracteristice  $\sigma-\epsilon$  (fig. 13.3). Se constată că, polimerii rigizi au deformații mici; plastomerii obișnuți prezintă o zonă de curgere și deformații mari înainte de rupere care ating 500%; elastomerii se caracterizează prin deformații foarte mari (1000%) datorită comportării lor supraelastice.

Curba 2' se referă la plastomeri ecruiși (cu structură filiformă orientată) care au o deformație remanentă 0-0'. Prin încălzirea acestor polimeri la temperaturi corespunzătoare, ei revin la poziția inițială 0 și la o nouă solicitare se comportă similar cu plastomerii obișnuți (curba 2). Fenomenul acesta este denumit „memorie plastică”.

Caracteristicile mecanice ale polimerilor depind foarte mult și de temperatură. Spre exemplificare în figura 13.4 este redată influența temperaturii asupra caracteristicilor mecanice ale unui polimer termoplastic. Se observă că, la temperaturi relativ reduse, sub temperatura de rigidizare  $t_1$ , polimerul prezintă o structură rigidă, cu rezistență mare la tracțiune și deformații reduse. Cu creșterea temperaturii, rezistența la tracțiune scade simțitor, iar deformațiile elastice cresc foarte mult, polimerul devenind supraelastic. La depășirea temperaturii de înmuiere  $t_2$ , polimerul trece în stare plastică și rezistența la tracțiune prezintă valori foarte mici,

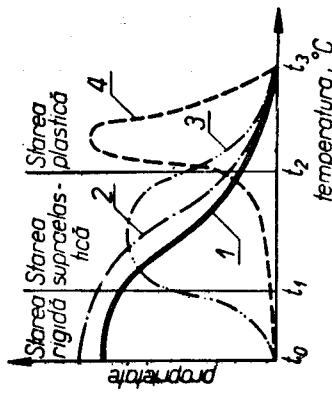


Fig. 13.4. Corelația dintre caracteristicile mecanice și temperatură pentru un polimer termoplastic:

1 - rezistența la întindere; 2 - modulul de elasticitate E; 3 - deformația elastică; 4 - alungirea la rupere.

iar la atingerea temperaturii de curgere  $t_3$ , polimerul se transformă într-un fluid viscos. Fenomenele descrise sînt reversibile; la răcire, au loc transformări inverse ale proprietăților polimerului.

În cazul solicitărilor statice de lungă durată, polimerii prezintă deformații de curgere lentă, care pot afecta capacitatea lor portantă. Curgerea lentă depinde de mai mulți factori: natura polimerului, efortul de încălzire, durată solicitării, temperatura etc. În figura 13.5 este redată curgerea lentă a unui polimer solicitat la eforturi variabile de tracțiune ( $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$ ). Se constată că în valori mari ale efortului  $\sigma_1$ , deformațiile limită de rupere se ating după o durată relativ scurtă de încălzire comparativ cu probele încărcate la efortul  $\sigma_2$ , respectiv  $\sigma_3$ . Pentru solicitări reduse  $\sigma_4$ , curgerea lentă crește inițial, apoi se amortizează în timp. Experimental, s-a constatat că la temperatura de 20 °C, la polimerii cu structură tridimensională sau cu fibre orientate, valoarea efortului unitar de încălzire  $\sigma_{inc}$  pentru care curgerea lentă nu atinge deformația limită de rupere este de circa 50% din rezistența lor de rupere, pe cînd la polimerii termoplastici de numai 15...20%. Curgerea lentă crește mult cu temperatura.

Fig. 13.5. Dependența deformației de curgere lentă în funcție de efortul de încălzire.

Rezistența la uzură a materialelor din polimeri este ridicată, permițînd folosirea lor sub formă de covoare sau dale pentru pardoseli.

### 13.2.3. Influența adaosurilor asupra proprietăților polimerilor

Pentru a conferi materialelor din polimeri anumite caracteristici, la obținerea lor se folosesc diferite adaosuri. După efectul pe care îl produc în produsul finit, adaosurile se clasifică în: plastifianți, stabilizatori, substanțe de armare și pigmenți.

Plastifianții au rolul de a mări elasticitatea, plasticitatea și rezistența la șoc a polimerului, precum și de a conserva proprietățile lui fizico-mecanice, într-un interval mai mare de temperatură. Ca plastifianți se utilizează substanțe cu molecule mai mici decît macromoleculăle polimerului și anume: esteri superiori (ftalați), acizi grași superiori, polimeri cu grad redus de polimerizare (oligomeri), parafină etc. Acțiunea plastifianților se explică prin intercalarea lor între macromoleculăle polimerului (fig. 13.6), provocînd deformația sau îndepărtarea acestora (în funcție de cantitatea folosită). În primul caz, se îmbunătățește elasticitatea, iar în al doilea,

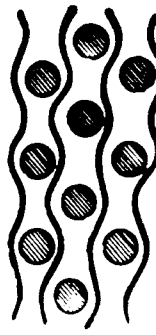


Fig. 13.6. Influența plastifianților asupra proprietăților polimerului.

Stabilizatorii sau antioxidanții sînt adăosurile care întîrzie procesul de îmbătrînire în timp al polimerilor. Cu stabilizatori se folosesc: amine, de-

divați oxigenați al hidrocarburilor aromatice, silicat de plumb etc. Acțiunea stabilizatorilor este diferită funcție de natura lor chimică (impiedică difuziunea oxigenului, absorb radiațiile care accelerează oxidarea sau reacționează mai ușor cu oxigenul decât polimerul).

*Substanțele de umplutură și armare* se utilizează sub formă de diferite pulberi (mică, grafit, negru de fum etc.), care îmbunătățesc rezistențele mecanice și stabilitatea termică; sub formă de fibre (din sticlă, celuloză, zbest), sau țesături din fibre vegetale sau minerale, care având rol de armătură, măresc rezistențele mecanice (mai ales la întindere și încovoare) și reduc deformațiile sub sarcină; sub formă de foi (hîrtie, metale soare, furnir etc.) care se intercalează între masa polimerului, obținându-se așa-numitele produse stratificate din polimeri cu rezistențe mecanice foarte mari și cu deformații sub sarcină reduse.

*Pigmenții* sînt pulberii minerale colorate, care se folosesc la colorarea sau opacizarea materialelor din polimeri.

### 13.3. INCERCĂRI ASUPRA MATERIALELOR DIN POLIMERI

Încercările care se efectuează asupra materialelor din polimeri urmăresc fie determinarea caracteristicilor fizico-mecanice ale materialelor ca atare, fie determinarea comportării lor sub acțiunea diversilor factori din mediul înconjurător. Încercările se fac pe epruvete standardizate în funcție de natura materialului. Pentru stabilirea caracteristicilor fizico-mecanice, se determină: densitatea aparentă, rezistența la întindere și alungirea la rupere, rezistența la compresie, la încovoare statică și prin șoc, uritatea în grade Shore (STAS 8643-70), flexibilitatea prin îndoirea la 80° după un dorn, modulul de elasticitate și conductivitatea termică.

În scopul aprecierii comportării la diferiți agenți din mediul înconjurător, asupra materialelor din polimeri se efectuează următoarele determinări: stabilitatea termică, absorbția de apă, rezistența la agenți chimici și comportarea la îmbătrînire.

*Stabilitatea termică* se determină în scopul stabilirii temperaturii maxime la care poate fi utilizat materialul sub sarcină. Încercarea se efectuează prin două metode: metoda Martens și metoda Vicat. Principiul metodelor constă în înregistrarea temperaturii, la care epruveta din polimer, sub efectul cumulat al căldurii și solicitării mecanice, prezintă o deformație standardizată.

La metoda Martens se notează temperatura la care epruveta prismatică (fig. 13.7) încălzită în etuvă și solicitată la încovoare prin intermediul unei pîrghii, se deformează astfel încît acul indicator plasat în afara etuvei, coboară cu 6 mm pe cadranul aparatului.

La metoda Vicat se notează temperatura la care acul aparatului, sub sarcina de 5 daN, pătrunde în epruvetă pe o adîncime de 1 mm (fig. 13.8). Iritarea se face pe un indicator plasat în afara etuvei.

*Absorbția de apă* se determină prin menținerea epruvetelor (cîntărite în prealabil) sub apă la 20°C timp de 24 ore, sau la fierbere timp de 30 min. Cantitatea de apă absorbită se raportează la suprafața totală a epruvetei (g/cm<sup>2</sup>).

Rezistența la agenți chimici agresivi se determină prin înmersarea epruvetelor, un timp standardizat, în substanțe agresive și stabilirea modificărilor de aspect, masă, volum, rezistențe mecanice sau alte proprietăți.

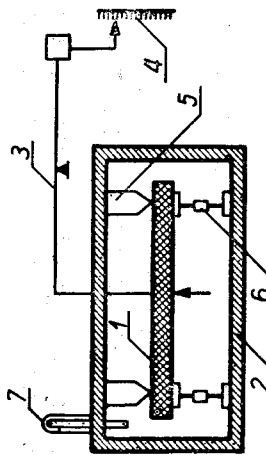


Fig. 13.7. Instalația „Martens” pentru determinarea stabilității termice a polimerilor:  
1 — epruvetă; 2 — etuvă; 3 — pîrghie; 4 — cadran;  
5 — reazem fix; 6 — reazem cu reglare verticală;  
7 — termometrul.

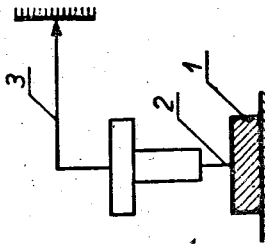


Fig. 13.8. Aparatul „Vicat” pentru determinarea stabilității termice a polimerilor:  
1 — epruvetă; 2 — ac;  
3 — marcător.

Comportarea la îmbătrînire fenomen ce constituie în cazul materialelor din polimeri un proces de durată, se datorește oxidării sub acțiunea oxigenului atmosferic și a razelor ultraviolete. În laborator, se fac încercări accelerate de îmbătrînire supunînd epruvetele iradierii cu raze ultraviolete. După anumite intervale de iradiere, epruvetele sînt supuse la încercări, determinîndu-se în special rezistența la tracțiune, alungirea elastică, reziliența și flexibilitatea.

### 13.4. PRELUCRAREA MATERIALELOR DIN POLIMERI

Un mare avantaj al materialelor din polimeri este că pot fi prelucrate cu ușurință spre a li se da forma dorită. Principalele metode de prelucrare sînt următoarele:

— turnarea, folosită pentru obținerea unor obiecte cu transparentă mare și fără defecte optice. Acest procedeu se practică mai ales la elastomeri fuzibili, care se topec și apoi se toarnă în diferite tipare; prin răcire se obține produsul dorit;

— presarea se aplică mai ales la polimeri termoreactivi prin exercitarea unor presiuni asupra materialului ce se găsește în tipare încălzite. Sub acțiunea temperaturii, materialul capătă plasticitatea necesară și sub presiune este distribuit în cavitatea matricei. Prin desăvîrșirea reacțiilor de polimerizare rezultă polimeri rigizi cu structură tridimensională;

— laminarea (calandrarea) se efectuează prin trecerea polimerilor termostatici printr-o serie de valțuri încălzite, obținîndu-se benzi, țevi etc.;

— extruderea se realizează prin presarea în filiere a polimerului adus în stare plastică;

— expandarea și înspumarea sînt operații ce se aplică în scopul obținerii unor polimeri cu porii numeroși. Expandarea se realizează prin de-

gajare de gaze în polimerii aduși în stare plastică prin încălzire, iar înspumarea se aplică la elastomeri în stare topită prin amestecare cu substanțe tensioactive. Bulele de aer rămân prinse în topitură, datorită viscozității sale mari:

— peliculizarea constă în aplicarea unor emulsii sau soluții de polimeri, prin pulverizare sau suflare în mai multe straturi, pe diferite obiecte pentru a le proteja sau înfrumuseța.

Pentru utilizarea în construcții, materialele din polimeri pot fi prelucrate prin așchiere, strunjire, tăiere, găurire, lipire, sudare etc.

### 13.5. TIPURI DE POLIMERI

După modul de obținere, polimerii se pot clasifica în polimeri rezultați prin prelucrarea unor produse naturale și polimeri de sinteză (tabelul 13.2).

Tabelul 13.2  
Clasificarea polimerilor după modul de obținere

| Polimeri macromoleculari | derivați din produse naturale | — pe bază de proteine<br>— pe bază de celuloză<br>— pe bază de cauciuc |
|--------------------------|-------------------------------|--|
|                          | de sinteză                    | — de polimerizare<br>— de policondensare                               |

#### 13.5.1. Materialele din polimeri derivate din produse naturale

**13.5.1.1. Materiale pe bază de proteine.** Primii polimeri produși și folosiți pe scară industrială au fost cei pe bază de proteine. În acest scop, s-a utilizat caseina rămasă de la separarea untului din lapte. Prin tratarea produselor rezultate în urma presării amestecului de caseină, pigmenți și materiale de umplutură cu aldehidă formică, rezultă un material dur, numit galalit. Din galalit, în trecut se fabricau materiale electrotehnice.

**13.5.1.2. Materiale pe bază de celuloză.** Principalele materiale pe bază de celuloză sînt: fibra vulcan, esterii celulozei și celulozidul.

— *Fibra vulcan* se obține din celuloză hidratată prin tratare cu o soluție concentrată de clorură de zinc. Inițial rezultă o masă plastică, care se amestecă cu pigmenți și materiale de umplutură și apoi se presează, obținându-se un material cu rezistențe mecanice mari ( $R_t = 3\ 000\ \text{daN/cm}^2$ ;  $R_c = 500 \dots 1\ 200\ \text{daN/cm}^2$ ) și calități dielectrice. Din fibra vulcan se fabrică plăci pentru tablourile de siguranță, garnituri, saboți de frînă, roți dințate, role pentru benzii transportoare etc.

— *Esterii celulozei* se obțin prin tratarea celulozei cu un amestec de acid sulfuric și azotic sau acetic. Cînd se folosește amestecul de acid sulfuric și azotic se obțin esterii nitrici (nitroceluloză), care sînt inflamabili, iar cînd se utilizează amestecul de acid sulfuric și acetic, se formează esterii acetici ai celulozei, cunoscuți sub numele de acetilceluloză, care nu

sînt inflamabili și ard greu. Esterii celulozei se utilizează în special dizolvați în solvenți volatili, la obținerea lacurilor și emaliurilor de calitate bună. Cînd se amestecă cu solvenți în cantitate mai redusă, rezultă o soluție viscoasă, denumită colodiu, care se trage în fire și filme ce se întăresc după evaporarea solvenților și rămîn flexibile. Colodiu se folosește la obținerea diverselor obiecte și la finisaje.

— *Celulozidul* se obține prin presarea la cald a nitratilor de celuloză cu  $10 \dots 11\%$  azot. Are următoarele caracteristici:  $\rho_a = 1\ 400 \dots 1\ 500\ \text{kg/m}^3$ ,  $R_c = 1\ 200\ \text{daN/cm}^2$ ,  $R_t = 160\ \text{daN/cm}^2$ , la  $160^\circ\text{C}$  se descompune și este inflamabil. Se utilizează la confecționarea plăcilor, minereilor etc.

**13.5.1.3. Materiale pe bază de cauciuc.** Cauciucul natural este un polimer al izoprenului, ce se găsește în latexul unor arbori, din care se obține prin concentrare și coagulare. Latexul este un sistem dispers, în care mediul de dispersie este apa, iar dispersoidul este format din particule sferice mici de cauciuc de circa  $0,5\ \mu$ . Conținutul latexului în cauciuc variază între  $35$  și  $40\%$ .

Cauciucul natural este un polimer cu structura filiformă neorientată, cu proprietăți elastice la temperatura obișnuită. Încălzit treptat, pierde elasticitatea și la  $90^\circ\text{C}$  devine plastic, lipicios, iar la circa  $180^\circ\text{C}$  se transformă în lichid. În schimb, răcit sub  $0^\circ\text{C}$ , devine rigid și fisurează. Este solubil în solvenți organici (eter, benzină, benzen și hidrocarburi clorurate). Pentru îmbunătățirea caracteristicilor, cauciucul se supune operației de vulcanizare cu sulf, prin care se formează legături (punți de sulf) între macromoleculele cauciucului. Astfel, prin vulcanizare cu un conținut moderat de sulf, elasticitatea cauciucului se menține într-un interval mai larg de temperatură. La un conținut mare de sulf ( $30 \dots 32\%$ ) cauciucul capătă o structură tridimensională, și se transformă într-un material rigid rezistent din punct de vedere mecanic, cunoscut sub numele de ebonită.

Prin ședere îndelungată la aer, cauciucul își pierde treptat elasticitatea și rezistența la întindere din cauza fenomenului de îmbătrînire prin oxidare.

Produsele de cauciuc se fabrică totdeauna cu adaos de materiale de umplutură și de vulcanizare. În afară de camere și anvelope pentru autovehicule, din cauciuc se mai fabrică: tuburi, benzi transportoare, covoare, curele de transmisie, materiale pentru izolații fonice, hidrofuge, electrice și soluții în solvenți volatili — utilizate ca lacuri. Latexul de cauciuc se adaugă la prepararea mortarelor și betoanelor de ciment, precum și a celor pe bază de lianți bituminoși în vederea îmbunătățirii caracteristicilor acestora.

#### 13.5.2. Materiale din polimeri de sinteză

În prezent, se produce o gamă bogată de materiale pe bază de polimeri sintetici, cu proprietăți deosebit de favorabile pentru numeroase utilizări în construcții și în alte domenii ale tehnicii. După modul de obținere polimerii sintetici se clasifică în polimeri de polimerizare și de policondensare. În tabelele 13.3 și 13.4 sînt redată principalele materiale din polimeri obținuți prin polimerizare, respectiv prin policondensare, cu proprietățile și domeniile lor de utilizare.



Materiale din polimeri obținuți prin polimerizare

| Nr. crt. | Denumirea polimerului  | Modul de obținere   | Forma de prezentare   | Forma de utilizare   |
|----------|--|---|---|--|
| 1        | Polietilena<br>[—CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —] <sub>n</sub>                        | Polimerizarea etenei la diferite presiuni în prezența catalizatorilor         | Masă sîdeoasă ce se trage în foi subțiri transparente. Este termoplastică, elastică (la -20°C devine rigidă și sanță), flexibilă, insolubilă, hidrofobă, rezistentă la substanțe chimice și bun dielectric. | Se folosește sub formă de foi subțiri (0,2...1,5 mm) pentru protecția schelelor pe timp de iarnă, a betonului contra uscării premature, la căplușirea cofrajelor, ca material hidroizolator și de protecție anti-corozivă. Sub formă de țevi se utilizează în instalații de apă și canalizări. |
| 2        | Polipropilena<br>[—CH <sub>2</sub> —CH—CH <sub>3</sub> —] <sub>n</sub>                   | Polimerizarea propilenei  | Se caracterizează prin rezistențe mecanice, stabilitate chimică și temperatură de înmuiere superioare polietilenei.   | Se utilizează în special pentru conducte de transport al fluidelor calde.  |
| 3        | Polizobutilena<br>[—CH <sub>2</sub> —CH—CH <sub>2</sub> —CH <sub>3</sub> —] <sub>n</sub> | Polimerizarea izobutilenei în prezența catalizatorilor la temperaturi scăzute | Are proprietăți elastice asemănătoare cauciucului. Prezintă rezistență mare la imbutinire și la agenții chimici. Este solubilă în solvenți petrolieri.  | În amestec cu negru de fum și bitum se folosește sub formă de foi ca material hidroizolator și de protecție contra agenților chimici agresivi.   |

|   |   |   |  |   |
|---|---|---|--|---|
| 4 | Polistirenul<br>[—CH—CH <sub>2</sub> —] <sub>n</sub><br>C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>           | Polimerizarea stirenului (fenilena)                         | Este un material incolor, transparent, cu aspect sticios. La temperatura obișnuită este dur, cu rezistență mare la întindere și încovoiere, dar slabă la șoc. Este hidrofob, bun dielectric, rezistent la diferiți agenți chimici, termoplastic (se înmoale la 80...85°C) și se poate expanda.   | Sub formă de plăci albe și colorate la pia-cerea pereților, cel transparent la ferestrele clădirilor, în amestec cu diferite pulberi minerale la accesorii pentru instalații și împănări. Polistirenul expandat (stiropor) se folosește ca material termoizolator avînd conductivitatea termică scăzută (λ=0,027...0,035 kcal/m°Cn). Se fabrică simplu (PEX) sau ignifugat (PEXI) și se livrează sub formă de plăci de diferite dimensiuni. |
| 5 | Polimerizată de vinil în prezența catalizatorilor<br>[—CH—CH <sub>2</sub> —] <sub>n</sub><br>Cl | Polimerizarea clorurii de vinil în prezența catalizatorilor | La temperatura obișnuită este un solid alb cu rezistențe mecanice și chimice mari. Fiind termoplastică, la 70...85°C se înmoale, iar sub 0°C devine casantă cu rezistență scăzută la încovoiere. Are oarecare absorbție de apă și se poate expanda. Se produce în două sorturi: PCV dur, neplastic și PCV plastifiat (flexibil (Rovulin)). | PCV neplastifiat sub formă de tuburi pentru instalații electrice, conducte de apă, canal etc., fîșbeauri, burilane, mîmă curentă la scări, rame pentru ferestre, canaturi pentru uși, etc.<br>PCV plastifiat sub formă de garnituri de etanșare, sub formă de plăci și covoare, pentru pardoseli rezistente la uzură, plăci ondulate pentru uși glisante, tapete lava-bile etc.<br>PCV expandat ca material termo- și fono-izolant.         |
| 6 | Politetrafluoretena<br>[—CF <sub>2</sub> —CF <sub>2</sub> —] <sub>n</sub>                       | Polimerizarea tetrafluoretenei în prezența catalizatorilor  | Este un produs stabil într-un interval mare de temperatură (-60...+300°C), rezistent la agenți corozivi și cu proprietăți dielectrice foarte bune.   | Se folosește ca material de protecție anti-corozivă, de etanșare și ca izolant electric.  |

Tablul 13.4

| Nr. crt. | Denumirea polimerului                          | Mod de obținere  | Tipuri mai răspândite  | Domenii de utilizare  |
|----------|--|--|--|---|
| 1        | Fenoplaste cu diferite grade de policondensare | Policondensarea fenolilor cu aldehide                                      | Fenoplastele alcătuite din macromolecule monodimensionale denumite noi: fenoplaste cu structură bidimensională (rezolii) sint lichide sau solide, termoreactive, la 140...160°C trec ireversibil în structuri tridimensionale (bachelite) sint solide, rigide, inso-lubile, cu rezistențe mecanice mari, la 300°C se descompun | Rășinile fenol-formaldehidice se folosesc la obținerea lacurilor utilizate în electrotehnica și la protecții anticorozive a metalelor; ca adezivi la fabricarea plăcilor (PAL), (PFL) și a placajelor bachelitizate rezistente la apă, din care se confecționează cofraje de inventar. Aceste rășini pot fi inspuimate dând material foarte ușoare folosite pentru termo și fonozolații |
| 2        | Aminoplaste                                    | Policondensarea aminelor (melamina, ureea etc.) cu aldehida formaldehidică | Rășinile melaminice obținute prin policondensarea melaminel cu aldehidă formaldehidică se caracterizează prin adezi-vitatea marită și dau pelicule rezistente  | Rășinile melaminice se folosesc ca adezivi în industria lemnului și la obținerea lacurilor rezistente (PFL, melaminat)  |
| 3        | Poliamide                                      | Prin policondensarea diaminelor cu acizii dicarboxilici                    | Sint alcătuite din macromolecule filiforme elastice și cu rezistență mare la întindere, care se prelucerează ușor sub formă de fibre   | Se folosesc în special sub formă de fibre și țesături cu diferite denumiri: Nylon (SUA), rayon (RSR), capron (URSS). De asemenea din poliamide se fabrică țevi, benzii transportoare, garnituri, fol pentru izolații etc  |

Polimeri obținuți prin policondensare

| Nr. crt. | Denumirea polimerului                 | Modul de obținere  | Forma de prezentare   | Domenii de utilizare   |
|----------|---------------------------------------|--|---|--|
| 7        | Poliacetatul de vinil (PAV)           | Polimerizarea acetatului de vinil  | Substanță solidă, sub formă de pulbere sau granule, transparentă. Este foarte stabilă la lumină, solubilă în mulți solvenți organici, dar insolubilă în apă și benzen.  | In construcții se utilizează sub formă de emulsie în apă neplastificată (Aracet E) sau plastificată (Aracet EP), la: zugrăviri interioare și exterioare, tapete semilavabile, adeziv în industria lemnului, fixarea parchetului pe stratul suport, prepararea vopselelor, ca adaos la mortar și betoane pentru mărirea rezistenței lor la tracțiune, la șoc, la agenți chimici și aderenței la suport. |
| 8        | Polimetacrilatul de metil (Plexiglas) | Polimerizarea metacrilatului de metil în prezența catalizatorilor  | Este incolor, transparent, inflamabil, rezistent la îndăltărire și cu rezistențe mecanice mari. Are punct de imuiere la circa 80°C.   | Se folosesc sub formă de fol, benzii, produse fasonale în lucrări decorative luminoase, ca ecrane acustice și sub formă de plăci și panouri (ondulate) armate la învelitori.   |
| 9        | Cauciucuri sintetice                  | Polimerizarea butadienei (cauciac Buna sau SKB); copolimerizarea butadienei cu stirenul (cauciac BUNA S sau SKS) | Toate aceste tipuri de cauciac sintetic se pot vulcaniza, rezultând produse cu caracteristici diferite. Față de cauciacurile naturale, sint mai greu solubile, mai puțin elastice, mai termostabile și mai rezistente la îndăltărire. Rezistă la uleiuri minerale, grăsimi vegetale și tracțiuni lichide de petrol. | Sub formă de fol la izolații hidrofuge, electrice, protecții anticorozive, covoare și plăci pentru pardoseli. Sub formă de latex (emulsie) la prepararea vopselelor și ca adaos la mortar și betoane în scopul mării impermeabilității și rezistenței chimice a acestora.  |

MATERIALE DE IZOLAȚIE, DE PROTECȚIE ȘI FINISAJE

14.1. MATERIALE DE IZOLAȚIE

14.1.1. Materiale de izolație termică

Transmiterea căldurii de la un corp la altul se face de la sine, când un corp mai cald cedează căldură unuiu mai rece, sau cu consum de lucru mecanic, când căldura se transmite de la un corp cu temperatură mai scăzută la altul cu temperatură mai ridicată. Transmiterea căldurii se face prin conducție, prin convecție și prin radiație.

Pentru ca un material să aibă proprietatea de izolare termică, valoarea conductivității termice trebuie să fie mai mică de 0,3 kcal/m.°C.h; această condiție este îndeplinită de materialele ușoare poroase avind  $\rho_a < 1000 \text{ kg/m}^3$ . În același timp, materialele de izolație termică trebuie să fie suficient de rezistente, stabile la variații de temperatură, incombustibile sau greu combustibile etc. Principalele materiale de izolație termică, în funcție de natura și structura lor, sînt date în tabelul 14.1, în care s-au trecut și limitele între care variază densitatea aparentă și coeficientul de conductibilitate termică. Modul de obținere și caracteristicile marii majorități a materialelor înserate în tabelul 14.1 au fost prezentate în celelalte capitole ale cursului; în continuare vor fi făcute unele precizări în legătură cu materialele mai puțin analizate.

**Materialele pe bază de diatomit** au următoarele compoziții: pulbere de diatomit, liant (var, ipsos, argilă, silicat de sodiu), apă și eventual materiale fibroase (rumeguș, fibre de azbest) în cazul maselor de diatomit; diatomit, rumeguș de lemn, puțină argilă și apă pentru cărămizile de diatomit; diatomit (70...85%), azbest (15...30%) cu sau fără adaos de var stîns (5%) în cazul azbozuritului.

**Vata de sticlă** se folosește sub formă de saltele cu dimensiuni de 500 x 100 cm sau 200 x 100 cm și grosimi variabile 25...100 mm. Funcțiile de natura suportului, saltelele sînt de următoarele tipuri: SCO — suport de carton ondulat, SCC — suport de carton celulozic, SI — suport de plasă de răbit, SPS 2 — saltele cusute pe ambele fețe pe plasă de răbit.

**Vata minerală** se obține din topituri de zgure acide de furnal sau roci silicioase prin suflare cu aburi sub presiune sau cu aer comprimat. Se folosește sub formă de vată, șnururi, saltele (pe carton ondulat, bitumat sau pe plasă de răbit), cochilii și plăci rigide.

**Struțitul** se folosește sub formă de plăci (20...50 mm grosime) din tulpini de stuf așezate paralel, presate și legate cu sîrmă; nu rezistă la umezeală și la atacul rozătoarelor.

**Bumtitzul** se fabrică sub formă de plăci sau cochilii prin presarea unui amestec din deșeuri de maculatură mărunțită și rumeguș de lemn, aglomerate cu săpun de colofoniu sau emulsii de bitum, păcură, parafină; se folosește numai în locuri uscate.

| Nr. crt. | Denumirea polimerului                | Mod de obținere  | Tipuri mai răspîndite, proprietăți   | Domenii de utilizare  |
|----------|--------------------------------------|--|--|---|
| 4        | Poliesteri                           | Policondensarea poliacrililor cu acizii poliacrilici                             | Pot avea structură mono, bi și tridimensională. Unii poliesteri au elasticitate, duritate și rezistență mecanică mari. O grupă importantă de poliesteri sînt alchidali (rășinile alchidice).   | Alchidali se folosesc la obținerea vopselelor, safe și protecții anticorozive. Poliesterii se utilizează și ca liant la prepararea mortarelor și betoanelor cu rezistențe mecanice foarte mari. Cel armat cu fibre de sticlă avînd rezistențe apropiate de cele ale oțelului, se folosesc pe scară largă sub formă de tuburi, panouri pentru învelitori, ziduri, uși, coltraje, case prefabricate mobile etc. |
| 5        | Rășinile epoxidice                   | Policondensarea oxizilor de etilenă (epoxizi) cu polifenoli, dialcooli sau amine | Au viscozitate mare și sînt termoreactive. Se caracterizează printr-o bună adhezivitate și rezistență chimică la majoritatea agenților chimici agresivi  | Se utilizează ca adezivi rezistenți pentru diferite materiale (beton, metal, sticlă, lemn etc.) — ca liant la prepararea mortarelor și betoanelor cu rezistențe mecanice foarte bune, utilizate la pardoseli industriale, reparare elementelor de beton, straturi de protecție etc.   |
| 6        | Poluretani                           | Policondensarea dintre diizocianati și alcooli                                   | Sînt sub forma de elastomeri sau spume (mohtopren) sau rigide cu pori închiși  | Spumele flexibile se folosesc la tapiterii, iar cele rigide la izolații termice și fonice. Prezintă avantajul că se utilizează în special la fabricarea lacurilor și emaliurilor cu aderență foarte bună la metale și alte materiale  |
| 7        | Siliconii (polimeri de natură mixtă) | Policondensarea acizilor silicici cu substanțe organice                          | În funcție de gradul de policondensare pot fi: lichide viscoase, solide cu elasticitate mare și materiale dure. Sînt produse hidrofobe, termostabile (-60...+350°C), rezistente la diferiți agenți chimici și cu proprietăți dielectrice deosebite | Siliconii lichizi se utilizează ca lubrifianți și la obținerea lacurilor foarte rezistente pentru garajuri de etansare ce lucrează într-un climat variabil (frig-căldură), conducte, cabluri etc. Siliconii cu structură tridimensională se întrebunțează ca materiale dielectrice și anticorozive  |

Tabelul 13.4 (continuare)

Tabelul 14.1

Clasificarea materialelor pentru izolații termice

| Natura materialului | Materiale de izolare termică pe bază de: | Caracteristici                           |                                 |                                |
|---------------------|--|--|---------------------------------|--------------------------------|
|                     |  | $\rho_n$ ( $\rho_g$ ), kg/m <sup>3</sup> | $\lambda$ , kcal/m °Ch (W/mK)   |                                |
| Inorganice          | Betoane foarte ușoare                    | 300...1 200                              | 0,08...0,3<br>(0,09...0,35)     |                                |
|                     | Ipsos celular și macroporos              | 500...800                                | 0,08...0,1<br>(0,09...0,116)    |                                |
|                     | Produce ceramice poroase                 | <1 000                                   | <0,2 (0,23)                     |                                |
|                     | Diatomit                                 |  |                                 |                                |
|                     | Mase turnate                             |  | 0,1...0,2<br>(0,116...0,23)     |                                |
|                     | Căramizi                                 | 230...850                                |                                 |                                |
|                     | Azbozurit                                |  |                                 |                                |
|                     | Azbest (șnur, pânză, carton)             | 500...700                                | 0,11 (0,13)                     |                                |
|                     | Sticlă                                   |  |                                 |                                |
|                     | Vată de sticlă                           | 70...80                                  | 0,035...0,04<br>(0,04...0,046)  |                                |
|                     | Sticlă spongioasă                        | 200...700                                | 0,10...0,25<br>(0,116...0,29)   |                                |
|                     | Vată minerală                            | 60...100                                 | 0,03...0,035<br>(0,035...0,04)  |                                |
|                     | Agregate ușoare naturale și artificiale  | 200...1 000                              | 0,08...0,25<br>(0,09...0,25)    |                                |
|                     | Foi metalice 0,1...0,2 mm (aluminiu)     |  |                                 |                                |
| Organice            |  | Izolează prin reflexie                   |                                 |                                |
|                     | Materiale celulozice                     |  |                                 |                                |
|                     |  | Plăci PFL și PAL                         | ≤ 400                           | <0,1 (0,116)                   |
|                     |  | Plăci de stufit                          | 140...300                       | 0,06...0,09<br>(0,07...0,105)  |
|                     |  | Rumeș și talaș                           | 100...200                       | 0,03...0,05<br>(0,035...0,058) |
|                     | Bumbilizul (plăci maculatură)            | 160...200                                | 0,04...0,055<br>(0,046...0,065) |                                |
|                     | Plută (expandată, bitumată)              | 100...180                                | 0,03...0,06<br>(0,035...0,07)   |                                |
|                     | Polimeri (polistiren, ampora, PCV)       | 10...60                                  | 0,03...0,045<br>(0,035...0,052) |                                |

Tabelul 14.1 (continuare)

| Natura materialului | Materiale de izolare termică pe bază de: | Caracteristici                           |                               |                               |
|---------------------|--|--|-------------------------------|-------------------------------|
|                     |  | $\rho_n$ ( $\rho_g$ ), kg/m <sup>3</sup> | $\lambda$ , kcal/m °Ch (W/mK) |                               |
| Mixte               | Agregate organice și lianți minerali     |  |                               |                               |
|                     |  | Plăci de stabilit                        | 500...600                     | 0,07...0,10<br>(0,08...0,116) |
|                     |  | Plăci de talaș cu ipsos                  | 1 000                         | 0,15...0,20<br>(0,17...0,23)  |
|                     |  | Betoane cu agregate vegetale             | 600...1 000                   | 0,08...0,20<br>(0,09...0,23)  |
|                     |  | Betoane cu agregate polimeri             | 300...900                     | 0,08...0,28<br>(0,09...0,32)  |
|                     | Agregate minerale și lianți organici     |  |                               |                               |
|                     | Plăci de pislă minerală                  | 250                                      | 0,04<br>(0,046)               |                               |
|                     | Plăci semirigide din vată minerală       | 220                                      | 0,046<br>(0,053)              |                               |
|                     | Plăci rigide din vată minerală           | 100                                      | 0,035<br>(0,04)               |                               |

Pluta este un material natural care conține un polimer macromolecular (suberina) în proporție de 58% ; se formează între scoarța și cilindrul lemnos al unor stejari din regiunea Mării Mediterane. Pluta se folosește sub formă de bucăți, fișii și granule ca atare, plută granulată, plăci de plută expandată și plăci de plută aglomerată cu bitum.

Plăcile de stabilit se obțin dintr-un amestec de talaș de rășinoase (tratat în prealabil cu o soluție de clorură de calciu) și lapte de ciment, prin presare în tipare. Plăcile au dimensiuni de 200×50 cm și grosimi de 2,5 cm (SC 25) sau de 5 cm (SC 50). Stabilitul nu rezistă la umiditate mare și la rozătoare.

Plăcile de talaș cu ipsos se fac din talaș aglomerat cu ipsos, putînd să fie aglomerate cu stuf sau trestie ; nu rezistă la umiditate ridicată.

Betoanele cu agregate vegetale folosesc ca liant cimentul, dar într-o cantitate cu mult mai mare decît la stabilit (300...500 kg/m<sup>3</sup>).

Pisla minerală se obține prin presare din vată minerală aglomerată cu bitum topit, care se introduce în curentul de abur folosit la fabricarea fibrelor de vată. Plăcile de pislă minerală se fabrică în dimensiunile de 150×100×3(6) cm și se folosesc la temperaturi de pînă la 200 °C.

Plăcile semirigide și rigide (Silon) din vată minerală se obțin prin presarea mai puternică a vatei minerale aglomerate cu bitum, respectiv cu polimeri. Plăcile semirigide se confecționează cu dimensiunile 25×50 cm, 50×70 cm și grosimi de 3 și 6 cm.

Utilizarea materialelor termoizolatoare, la diverse elemente de construcții, este dată în tabelul 14.2.

Utilizarea materialelor termoizolatoare

| Elemente de construcții |  | Materiale termoizolatoare folosite curent   |
|-------------------------|--|---|
| Verticale<br>(Pereți)   | Pereți exteriori monostrat porțanși                  | Betoane ușoare; produse ceramice poroase și cu goluri; fol metalice (element component)   |
|                         | Pereți exteriori monostrat neporțanși                | BCA; plăci de betoane vegetale; plăci de stufit; plăci de stabilit  |
|                         | Pereți exteriori multistrat                          | BCA; PFL și PAL; materiale din polimeri (polistiren, ampora, PVC - expandat, spume poliuretice etc.)  |
| Orientale               | Pereți interiori <sup>1</sup>                        | Plăci și panouri de ipsos; BCA; cărămizi ceramice poroase; plăci de vată minerală; plăci de plută; plăci de PFL și PAL; plăci de stufit; plăci de bumlitiz; plăci de stabilit; plăci din pislă minerală etc.  |
|                         | Planșee terasă și planșee la construcții industriale | Betoane ușoare; produse ceramice poroase; vată de sticlă; sticlă spongioasă; vată minerală; agregate ușoare naturale și artificiale; materiale din polimeri; plăci din betoane cu agregate vegetale; plăci de stabilit; plăci din pislă minerală; plăci din vată minerală; moloz și nisip (acoperișuri cu șarpantă) |
| Conducte                | Planșee intermediare la clădiri                      | Vată de sticlă; sticlă spongioasă; vată minerală; agregate ușoare; plăci PFL și PAL; plăci de bumlitiz; plăci de stabilit; plăci de pislă minerală; plăci de vată minerală; pudrete de cauciuc.   |
|                         | Cazane, cupitoare etc                                | Mase de diatomit; materiale pe bază de azbest; vată de sticlă; sticlă spongioasă; vată minerală; polimeri etc.  |
| Instalații frigorifice  | Cazane, cupitoare etc                                | Mase de diatomit; cărămizi de diatomit; plăci și cochilii de plută; polimeri; plăci de pislă minerală etc.  |
|                         | Instalații frigorifice                               | BCA; sticlă spongioasă; plăci și cochilii de plută; polimeri; plăci de pislă minerală etc.  |

<sup>1</sup> La pereții interiori și planșeele intermediare izolațiile termice se execută numai pentru anumite funcțiuni; unele materiale au și rol fonoizolator.

14.1.2. Materiale de izolație fonică

Materialele de izolație fonică (fonoizolatoare) au proprietatea de a împiedica transmiterea sunetelor sau a zgomotelor din impact, îndeplinind astfel, funcția de confort fonic (acustic). Aceste materiale sînt fonoreflexivante (cu densitate aparentă mare) și fonoabsorbante (materiale poroase cu densitate aparentă redusă) și trebuie să aibă elasticitate statică și dinamică. Materialele de izolare fonică se clasifică în: materiale poroase și structuri pe bază de materiale poroase; membrane vibrante; rezonatori; structuri mixte; corpuri fonoabsorbante.

Principalele materiale poroase și structurile pe bază de materiale poroase folosite în țara noastră sînt: plăci fonoabsorbante din vată minerală; plăci pe bază de plăci din vată minerală; plăci fonoabsorbante din pulberi monogranulare (plăci din mortar și plăci pe bază de nisip și rășini epoxidice). Membranele vibrante constau din plăci subțiri, alcătuite din materiale dense ca placaș, PCV dur, sticlă, PAL, plăci din deșeuri de hîrtie impregnată etc.

14.1.3. Izolații contra trepidațiilor și impactului

Trepidațiile sînt produse de diverse mașini și motoare în mișcare, iar impactul este dat de solicitările dinamice izolate (lovirea pardoselilor în mers, trîntirea de obiecte grele etc.). Asemenea solicitări dinamice nu este permis a fi transmise structurii de rezistență a construcțiilor deoarece le solicită în mod suplimentar; datorită rigidității structurii, aceste solicitări sînt transmise în întreaga construcție.

Izolarea contra trepidațiilor se face prin fixarea mașinilor și motoarelor de părțile rigide ale construcției prin intermediul unui material absorbant (plută, cauciuc, pislă, arcuri etc.).

Pentru izolarea contra impactului pardoseala nu se așază direct pe planșeu, ci prin intermediul unui strat absorbant format din diverse materiale (PFL, PAL, vată minerală, pislă minerală, plută etc.).

14.1.4. Materiale de izolație hidrofugă

Pentru asigurarea durabilității construcțiilor sînt necesare izolații hidrofuge care trebuie să fie impermeabile, rezistente la acțiunea agresivă a apei și stabile la variații de temperatură. Izolațiile hidrofuge se pot realiza prin: hidrofobizarea porilor deschiși și a canalelor capilare prin impregnare cu materiale hidrofobe; acoperirea cu pelicule de vopsele hidrofobe; izolarea cu materiale sub formă de foi flexibile și hidrofobe; crearea unui strat superficial de granule mici și hidrofobe.

funcție de materialul utilizat, izolațiile hidrofuge sub formă de foi  
bile sînt :

|                           |                        |  |
|---------------------------|------------------------|--|
| Materiale hidroizolatoare | Pe bază de bitum       | — Cartoane bitumate  |
|                           |                        | — Pânze bitumate   |
| Pe bază de polimeri       | Pe bază de poliuretani | — Impășituri din fibre de sticlă bitumate  |
|                           |                        | — Pachete din foi bitumate cu folie de aluminiu (0,08 ... 0,8 mm)                    |
| Pe bază de polimeri       | Pe bază de poliuretani | — Pînză din poliizobutenă, bitum și rășină fenolformaldehidică cu umpluturi fibroase |
|                           |                        | — Folii de polietilenă (pînă la 0,25 mm grosime)                                     |
|                           |                        | — Foi de policlorură de vinil (0,25 mm)  |
|                           |                        |  |

**Cartoanele bitumate** se fabrică din cartoane celulozice cu sau fără fibre textile, prin impregnarea lor cu bitum. În țara noastră se fabrică tipurile cartoane date în tabelul 14.3. Cartoanele bitumate perforate și blindate au perforații în carton cu diametrul de 18 mm la 70 ... 100 mm între ele, fiind presărate cu nisip sau cenușă de termocentrală, iar pe cealaltă față cu nisip cuarțos cu granulație mare.

**Pânzele bitumate** se obțin din țesături din fibre vegetale sau sintetice, care sînt impregnate cu bitum sau bitum filerizat; ele pot sau nu să fie acoperite cu bitum filerizat și presărate cu material mineral. Pânzele bitumate

Tabelul 14.3

| Tipuri de cartoane bitumate          |   |   |
|--------------------------------------|---|---|
| Denumirea produsului                 | Tipurile de cartoane cu simbolurile lor   | Caracteristici  |
| Carton bitumat impregnat             | CI 250 ; CI 300 ; CI 333 ; CI 400 ; CI 500  | Carton bitumat impregnat cu bitum fără strat de acoperire din mastic bituminos, simbolizat CI   |
| Carton bitumat impregnat și acoperit | CA 250 ; CA 270 ; CA 300 ; CA 333 ; CA 360 ; CA 360/F ; CA 400 ; CA 400/F ; CA 440 ; CA 500 ; CA 500/F ; CA 500/E | Carton bitumat impregnat cu bitum cu strat de acoperire din mastic bituminos, presărat pe ambele fețe cu nisip cuarțos fin sau filer de calcar, simbolizat CA |
| Carton bitumat perforat și blindat   | CBP 300 ; CBP 360   | Carton perforat, blindat, acoperit cu mastic bituminos și presărat pe o față cu nisip cuarțos fin iar pe cealaltă cu nisip grăunțos, simbolizat CBP           |

Simbolurile : C — carton ; A — strat de acoperire ; BP — perforat și blindat ; F — presărat cu filer de calcar ; E — export ; 250 ... 500 — masa cartonului suport, în g/m<sup>2</sup>.

tumate neacoperite se fabrică în două tipuri : 50 și 40, cifrele reprezentînd rezistența minimă la întindere, în daN. Pînza se face dintr-un țesut de fibre liberiene. Pânzele bitumate acoperite se fabrică în patru tipuri, în funcție de valoarea rezistenței minime la tracțiune : A 55 (suport țesut din fibre liberiene — in, cîncpă) ; A 45 (suport țesut din fibre liberiene sau mixte ca de exemplu fibre liberiene și bumbac) ; A 35 (suport țesut din fibre de bumbac) și A 30 (suport nețesut, cusut din fibre celulozice și PNA).

Pânzele se fabrică în benzi cu lățimea de 90 ... 115 cm și lungimi de 10 m (cele acoperite) și 20 m (cele neacoperite). Într-o izolație hidrofugă pînzele au rol de rezistență, fiind, în același timp, mai impermeabile decît cartoanele.

**Impășiturile din fibre de sticlă bitumate** se fabrică, la noi, în trei tipuri : IA — presărată pe ambele fețe cu nisip ; IB — presărată pe o față cu nisip, iar pe cealaltă cu material de granulație mare ; IPB — perforată și presărată pe o față cu nisip iar pe cealaltă cu material granular. Se livrează în suluri cu lățimi de 1 m și lungimi de 10 sau 20 m.

Asupra cartoanelor, pânzelor și împășiturilor bitumate se fac încercările din tabelul 14.4.

**Hidroizolarea prin straturi de materiale hidrofoabe** se poate realiza prin folosirea de bitum, masticuri bituminoase, subif sau prin folosirea de silliconi.

Tabelul 14.4

Determinări ale caracteristicilor tehnice ale cartoanelor, pânzelor și împășiturilor bitumate

| Nr. crt. | Determinarea   |  | Mărimea epruvei, mm | Modul de determinare   |
|----------|----------------|--|---------------------|--|
|          | Masa           | produsul   |                     |  |
| 1.       |                | produsul   | 500 × 500           | Cîntărire  |
|          |                | bitumului de impregnare și acoperire, suportului, material mineral       | 50 × 100            |  |
| 2.       |                | Forța de rupere, în daN la tracțiune, longitudinal și transversal pe sul | 50 × 250            | Încercare în mașina de tracțiune   |
| 3.       |                | Alungirea, %   | idem                | idem   |
| 4.       | Flexibilitatea | la 0° C  | 50 × 200            | Se menține 30 min în apă la 0° C apoi se în-<br>doate după o placă de lemn |
|          |                | la 20° C   |                     |  |



| Determinarea            | Mărimea epruvetei, mm | Modul de determinare   |
|-------------------------|-----------------------|--|
| 1. Stabilitatea la cald | 50 x 100              | Epruvetele se mențin 2 ore în poziție verticală în etuvă la 80 °C. Epruvetele nu trebuie să prezinte scurgeri sau deplasări de bitum |
| 2. Impermeabilitatea    | 150 x 150             | Epruvetele se supun 72 ore la o presiune de 100 mm coloană apă. Nu trebuie să apară infiltrații pe fața opusă                        |

14.2. MATERIALE DE PROTECȚIE ȘI DE FINISAJ

Materialele de protecție și finisaj după rolul pe care îl îndeplinesc se împart în : adezivi, chituri, grunduri, lacuri, emailuri și vopsele.

14.2.1. Adesivi

Adezivii se folosesc în stratul subțiri la lipirea între ele a diferitelor materiale (fabricarea placajului, panoului, plăcilor, PAL, PFL etc.), la fabricarea pe suport a unor materiale (plăci ceramice, de sticlă, tapete, parchet, materiale de izolație etc.), precum și la îmbinări de piese din lemn, metal, materiale din polimeri etc. Principalii adezivi utilizați în construcții sunt : pe bază de gelatină, caseină, polimeri și bitum.

**Adezivii pe bază de gelatină** se livrează sub formă de plăci, granule, praf, de culoare galben-închis la brun. Gelatina este o substanță proteică și se extrage din deșeurile de piele sau oase prin fierbere cu apă în autoclavă. La încălzire cu apă, acești adezivi formează coloizi de tip sol, care la răcire și uscare trec în geluri elastice ce aderă foarte bine la lemn. Transformarea sol-gel este reversibilă, gelul transformându-se din nou în sol prin adăugare de apă și încălzire moderată. Acest adeziv este sensibil la umiditate.

**Adezivii pe bază de caseină** se prepară din caseină (substanță proteică extrasă din lapte) prin dizolvare în apă cu adaos de hidroxid de sodiu sau apte de var. Întărirea fiind ireversibilă datorită reacției chimice dintre caseină și hidroxid, clețul se folosește la rece, după cel mult 7 ore de la preparare; altfel, devine inutilizabil. Acești adezivi sînt superiori celor de gelatină, prin faptul că dau lipituri mai rezistente și mai puțin sensibile la umiditate.

**Adezivii pe bază de polimeri** sînt rezistenți la umiditate și prezintă o capacitate de lipire superioară. Din acest motiv, sînt cei mai utilizați în construcții. Se folosesc sub formă de soluții de rășini naturale sau sintetice în solvenți volatili sau sub formă de emulsii apoase. Întărirea acestor adezivi se datorește evaporării solventului sau apei, cît și unor reacții chimice. Principalii polimeri utilizați la prepararea adezivilor sînt : poliace-

latul de vinil (aracet), cauciucul natural sau artificial (adeziv Prenadez), rășini urcoformaldehidice (clețul urelit), fenolformaldehidice, melamline, epoxidice, esterii celulozei (trinitrat sau triacetat de celuloză) etc.

**Adezivii pe bază de bitum** (bitumul topit) se folosesc atît la obținerea unor materiale termo și fonoizolante, cît și la fixarea lor pe stratul suport.

14.2.2. Chituri

Chiturile sînt amestecuri alcătuite dintr-un adeziv și materiale de umplutură fine (praf de cretă, ghips, nisip, făină de lemn etc.) care servesc la finisarea suprafețelor înainte de aplicarea unui material de vopsitorie, etanșarea rosturilor, protecții anticorozive etc. Chiturile mai des utilizate în construcții sînt :

— chitul pentru fimplărie, obținut din ulei de in și umplutură din făină de lemn, cretă sau ghips și folosit pentru finisarea fimplăriei ;

— chitul pentru geamuri preparat din ulei vegetal uscat și praf de cretă, cu sau fără adaos de miniu de plumb sau fier ; cel cu adaos de miniu se folosește la etanșarea geamurilor în rame metalice ;

— chiturile pe bază de silicați alcalini, din care fac parte : chiturile rezistente la ulei (silicat de sodiu și miniu de plumb), rezistente la alcool (silicat de sodiu și caseină) și cele rezistente la acizi (silicat de sodiu sau potasiu cu făină de nisip sau granit și accelerator de întărire). Chitul anti-acid se folosește la fixarea plăcilor, cărămizilor din gresie ceramică și la chitirea rosturilor dintre ele ;

— chiturile pe bază de bitum alcătuite din bitum și filler, cu sau fără adaos de fibre celulozice, se utilizează la umplerea rosturilor dintre elemente și la hidroizolații ;

— chiturile pe bază de polimeri, principalele chituri fabricate în țara noastră fiind pe bază de rășini sintetice. Chiturile pe bază de rășini fenolice (Siladez și Carbadez) caracterizate prin rezistențe mecanice, la uzură și chimice mari, se utilizează pînă la 150 °C, la fixarea și rostuirea plăcilor ceramice, folosite la pardoseli și protecții anticorozive din industria chimică. Chiturile pe bază de rășini furanice (Oramin M și R) se pot utiliza pînă la 80...90 °C, ca material de pozare și rostuire a plăcilor din gresie antiacidă, sticlă, porțelan etc., pe suport de beton, metal sau ca material de tencuire, sclivisiri, înzidiri. Chiturile pe bază de rășini epoxidice (Epodur și Rexidur) se utilizează pentru protecția suprafețelor de metal, beton, zidărie și la placări de materiale rezistente în medii corosive, acide, alcaline, neutre, neoxidante. Aceste chituri pot fi utilizate între —15 și +50 °C.

14.2.3. Grunduri

Grundurile sînt dispersii de pigmenți (intr-o cantitate mai mare ca la vopsele) și materiale de umplutură, în firnisuri (soluții de siccativ în uleiuri vegetale) sau lacuri, care după uscare dau pelicule dure și mate. Se utilizează cu prim strat care se aplică pe suprafața de vopsit, pentru a asigura legătura cu stratul de vopsea sau lac. Grundurile utilizate în

Tipuri de pigmenți

| Culoarea | Pigmentul utilizat  |
|----------|---|
| Albă     | Var, ghips, caolin (humă), cretă, alb de zinc (ZnO), alb de titan (TiO <sub>2</sub> ), alb de plumb sau ceruza, 2 Pb · CO <sub>3</sub> · Pb(OH) <sub>2</sub> etc.                     |
| Galbenă  | Ocru galben (argila feruginoasă), galben de crom (PbCrO <sub>4</sub> ), galben de zinc (ZnCrO <sub>4</sub> ), litargă (PbO) etc.  |
| Roșie    | Ocru roșu (argila feruginoasă cu conținut de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), miniu de plumb (Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub> ), miniu de fier (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) etc. |
| Albastră | Ultramarin (aluminosilicat cu conținut de sulf), albastru de fier (ferocianură ferică) etc.   |
| Neagră   | Negru de fum sau negru de metan (obținut prin arderea incompletă a metanului)   |

opace, cu aspect mat sau semilucios. După natura substanței peliculogene și modul de întărire, vopselele sînt de următoarele tipuri :

— vopsele de apă formate din suspensii de var, humă, ciment sau soluții coloidale de apă-clei. Vopselele pe bază de var se aplică în straturi subțiri pe suprafețe poroase, cele pe bază de ciment se folosesc la finisarea fațadelor. Întărirea acestor vopsele are la bază fenomenele fizico-chimice prezentate la lianții respectivi.

Vopselele de apă-clei se întăresc prin evaporarea apei și se folosesc numai la încăperi uscate. Cele pe bază de clei de caseină sînt mai rezistente, utilizîndu-se la vopsitorii exterioare ;

— vopselele pe bază de ulei sînt suspensii de pigmenți, în uleiuri siccative (uleiuri vegetale). Aceste vopsele se întăresc prin oxidarea și polimerizarea uleiului în prezența oxigenului și a razelor solare. Vopselele de ulei se aplică pe tencuială (în prealabil chituită și șpacuită cu ipsos), pe lemn (șpacuit cu chit de ulei) sau pe metal (acoperit cu miniu de plumb în ulei și apoi șpacuit) ;

— vopselele pe bază de polimeri sînt suspensii sau emulsii apoase de polimeri, conținînd pigmenți și materiale de umplutură. În țara noastră se fabrică următoarele tipuri de astfel de vopsele : vopsele pe bază de poli-acetat de vinil (Vinarom), care se aplică pe elemente nemetalice, dînd pelicule lavabile, rezistente la intemperii ; vopsele pe bază de alchid (Romalchid), avînd aceeași comportare ca și precedentele ; vopsele pe bază de pterclorură de vinil, utilizate pe metal, beton, lemn.

Pentru aprecierea calității, asupra lacurilor și vopselelor se fac o serie de încercări privind vîscozitatea, tendința de sedimentare, puterea de acoperire, aplicabilitatea de întindere, viteza de uscarea, flexibilitatea, duritatea și rezistența chimică a peliculei întărite.

construcții sînt : pe bază de ulei siccativ cu miniu de plumb, fier, negru de zinc sau oxid de zinc (utilizate la grunduirea suprafețelor de metal și de lemn) ; pe bază de nitrat de celuloză (pentru grunduirea metalului și lemnului în interior) ; grunduri de alchidali utilizate pe tencuieli gletuite, beton și metal.

#### 14.2.4. Lacuri

Lacurile sînt soluții de substanțe peliculogene în solvenți volatili cu sau fără adaos de ulei, care după întărire dau pelicule transparente (cu excepția lacului de bitum) și lucioase. Întărirea lacurilor în majoritatea cazurilor este un proces fizic, bazat pe evaporarea solventului ; la cele cu conținut de ulei se produc și reacții chimice de oxidare a uleiului. În funcție de natura substanței peliculogene se deosebesc următoarele tipuri principale de lacuri :

— lacurile pe bază de rășini se referă la soluția de colofoniu în alcool, și rășini fenolformaldehidice în alcool, de rășini epoxidice în diverși solvenți. Se aplică pe metal, lemn, beton etc. dînd pelicule rezistente la agenți chimici ;

— lacurile pe bază de derivați ai celulozei se obțin din esteri ai celulozei cu solvenți organici (alcool, acetonă etc.) și adaos de plastifianți. Au întărire rapidă și sînt rezistente la temperatură și intemperii ;

— lacurile pe bază de bitum sînt formate dintr-o soluție de bitum în enzen sau white-spirit, cu sau fără adaos de colofoniu, bioxid de mangan și var. După întărire dau o peliculă neagră, lucioasă și compactă. Se folosesc mai ales pentru protecția pieselor de oțel contra coroziunii.

#### 14.2.5. Emailuri

Emailurile sînt suspensii de pigmenți în diferite lacuri, cu sau fără adaos de materiale de umplutură, care după întărire dau pelicule colorate și opace, rezistente la acțiuni exterioare. Se întăresc după același mecanism ca și lacurile.

Pigmenții folosiți la fabricarea emailurilor, grundurilor, cît și a vopselelor, sînt pulberi minerale naturale sau artificiale, colorate (tabelul 14.5) și insolubile în apă, solvenți și substanțe peliculogene.

Pigmenții utilizați trebuie să îndeplinească următoarele condiții generale de calitate : să fie foarte fin măcinați, să fie inerti din punct de vedere chimic, să nu se decoloreze sub acțiunea razelor solare, să fie com-pacti pentru a nu absorbi din uleiul sau lacul cu care se amestecă.

#### 14.2.6. Vopsele

Vopselele sînt suspensii de pigmenți în substanțe peliculogene, cu sau fără adaos de materiale de umplutură. După uscarea dau pelicule colorate,

## BIBLIOGRAFIE

1. Avram C., *Curs de beton armat*, Partea I, Litografia Învățământului, Timișoara, 1957.
2. Avram C., și alții, *Determinarea rezistențelor mecanice ale betonului pe probe cilindrice*, Buletinul Științific și Tehnic al I.P.T., fasc. 1—2, Tom 5 (19), 1960.
3. Avram C., și alții, *Rezistențele și deformările betonului*, Editura tehnică, București, 1971.
4. Avram C., *Curs de beton armat*, Institutul Politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1971.
5. Appeltauer I., *Curs de rezistența materialelor*, Institutul politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1973.
6. Bărbulescu N., și alții, *Fizica*, Vol. I, Editura didactică și pedagogică, București, 1972.
7. Berg O., Ia., *Fiziceskie osnovy teorii betona i jelezobetona*, Gosstroizdat, Moscova, 1961.
8. Biczok I., *Coroziunea și protecția betonului* (traducere din limba engleză), Editura tehnică, București, 1966.
9. Bob C., *Hon Destructive Testing of Lightweight Aggregate Concrete*, Rapport nr. 70 7313/PS, Cement och Betonginstitutet, Stockholm, 1973.
10. Bob C., ș.a., *Materiale de construcții* — Îndrumător de laborator, Institutul politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1973.
11. Bob C., *Materiale de construcții*, Institutul politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1975.
12. Cărare T., *Oțeluri superioare pentru beton armat și beton precomprimat*, Editura didactică și pedagogică, București, 1969.
13. Cișman A., *Fizica generală*, Vol. I, Editura tehnică, București, 1962.
14. Drăgoi I., *Curs de tehnologia hânișilor și betoanelor*, Editura didactică și pedagogică, București, 1963.
15. Deutsch I., *Tehnologia construcțiilor*, Institutul politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1973.
16. Fillimon I., *Curs de beton armat*, Vol. I, Institutul politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1971.
17. Hardt D., *Materiale pentru construcții și finisaje*, Editura didactică și pedagogică, București, 1962 și 1976.
18. Ivanov I., *Materiale de construcții pentru instalații*, Editura didactică și pedagogică, București, 1975.
19. Jones R., și Făcăoaru I., *Încercarea nedistructivă a betonului*, Editura tehnică, București,
20. Lupel N., *Curs de geologie tehnică*, Institutul politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1967.
21. Lewicki H., și alții, *Betoane ușoare* (trad. din limba polonă), Editura tehnică București, 1970.
22. Mateescu D., *Construcții metalice*, Vol. I, Litografia Învățământului Timișoara, 1950.
23. Mateescu D., ș.a., *Construcții metalice*, Institutul politehnic Iași, 1971.
24. Mihail N., *Materiale de construcții vol. I și II*, Institutul de construcții București, 1973.
25. Mihail N., *Întărirea accelerată a betoanelor*, Editura Tehnică București, 1972.
26. Mihăilescu N., ș.a., *Piatra naturală în construcții*, Editura tehnică, București, 1957.
27. Mirșu O., Best C. H., *Some Observations on the Revibration of Concrete at Different Frequences*, Kansas State Univ. Bulletin, U.S.A. No. 45, vol. 48, 1964.
28. Nanu, A., *Tehnologia materialelor*, Editura didactică și pedagogică, București, 1972.
29. Mirșu O., *Factorii ce influențează proprietățile betoanelor ușoare*, Studii și cercetări științifice chimice, Baza Academiei R.S.R. — Timișoara, No. 2, 1963.
30. Năstase M. Gr., *Bazele defectoscopiei radiologice*, Editura Academiei R.S.R., București, 1970.
31. Nenițescu C. D., *Chimie generală*, Editura didactică și pedagogică, București, 1972.
32. Nicolescu L., *Tehnologia stabilizării pământurilor*, Editura Ceres, București, 1975.
33. Pauling L., *Chimie generală*, Editura științifică, București, 1972.
34. Păunel E., ș.a., *Curs de chimie și materiale de construcții*, Partea I, Chimie, I. P. Iași, 1973.
35. Petzold A., Röhrs M., *Betoane pentru temperaturi înalte* (trad. din limba germană), Editura Tehnică, București, 1971.
36. Popescu V., *Construcții metalice*, Editura tehnică, București, 1969.
37. Skramtaev B. G., ș.a., *Materiale de construcții* (trad. din limba rusă), Editura de Stat pentru Construcții și arhitectură, 1954.
38. Solacolu S., *Chimia fizică a silicașilor tehnici*, Editura tehnică, București.
39. Steopoe A., *Materiale de construcții*, Editura tehnică, București, 1964.
40. Steopoe A., *Îndrumător pentru laboratorul de betoane al șantierului*, Editura tehnică București, 1972.
41. Sufirim I., Mihail N., Moldovan V., *Curs de materiale de construcții*, Institutul de construcții, București, 1969.
42. Teoreanu I., *Tehnologia hânișilor și betoanelor*, Editura didactică și pedagogică, București, 1967.
43. Teoreanu I., ș.a., *Bazele fizico-chimice ale întăririi hânișilor anorganici*, Editura didactică și pedagogică, București, 1972.
44. Velica P., *Curs de materiale de construcții vol. I și II*, Institutul politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1972, 1974.
45. Vlerpescu D., și Platon M., *Tehnologia lucrărilor de beton precomprimat*, Editura tehnică, București, 1971.
46. Volina N., Mușololu D., *Chimie și materiale de construcții*, Editura didactică și pedagogică, București, 1969.

- Volna N., *Materiale de construcții*, Editura tehnică, București, 1974.
- Vorobiev V. A., *Stroitelnie materialy*, Moskva, 1971.
- Winter F., *Chimia fizică a silicaților tehnici*, Institutul politehnic „Traian Vuia” Timișoara, 1971.
- \*\*\* *Catalogul produselor, Ministerul Industriei Materialelor de construcții*, București, 1969.
- \*\*\* *Buletinul construcțiilor*, nr 2 și 7, 1972 și colecția, 1975, 1976, Redacția publicărilor pentru construcții.
- \*\*\* *Standardizarea română*, STAS-uri în vigoare.
- \*\*\* *RILEM — 2nd International Symposium*, New Developments in Non-Destructive Testing of non-Metallic Materials, Constanța, 1974.
- \*\*\* *Beton celular autoclavizat*, Centrula industrială de prefabricate din beton.
- \*\*\* *Materiale de construcții — Colecția STAS*, Volumul I, II, III 1974—1975.
- \*\*\* *Instrucțiuni tehnice pentru prepararea și folosirea betoanelor cu granule* — C 155-75, MEFMC, ICPMC — București, 1976.

## CUPRINS

|  |    |
|--|----|
| <i>Prefață</i> ... ..  | 3  |
| <b>Cap. 1. Introducere</b> ... ..  | 5  |
| <b>Cap. 2. Noțiuni de chimie generală</b> ... ..                                   | 6  |
| 2.1. <i>Legături chimice. Structura moleculelor</i> ... ..                         | 6  |
| 2.1.1. Tipuri de legături chimice ... ..   | 6  |
| 2.1.2. Structura moleculelor simple și complexe ... ..                             | 10 |
| 2.1.3. Structura compușilor organici ... ..  | 11 |
| 2.1.4. Structura silicaților ... ..  | 15 |
| 2.2. <i>Stările de agregare ale substanțelor</i> ... ..                            | 18 |
| 2.2.1. Starea gazoasă ... ..   | 18 |
| 2.2.2. Starea lichidă ... ..   | 19 |
| 2.2.3. Starea solidă ... ..  | 20 |
| 2.2.4. Transformările stărilor de agregare ... ..                                  | 26 |
| 2.3. <i>Fenomere de interfață</i> ... ..   | 28 |
| 2.3.1. Generalități ... ..   | 28 |
| 2.3.2. Adsorbția ... ..  | 29 |
| 2.3.3. Chemosorbția ... ..   | 29 |
| 2.3.4. Influența adsorbției asupra proprietăților solidelor ... ..                 | 30 |
| 2.3.5. Liofilia — liofobia ... ..  | 31 |
| 2.3.6. Aplicații ale fenomenelor de interfață ... ..                               | 32 |
| 2.4. <i>Sisteme de substanțe</i> ... ..  | 33 |
| 2.4.1. Definiții și clasificări ... ..   | 33 |
| 2.4.2. Soluțiile ... ..  | 34 |
| 2.4.3. Soluțiile de electroliți ... ..   | 38 |
| 2.4.4. Apele naturale ... ..   | 41 |
| 2.4.5. Sistemele coloidale (coloizii) ... ..                                       | 42 |
| <b>Cap. 3. Caracteristici generale ale materialelor și determinarea lor</b> ... .. | 47 |
| 3.1. <i>Caracteristici fizico-mecanice</i> ... ..                                  | 47 |
| 3.1.1. Mărimi fundamentale. Sisteme de unități ... ..                              | 47 |
| 3.1.2. Densitatea materialelor ... ..  | 49 |
| 3.1.3. Compactitatea, porozitate și volum de goluri ... ..                         | 51 |
| 3.1.4. Comportarea materialelor la acțiunea apei ... ..                            | 53 |

|  |     |
|--|-----|
| 3.1.5. Comportarea materialelor la acțiunea căldurii ... ..  | 56  |
| 3.1.6. Comportarea materialelor sub acțiunea încărcărilor  | 58  |
| 3.2. <i>Încercarea materialelor</i> ... ..   | 62  |
| 3.2.1. Încercări statice ... ..  | 63  |
| 3.2.2. Încercări dinamice ... ..   | 64  |
| 3.2.3. Încercări ciclice ... ..  | 66  |
| 3.2.4. Prelucrarea și interpretarea datelor ... ..   | 66  |
| 3.3. <i>Determinarea nedistructivă a caracteristicilor fizico-mecanice ale materialelor</i> ... .. | 69  |
| 3.3.1. Introducere și clasificare ... ..   | 69  |
| 3.3.2. Metode acustice ... ..  | 71  |
| 3.3.3. Metode mecanice ... ..  | 79  |
| 3.3.4. Metode atomice ... ..   | 80  |
| Cap. 4. <i>Piatra naturală în construcții</i> ... ..   | 84  |
| 4.1. <i>Mineralele</i> ... ..  | 84  |
| 4.2. <i>Rocile</i> ... ..  | 84  |
| 4.2.1. Rocile magmatice ... ..   | 84  |
| 4.2.2. Rocile sedimentare ... ..   | 86  |
| 4.2.3. Rocile metamorfice ... ..   | 89  |
| 4.3. <i>Extragerea pietrei naturale</i> ... ..   | 90  |
| 4.4. <i>Materiale de construcții din piatră naturală</i> ... ..                                    | 90  |
| 4.4.1. Produse de balastieră ... ..  | 91  |
| 4.4.2. Produse de carieră ... ..   | 91  |
| 4.5. <i>Încercări asupra pietrei naturale</i> ... ..   | 93  |
| 4.6. <i>Acțiuni agresive asupra pietrei naturale și mijloace de protecție</i> ... ..               | 94  |
| Cap. 5. <i>Lianți anorganici (minerali)</i> ... ..   | 95  |
| 5.1. <i>Noțiuni generale</i> ... ..  | 96  |
| 5.2. <i>Lianți nehidraulici</i> ... ..   | 97  |
| 5.2.1. Argilele ... ..   | 97  |
| 5.2.2. Lianți pe bază de ghips — ipsosuri ... ..   | 100 |
| 5.2.3. Varul gras ... ..   | 110 |
| 5.3. <i>Lianți hidraulici unitari</i> ... ..   | 117 |
| 5.3.1. Mecanismul formării lianților hidraulici silicoși ... ..                                    | 117 |
| 5.3.2. Varurile hidraulice ... ..  | 119 |
| 5.3.3. Cimentul portland ... ..  | 121 |
| 5.3.4. Cimentul aluminos ... ..  | 138 |
| 5.3.5. Lianți mișci ... ..   | 140 |
| 5.3.6. Folosirea cimenturilor în construcții ... ..  | 145 |
| Cap. 6. <i>Mortare cu lianți anorganici</i> ... ..   | 150 |
| 6.1. <i>Clasificări. Materiale componente</i> ... ..   | 150 |
| 6.1.1. Clasificarea mortarelor ... ..  | 151 |
| 6.1.2. Materiale componente ale mortarelor ... ..  | 151 |
| 6.2. <i>Prepararea și caracteristicile mortarelor</i> ... ..                                       | 154 |
| 6.2.1. Stabilirea compoziției mortarelor ... ..  | 154 |

|   |     |
|---|-----|
| 6.2.2. Prepararea mortarelor ... ..                                 | 155 |
| 6.2.3. Caracteristicile mortarelor proaspete ... ..                 | 157 |
| 6.2.4. Caracteristicile mortarelor întărite ... ..                  | 159 |
| 6.3. <i>Tipuri de mortare</i> ... ..                                | 159 |
| 6.3.1. Mortare de zidărie ... ..                                    | 159 |
| 6.3.2. Mortare pentru tencueli ... ..                               | 160 |
| 6.3.3. Defecte în tencueli ... ..                                   | 163 |
| Cap. 7. <i>Betoane cu lianți anorganici</i> ... ..                  | 163 |
| 7.1. <i>Definiția și clasificări</i> ... ..                         | 163 |
| 7.2. <i>Betonul greu obișnuit</i> ... ..                            | 169 |
| 7.2.1. Liantul ... ..   | 169 |
| 7.2.2. Apa de amestecare ... ..                                     | 166 |
| 7.2.3. Agregatele ... ..  | 167 |
| 7.2.4. Aditivi pentru betoane ... ..                                | 173 |
| 7.2.5. Structura betonului ... ..                                   | 175 |
| 7.3. <i>Noțiuni de tehnologia betonului</i> ... ..                  | 176 |
| 7.3.1. Stabilirea compoziției betonului ... ..                      | 176 |
| 7.3.2. Prepararea betonului ... ..                                  | 177 |
| 7.3.3. Transportul betonului ... ..                                 | 178 |
| 7.3.4. Punerea în operă a betonului ... ..                          | 179 |
| 7.3.5. Tratarea betonului după turnare ... ..                       | 181 |
| 7.4. <i>Caracteristicile betonului proaspăt</i> ... ..              | 182 |
| 7.4.1. Consistența ... ..   | 182 |
| 7.4.2. Gradul de compactare Walz ... ..                             | 185 |
| 7.4.3. Tendința de separare a apei ... ..                           | 186 |
| 7.4.4. Lucrabilitatea ... ..  | 186 |
| 7.4.5. Compoziția reală ... ..                                      | 187 |
| 7.5. <i>Caracteristicile betonului întărit</i> ... ..               | 188 |
| 7.5.1. Densitate, compactitate, porozitate ... ..                   | 188 |
| 7.5.2. Permeabilitatea ... ..                                       | 189 |
| 7.5.3. Gelivitatea ... ..   | 190 |
| 7.5.4. Acțiunea căldurii asupra betonului ... ..                    | 191 |
| 7.5.5. Rezistențele betonului ... ..                                | 191 |
| 7.5.6. Deformațiile betonului ... ..                                | 199 |
| 7.5.7. Comportarea betonului la acțiuni agresive ... ..             | 203 |
| 7.6. <i>Betoane speciale</i> ... ..                                 | 204 |
| 7.6.1. Betoane rezistente la temperaturi înalte (refractare) ... .. | 204 |
| 7.6.2. Betoane antiacide ... ..                                     | 205 |
| 7.6.3. Betoane de protecție împotriva radiațiilor ... ..            | 205 |
| 7.6.4. Betoane cu adaosuri de polimeri ... ..                       | 205 |
| 7.6.5. Alte betoane speciale ... ..                                 | 206 |
| 7.7. <i>Betoane ușoare</i> ... ..                                   | 208 |
| 7.7.1. Betoane ușoare compacte ... ..                               | 210 |
| 7.7.2. Betoane macroporoase ... ..                                  | 212 |
| 7.7.3. Betoane celulare ... ..                                      | 213 |

|  |     |
|--|-----|
| 7.8. <i>Produse tip beton</i> ... ..   | 216 |
| 7.8.1. <i>Produse din beton simplu</i> ... ..  | 216 |
| 7.8.2. <i>Cărămidile silico-calcare</i> ... ..   | 218 |
| 7.8.3. <i>Produse de azbociment</i> ... ..   | 220 |
| <b>Cap. 8. Materiale ceramice</b> ... ..   | 221 |
| 8.1. <i>Generalități</i> ... ..  | 221 |
| 8.2. <i>Tehnologia de fabricație a produselor ceramice</i> ... ..                      | 223 |
| 8.3. <i>Materiale ceramice folosite în construcții</i> ... ..                          | 225 |
| 8.3.1. <i>Cărămizi</i> ... ..  | 225 |
| 8.3.2. <i>Materiale ceramice pentru învelitori</i> ... ..                              | 230 |
| 8.3.3. <i>Alte produse ceramice brute</i> ... ..                                       | 234 |
| 8.3.4. <i>Produse din gresie ceramică</i> ... ..                                       | 237 |
| 8.3.5. <i>Produse ceramice fine</i> ... ..   | 241 |
| 8.3.6. <i>Produse refractare</i> ... ..  | 242 |
| <b>Cap. 9. Materiale din sticlă</b> ... ..   | 243 |
| 9.1. <i>Compoziție chimică, structura fizică și tipuri principale de sticlă</i> ... .. | 243 |
| 9.2. <i>Fabricarea produselor din sticlă</i> ... ..                                    | 244 |
| 9.3. <i>Proprietăți fizico-mecanice și chimice ale sticlei rigide</i> ... ..           | 245 |
| 9.4. <i>Materiale de construcții din sticlă</i> ... ..                                 | 245 |
| 9.4.1. <i>Produse din sticlă pentru ferestre și luminatoare</i> ... ..                 | 245 |
| 9.4.2. <i>Produse din sticlă pentru lucrări de protecție și finisaj</i> ... ..         | 248 |
| 9.4.3. <i>Produse din sticlă pentru planșee și pereți luminoși</i> ... ..              | 248 |
| 9.4.4. <i>Tuburi din sticlă</i> ... ..   | 251 |
| 9.4.5. <i>Materiale termoizolatoare din sticlă</i> ... ..                              | 251 |
| <b>Cap. 10. Metalele</b> ... ..  | 252 |
| 10.1. <i>Generalități</i> ... ..   | 252 |
| 10.2. <i>Caracteristici structurale ale metalelor</i> ... ..                           | 252 |
| 10.2.1. <i>Structura metalelor</i> ... ..  | 252 |
| 10.2.2. <i>Aliaje</i> ... ..   | 254 |
| 10.2.3. <i>Aliaje fier-carbon</i> ... ..   | 256 |
| 10.3. <i>Tehnologia fontelor și oțelurilor</i> ... ..                                  | 258 |
| 10.3.1. <i>Materii prime și fluxul tehnologic</i> ... ..                               | 258 |
| 10.3.2. <i>Elaborarea fontei</i> ... ..  | 259 |
| 10.3.3. <i>Elaborarea oțelurilor și a produselor din oțel</i> ... ..                   | 260 |
| 10.3.4. <i>Tratamente termice și termochimice</i> ... ..                               | 265 |
| 10.4. <i>Proprietăți mecanice ale metalelor</i> ... ..                                 | 267 |
| 10.4.1. <i>Clasificări</i> ... ..  | 267 |
| 10.4.2. <i>Încercări și metode de determinare</i> ... ..                               | 269 |
| 10.4.3. <i>Factorii care influențează proprietățile oțelului</i> ... ..                | 273 |
| 10.5. <i>Oțeluri folosite în construcții</i> ... ..                                    | 274 |
| 10.5.1. <i>Tipuri de oțeluri. Clasificări</i> ... ..                                   | 274 |
| 10.5.2. <i>Lamine de oțel</i> ... ..   | 276 |
| 10.5.3. <i>Oțeluri pentru betonul armat și precomprimat</i> ... ..                     | 278 |

|  |     |
|--|-----|
| 10.6. <i>Metale și aliaje neferoase</i> ... ..                                     | 280 |
| 10.6.1. <i>Aluminiul</i> ... ..  | 280 |
| 10.6.2. <i>Cuprul</i> ... ..   | 283 |
| 10.6.3. <i>Zincul</i> ... ..   | 283 |
| 10.6.4. <i>Plumbul</i> ... ..  | 284 |
| 10.7. <i>Coroziunea metalelor și mijloace de apărare</i> ... ..                    | 285 |
| <b>Cap. 11. Lemnul</b> ... ..  | 286 |
| 11.1. <i>Structura lemnului</i> ... ..   | 286 |
| 11.1.1. <i>Caracteristici generale</i> ... ..                                      | 286 |
| 11.1.2. <i>Microstructura lemnului</i> ... ..                                      | 287 |
| 11.1.3. <i>Structura macroscopică a lemnului</i> ... ..                            | 289 |
| 11.2. <i>Proprietăți fizico-mecanice ale lemnului</i> ... ..                       | 290 |
| 11.2.1. <i>Umiditatea lemnului</i> ... ..  | 290 |
| 11.2.2. <i>Densitatea lemnului</i> ... ..  | 291 |
| 11.2.3. <i>Rezistențele mecanice și determinarea lor</i> ... ..                    | 291 |
| 11.2.4. <i>Contragerea (constracția) și umflarea lemnului</i> ... ..               | 294 |
| 11.3. <i>Defectele lemnului</i> ... ..   | 295 |
| 11.4. <i>Materiale de construcții din lemn</i> ... ..                              | 300 |
| 11.4.1. <i>Materiale lemnoase brute</i> ... ..                                     | 300 |
| 11.4.2. <i>Produse semifabricate din lemn</i> ... ..                               | 301 |
| 11.4.3. <i>Produse finite din lemn</i> ... ..                                      | 304 |
| 11.4.4. <i>Materiale moderne din lemn</i> ... ..                                   | 305 |
| 11.5. <i>Mijloace de protecție pentru asigurarea durabilității lemnului</i> ... .. | 306 |
| 11.5.1. <i>Uscarea lemnului</i> ... ..   | 306 |
| 11.5.2. <i>Protecția lemnului contra agenților distructivi</i> ... ..              | 300 |
| <b>Cap. 12. Materiale bituminoase</b> ... ..                                       | 307 |
| 12.1. <i>Lianți bituminoși (bitumuri)</i> ... ..                                   | 307 |
| 12.1.1. <i>Definiție, clasificare</i> ... ..                                       | 307 |
| 12.1.2. <i>Compoziția chimică a bitumurilor</i> ... ..                             | 307 |
| 12.1.3. <i>Structura bitumurilor</i> ... ..  | 308 |
| 12.1.4. <i>Proprietățile bitumurilor</i> ... ..                                    | 309 |
| 12.1.5. <i>Încercări asupra bitumurilor</i> ... ..                                 | 310 |
| 12.2. <i>Tipuri de lianți bituminoși utilizați în construcții</i> ... ..           | 312 |
| 12.2.1. <i>Bitumuri naturale</i> ... ..  | 312 |
| 12.2.2. <i>Bitumul de petrol</i> ... ..  | 314 |
| 12.2.3. <i>Gudroanele și smoala</i> ... ..   | 315 |
| 12.2.4. <i>Lianți bituminoși folosiți la rece</i> ... ..                           | 316 |
| 12.3. <i>Masticuri, mortare și betoane cu lianți bituminoși</i> ... ..             | 318 |
| 12.3.1. <i>Masticuri bituminoase</i> ... ..  | 318 |
| 12.3.2. <i>Mortare și betoane asfaltice</i> ... ..                                 | 319 |
| <b>Cap. 13. Materiale din polimeri</b> ... ..                                      | 323 |
| 13.1. <i>Definiție, generalități</i> ... ..  | 323 |



|   |     |
|---|-----|
| 13.2. Proprietățile materialelor din polimeri organici          | 324 |
| 13.2.1. Proprietățile fizico-chimice                            | 324 |
| 13.2.2. Proprietățile mecanice                                  | 324 |
| 13.2.3. Influența adaosurilor asupra proprietăților polimerilor | 327 |
| 13.3. Incercări asupra materialelor din polimeri                | 328 |
| 13.4. Prelucrarea materialelor din polimeri                     | 329 |
| 13.5. Tipuri de polimeri  | 330 |
| 13.5.1. Materiale din polimeri derivate din produse naturale    | 330 |
| 13.5.2. Materiale din polimeri de sinteză                       | 331 |
| Cap. 14. Materiale de izolație, de protecție și finisaje        | 337 |
| 14.1. Materiale de izolație                                     | 337 |
| 14.1.1. Materiale de izolație termică                           | 337 |
| 14.1.2. Materiale de izolație fonică                            | 341 |
| 14.1.3. Izolații contra trepidatiilor și impactului             | 341 |
| 14.1.4. Materiale de izolație hidrofugă                         | 341 |
| 14.2. Materiale de protecție și de finisaj                      | 344 |
| 14.2.1. Adezivi   | 344 |
| 14.2.2. Chituri   | 345 |
| 14.2.3. Grunduri  | 345 |
| 14.2.4. Lacuri  | 346 |
| 14.2.5. Emailuri  | 346 |
| 14.2.6. Vopsele   | 346 |
| Bibliografie  | 348 |
| Cuprins   | 351 |

274721 Centru  
54428 JD

Tiraj: 7 050 + S.P. 80 exemplare broșate. Coli de tipar: 22,25. Hirtia: Scris I-A. Formată: 70x100-49,7. Bun de tipar: 17.05.1978.

Nr. plan 5620. Ediția 1978.

Intreprinderea Poligrafică „Banat”  
Timișoara, Calea Aradului nr. 1.  
Republica Socialistă România.

Comanda nr. 51.

