

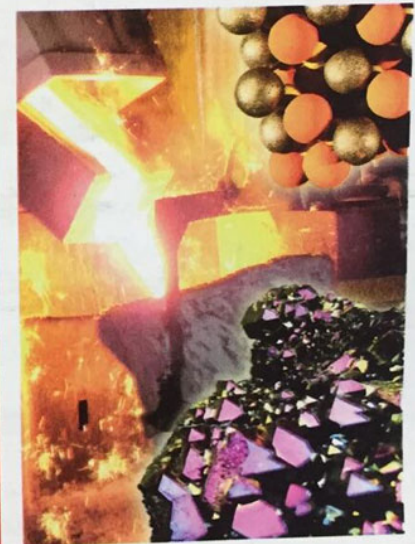
Ioana Arieș • Aurel Ciocîrlea-Vasilescu
Mariana Constantin • Ioana Ciocîrlea-Vasilescu

filiera tehnologică • profil **TEHNIC**
domeniul pregătirii de bază **MECANICĂ**

Studiul materialelor

Programa școlară aprobată de

Ministerul
Educației,
Cercetării,
Tineretului
și Sportului



Manual pentru clasa a IX-a


EDITURA CD PRESS
www.cdpress.ro

Editor: Costin DIACONESCU

Redactor: Gabriela NIȚĂ

Corector: Emanuel ALBOIU

Tehnoredactor: Banu GHEORGHE

Copertă: Valeriu STIHI

Referenți:

Șef lucrări dr. ing. Daniel Besnea

Ing. prof. grd. I Ion Neagu

© Copyright CD PRESS, 2010

Editat și distribuit de Editura CD PRESS

București, str. Logofătul Tăutu nr. 67, sector 3

Cod 031212

Tel.: 021.337.37.17, 021.337.37.27, 021.337.37.37

Fax: 021.337.37.57

e-mail: office@cdpress.ro

www.cdpress.ro

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
CIOCÎRLEA-VASILESCU, AUREL

Studiul materialelor : manual pentru clasa a IX-a /

Aurel Ciocîrlea-Vasilescu, Ioana Arieș, Mariana Constantin. - București :
CD PRESS, 2010

Bibliogr.

ISBN 978-606-528-058-8

I. Arieș, Ioana

II. Constantin, Mariana

62(075.35)

Manualul este realizat în conformitate cu programa analitică aprobată prin Ordinul Ministerului Educației, Cercetării și Inovării nr. 4857 din 31.08.2009 și contribuie la dobândirea unităților de competențe specifice domeniului de pregătire de bază Mecanică (Nivelul 1 de calificare profesională), aprobate prin HG nr. 866 din 13.08.2008 și HG nr. 1555 din 09.12.2009.

Editura CD PRESS este recunoscută de Consiliul Național al Cercetării Științifice din Învățământul Superior (CNCISIS)
www.cncsis.ro

STRUCTURA MATERIALELOR TEHNICE

1.1. Definierea și clasificarea materialelor

1.2. Structura cristalină

1.3. Structura amorfă

COMPETENȚE ȘI DEPRINDERI

Noțiunile prezentate în acest capitol contribuie la înțelegerea fenomenelor privind:

- definirea și clasificarea materialelor tehnice;
- cristalizarea sau solidificarea metalelor și a aliajelor;
- modificarea formei cristalelor prin deformare plastică;
- legătura între materialele tehnice și structura acestora.

1.1. DEFINIREA ȘI CLASIFICAREA MATERIALELOR

În calitate de consumatori, fiecare dintre noi a văzut și a folosit o gamă foarte variată de materiale existente în natură sau produse pe cale artificială, dar nu a încercat să le caracterizeze ca atare.

definiție

Materialele sunt substanțe simple sau compuse, cu forme diverse și concrete de existență a materiei.

Multitudinea și complexitatea materialelor existente în mediul înconjurător au impus necesitatea unei clasificări a acestora după mai multe criterii.

➤ După gradul de prelucrare la care sunt supuse în momentul utilizării:

- *materiale brute* – se folosesc sub forma în care se găsesc în natură (lemnul brut, cărbunele, țițeiul, minereurile brute, cauciucul natural etc.);
- *materiale prelucrate* – se obțin prin transformarea materiilor naturale brute, prin diferite procedee mai complexe, precum distilarea, calcinarea, gazeificarea (benzina, cărbunele de lemn, fonta, oțelul, masele plastice, sticla, cimentul etc.).

➤ După compoziția chimică de bază:

- *materiale organice* – au ca elemente chimice de bază carbonul și hidrogenul; pot fi naturale (piei, lână, uleiuri vegetale etc.) sau artificiale (cauciuc sintetic, mătase artificială, rășini sintetice etc.);
- *materiale anorganice* – provin din mediul mineral (var, ciment, metale, săruri, acizi, baze, sticlă etc.).

➤ După domeniul de utilizare:

- **materiale pentru construcții de mașini** (oțeluri, fonte, alame, aluminiu, bronzuri, mase plastice, materiale abrazive etc.);
- **materiale electrotehnice** (cupru, aluminiu, cositor, siliciu, mase plastice izolante etc.);
- **materiale pentru construcții** (var, ciment, cărămidă etc.);
- **materiale pentru domeniul textile-pielărie** (bumbac, mătase naturală, fire și fibre sintetice, piele naturală și sintetică etc.).

➤ După criteriul fizico-chimic:

- **materiale metalice** (metalele și aliajele lor);
- **materiale nemetalice** (materiale plastice, lubrifianți, materiale abrazive etc.).

1.2. STRUCTURA CRISTALINĂ

Materialele tehnice pot avea o structură cristalină sau amorfă. Structura cristalină se întâlnește cu preponderență la materialele metalice.

Structura metalelor este proprietatea acestora de a fi alcătuite dintr-o înlanțuire de cristale, a căror mărime, formă și componență diferă de la un metal la altul.

Fiecare metal este format din cristale foarte mici, care pot fi văzute în rupitura metalului și pot fi analizate la microscop. Totalitatea acestor cristale constituie **structura metalului**. Mărimea, forma, compoziția și orientarea cristalelor definesc structura metalului.

Studiul structurii materialelor metalice este deosebit de important, datorită faptului că aceasta determină în mod hotărâtor proprietățile și modul de comportare al materialelor în exploatare, respectiv în domeniile de utilizare ale acestora. În tehnologia metalurgică modernă, pe baza cunoașterii temeinice a structurii, se pot obține noi materiale metalice, cu caracteristici fizico-mecanice și chimice precise, impuse de utilizarea acestor materiale.

Privind cu ochiul liber sau cu o lupă în structura metalelor și a aliajelor – cum ar fi fonta, oțelul, zincul, alama, cositorul etc. –, se va observa că suprafața granulelor nu este netedă, ci grăunțoasă. Granulele fiecărui metal sau aliaj au diferite forme geometrice, care poartă denumirea de **cristale**.

Mărimea cristalelor diferă de la un metal la altul. Când metalul are o **structură fină**, cristalele sunt mici și uniforme, strâns legate între ele și fără impurități. Dacă metalul are o **structură grosolană**, cristalele sunt mari, neuniforme, cu goluri sau cu corpuri străine (impurități) între ele. Cu cât structura metalului este mai fină, cu atât rezistența mecanică este mai mare. O structură fină putem vedea la un oțel călit și bine prelucrat, iar o structură grosolană, la fontă.

Un metal are **structură filiformă**, când cristalele acestuia au forma unor fibre.

Metalele și aliajele cristalizează în câteva **tipuri de rețele cristaline** (Fig. 1.1.), dintre care cele mai cunoscute sunt rețeaua cubică și rețeaua hexagonală. Rețeaua cubică poate fi cu volum centrat sau cu fețe centrate. Modul de dispunere a atomilor în aceste rețele este următorul:

- **rețea cubică cu volum centrat** (Fig. 1.1. a), la care 8 atomi sunt așezați câte unul în fiecare vârf al cubului și un atom în centrul acestuia, la intersecția diagonalelor cubului;
- **rețea cubică cu fețe centrate** (Fig. 1.1. b), la care 8 atomi sunt așezați câte unul în fiecare vârf al cubului și alți 6 atomi, câte unul la intersecția diagonalelor fiecărei fețe;
- **rețea hexagonală** (Fig. 1.1. c), la care 12 atomi sunt așezați câte unul în fiecare vârf al prisme hexagonale, 2 atomi sunt așezați în centrul celor două baze și alți 3 atomi într-un plan situat la jumătatea înălțimii prisme.

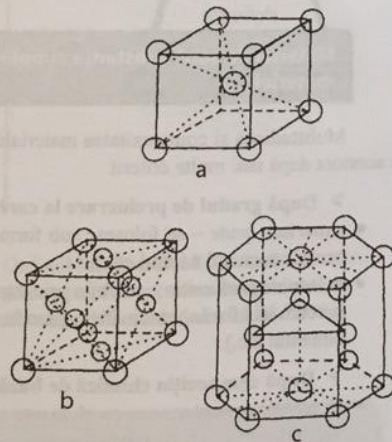


Fig. 1.1. Rețele cristaline caracteristice metalelor

definiție

Se numește **cristalizare** sau **solidificare** trecerea metalului sau a aliajului din stare lichidă în stare solidă, prin răcire.

Procesul de cristalizare propriu-zisă, care are loc la temperatură constantă, poate fi descris în felul următor: în momentul în care s-a atins temperatura de solidificare, în punctele mai reci ale masei de metal lichid apar primele cristale, numite **germeni de cristalizare** (Fig. 1.2. a); în continuare, acești germeni cresc și, în același timp, apar și alții noi, astfel încât, după un timp oarecare, o mare parte din masa de metal este solidificată (Fig. 1.2. b). Procesul se continuă în același mod, până când, după un timp corespunzător, cristalizarea se termină cu obținerea unui **agregat policristalin** (Fig. 1.2. c).

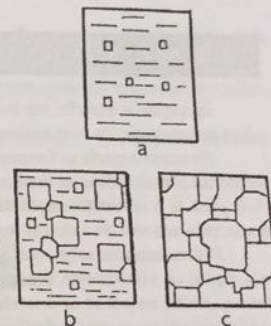


Fig. 1.2. Desfășurarea în timp a procesului de cristalizare a unui metal

Forma și mărimea cristalelor pot fi modificate printr-un proces de încălzire, urmat de răcire sau de deformare plastică. De exemplu, lingourile care prezintă o **structură dendritică** (formată din cristale ce au forma unor dendrite cu axe de ordinul I și II care se intersectează) (Fig. 1.3. a), prin încălzire timp îndelungat, la temperaturi înalte, apropiate de temperatura de topire a metalului, își transformă structura într-una **poliedrică**. În acest fel, se facilitează procesul de deformare plastică prin laminare la cald. De asemenea, prin încălzire, **grăunții poliedrici fini** (mici) încep să crească, dimensiunile lor devenind cu atât mai mari cu cât temperatura de încălzire este mai apropiată de punctul de topire și cu cât durata încălzirii este mai mare (Fig. 1.3. b).

Deformarea plastică se produce la temperaturi înalte (la prelucrări prin trefilare, laminare, ambutisare) și determină modificarea formei cristalelor poliedrice, producând alungirea cristalelor și orientarea acestora în direcția deformării principale, de exemplu, în direcția de tragere a sârmelor (Fig. 1.3. c).

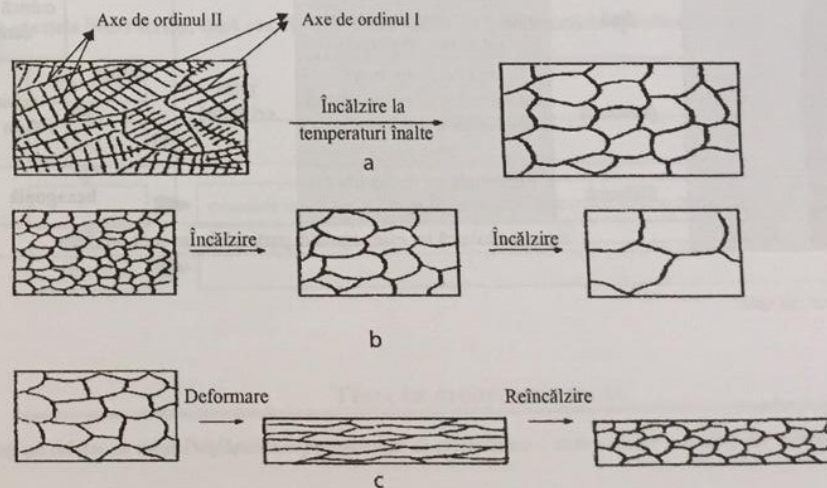


Fig. 1.3. Modificarea formei cristalelor prin încălzire și deformare plastică

Modificarea structurii prin deformare plastică este însoțită de schimbarea caracteristicilor fizice și mecanice ale metalului. Acesta devine dur, mai rezistent, mai puțin plastic, mai puțin conductiv și mai ușor atacabil cu substanțe chimice. Fenomenul poartă numele de **ecruisare** și se spune că **metalul este ecruiat**.

Metalele ecrusate sunt folosite în diferite domenii, sub formă de: benzi laminate la rece, sârme, bare și țevi trase la rece etc.

Prin încălzire, *metalul ecrusat devine* moale, plastic și conductiv. Acest fenomen poartă numele de *recristalizare* și este folosit în tehnică pentru a înmuia un metal care urmează să fie deformat sau pentru a reduce duritatea unui metal puternic ecrusat.

1.3. STRUCTURA AMORFĂ

În corpurile amorfe, rețeaua atomică nu este regulată, particulele nu sunt ordonate. Corpurile amorfe sunt izotrope, adică proprietățile lor sunt aceleași în toate direcțiile.

Structura amorfă se formează datorită faptului că, odată cu răcirea substanței, crește puternic viscozitatea acesteia, iar atomii și moleculele nu finalizează formarea cristalelor. În cazul solidificării substanței în forma cristalină, în lichidul răcit până la o anumită temperatură se formează așa-numiți cristalini care cresc pe măsură ce temperatura substanței scade, prin adaosul de atomi și molecule din faza lichidă. Ca rezultat, cristallul posedă o rețea bine determinată.

Pentru anumite substanțe, precum ceara și smoala, există numai starea amorfă de solidificare, fenomen explicabil prin faptul că viscozitatea acestora este destul de mare și crește puternic odată cu răcirea substanței. Alte substanțe, precum sticla, nu pot să se cristalizeze, deoarece la creșterea puternică a viscozității, odată cu micșorarea temperaturii, particulele necesare pentru formarea cristalelor sunt împiedicate în deplasarea lor și substanțele se solidifică înainte de a se forma cristalele. Pentru substanțele care se solidifică în forma cristalină, există o temperatură bine determinată și constantă în procesul de cristalizare și topire.

SCHEMĂ RECAPITULATIVĂ

STRUCTURA METALELOR	Cristalină	fină	cristalele sunt mici și uniforme, strâns legate între ele și fără impurități	rețea cristalină	cubică	cubică cu fețe centrate
		grosolană	cristalele sunt mari, neuniforme, cu goluri sau cu corpuri străine (impurități) între ele			cubică cu volum centrat
		filiformă	cristalele au forma unor fibre		hexagonală	
	Amorfă	rețeaua atomică nu este regulată, particulele nu sunt ordonate				

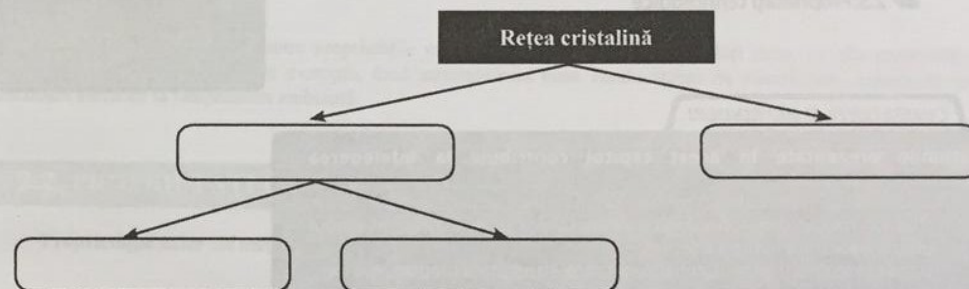
ACTIVITĂȚI DE SINTEZĂ ȘI EVALUARE

Fișă de lucru

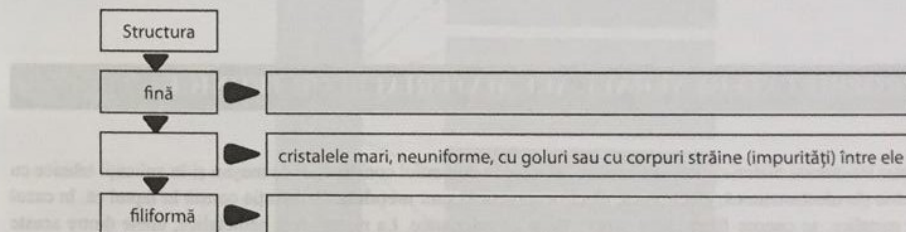
1 Completați spațiile libere cu termeni adecvați sensului științific:

- Se numește cristalizare sau trecerea metalului sau a din starea în stare solidă, prin.....
- Structura amorfă se datorită faptului că, odată cu răcirea, crește puternic viscozitatea acesteia, iar și moleculele nu finalizează cristalelor.
- Metalul are o structură, atunci când cristalele mari, cu goluri sau cu străine (impurități) între ele.

2 Scrieți, în căsuțele de mai jos, cele mai întâlnite tipuri de rețele cristaline la metale și aliaje.



3 În căsuțele libere scrieți, după caz, fie tipul de structură, fie caracteristicile specifice acestora.



Timp de lucru 15 minute.

TEMĂ DE STUDIU INDIVIDUAL

Elaborați un referat cu titlul *Desfășurarea procedurii de cristalizare a materialelor și a aliajelor metalice*.

PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR TEHNICE

- 2.1. Proprietăți generale ale materialelor tehnice
- 2.2. Proprietăți tehnice
- 2.3. Proprietăți chimice
- 2.4. Proprietăți mecanice
- 2.5. Proprietăți tehnologice

2

COMPETENȚE ȘI DEPRINDERI

Noțiunile prezentate în acest capitol contribuie la înțelegerea fenomenelor privind:

- identificarea materialelor tehnice în funcție de proprietățile fizice, chimice, mecanice și tehnologice ale metalelor și ale aliajelor, în scopul utilizării acestora în mod adecvat;
- stabilirea legăturii între materialele tehnice, structura și proprietățile lor.

2.1. PROPRIETĂȚI GENERALE ALE MATERIALELOR TEHNICE

Cele mai însemnate materiale tehnice care se folosesc în domeniul construcției de mașini și în aplicații tehnice cu caracter electric (în electrotehnică, electronică, electroenergetică) sunt **metalele**. Explicația constă în faptul că, în cazul materialelor metalice, se cunosc foarte bine proprietățile caracteristice. La materialele nemetalice, unele dintre aceste proprietăți nu se întâlnesc deloc sau prezintă valori mici, ca de exemplu conductibilitatea termică și electrică. Deși se folosesc pe scară mai redusă, materialele nemetalice prezintă importanță pentru domeniile în care utilizarea materialelor metalice nu este posibilă. Din această categorie fac parte materiale semiconductoare și materiale izolatoare din punct de vedere electric. De asemenea, în unele cazuri, materialele nemetalice au început să le înlocuiască pe cele metalice, fiind mai ușoare și mai ieftine.

Dintre cele 106 elemente chimice cunoscute, 82 sunt metale și 24 nemetale. Metalele sunt substanțe solide la temperatura obișnuită, excepție făcând mercurul, care este lichid. Metalele prezintă proprietăți diferite de cele ale nemetalelor. Toate proprietățile caracteristice metalelor sunt valabile pentru acestea în stare solidă și lichidă. În stare gazoasă, metalele nu se mai deosebesc de nemetale.

Metalele au însușiri specifice comune care le deosebesc de celelalte elemente chimice. Aceste sunt: luciul metalic, ductilitatea (capacitatea metalelor de a fi trase în fire), maleabilitatea (capacitatea metalelor de a fi trase în foi subțiri), conductibilitatea termică și conductibilitatea electrică.

Proprietățile materialelor tehnice

9

Cu excepția câtorva metale prețioase, dintre care aurul și platina, care se găsesc în scoarța pământului în stare nativă, restul metalelor se află sub formă de combinații chimice (oxizi, sulfuri, carbonați etc.), care se numesc *minereuri*.

După extragerea metalelor din minereuri, acestea se folosesc ca atare sau combinate sub formă de *aliaje*.

Substanțele care se obțin prin amestecarea a două sau a mai multe elemente chimice topite se numesc *aliaje metalice*. Aliajele au în componența lor un metal, numit component de bază, care se găsește în proporția cea mai mare; celelalte elemente din compoziția aliajului se numesc *componente de adaos* sau *de aliere* și pot fi metale sau nemetale.

Exemplu: aliajele cuprului (alame, bronzuri), aliajele fierului (fonte, oțeluri) etc.

Principalele proprietăți care caracterizează materialele tehnice sunt:

- fizice;
- chimice;
- mecanice;
- tehnologice.

Metalele se mai deosebesc între ele și prin alte proprietăți, cum sunt:

- temperatura la care se topesc;
- rezistența la rupere;
- duritatea;
- densitatea etc.

Nemetalele dețin unele dintre proprietățile metalelor, dar nu pe toate în același timp, iar alte proprietăți le deosebesc esențial de metale. De exemplu, dacă metalele sunt bune conductoare de electricitate, nemetalele sunt izolatoare electrice la temperatura ambiantă.

2.2. PROPRIETĂȚI FIZICE

Proprietățile fizice ale metalelor și ale aliajelor sunt cele cuprinse în figura 2.1.

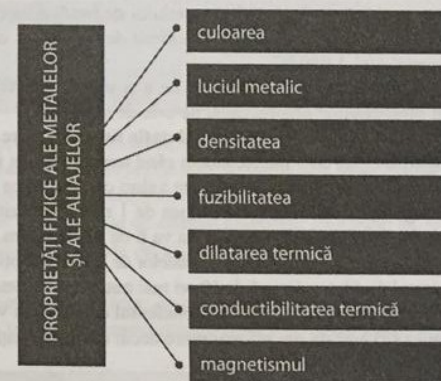


Fig. 2.1. Proprietăți fizice ale metalelor și ale aliajelor

- a **Culoarea** metalelor și a aliajelor este variată. Pe suprafața proaspăt tăiată, majoritatea prezintă culori puțin diferențiate, cu nuanțe de la cenușiu-închis la alb strălucitor. Fac excepție unele metale și aliaje care au culoarea gălbui sau roșcat (aurul, cuprul și aliajele lor). Metalele pot fi diferențiate și recunoscute după culoare. Astfel, *fierul* are culoarea cenușiu-deschis; *alama* este roșiatică; *plumbul* este cenușiu-închis; *zincul* este cenușiu-albăstrui etc.
- b **Luciul metalic** se observă, de asemenea, pe suprafețele proaspăt tăiate ale metalelor și ale aliajelor, ca urmare a opacității lor și a reflectării razelor luminoase. Luciul metalic se accentuează în urma lustruirii mecanice, dar dispare cu timpul, ca urmare a reacțiilor cu atmosfera înconjurătoare (fac excepție metalele nobile și unele aliaje inoxidabile și anticorozive).

c **Densitatea** unui material este masa unității sale de volum și se exprimă în g/cm^3 sau în kg/dm^3 . În figura 2.2. sunt reprezentate cuburi egale, confecționate din diverse metale, pentru care s-a determinat densitatea, prin cântărire. Densitatea metalelor este cuprinsă între $0,535 \text{ g/cm}^3$ pentru litiu și $22,655 \text{ g/cm}^3$ pentru iridiu.

După densitate metalele se pot clasifica astfel:

- **ultraușoare**, cu densitatea $d < 2.000 \text{ kg/dm}^3$ ($d_{\text{H}_2\text{O}} = 1.740 \text{ kg/dm}^3$);
- **ușoare**, cu densitatea $d = 2.000 \dots 4.000 \text{ kg/dm}^3$ ($d_{\text{Al}} = 2.700 \text{ kg/dm}^3$);
- **semiușoare**, cu densitatea $d = 4.000 \dots 6.000 \text{ kg/dm}^3$ ($d_{\text{Fe}} = 7.860 \text{ kg/dm}^3$);
- **grele**, cu densitatea $d = 6.000 \dots 10.000 \text{ kg/dm}^3$ ($d_{\text{Pb}} = 11.340 \text{ kg/dm}^3$);
- **foarte grele**, cu densitatea $d > 10.000 \text{ kg/dm}^3$ (cu $d_{\text{Au}} = 19.280 \text{ kg/dm}^3$);

d **Fuzibilitatea** este proprietatea metalelor de a se topi la o temperatură fixă, numită **temperatură de topire**.

În funcție de temperatura de topire, metalele se grupează în:

- **ușor fuzibile** (sodiul, care se topește la 98°C);
- **greu fuzibile** (cuprul, care se topește la 1.083°C);
- **foarte greu fuzibile** (niobiul, cu punctul de topire la 2.502°C);
- **refractare** (reniul, care se topește la 3.240°C).

Metalul cu fuzibilitatea cea mai scăzută este mercurul, în stare lichidă, la temperatura ambiantă ($T_{\text{top}} = -38^\circ\text{C}$), iar cel cu fuzibilitatea cea mai ridicată este wolframul, care se topește la 3.377°C .

La aliaje, punctul de topire este mai scăzut decât cel al metalului de bază. Aliajele se topesc într-un interval de temperatură definit de **punctul de început de topire** și **punctul de sfârșit de topire**. De exemplu, bronzurile care conțin 90% Cu și 10% Sn se topesc în intervalul $890\text{--}1.050^\circ\text{C}$.

e **Dilatarea termică** este proprietatea pe care o au metalele de a-și mări dimensiunile sub acțiunea căldurii. Un metal încălzit își modifică atât dimensiunile liniare, cât și pe cele de volum.

Mărirea dimensiunilor liniare depinde de **coeficientul de dilatație liniară** α , care indică cu cât crește în lungime o bară dintr-un anumit metal, cu lungimea egală cu 1 metru, atunci când temperatura ei se mărește cu 1°C .

Coeficientul de dilatație liniară α se exprimă în grd^{-1} și are valori caracteristice pentru fiecare metal.

De exemplu, o bară de oțel, lungă de 1.000 mm, cu secțiunea de 1 mm^2 , încălzită la temperatura de 100°C , se lungeste cu 1,2 mm; prin urmare, după încălzire, lungimea acesteia va fi de 1 001,2 mm.

Aliajele au coeficienții de dilatare liniară apropiați de cei ai metalelor de bază. Excepție face aliajul numit **invar**, format din 64% Fe și 36% Ni, care are coeficientul de dilatare liniară de 10 ori mai mic decât al metalelor ce intră în componența sa.

Mărirea dimensiunilor în volum este proporțională cu coeficientul dilatației în volum β .

Coeficientul de dilatație volumică (β) este de trei ori mai mare decât cel de dilatație liniară:

$$\beta = 3\alpha$$

f **Conductibilitatea termică** este proprietatea pe care o au metalele de a fi bune conducătoare de căldură.

Conductibilitatea termică a unui metal este caracterizată printr-o mărime numită **conductivitate termică**, ce reprezintă cantitatea de căldură care se scurge în timp de o secundă printr-o suprafață egală cu 1 cm^2 , atunci când temperatura variază cu 1°C pe o lungime de 1 cm, în direcția propagării căldurii.

Conductivitatea termică se măsoară printr-un **coeficient de conductivitate termică**, simbolizat cu litera λ (lamda). Unitatea de măsură pentru conductivitatea termică este: $\text{Cal/cm} \cdot \text{s} \cdot \text{grd}$ sau $\text{W/m} \cdot \text{grd}$.

Metalul cu cea mai mare conductivitate termică este **argintul**, urmat de **aur**, **cupru** și **aluminiiu**. Metalele sunt foarte bune conducătoare de căldură în comparație cu nemetalele.

În tabelul 2.1. sunt indicate valorile conductivității termice pentru câteva metale și nemetale.

Aliajele au conductivități termice mai scăzute decât metalele componente.

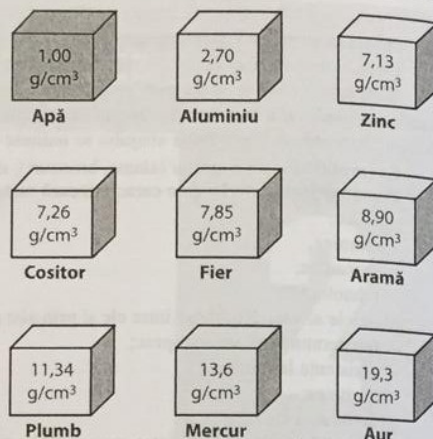


Fig. 2.2. Cuburi egale, reprezentând greutatea specifică a metalelor, comparativ cu densitatea apei

Proprietățile materialelor tehnice

Tabelul 2.1. Conductivitatea termică a unor metale și nemetale

Materialul	Lemn	Grafit	Bismut	Fier	Aur	Argint
Conductivitatea termică, λ , în $\text{Cal/cm} \cdot \text{s} \cdot \text{grd}$ ($\text{W/m} \cdot \text{grd}$)	0,0004 (0,168)	0,0117 (4,90)	0,020 (8,40)	0,140 (58,8)	0,70 (294)	0,99 (415)

g **Conductibilitatea electrică** este proprietatea metalelor de a conduce curentul electric și este caracterizată printr-o mărime fizică numită **conductivitate electrică**, ce măsoară capacitatea unui anumit metal de a permite trecerea curentului electric.

În practică, se folosește inversul conductivității, adică rezistența pe care metalele o opun la trecerea curentului electric. Această mărime este numită **rezistivitate electrică**, se notează cu ρ și reprezintă rezistența electrică a unui conductor cu lungimea de 1 cm și aria secțiunii de 1 cm^2 . Unitatea de măsură a rezistivității este $\Omega \cdot \text{cm}$.

Creșterea temperaturii unui metal duce la creșterea rezistivității electrice și, implicit, la micșorarea conductivității.

Metalul cel mai bun conductor de electricitate este **argintul**, urmat de **cupru**, **aur** și **aluminiiu**.

În tabelul 2.2. sunt indicate valorile conductivității electrice pentru câteva metale și nemetale.

Tabelul 2.2. Rezistivitatea electrică a unor metale și nemetale

Materialul	Cupru	Aluminiiu	Osmiu	Lemn	Mică	Parafină
Rezistivitatea electrică, ρ , în $\Omega \cdot \text{cm}$	$0,017 \cdot 10^{-4}$	$0,029 \cdot 10^{-4}$	$0,602 \cdot 10^{-4}$	10^{10}	10^{15}	$3 \cdot 10^3$

Aliajele au conductivități electrice mai scăzute decât metalele de bază care le compun.

Aliajele cu rezistivitate electrică mare se folosesc la confecționarea rezistențelor electrice, a reostatelor, a reșourilor electrice și a elementelor de încălzire electrică din componența cuploarelor industriale.

Rezistivitatea electrică a metalelor și a aliajelor crește cu creșterea temperaturii. Acestea le deosebește fundamental de nemetale, care, prin încălzire, devin din ce în ce mai bune conducătoare de electricitate.

h **Magnetismul** este proprietatea naturală sau artificială a unor metale de a atrage pilitura de fier.

Proprietățile magnetice ale unor materiale se pot determina prin introducerea lor într-un câmp magnetic, observând modul de comportare al acestora. În acest context, se diferențiază trei categorii de materiale:

- **diamagnetice**, care sunt slab respinse de câmpul magnetic. Exemplu: Bi, Cu, Mn, Cr etc.;
- **paramagnetice**, care sunt slab atrase de câmpul magnetic. Exemplu: metale alcaline, alcalinoferoase, cele din grupa platinei etc.;
- **feromagnetice**, care sunt puternic atrase de câmpul magnetic. Exemplu: Fe, Co, Ni, Cd etc.

Proprietatea de bază a metalelor feromagnetice constă în faptul că își păstrează magnetizarea, devenind astfel magneți permanenți.

Prin încălzire peste anumite temperaturi, metalele feromagnetice își pierd proprietățile feromagnetice, devenind paramagnetice.

Temperatura la care metalele își pierd proprietățile feromagnetice se numește **punct Curie**. Valoarea acestuia este specifică fiecărui tip de metal (nichelul – peste 360°C , cobaltul – peste 1.150°C , fierul – peste 768°C) etc.

Există un minereu din care se extrage fierul, numit **magnetită** (Fe_3O_4), care are proprietăți magnetice naturale.

Aliajele au comportări diferite în comparație cu componenții lor. Cele pe bază de metale feroase sunt tot feromagnetice, însă se pot obține aliaje feromagnetice și din componente paramagnetice (de exemplu, aliajele de mangan și crom).

2.3. PROPRIETĂȚI CHIMICE

Proprietățile chimice ale metalelor și aliajelor se manifestă în cadrul interacțiunii chimice dintre elemente.

Dintre materialele metalice cu valori mari ale rezistenței chimice, putem enumera: platina, aurul, argintul, aluminul, zincul, staniul, cromul, nichelul, oțelurile inoxidabile și anticorozive etc.; dintre cele nemetalice, intră în aceeași categorie: masele plastice, materialele ceramice, sticla, rășinile sintetice, policlorura de vinil, poliamidele etc.

PROPRIETĂȚILE
CHIMICE:

→ REZISTENȚA CHIMICĂ
→ REFRACTARITATEA

definiții

Rezistența chimică este proprietatea metalelor și aliajelor de a rezista la agenții chimici externi, sintetici (substanțe chimice: acizi, baze, săruri) sau naturali (coroziunea atmosferică).

Refractaritatea este proprietatea metalelor și aliajelor de a rezista la temperaturi înalte.

Indiferent de compoziție, materialele refractare se topesc (rezistă) la temperaturi mai mari de 1.450 °C.

După compoziția chimică, materialele refractare se pot încadra în mai multe categorii.

Unele materiale refractare sunt compuse dintr-un singur element chimic, cum sunt metalele wolfram, platină, crom, sau nemetale (carbonul sub formă de grafit etc.). Alte materiale au formă de aliaj ca, de exemplu, oțelurile refractare cu conținuturi ridicate de crom și wolfram.

Cele mai diversificate și utilizate materiale refractare sunt cele formate fie dintr-un oxid, fie din compuși oxidici sau din amestecurile de compuși oxidici (dioxidul de siliciu, trioxidul de aluminiu, multul, oxidul de magneziu, oxidul de calciu, oxidul de crom, dioxidul de zirconiu), aflate în stări cristaline stabilizate în structuri bine definite.

O categorie mai nouă este aceea a materialelor refractare pe bază de compuși anorganici, cum sunt nitrurile, carburile etc.

Ca prezentare, unele materiale refractare sunt fasonate sub formă de blocuri, cărămizi, tuburi, tije sau de diverse forme complexe, în timp ce altele se prezintă sub formă de materiale pulverulente sau/și granulare (refractare monolitice), care, amestecate cu apă sau cu alte lichide, se aplică în diverse straturi sau forme, unde se toarnă sau se ștampază (bătătoresc), după care se întăresc la temperatura normală sau în urma unui tratament termic.

Din categoria materialelor refractare sunt derivate următoarele tipuri:

- **materialele semirefractare**, care se utilizează la temperaturi de 800-1.000 °C;
- **materialele superrefractare**, care se utilizează la temperaturi mai mari de 1.600-1.700 °C, care au rezistențe mecanice deosebite, mai mari de 100 MPa (1 Pa = 1 N/m²), densități mai mari de 3 g/cm³ și temperaturi de topire mai mari de 1.900-2.000 °C.

2.4. PROPRIETĂȚI MECANICE

Principalele **proprietăți mecanice** ale metalelor și aliajelor sunt:

- rezistența la rupere;
- elasticitatea și plasticitatea;
- duritatea;
- rezistența la șoc sau reziliența;
- rezistența la oboseală.

a **Rezistența la rupere** este proprietatea pe care o au metalele de a se opune deformării sau ruperii sub acțiunea forțelor externe.

Materialele metalice au valori diferite pentru rezistența la deformare elastică, rezistența la deformare plastică și pentru rezistența la rupere. Valorile rezistenței depind de natura solicitărilor mecanice exterioare, care pot fi de întindere (de tracțiune), de compresiune, de încovoiere sau de răsucire etc., după cum forțele exterioare tind să întindă, să comprime, să încovoie sau să răsucească piesa metalică. Rezistența la rupere se exprimă în daN/mm².

Proprietățile materialelor tehnice

Unele metale se rup sub acțiunea unor forțe mai mari, iar altele sub acțiunea unor forțe mai mici.

Considerăm două sârme, una din **oțel** (Fig. 2.3. a) și una din **aluminu** (Fig. 2.3. b), cu lungimea de 1 m și secțiunea de 1 mm² fiecare. Atârnam de ele greutatea din ce în ce mai mari. Se observă că sârma de oțel se rupe la greutatea de 42 kg, iar sârma de aluminu se rupe la greutatea de 25 kg, ceea ce înseamnă că sârma de oțel are rezistența la rupere mai mare decât cea a aluminului, adică oțelul este mai rezistent la tracțiune (rupere) decât aluminul.

b **Elasticitatea** este proprietatea materialelor de a se deforma sub acțiunea unor forțe exterioare de valori relativ mici și de a reveni la forma inițială, de îndată ce forțele încetează.

Plasticitatea este proprietatea materialelor de a se deforma și de a rămâne deformată după încetarea forței.

Pentru a observa modul în care se deformează un material metalic sub acțiunea forțelor

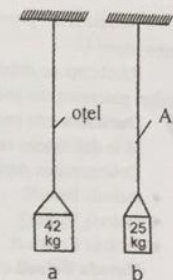


Fig. 2.3. Rezistența la rupere

exterioare, considerăm o bară metalică sprijinită pe două reazeme (Fig. 2.4.a). Asupra

a acesteia se acționează cu o forță exterioară F_1 .

În aceste condiții, se observă că bara nu se rupe imediat, ci își schimbă forma și dimensiunile liniare sub acțiunea forței respective, volumul rămânând constant. În acest caz, putem spune că **materialul s-a deformat** (bara s-a încovoiat).

În continuare, dacă este îndepărtată forța F_1 , se va observa că bara revine la forma inițială. În acest caz, spunem că bara a suferit o **deformație temporară**, numită și **deformație elastică** (Fig. 2.4. b).

Se aplică apoi asupra barei o forță F_2 , mai mare decât forța F_1 . După îndepărtarea acesteia, bara rămâne încovoiată (Fig. 2.4. c). Spunem că bara a suferit o **deformație permanentă** (deformație rămasă și după îndepărtarea forței), numită și **deformație plastică**. Mărind forța de apăsare până la valoarea F_3 (Fig. 2.4. d), bara se rupe.

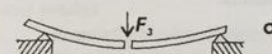


Fig. 2.4. Deformarea și ruperea unei bare metalice sub acțiunea unei forțe de încovoiere



Pentru confecționarea pieselor supuse la șocuri și vibrații se vor alege materiale care au ca proprietate de bază elasticitatea.

Pentru prelucrările prin deformare plastică (presare, laminare, trefilare) se vor alege materiale a căror proprietate de bază este plasticitatea.

c **Rezistența la șoc sau reziliența** este proprietatea pe care o au unele metale de a rezista la solicitări aplicate brusc (șocuri).

În funcție de valoarea rezistenței la șoc, metalele pot fi **fragile**, când se rup la șocuri mici, și **tenace**, când rezistă la șocuri puternice.

Metalele cu tenacitate mare sunt: fierul, cositorul, cuprul, aluminul, plumbul, argintul etc., respectiv toate metalele **maleabile**. Când sunt lovite cu ciocanul, aceste metale nu se sparg. Prin lovirea cu ciocanul, aliaje ca fonta și oțelul călit se sparg. Aceste aliaje sunt **fragile**.

Rezistența la șoc sau reziliența caracterizează capacitatea unui material de a absorbi o anumită cantitate de energie, atunci când este lovit brusc cu un corp solid, înainte de a se rupe.

Această proprietate se determină cu ajutorul unui aparat, numit **pendul de reziliență** sau **ciocan Charpy** (Fig. 2.5.), pe epruvete prismatice (1) cu lungimea de 55 mm și secțiunea pătrată, cu latura de 1 cm, prevăzute cu o creștătură cu fund rotunjit.

Reziliența se notează cu inițialele KCU și este egală cu energia consumată pentru ruperea unei epruvete (E_{rupere}) cu aria secțiunii transversale (S) de 1 cm². Se măsoară în [daJ/cm²].

$$KCU = \frac{E_{rupere}}{S} \text{ [daJ/cm}^2\text{]}$$

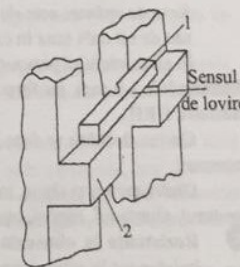


Fig. 2.5. Modul de așezare a epruvetei:
1. epruvetă; 2. suport

Notăția *KCU* provine din: reziliența (*K*), determinată la pendulul Charpy (*C*), pe o epruvetă a cărei creștătură are forma literei U.

Reziliența se determină la materialele din care se confecționează piese și scule supuse în timpul funcționării la lovituri puternice sau șocuri: roți dințate, poansoane, matrițe, dălți, ciocane etc.

d **Duritatea** este proprietatea corpurilor solide de a se opune pătrunderii în masa lor a unor corpuri străine care tind să le deformeze suprafața.

Determinarea durității materialelor se poate face prin mai multe metode:

- metoda Brinell;
- metoda Vickers;
- metoda Rockwel.

➤ **Metoda Brinell** constă în penetrarea suprafeței materialului a cărui duritate vrem să o determinăm cu o bilă din oțel (Fig. 2.6. a) cu diametrul *D* (cu valori de: 2,5 mm; 5 mm; 10 mm), printr-o apăsare cu o forță *F* cu valori cuprinse între 62,5 și 3.000 daN, aplicată timp de 15 secunde. După acest timp, se îndepărtează bila de pe suprafața materialului, se măsoară cu o riglă gradată diametrul *d* al amprente care are forma unei calote sferice. În figura 2.7. este prezentat schematic aparatul Brinell.

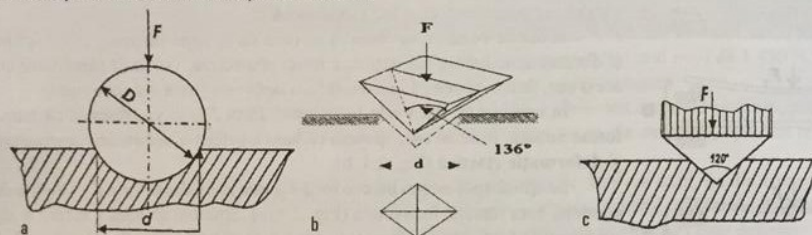


Fig. 2.6. Modalități de determinare a durității

Valoarea durității *HB* se află din tabele speciale. În lipsa tabelelor se poate folosi relația:

$$HB = \frac{F}{A}, \text{ unde:}$$

F – sarcina aplicată (în daN);

A – aria calotei sferice (în mm²).

➤ **Metoda Vickers** (Fig. 2.6. b) este metoda în care, pentru penetrarea probei, este utilizat un vârf de diamant de formă piramidală, cu unghiul la vârf de 136°. Sarcina aplicată este de 1 până la 30 daN. Cifra de duritate *HV* se ia din tabele speciale, în funcție de mărimea sarcinii aplicate și a diagonalei amprente pătratului lăsat de vârful de diamant (la aparat se citește mărimea diagonalei amprente).

➤ **Metoda Rockwell** este asemănătoare metodei Vickers, cu deosebirea că vârful din diamant are unghiul de 120° (Fig. 2.6. c). La această metodă, forța de apăsare este de 150 daN (caz în care se determină duritatea HRC) sau de 60 daN (caz în care se determină duritatea HRA).

În afara vârfului piramidal al diamantului se poate utiliza și o bilă de oțel, cu diametrul de 1,6 mm, iar forța aplicată este de 100 daN (caz în care se determină duritatea HRB).

Citirea durității se face direct pe cadranul frontal etalonat al aparatului de încercare.

Dintre metale și aliaje, în ordinea crescătoare a durității, menționăm: plumbul, cositorul, alumiul, cuprul, oțelul etc.

e **Rezistența la oboseală** este proprietatea unui material de a rezista timp îndelungat la acțiuni repetate ale unei forțe exterioare.

Această proprietate se determină cu ajutorul unei mașini speciale de încercare și constă în reproducerea ciclului

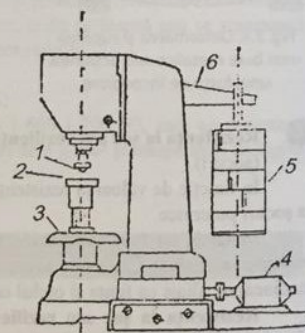


Fig. 2.7. Schema aparatului Brinell: 1. dispozitivul de prindere a bilei; 2. masa; 3. roata de ridicare sau de coborâre a masei; 4. electromotor; 5. greutatea cu care se apasă prin pârghii pe metalul încercat; 6. brațul de pârghie de care se prind greutatea

de solicitare și în repetarea lui de foarte multe ori (poate ajunge chiar la milioane de ori), sub acțiunea unor tensiuni variabile date. Numărul de cicluri la care este supusă epruveta de încercare și la care are loc ruperea este în raport invers proporțional cu tensiunile aplicate (cu cât tensiunile sunt mai mari, cu atât numărul de cicluri este mai mic).

După efectuarea încercării se constituie diagrama de încercare la oboseală, prin încovoiere repetată (ciclică), conform figurii 2.8., având pe abscisă numărul de cicluri până la rupere, iar pe ordonată tensiunea aplicată.

Se observă că rezistența la rupere a unui metal scade pe măsură ce solicitările dinamice ale piesei continuă. În cazul când nu dispunem de o mașină specială de încercare, **rezistența la oboseală** poate fi determinată cu o aproximație destul de acceptabilă, în condițiile în care este cunoscută rezistența la rupere sau duritatea, utilizând relația:

$$\sigma_1 \approx 0,45 \sigma_r \approx 0,15 HB, \text{ unde:}$$

σ_1 – rezistența la rupere la oboseală;

σ_r – rezistența la rupere a materialului respectiv (determinată sau luată din tabele);

HB = valoarea durității (unități Brinell), determinată experimental sau luată din tabele.

Toate caracteristicile mecanice ale metalelor se măsoară la temperatura de 20 °C, întrucât, la temperaturi negative, valorile scad.

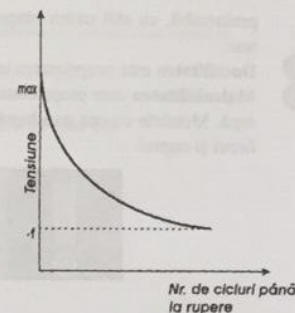


Fig. 2.8. Diagrama încercării la oboseală (Curba lui Wohler)

2.5. PROPRIETĂȚI TEHNOLOGICE

Proprietățile tehnologice exprimă capacitatea metalelor de a fi prelucrate printr-un procedeu tehnologic.

Procesul tehnologic de prelucrare a materialelor metalice are drept scop modificarea formei și a dimensiunilor unui produs.

Proprietățile tehnologice cele mai importante pentru prelucrarea materialelor metalice sunt:

- capacitatea de turnare;
- deformabilitatea la rece și la cald;
- sudabilitatea;
- prelucrabilitatea prin așchiere;
- ductilitatea;
- maleabilitatea.

a **Capacitatea de turnare** este proprietatea metalelor și a aliajelor de a se turna ușor și de a umple bine cavitatea formei în care se obține piesa turnată. Această proprietate este foarte mult influențată de fuzibilitatea și de fluiditatea metalelor și a aliajelor în stare topită care, la rândul ei, depinde direct proporțional de temperatură. Capacitatea de turnare este importantă din punct de vedere tehnic și economic, deoarece turnarea este procesul tehnologic cel mai simplu și cel mai economic de obținere a pieselor, oricât de complicată ar fi forma acestora.

b **Deformabilitatea la rece** este proprietatea metalelor de a se deforma plastic, la temperatură ambientă, prin îndoire, răsucire etc.

c **Deformabilitatea la cald** este proprietatea metalelor de a se deforma plastic la cald, printr-un procedeu de forjare, trefilare, laminare, extrudare etc. Această proprietate este, de asemenea, importantă, întrucât stă la baza fabricării produselor metalurgice forjate, laminate, trefilate, matrițate, ștanțate.

d **Sudabilitatea** este proprietatea unui metal sau a unui aliaj de a se îmbina cu el însuși sau cu alt metal sau aliaj de aceeași compoziție chimică sau de compoziție apropiată, prin sudare (executată prin topire sau prin presare). Proprietatea are o mare însemnătate tehnico-economică, întrucât sudarea este cel mai simplu și mai economic mijloc de îmbinare nedemontabilă a elementelor construcțiilor metalice, a diverselor agregate, mașini, precum și de recondiționare a pieselor uzate.

e **Prelucrabilitatea prin așchiere** este proprietatea metalelor și a aliajelor de a putea fi prelucrate ușor pe mașini-unelte. Această proprietate are o importanță deosebită, deoarece cu cât un metal sau un aliaj este mai ușor

prelucrabil, cu atât uzura mașinilor-unelte este mai redusă și consumul de ore-om sau de ore-mașină este mai mic.

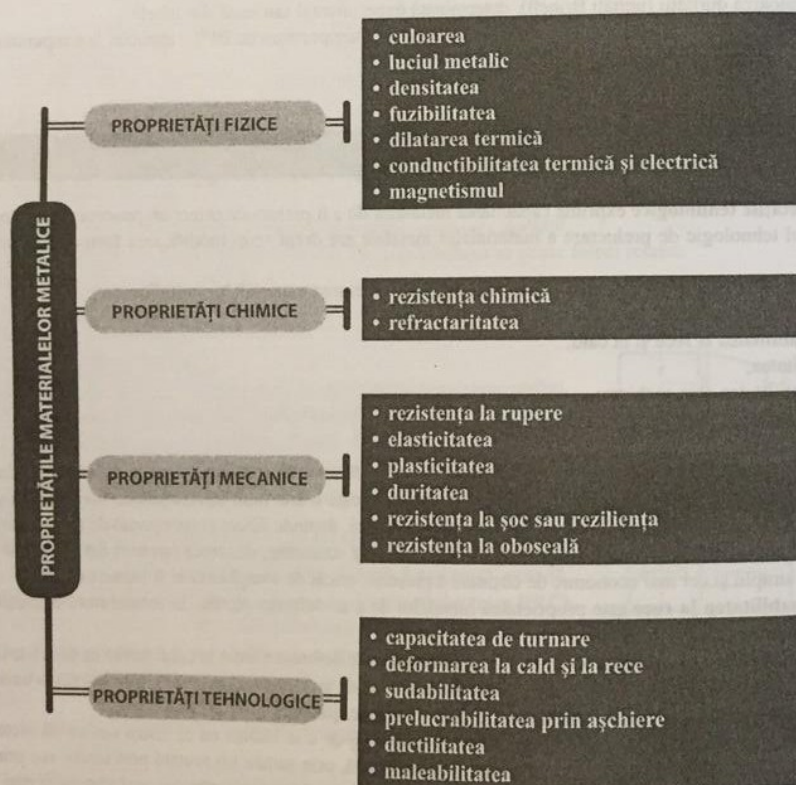
f **Ductilitatea** este proprietatea unui material metalic de a fi tras în fire subțiri fără să se rupă.

g **Maleabilitatea** este proprietatea materialelor metalice de a fi transformate în foile subțiri prin lovire fără să se rupă. Metalele cu cea mai bună maleabilitate sunt aurul, argintul, cuprul, plumbul și staniul. Foarte ductile sunt fierul și cuprul.



Deformabilitatea la rece și la cald, ductilitatea și maleabilitatea sunt consecințe directe ale plasticității materialelor metalice.

SCHEMĂ RECAPITULATIVĂ



ACTIVITĂȚI DE SINTEZĂ ȘI EVALUARE

Test de evaluare

I. Încercuțiți litera corespunzătoare variantei de răspuns corect în exercițiile de mai jos.

- 1 Proprietățile chimice ale metalelor și ale aliajelor sunt:
 - a) elasticitatea;
 - b) rezistența chimică;
 - c) refractaritatea;
 - d) dilatarea termică. (0,5p)
- 2 Proprietățile fizice ale metalelor și ale aliajelor sunt:
 - a) capacitatea de turnare;
 - b) luciul metalic;
 - c) sudabilitatea;
 - d) dilatarea termică;
 - e) fuzibilitatea. (0,5p)
- 3 Proprietățile mecanice ale materialelor și ale aliajelor sunt:
 - a) culoarea;
 - b) rezistența la rupere;
 - c) densitatea;
 - d) elasticitatea;
 - e) reziliența. (0,5p)
- 4 Proprietățile tehnologice ale metalelor și ale aliajelor sunt:
 - a) duritatea;
 - b) deformabilitatea la cald sau la rece;
 - c) sudabilitatea;
 - d) ductilitatea;
 - e) fuzibilitatea. (0,5p)

II. Realizați asocierea corectă dintre elementele celor două coloane (A și B).

- 1 În coloana A sunt scrise tipuri de cristale de diferite forme și mărimi, iar în coloana B, structura cristalină corespunzătoare. (1,5p)

A (tipuri de cristale)	B (structura cristalină)
cristale alungite de forma unor fibre	structură fină
cristale mici și uniforme	structură amorfă
cristale mari, neuniforme	structură filiformă
	structură grosolană

- 2 În coloana A sunt scrise proprietățile magnetice ale materialelor, iar în coloana B, modul de comportare a acestora în câmpul magnetic. (1,5p)

A (proprietățile magnetice ale materialelor)	B (modul de comportare în câmpul magnetic)
paramagnetice	puternic atras de câmpul magnetic
diamagnetice	slab atras de câmpul magnetic
feromagnetice	slab respins de câmpul magnetic

diamant, iar atunci când are rețea hexagonală se găsește în natură sub formă de **grafit**. Aceste două forme de carbon (diamantul și grafitul) se comportă în mod diferit față de fier, în funcție de temperatură, iar în fierul lichid se dizolvă ușor, formând soluții lichide.

În aliajele fier-carbon solidificate, **carbonul** se găsește astfel:

- dizolvat în fier, formând **soluții solide**;
- legat de fier într-un compus definit numit **cementită** (Fe_3C);
- ca atare, sub formă de **grafit**.

Materialele metalice feroase se împart în două mari grupe:

- **oțeluri** (max. 2,14% C);
- **fonte** (2,14...6,67% C).

3.1.1. Elaborarea aliajelor feroase

Aliajele feroase se obțin din minereuri de fier care conțin fierul sub formă de oxizi sau de carbonați, cum ar fi:

- hematitul și limonitul (Fe_2O_3);
- magnetitul (Fe_3O_4);
- sideritul (FeCO_3).

Conținutul de fier în aceste minereuri este de 30-60%, iar restul, până la 100%, este reprezentat de steril. Acesta poate fi silicios (SiO_2) sau silico-aluminos ($\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$).

Procesul de bază în obținerea aliajelor constă în reducerea oxizilor de fier din minereu, cu ajutorul cocsului și al oxidului de carbon, la temperaturi foarte ridicate, într-un cuptor înalt de tip special, numit **furnal**.

În furnal se introduc:

- **minereul** ce conține fierul;
- **cocsul**, care îndeplinește mai multe funcții: este combustibilul necesar obținerii temperaturilor înalte; contribuie la formarea oxidului de carbon care este agentul reducător de bază al oxizilor de fier; reduce direct o parte din oxizi și carburează fierul topit, transformându-l în fontă topită;
- **fondații** – materiale auxiliare necesare pentru a ușura topirea sterilului și a-l îndepărta sub formă de zgură. Pentru îndepărtarea sterilului silicios se folosește calcarul, iar pentru cel silico-aluminos, calcarul și dolomita.
- **aerul încălzit** în instalații speciale, numite caupere, necesar pentru arderea cocsului.

În urma reacțiilor care au loc între materialele introduse în furnal, rezultă următoarele produse:

- **fonta topită** (numită și **fontă brută** sau **fontă de primă fuziune**, care este produsul principal al furnalului);
- **zgura topită**;
- **gazele de furnal**, care se folosesc parțial pentru preîncălzirea aerului în caupere, iar restul, în alte scopuri, în cadrul combinatului siderurgic, cum ar fi încălzirea proprie a combinatului.

Fonta brută lichidă astfel obținută este utilizată în continuare la elaborarea oțelului în cuptoare Siemens-Martin sau în convertizoare. Din agregatele de elaborare, oțelul se toarnă în forme metalice speciale numite **lingotiere** (Fig. 3.2), în care, după solidificare, se obțin **lingourile**. O parte din fonta brută se toarnă în **calupuri mici**, care sunt utilizate în construcția de mașini (sau chiar în cadrul combinatului siderurgic), pentru a fi utilizate prin retopire la elaborarea fontei cenușii și a oțelurilor destinate turnării în piese.

În figura 3.3. este reprezentată schema obținerii diferitelor produse din oțel și din fontă, precum și a utilizărilor lor în cadrul unui combinat siderurgic și al unei întreprinderi constructoare de mașini.

Lingourile din oțel sunt transportate în secțiile de laminare, unde se preîncălzesc și sunt transformate în produse laminate.

Atât fontele, cât și oțelurile se prezintă sub forma unor produse semifabricate care sunt utilizate pentru obținerea pieselor și a organelor de mașini, prin diferite procedee de prelucrări mecanice.

Semifabricatele utilizate în construcția de mașini se obțin prin următoarele metode: **turnare**, **laminare** și **forjare** (forjare liberă sau forjare în matrițe).

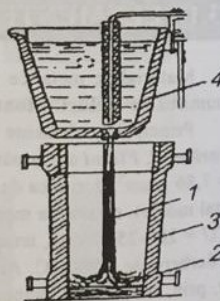


Fig. 3.2. Turnarea oțelului în lingotiere. 1. vână de metal; 2. strop de metal; 3. lingotieră (secțiune); 4. oală de turnare

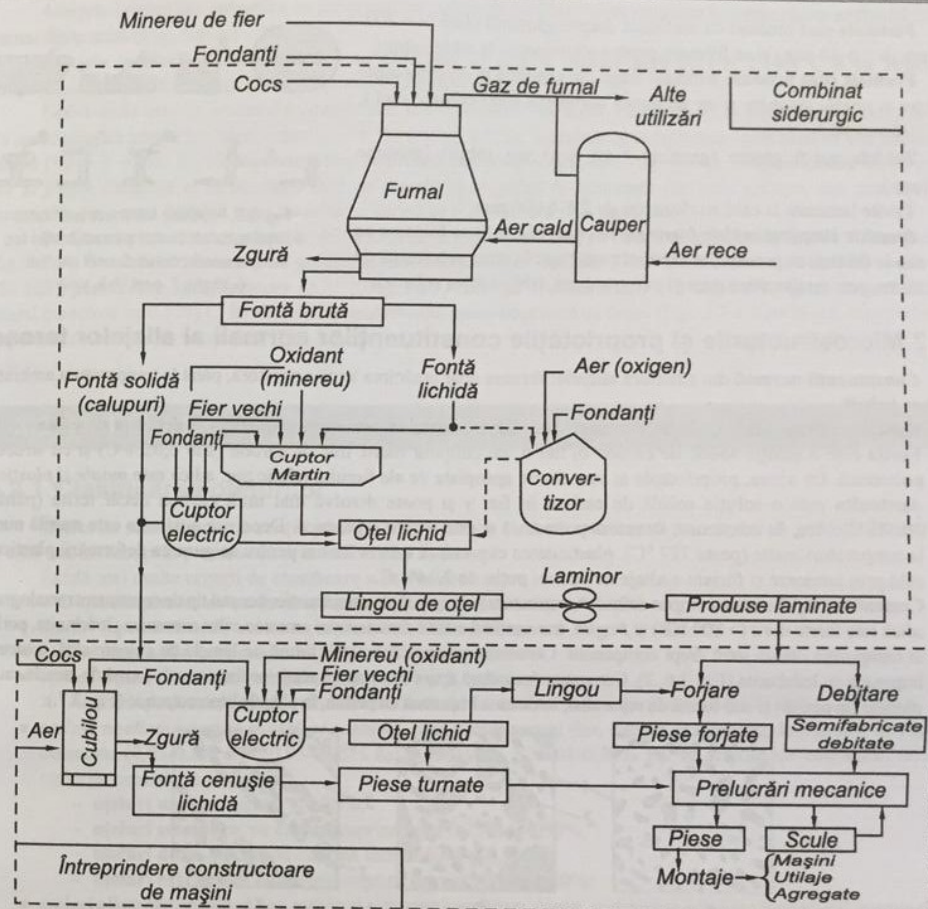


Fig. 3.3. Schema de producere a fontei de furnal, a oțelului și a produselor din oțel și fontă în combinatelor siderurgice și de utilizare a acestora în întreprinderile constructoare de mașini

Produsele obținute prin laminare la cald, în ordinea producerii lor, sunt următoarele: blumurile, șleburile, țagăle, platinele, profilele, tablele și țevile. Primele patru produse (blumurile, șleburile, țagăle, platinele) sunt numite semifabricate (Fig. 3.4.) și sunt destinate relaminării la cald sau forjării, iar celelalte profile (tablele și țevile) sunt numite **produse laminate finite**.

Blumurile se obțin prin laminarea la cald a lingourilor mari. Au secțiunea pătrată ($a = 150-400 \text{ mm}$) și sunt folosite pentru laminare sau pentru forjare.

Șleburile (bramele) se obțin prin laminarea lingourilor. Ele au secțiunea dreptunghiulară ($a > 1.800 \text{ mm}$; $b > 70 \text{ mm}$). Se folosesc în relaminarea în table groase, platbande, platine.

Țagăle au secțiunea pătrată ($a = 40-140 \text{ mm}$), dreptunghiulară ($a = 140-280 \text{ mm}$; $b = 35-70 \text{ mm}$) sau rotundă. Se folosesc pentru relaminare în bare, benzi sau în țevi și pentru forjare.

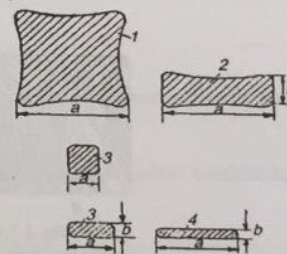


Fig. 3.4. Secțiuni prin semifabricate din oțeluri laminate la cald. 1. blum; 2. șleb; 3. țagă; 4. platină

Platinele sunt produse cu secțiunea dreptunghiulară plată ($a = 200-280$ mm; $b = 6-30$ mm) și se folosesc pentru relaminarea în table subțiri.

Profilele sunt produse laminate finite. Se clasifică în *profile simple* sau *bare* și *profile fasonate* și au secțiunea complexă (oțel cornier, oțel I, oțel U, sârme etc.).

Tablele pot fi groase (grosime 4-40 mm) sau subțiri (grosime 0,2-4 mm).

Țevile laminate la cald au diametre de 2,5-6.000 mm.

Profilele simple și tablele laminate la cald (Fig. 3.5) se folosesc ca atare sau la fabricarea produselor laminate sau trase la rece, sub formă de bare, sârme, țevi cu diametre mici și pereți subțiri, table subțiri și benzi.

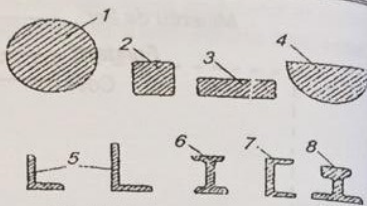


Fig. 3.5. Produse laminate profilate:
1. oțel rotund; 2. oțel pătrat; 3. oțel lat;
4. oțel semirodund; 5. oțel cornier;
6. oțel I; 7. oțel U; 8. șină

3.1.2. Microstructurile și proprietățile constituenților normali ai aliajelor feroase

Constituenții normali din structura aliajelor feroase apar la răcirea lentă a acestora, până la temperatura ambiantă din stare lichidă.

Constituenții normali ai aliajelor feroase sunt: ferita, austenita, cementita secundară, ledeburita și perlita.

- **Ferita** este o soluție solidă de carbon în fier α , cu conținut foarte mic de carbon (sub 0,02% C) și cu structură poliedrică. De aceea, proprietățile ei sunt foarte apropiate de ale fierului tehnic pur, adică este *moale și plastică*.
- **Austenita** este o soluție solidă de carbon în fier γ și poate dizolva mai mult carbon decât ferita (până la 2,14% C). Are, de asemenea, structură poliedrică și este *moale și plastică*. Deoarece austenita este stabilă numai la temperaturi înalte (peste 727 °C), plasticitatea ei prezintă interes numai pentru asigurarea deformării plastice la cald prin laminare și forjare a aliajelor cu mai puțin de 2,14% C.
- **Cementita** (Fe_3C) este un compus definit. Are structura și proprietățile caracteristice acestui tip de constituent metalografic adică este foarte *dură* (> 800 HB) și *fragilă*, transmitând aceste caracteristici amestecurilor mecanice (ledeburita, perlita în compoziția cărora intră drept component. Cementita primară apare sub formă de lamele de culoare albă, totdeauna împreună cu ledeburita (Fig. 3.6. 3). Cementita secundară apare în structura aliajelor feroase sub formă de lamele sau de globule (în perlită) și sub formă de rețea albă, totdeauna împreună cu perlita, în aliajele hipereutectice (Fig. 3.7.).

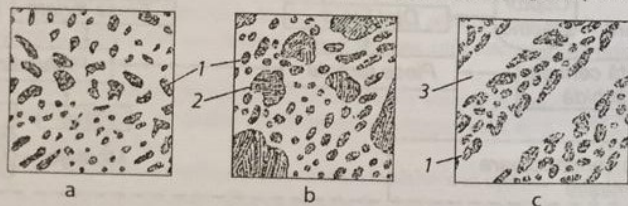


Fig. 3.6. Microstructuri caracteristice aliajelor cu peste 2% C: a - aliaj eutectic; b - aliaj hipoeutectic; c - aliaj hipereutectic;
1 - ledeburita; 2 - perlita; 3 - cementita primară

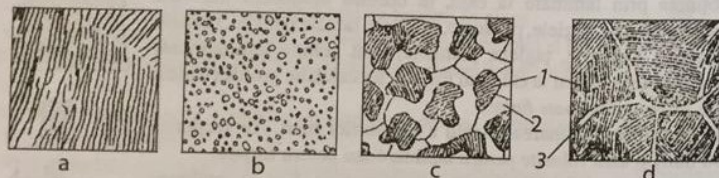


Fig. 3.7. Aspecte caracteristice ale cementitei secundare și ale perlitiei:
a - perlita lamelară; b - perlita globulară; c - ferită+perlita; d - perlita + cementita secundară;
1 - perlita; 2 - ferită; 3 - cementita secundară în rețea

Aliajele (oțelurile) hipoeutectice au procentajul de carbon $< 0,77\%$ C și au structura la temperatura ambiantă formată din ferită și perlita (Fig. 3.6. b).

Aliajele (oțelurile) eutectice au procentul de carbon de 0,77% C și au structura la temperatura ambiantă formată numai din perlita (Fig. 3.6. a).

Aliajele (oțelurile) hipereutectice au procentul de carbon cuprins între 0,77 și 2,14% C și au structura la temperatura ambiantă formată din cementita secundară și perlita (Fig. 3.6. c).

Ledeburita este un amestec mecanic care, la temperatura ambiantă, este format din perlita și cementita primară. Ea apare singură numai în aliajul eutectic cu 4,3% C (Fig. 3.6. a). În aliajele hipoeutectice, ledeburita se află împreună cu perlita (fig. 3.6. b), iar în cele hipereutectice, împreună cu cementita primară (fig. 3.6. c). Ledeburita este un *constituent dur și fragil*. Prezența ei în structură face ca aliajele să nu poată fi deformate nici prin presare, nici prin lovire. De asemenea, din cauza durității mari, *ledeburita nu poate fi prelucrată prin așchiere*.

Perlita este un amestec mecanic de ferită și cementita secundară, cu structură lamelară (Fig. 3.7. a) sau globulară (fig. 3.7. b). Ca amestec mecanic, are proprietăți intermediare între cele ale feritei și ale cementitei: *duritate medie* (circa 250 HB), *plasticitate satisfăcătoare* ($A = 10\%$), *însă reziliență scăzută* ($KCU \approx 3$ daJ/cm²). Apare singură numai în aliajul eutectoid cu 0,77% C. În aliajele hipoeutectoide, apare împreună cu ferita (Fig. 3.7. c), iar în cele hipereutectoide, împreună cu cementita secundară (Fig. 3.7. d).

3.2. OȚELURI

3.2.1. Clasificarea oțelurilor

Oțelurile sunt aliajele ce conțin până la 2,14% carbon și se caracterizează prin faptul că pot fi deformate plastic la cald sau la rece, prin presare sau prin lovire, fără să se rupă.

Există mai multe criterii de **clasificare a oțelurilor**:

➤ După **conținutul de carbon**, oțelurile se împart în trei subgrupe:

- **oțeluri hipoeutectoide**, care conțin până la 0,77% carbon;
- **oțeluri eutectoide**, care conțin în jur de 0,77% carbon;
- **oțeluri hipereutectoide**, care conțin între 0,77 și 2,14% carbon.

➤ După **compoziția chimică**, oțelurile se clasifică în:

- **oțeluri nealiat** (numite și **oțeluri carbon**), care conțin numai fier, carbon și elemente însoțitoare în conținuturi obișnuite (0,05-0,8% Mn, 0,05-0,35% Si, 0,01-0,06% S, 0,01-0,06% P). În funcție de conținutul de carbon, oțelurile nealiat se împart în:
 - **oțeluri moi**, cu carbon $\leq 0,25\%$;
 - **oțeluri semidure**, cu carbon cuprins între 0,25% și 0,60%;
 - **oțeluri dure**, cu carbon cuprins între 0,60% și 0,90%;
 - **oțeluri extradure**, cu carbon cuprins între 0,90% și 1,40%;
- **oțeluri aliate** care, pe lângă fier, carbon și elemente însoțitoare, conțin și elemente adăugate în mod voit, numite elemente de aliere (Cr, Ni, W, Mo, V, Ti etc.). În funcție de conținutul total al elementelor de aliere, oțelurile pot fi:
 - **slab aliate** ($< 2,5\%$ elemente de aliere);
 - **mediu aliate** (2,5-10% elemente de aliere);
 - **înalte aliate** ($> 10\%$ elemente de aliere).

➤ După **destinație**, oțelurile se clasifică în:

- **oțeluri pentru construcții**, destinate construcțiilor metalice (poduri, vase, vagoane etc.) și construcțiilor de mașini (arbori, roți etc.);
- **oțeluri pentru scule**;
- **oțeluri cu destinație specială** (arcuri, rulmenți, pile, oțeluri pentru tablă silicioasă, oțeluri inoxidabile și anticorozive etc.).

➤ După **starea de livrare**, oțelurile se clasifică în:

- **oțeluri laminate la cald și oțeluri forjate** (deformate plastic la cald);
- **oțeluri turnate în piese**.

În schema din figura 3.8. se adoptă drept criteriu principal de clasificare a oțelurilor, compoziția chimică, iar drept criterii secundare, starea de livrare și destinația.

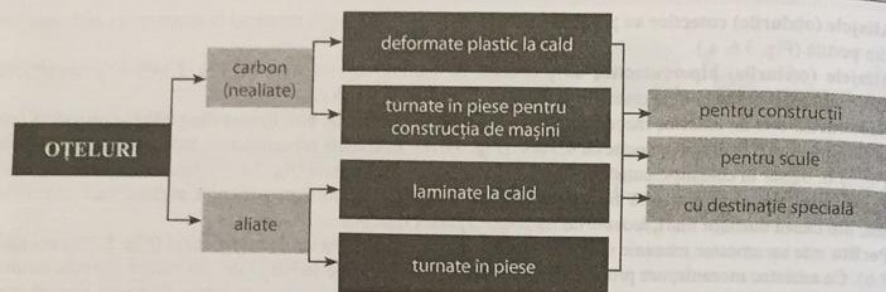


Fig. 3.8. Clasificarea oțelurilor

➤ Oțeluri carbon nealiat

Oțelurile carbon nealiat se obțin prin afânarea fontei în cuptoare Siemens-Marlin, în convertizoare și în cuptoare electrice. Afânarea constă în oxidarea (arderea) unei părți a carbonului, a fosforului și a sulfului din fonta brută, cu ajutorul minereului de fier, al aerului sau al oxigenului. În funcție de procedeul de elaborare, oțelurile carbon nealiat mai conțin: 0,05-0,35% Si, 0,05-0,80% Mn, 0,01-0,00% S și 0,01-0,06% P.

Proprietățile oțelurilor carbon depind, în cea mai mare măsură, de conținutul de carbon care determină și structura lor.

Densitatea oțelurilor scade ușor cu creșterea conținutului de carbon. Astfel, oțelul cu 0,06% C are $d = 7,871 \text{ g/cm}^3$, iar oțelul cu 0,44% C are $d = 7,843 \text{ g/cm}^3$.

Pe măsură ce conținutul de carbon crește, căldura specifică crește, iar conductivitatea termică și coeficientul de dilatare liniară scad. Rezistivitatea electrică a oțelurilor crește puternic cu conținutul de carbon.

În tabelul 3.1 sunt înscrise caracteristicile termice și electrice ale oțelurilor carbon.

Tabelul 3.1.

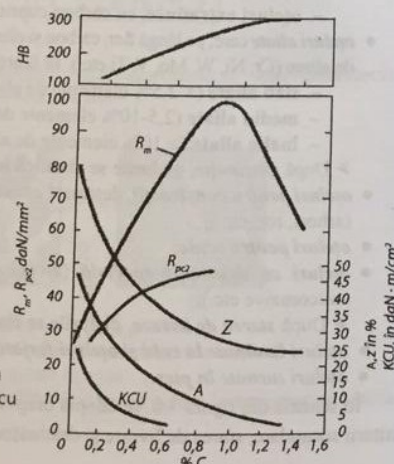
Conținut de carbon (%)	Căldura specifică (kJ/kg °C)	Conductivitatea termică (W/m °C)	Dilatația liniară (m/m °C)	Rezistivitatea electrică (Ωcm)
Fier pur (fără impurități)	0,4704	233,52	0,0000125	10,0
0,06	0,4830	215,4	0,0000122	13,2
0,42	0,4872	187,63	0,0000112	17,1
0,80	0,4914	180,18	0	18,0

Influența carbonului asupra caracteristicilor mecanice este reprezentată grafic în figura 3.9. Se observă că, odată cu creșterea conținutului de carbon, cresc proprietățile de rezistență (HB , R_m), însă, în aceeași măsură, scad plasticitatea (A), tenacitatea (gâtuirea – Z) și KCU (reziliența). Acest mod de variație se explică prin creșterea continuă a proporției de perlită din structură. De asemenea, apariția rețelei de cementită secundară în structura oțelurilor hipereutectoide determină scăderea bruscă a rezistenței, îndeosebi a rezilienței.

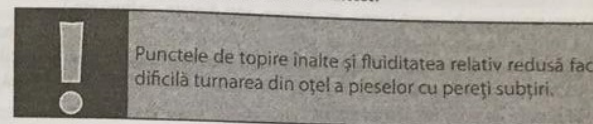
Datorită influenței carbonului asupra durtății, oțelurile se mai pot clasifica în:

- oțeluri moi, cu durtatea de 80-140 HB;
- oțeluri semidure, cu durtatea de 140-200 HB;
- oțeluri dure, cu durtatea de 200-250 HB;
- oțeluri extradure, cu durtatea de 250-300 HB.

Fig. 3.9. Influența carbonului asupra proprietăților mecanice ale oțelurilor cu structuri normale (de echilibru)



Proprietățile tehnologice ale oțelurilor sunt, de asemenea, puternic influențate de conținutul de carbon. Oțelurile au proprietăți de turnare inferioare celor ale fontelor.



Spre deosebire de fonte, oțelurile sunt forjabile; la cald, toate oțelurile se forjează bine în intervalul de temperaturi cuprins între 1.150 °C și 850 °C. La prelucrarea la rece, capacitatea de deformare a oțelurilor depinde foarte mult de compoziția chimică. Ambutisarea adâncă și matrișarea complexă nu sunt posibile decât la oțelurile cu mai puțin de 0,08% C. La conținuturi de 0,15-0,30% C se poate executa numai o ambutisare redusă și îndoirea la rece, iar la conținuturi de 0,30-0,40% C este posibilă numai îndoirea pe raze mari de curbura.

Prelucrabilitatea prin așchiere a oțelurilor depinde în cea mai mare măsură de structură. Oțelurile moi, cu multă ferită în structură, se așchiează greu, deoarece tășul sculei se lipește de piesă, așchia se detașează foarte greu, iar suprafața de prelucrare este rugoasă. Odată cu apariția în structură a perlităi, condițiile de așchiere se îmbunătățesc, așchia devine fragilă și detașabilă, iar suprafața prelucrată este netedă, dar crește și uzura sculei așchietoare, astfel încât oțelurile dure și extradure se așchiează neeconomic. Pentru îmbunătățirea prelucrabilității prin așchiere a acestor oțeluri, se aplică tratamente termice speciale, care transformă perlita lamelară (ce cristalizează sub formă de lamele) în perlită globulară (ce cristalizează sub formă de globule).

Sudabilitatea oțelurilor este bună la conținuturi mici de carbon (sub 0,25% C). Oțelurile semidure se sudează satisfăcător, iar cele dure și extradure nu sunt, practic, sudabile.

Oțeluri carbon deformate plastic la cald

Oțelurile carbon pentru construcții sunt oțeluri moi care se folosesc, de obicei, pentru construcții metalice, deoarece trebuie să fie sudabile și deformabile la rece prin îndoire. În afară de oțeluri moi, pentru construcțiile de mașini și construcțiile mecanice, se utilizează și oțeluri semidure.

Oțelurile pentru construcții sunt, deci, oțeluri hipoeutectoide. În funcție de cerințele impuse, ele pot fi:

- oțeluri de uz general pentru construcții;
- oțeluri carbon de calitate.

Oțelurile de uz general pentru construcții (STAS 500-80) se caracterizează prin aceea că se folosesc ca atare, sub formă de produse laminate la cald, fără prelucrări prin așchiere.

Caracteristica de bază a oțelurilor carbon de uz general pentru construcții este rezistența la rupere prin tracțiune (R_m) în stare de livrare. Aceste oțeluri se notează prin simbolul OL (oțel laminat la cald), urmat de un grup de cifre care indică rezistența minimă la rupere. De exemplu:

- OL 37 reprezintă un oțel carbon cu $R_m > 370 \text{ N/mm}^2$;
- OL 50, un oțel carbon cu $R_m > 500 \text{ N/mm}^2$ etc.

Oțelurile carbon obișnuite cu conținut scăzut de carbon (sub 0,25% C) se folosesc, în special, pentru construcții metalice sudate (mantale, capace, batiuri, tiranți, oțel beton etc.), iar cele cu un conținut mai mare de carbon, pentru piese de importanță mai mică în construcția de mașini (șuruburi, piulițe, rondele, bride, pene etc.).

Oțelurile carbon de calitate (STAS 880-88) se utilizează numai în stare de tratament termic și la ele se garantează compoziția chimică și proprietățile mecanice de bază: limita de curgere ($R_{p0.2}$), rezistența la rupere (R_m), alungirea (A), gâtuirea (Z) – exprimă capacitatea unui material metalic de a se deforma plastic, de a se gătui, înainte de rupere – și reziliența (KCU). Ele se notează prin simbolul OLC (oțel laminat la cald de calitate), urmat de un grup de cifre, care reprezintă conținutul mediu de carbon, în sutimi de procent. De exemplu:

- OLC 35 reprezintă un oțel carbon de calitate având, în medie, un conținut de 0,35% C;
- OLC 60 reprezintă un oțel carbon de calitate având, în medie, un conținut de 0,60% C.

Spre deosebire de oțelurile carbon obișnuite, la oțelurile carbon de calitate conținutul elementelor nocive este limitat (atât sulfurul, cât și fosforul sunt limitate la maximum 0,040% fiecare).

Oțelurile carbon de calitate se folosesc în construcții de mașini, la fabricarea pieselor supuse unor solicitări mici și mijlocii. Astfel, oțelurile OLC 10 și OLC 15 se folosesc la fabricarea pieselor care urmează a fi sudate sau matrișate sau a pieselor care suportă șocuri în miez și frecare la suprafață (de exemplu, bolțurile); pentru aceasta, ele se supun unor tratamente termice speciale.

Oțelurile OLC 25, OLC 35 și OLC 45 se folosesc pentru piese care necesită rezistență mai mare, însă și tenacitate bună (de exemplu, arbori cotiți, roți dințate etc.), iar oțelul OLC 60, pentru piese cu proprietăți elastice (de exemplu, arcuri, bușe extensibile) sau rezistente la uzură (pene, excentrice, roți dințate, valțuri etc.).

• **Oțeluri carbon pentru scule** se clasifică în dure și extradure. Datorită conținutului mare de carbon (0,7-1,1% C), aceste oțeluri pot fi aduse în condiții de rezistență mare la uzare prin frecare. Oțelurile carbon pentru scule se notează conform STAS 1700-80 cu simbolul **OSC**, urmat de un număr alcătuit din una sau două cifre care indică conținutul mediu de carbon, în zecimi de procent. De exemplu:

- OSC 8 – oțel pentru scule cu 0,8% C;
- OSC 12 – oțel pentru scule cu 1,2% C.

Deoarece și aceste oțeluri se supun unor tratamente termice, compoziția lor chimică este garantată în limite restrânse, conținutul de elemente nocive fiind limitat la maximum 0,030% P, respectiv la 0,025% S.

Oțelurile cu conținut scăzut de carbon (OSC 7, OSC 8, OSC 9) se folosesc la fabricarea sculelor pentru prelucrarea prin așchiere, a materialelor nemetalice (lemn, hârtie) sau a metalelor și a aliajelor neferoase, precum și a sculelor pentru prelucrarea prin presare, lovire și tăiere la rece fără așchiere (poansoane, matrițe, filiere, scule de îndoire și răsucire etc.). Oțelurile hipereutectoide (OSC 10, OSC 12, OSC 13) se folosesc la fabricarea sculelor (cuțite, burghie, freze) pentru așchieria materialelor cu durități mici (alame, bronzuri, fonte cenușii, oțeluri moi), a dălților etc.

• **Oțeluri carbon cu destinație specială** se pot clasifica după domeniul de utilizare, conform figurii 3.10.

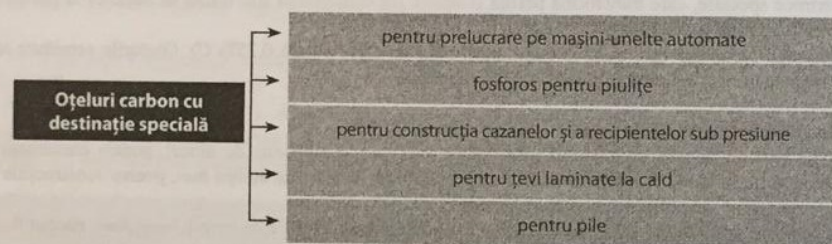


Fig. 3.10. Clasificare oțelurilor carbon cu destinație specială

Oțelurile pentru prelucrare pe mașini-unelte automate sunt oțeluri moi sau semidure în care se prevede un conținut de sulf mai mare (0,08-0,30% S), cu scopul de a se obține o așchiere mai fragilă, ușor detașabilă la prelucrarea prin așchiere. Sunt notate prin simbolul AUT, urmat de un grup de două cifre ce reprezintă conținutul mediu de carbon, în sutimi de procent. Exemplu: AUT 20 are 0,20% C.

Oțelul fosforos pentru piulițe este destinat matrițării la cald sau la rece. Are un conținut mare de fosfor (0,20-0,40% P) și se prelucurează ușor prin așchiere. Se notează cu simbolul OLP (oțel laminat la cald fosforos).

Oțelurile pentru construcția cazanelor și a recipientelor sub presiune, notate cu R sau K (STAS 2883-80), sunt livrate sub formă de table groase, din care se execută virole de cazane cu abur, tambure pentru recipiente sub presiune etc. și care se prelucurează prin deformare la rece (îndoire, bordurare) și prin sudare, întrucât sunt oțeluri moi, având conținutul de carbon cuprins între 0,09 și 0,33% C.

Oțelurile pentru țevi laminate la cald (STAS 8183-80) sunt notate cu simbolul OLT (oțel laminat, la cald pentru țevi), urmat de un număr care indică rezistența minimă la tracțiune; de exemplu, OLT 35 reprezintă oțel pentru țevi cu $R_m > 350 \text{ N/mm}^2$.

Oțelurile pentru pile constituie o altă categorie de oțeluri carbon cu destinație specială.

Oțeluri cu destinație specială există și în grupa oțelurilor carbon pentru scule. Astfel, pentru fabricarea pilor, se folosesc oțeluri semidure (pentru pilirea materialelor nemetalice) și oțeluri dure și extradure (pentru pilirea materialelor metalice). Aceste oțeluri se notează (conform STAS 1669-85) cu simbolul OSP (oțel pentru pile), urmat de un număr care reprezintă conținutul mediu de carbon în zecimi de procente, de exemplu:

- OSP 6 cu 0,6% C;
- OSP 12 cu 1,2% C etc.

Pentru fabricarea cuțitelor, a foarfecelor și a altor obiecte destinate tăierii materialelor nemetalice, se folosesc oțeluri carbon semidure sau dure; acestea se notează cu simbolul OLS, urmat de un număr care reprezintă conținutul minim de carbon, în zecimi de procent.

Oțeluri carbon turnate în piese

În construcțiile de mașini se folosesc pe scară largă piesele turnate din fontă cenușie. Cu toate acestea, piesele de la care se cere și o anumită plasticitate, tenacitate și reziliență, se toarnă din oțeluri carbon sau aliate.

Oțelurile carbon turnate în piese (SR ISO 3755:1994) sunt oțeluri moi sau semidure. Se notează cu simbolul OT (oțel turnat), urmat de un grup de două numere, dintre care primul reprezintă rezistența minimă la rupere prin tracțiune, iar celălalt, grupa de calitate.

Există trei grupe de calitate:

- la grupa 1 de calitate se garantează numai rezistența la rupere și alungirea;
- la grupa 2 se garantează în plus limita de curgere;
- la grupa 3 se garantează în plus gătuirea și reziliența.

Exemple:

- OT 450-1 înseamnă oțel turnat cu $R_m \geq 450 \text{ N/mm}^2$ și $A \geq 18\%$;
- OT 450-3 înseamnă oțel turnat cu $R_m > 450 \text{ N/mm}^2$, $R_{p0.2} \geq 24 \text{ daN/cm}^2$, $A \geq 21\%$, $Z \geq 3$ și $KCU \geq 40 \text{ J/cm}^2$.

Din aceste oțeluri se toarnă roți, arbori, pistoane, cilindri și alte piese folosite în mișcare, cu forme complicate, dar mai ușor de realizat prin turnare decât prin alte procedee de prelucrare.

➤ **Oțeluri aliate**

Oțelurile aliate sunt aliaje complexe de fier, carbon și alte elemente chimice adăugate în mod intenționat în compoziția lor, numite *elemente de aliere*.

Elementele uzuale folosite la alierea oțelurilor sunt manganul, siliciul, cromul, nichelul, molibdenul, wolframul, vanadiul, titanul, niobiul, aluminul. Alierea se realizează cu unul sau mai multe dintre aceste elemente.

În funcție de conținutul total în elemente de aliere, oțelurile aliate se pot clasifica ca în tabelul 3.2.

Tabelul 3.2. Clasificarea oțelurilor aliate

Tipul de oțel	Clasificare după conținutul elementului de aliere	Proportia elementului de aliere
Oțel aliat	– slab aliat	< 2,5% elemente de aliere
	– mediu aliat	2,5-10% elemente de aliere
	– înalt aliat	> 10% elemente de aliere

În tabelul 3.3. sunt cuprinse simbolurile și utilizările celor mai cunoscute tipuri de oțeluri. S-a notat cu R_{min} rezistența minimă la rupere la tracțiune, în N/mm².

Tabelul 3.3. Simbolizarea și recomandări pentru utilizare

OȚEL	oțel carbon	oțel carbon pentru construcții	oțel carbon obișnuit	OL STAS 500-80	OL 32, 34, 37, 42, 52, 60 cifra indică R_{min} (daN/mm ²)	șuruburi, piulițe, pene
				OLC STAS 880-88	OLC 10 (0,10% C), OLC 15, OLC 20, OLC 25 (0,25% C) OLC 35, 45, 55 OLC 60 (0,60% C)	bolțuri, pene, ectise, șaibe roți dințate, axe arbori cotiți
		oțel carbon pentru scule		OSC STAS 1700-90	OSC 7 (0,7% C) OSC 8...OSC 13	scule
				OSP pentru pile STAS 1669-85	OSP 6 (0,6% C) OSP 14	pile
				OT SP ISO 3755:1994	OT 450, OT 500, OT 600 cifra indică R_{min}	roți dințate, arbori cotiți, bie, pistoane,
	oțel aliat			RUL STAS 1456/1-89	RUL 1, RUL 2	rulmenți
				ARC STAS 795-92	OLC 55A, OLC 65A ARC 1...ARC 13	arcuri

Elementele de aliere au o influență importantă asupra structurii și a proprietăților oțelurilor.

În proporții mici, corespunzătoare oțelurilor slab aliate, majoritatea elementelor de aliere nu provoacă modificări importante în microstructura oțelurilor. Deoarece toate oțelurile slab aliate conțin, în structură normală, perlită, s-a convenit ca ele să fie numite *oțeluri perlitice*.

Ca urmare a alierii feritei și perlititei și a creșterii proporției de perlită din structura normală, oțelurile slab aliate au duritatea și rezistența mai mari decât ale oțelurilor nealiate cu același conținut de carbon.

Pe măsură ce conținutul de elemente de aliere crește, ajungându-se la valori caracteristice oțelurilor mediu aliate, structura oțelurilor se modifică prin apariția altor constituenți structurali, în afară de ferită, perlită și cementită, cum ar fi troostita, bainita sau martensita. Aceștia singuri sau împreună au proprietăți diferite de ale celor normali, fiind, în general, mai duri și mai rezistenți, însă ceva mai puțin plastici și cu rezistență la șoc mai redusă.

În cazul oțelurilor înalt aliate, se observă modificări importante de structură și de proprietăți. Conținuturi mari de elemente de aliere, cum sunt cromul și wolframul, fac ca ledeburita să se formeze la conținuturi mai mici de 2,14% C și să devină forjabilă la cald. Oțelurile înalt aliate care au în structură ledeburita se numesc *oțeluri ledeburitice*.

Conținuturile mari de nichel sau de mangan și aplicarea unei răcirii rapide (în apă) pot realiza o structură austenitică la temperatura ambiantă. În acest fel, se obțin *oțeluri austenitice*.

Alte elemente de aliere (Si, Cr, Mo, W, V, Ti) au tendința de a restrânge domeniul austenitic și de a-l extinde pe cel al feritei. La conținuturi mari ale acestor elemente, oțelurile respective capătă o structură formată numai din ferită la temperatura ambiantă. De aceea, ele se numesc *oțeluri feritice*.

Proprietățile oțelurilor cu structuri speciale sunt deosebite de ale celor cu structuri obișnuite. Astfel, oțelurile ledeburitice au rezistență mare la uzură, chiar la temperaturi înalte, deoarece conțin carburi aliate foarte dure și stabile. Oțelurile austenitice, ca și cele feritice, sunt foarte rezistente la coroziunea agenților chimici (sunt anticorozive), precum și la solicitările mecanice la temperaturi înalte (oțeluri refractare) etc.

Oțelurile aliate se toarnă, se forjează, se așchiază și se sudează mai greu decât cele nealiate.

În practică, majoritatea oțelurilor se utilizează în stare de tratament termic.

Oțeluri aliate laminate la cald

În funcție de scopul în care sunt folosite, oțelurile aliate se împart, ca și oțelurile carbon, în grupele precizate în figura 3.11.

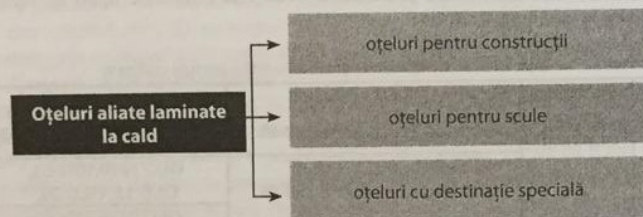


Fig. 3.11. Clasificarea oțelurilor aliate laminate la cald

• **Oțelurile aliate pentru construcții** sunt, în general, oțeluri slab aliate. Sunt simbolizate printr-un număr de două cifre, ce reprezintă conținutul mediu de carbon în sutimi de procent, urmat de un grup de litere care indică elementele de aliere prezente în compoziția oțelului și de un alt număr care indică conținutul elementului principal de aliere (ultimul din simbolul literal), în zecimi de procent. Literele folosite pentru desemnarea elementelor de aliere sunt următoarele: Mn (mangan), Si (siliciu), Cr (crom), Ni (nichel), Mo (molibden), W (wolfram), V (vanadiu), Ti (titan). De exemplu:

– 40 C 10 reprezintă un oțel cu 0,40% C și 1% Cr;

– 40 CrNi 12 reprezintă un oțel cu 0,40% C, 1,2% Ni și circa 1% Cr;

– 41 VMoCr 17 reprezintă un oțel cu 0,41% C, 1,7% Cr, 0,1% V și 0,2% Mo (când elementul se găsește în mijlocul simbolului literal, conținutul său este de circa 1%, cu excepția elementelor: Mo, care este în proporție de 0,2%, V – în proporție de 0,1% și Ti – în proporție de 0,05-0,1%).

Unele dintre oțelurile aliate pentru construcții se folosesc pentru construcții metalice (STAS 500-80) și sunt, de obicei, oțeluri moi, sudabile, iar cele mai multe, pentru construcții mecanice (STAS 791-88). Dintre acestea din urmă, cele cu un conținut mai scăzut de carbon (<0,25% C) se folosesc după aplicarea tratamentelor termochimice de

cementare sau de carbonitrurare, urmate de călire în ulei (de exemplu, 15 Cr 08, 15 MoMnCr 12, 19 CrNi 35 etc.), iar cele cu carbon mediu (0,3-0,5% C) se folosesc după un tratament termic de îmbunătățire (călire în ulei plus revenire înaltă, de exemplu oțelurile 35 MnSi 12, 34 MoCrNi 15 etc.). Prin creșterea conținutului de carbon la 0,6% C, oțelurile slab aliate capătă elasticitate bună și se folosesc pentru fabricarea arcurilor, după aplicarea unui tratament termic de călire în ulei și revenire medie.

• **Oțelurile aliate pentru scule** sunt, de obicei, oțeluri *hipoeutectoide*, *hipereutectoide* (slab și mediu aliate) și *ledeburitice* (înalt aliate). În prima categorie sunt cuprinse oțelurile pentru scule de deformare și cele pentru scule pneumatice (poansoare, matrițe, dălți pneumatice, pistoane pentru ciocane pneumatice); ele au un conținut mediu de carbon, corespunzător oțelurilor semidure (0,25-0,6% C), necesar pentru a asigura rezistența la șoc.

Simbolurile acestor oțeluri (STAS 3611-88) cuprind un grup de litere care indică elementele de aliere componente și un număr format din două cifre, ce reprezintă conținutul mediu al elementului de aliere principal (ultimul din simbolul literal), în zecimi de procent; de exemplu, oțelul VC W85 conține vanadiu, crom și wolfram; principalul element de aliere este wolframul, conținutul mediu în oțel fiind de 8,5%. Aceste oțeluri se utilizează în stare de călire în ulei, urmată de revenire medie sau înaltă.

Oțelurile hipereutectoide (având aceeași notație ca și cele hipoeutectoide) se folosesc îndeosebi la fabricarea sculelor așchietoare, iar unele dintre ele și la obținerea sculelor de deformare prin lovire; oțelurile CVW50, C 15, MCW 14 etc. sunt folosite la fabricarea de cuțite, burghie, freze pentru așchieria normală a materialelor metalice relativ moi (îndeosebi neferoase). Se folosesc după un tratament termic de călire urmată de revenire joasă.

Oțelurile ledeburitice sunt oțeluri înalt aliate, folosite la fabricarea sculelor așchietoare pentru așchieria cu viteze mari a oțelurilor și a fontelor dure. Fiind vorba de așchiere rapidă, ele se mai numesc și *oțeluri rapide* (STAS 7382-88) și sunt notate cu literele **Rp** (rapid), urmate de un număr de ordine al mărcii. Alierea înaltă se realizează, de obicei, cu wolfram sau molibden. Aceste elemente formează carburi foarte dure (peste 2.000 HV) care își păstrează această proprietate și la temperaturi înalte, respectiv la temperatura la care ajunge tăișul sculei așchietoare în timpul așchierii rapide.

Cel mai reprezentativ oțel rapid este oțelul Rp3, care are 0,8% C și este aliat cu 18% W, 4% Cr și 1% V, fiind denumit și oțel 18-4-1. Oțelurile rapide se folosesc în stare de tratament termic de călire la 1.200-1.280 °C și revenire la 550-880 °C.

• **Oțelurile cu destinație specială** sunt oțeluri mediu sau înalt aliate, cu structuri și proprietăți deosebite de cele obișnuite. În această grupă sunt cuprinse oțelurile din figura 3.12.

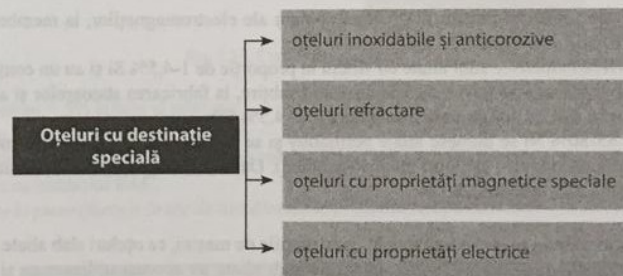


Fig. 3.12. Gruparea oțelurilor cu destinație specială

Oțelurile inoxidabile și anticorozive sunt cele care nu se oxidează și nu se corodează în mediu ambiant sau sub acțiunea unor substanțe chimice (acizi, baze, gaze oxidante). Ele au structuri feritice sau austenitice. Elementul principal de aliere în aceste oțeluri este cromul. S-a constatat că un conținut de peste 12% Cr în oțel îi asigură acestuia o rezistență deosebită la acțiunea oxigenului, vaporilor de apă, apei calde, apei de mare, soluțiilor de acizi, baze sau săruri etc. Oțelurile feritice sunt oțeluri înalt aliate, având între 12 și 30% Cr și conținuturi de carbon foarte scăzute (în general, sub 0,15% C). Pentru a se obține oțeluri austenitice inoxidabile și anticorozive, în afară de crom se adaugă și nichel. Reprezentantul tipic al acestei clase de oțeluri este oțelul 18-8 care conține sub 0,1% C, 18% Cr și 8% Ni. Deoarece oțelurile inoxidabile și anticorozive se simbolizează la fel ca cele aliate pentru construcții, simbolul acestui oțel este 10 NiCr 180.

Oțelurile refractare sunt oțeluri rezistente la acțiunea temperaturilor înalte. Ele sunt rezistente atât la oxidarea la temperaturi înalte (sunt inoxiterme), cât și la acțiunea solicitărilor mecanice (sunt rezistente la fluaj). Rezistența la fluaj a oțelurilor refractare constă în aceea că ele se opun la acțiunea de deformare sau de rupere în timp, exercitată de solicitările mecanice statice. Fenomenul de fluaj, care se observă la temperaturi de peste 450 °C, se întâlnește la unele piese din construcția de mașini care lucrează la temperaturi înalte, cum ar fi discurile și paletel turbinelor cu abur sau cu gaz, supapele de evacuare ale motoarelor cu piston, tubulatura cazanelor pentru producerea aburului supraincălzit în centrale termoelectrice etc. Oțelurile refractare se utilizează după tratamente termice care le conferă structuri sorbitice, feritice sau austenitice, de exemplu:

- oțelul sorbitic cu 10% Cr și adaosuri de molibden și siliciu (40 MoSC 100);
- oțelurile sorbitice cu 13% Cr (12 Cr 130, 20 Cr 130);
- oțelurile feritice (10 Cr 170);
- oțelurile austenitice (7 TiNiCr 180, 15 SiNiCr 200 etc.).

Oțelurile cu proprietăți magnetice speciale se clasifică în:

- oțeluri magnetice dure;
- oțeluri magnetice moi;
- oțeluri nemagnetice.

Oțelurile magnetice dure se folosesc la fabricarea magneților permanenți. În acest scop se recurge la alierea cu crom, wolfram, cobalt sau la alierea cu aluminiu, nichel și cobalt (magnico, alnico).

Pentru a se obține caracteristicile magnetice necesare, oțelurile respective se supun tratamentului termic de călire la martensită (constituent structural nou, care apare în urma tratamentului de călire), urmată de revenire joasă (la 100 °C, timp de 12-24 h).

Oțelurile magnetice moi trebuie să aibă permeabilitate magnetică foarte mare. În acest scop se folosesc metale de puritate avansată sau aliaje cu structuri de soluții solide. Dintre materialele metalice feroase, aplicații largi în acest domeniu au fierul tehnic pur (fier Armco, fier electrolitic, fier carbonil), unele aliaje fier-siliciu cu structură feritică și soluțiile solide Fe-Ni cu 65-80% Ni.

Oțeluri nemagnetice se folosesc în unele aplicații industriale ale electrotehnicii pentru piese din materiale metalice nemagnetice. În acest scop se utilizează în mod curent aliaje neferoase (bronzuri, alame). Acestea pot fi înlocuite cu oțeluri sau cu fonte nemagnetice, cu structură austenitică, întrucât austenita este o soluție pe bază de fier paramagnetic. Oțelurile nemagnetice sunt înalt aliate cu crom și nichel (de exemplu 18-8 cu 18% Cr și 8% Ni) sau cu crom, nichel și mangan.

Fierul tehnic pur este folosit la miezurile și piesele polare ale electromagneților, la membranele telefonice, sub formă de piese pline.

Oțelurile cu proprietăți electrice sunt aliate cu siliciu în proporție de 1-4,5% Si și au un conținut de carbon foarte scăzut (sub 0,06% C). Se folosesc sub formă de tole din tablă subțire, la fabricarea statoarelor și a rotoarelor mașinilor electrice (0,8-2,8% Si) sau a miezurilor de transformatoare (0,8-4,5% Si).

Aliajele Fe-Ni cu 65-80% Ni se numesc aliaje permalloy și se caracterizează printr-o magnetizare puternică sub acțiunea curenților de inducție slabi (în câmpuri magnetice slabe). De aceea, se folosesc la detectarea și transmiterea de semnale mici în telecomunicații, automatizări etc.

• **Oțelurile aliate turnate în piese** se folosesc în construcțiile de mașini, ca oțeluri slab aliate (SR ISO 9477:1994) sau aliate (SR EN 10295:2003 și STAS 3718-88). Oțelurile slab aliate au aceeași utilizare ca și corespondentele lor laminate la cald, fiind supuse tratamentelor termice de normalizare sau de îmbunătățire. Oțelurile aliate au structuri speciale (feritice, austenitice) și sunt utilizate ca oțeluri inoxidabile, aliaje anticorozive și refractare. Un caz special îl reprezintă oțelurile austenitice cu 10-11% Mn (oțeluri manganoase), foarte rezistente la uzură, motiv pentru care se folosesc la fabricarea blindajelor pentru morile de măcinat, a fălcilor de concasor etc.

3.3. FONTE

Fontele se obțin în furnal prin reducerea minereurilor de fier cu ajutorul cocsului și se numesc *fonte brute* (de primă fuziune). Fontele sunt produse primare ale siderurgiei și nu se utilizează în această formă de fonte brute. Se folosesc la fabricarea altor produse ca: fonte de turnătorie, oțeluri etc.

Elaborarea fontelor a fost prezentată la punctul 3.1.1. *Elaborarea aliajelor feroase*.

3.3.1. Clasificarea fontelor

Fontele sunt aliaje care conțin între 2,14 și 6,67% C și se caracterizează prin aceea că nu pot fi deformate plastic. Fontele brute se clasifică după mai multe criterii, conform figurii 3.13.

➤ **Fonte brute**

Fontele brute (de primă fuziune) pot fi clasificate după *conținutul elementelor de aliere* și după *scopul urmărit* astfel:

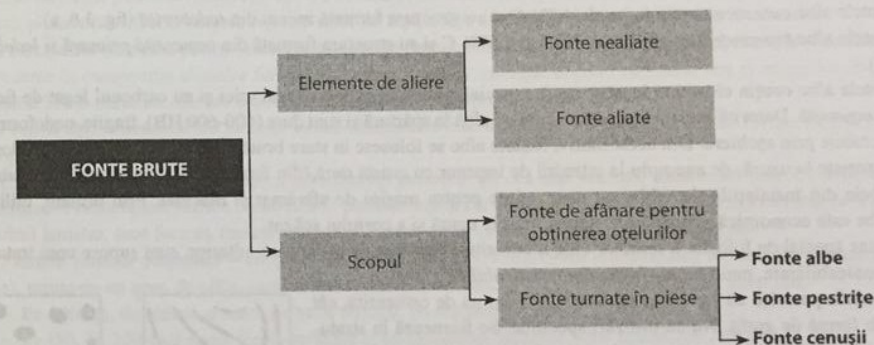


Fig. 3.13. Clasificarea fontelor brute

Fontele nealiate au < 5% siliciu și mangan.

Fonte aliate au peste 5% siliciu sau mangan.

Fontele de afânare sunt fonte brute care se retopesc în cuptoare electrice sau convertizoare, pentru obținerea oțelurilor; sunt notate cu simbolul **FAC**.

Fontele turnate în piese (fontele brute de turnătorie) se obțin din retopirea fontelor brute; sunt notate cu simbolurile **FK** și **FX**.



Fontele brute de turnătorie simbolizate **FK** se marchează cu vopsea neagră, iar cele simbolizate **FX** se marchează cu vopsea verde.

• **Fonte turnate în piese**

Fontele turnate în piese sunt aliaje obținute prin retopirea fontelor brute de turnătorie în cubilouri (agregat de elaborare) sau în cuptoare rotative și conțin, pe lângă Fe și C (2,14-4,3%), elemente însoțitoare: 0,5-3,5% Si; 0,3-1,5% Mn; < 0,15% S și < 0,5% P; max. 3,5% Si; max. 1,5% Mn.

În funcție de *conținutul elementelor însoțitoare* și de *condițiile de solidificare*, fontele turnate în piese se clasifică în: *fonte albe, fonte pestrițe, fonte cenușii*.

• **Fontele albe** poartă această denumire pentru faptul că, în spărtură proaspătă, au cristale de culoare alb-argintiu. Atât culoarea în spărtură, cât și fragilitatea fontelor albe se datorează prezenței cementitei primare în structură.

În funcție de conținutul de carbon și de constituenții structurali, fontele albe se clasifică conform figurii 3.14.

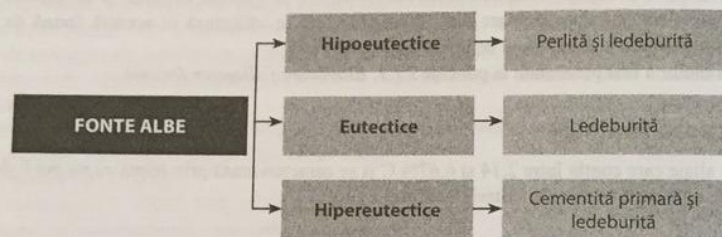


Fig. 3.14. Clasificarea fontelor albe

Fontele albe *hipoeutectice* conțin între 2,14 și 4,3% C și au structura formată din *perlită* și *ledeburită* (fig. 3.6. b).

Fontele albe *eutectice* conțin în jur de 4,3% C și au structura formată numai din *ledeburită* (fig. 3.6. a).

Fontele albe *hipereutectice* conțin între 4,3 și 6,67% C și au structura formată din *cementită primară* și *ledeburită* (fig. 3.6. c).

Fontele albe conțin elemente însoțitoare (în special siliciu) în proporții mai mici și au carbonul legat de fier sub formă de cementită. Datorită acestui fapt, ele au culoare albă în spărtură și sunt dure (400-600 HB), fragile, nedeformabile și neprelucrabile prin așchiere. Din acest motiv, fontele albe se folosesc în stare brută, turnată la fabricarea pieselor care trebuie să reziste la uzură, de exemplu la cilindrii de laminor cu crustă dură (din fontă albă), pentru laminarea tablelor, pentru duzele din instalațiile de sablaj cu nisip, piese pentru mașini de sfărâmat și măcinat. Prin urmare, utilizarea fontelor albe este economică, datorită rezistenței mari la uzură și a costului scăzut.

Un caz special de folosire a fontelor albe îl constituie turnarea de piese care, ulterior, sunt supuse unui tratament termic de maleabilizare, pentru a se obține *fonta maleabilă*.

• **Fontele pestrițe** au carbonul atât legat, sub formă de cementită, cât și liber, sub formă de grafit. Nu au utilizări specifice. Se formează în straturile intermediare ale pieselor cu crustă dură din fontă albă și miez de fontă cenușie (de exemplu, în cilindrii de laminor).

• **Fontele cenușii** conțin siliciu în proporții de peste 1,5%; carbonul este sub formă de grafit, în întregime sau în cea mai mare proporție, și poate fi lamelar sau nodular (fig. 3.15.). Culoarea cenușie în spărtură este conferită de prezența grafitului.

Fontele cenușii se clasifică după *forma grafitului* și *structura masei metalice de bază* (figura 3.16.):

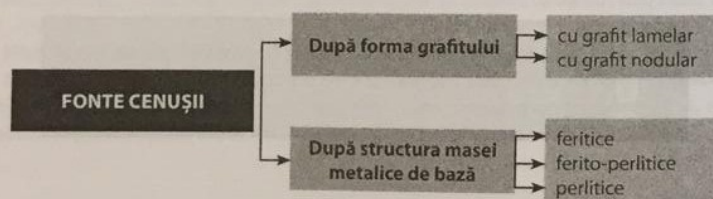


Fig. 3.16. Clasificarea fontelor cenușii

Fontele cu grafit lamelar se numesc *fontele cenușii obișnuite*, deoarece se obțin prin retopirea simplă a fontei de primă fuziune.

Fontele cu grafit nodular se obțin prin retopirea fontei de primă fuziune, urmată de tratarea fontei lichide cu cantități foarte mici de magneziu.

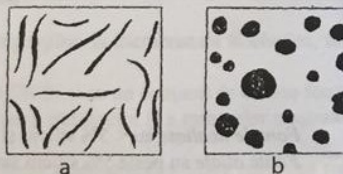


Fig. 3.15. Forme caracteristice ale grafitului în fontele cenușii turnate: a – grafit lamelar; b – grafit nodular.

Microstructura unei fonte cenușii este formată dintr-o masă metalică de bază, a cărei structură este asemănătoare cu aceea a unui oțel hipoeutectoid sau eutectoid, în care sunt prinse lamele sau nodule de grafit (Fig. 3.17).

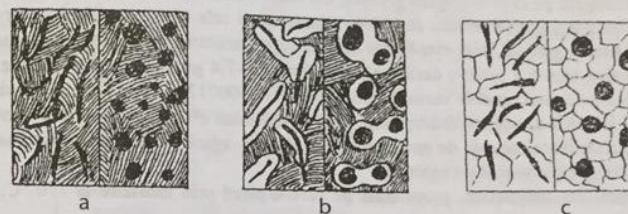


Fig. 3.17. Microstructurile caracteristice fontelor cenușii cu diferite mase de bază: a – fonte perlitice; b – fonte ferito-perlitice; c – fonte feritice

Aliajele feroase folosite în tehnică (oțelurile și fontele tehnice) conțin și alte elemente decât fierul și carbonul. Acestea se numesc elemente permanente însoțitoare ale fierului și ale carbonului și rămân în fonte și oțeluri în urma proceselor de extragere și elaborare. Deci, *aliajele tehnice* sunt, de fapt, *aliaje complexe cu mai mult de doi componenți*.

Principalele elemente permanente însoțitoare din fontele tehnice sunt siliciul, manganul, fosforul și sulfurul. Acestea sunt prezente în compoziția aliajelor feroase în proporții relativ mici (de ordinul sutimilor sau al zecimilor de procent), influențând într-o oarecare măsură cristalizarea, structura și proprietățile acestora.

Proprietățile mecanice ale fontelor cenușii depind de microstructura masei de bază și de forma, de mărimea și de distribuția grafitului.

Cea mai bună rezistență mecanică o au fontele perlitice, iar cea mai scăzută, fontele feritice. Grafitul, acționând ca o incluziune nemetalică, reduce considerabil plasticitatea și reziliența masei de bază. Influența cea mai nefavorabilă o are grafitul lamelar, care face ca fontele cenușii obișnuite să fie casante atât la rece, cât și la cald.

Fontele cenușii obișnuite – cu grafit lamelar – (SR EN 1561:1996) au simbolul format din literele Fc (fontă cenușie), urmat de un grup de cifre, care indică rezistența minimă la tracțiune, în N/mm², de exemplu:

- Fc 100 are, de obicei, o masă de bază feritică, cu rezistența ≥ 100 N/mm²;
- Fc 150, Fc 200 sunt fonte ferito-perlitice și au rezistența cuprinsă între 150 și 200 N/mm²;
- Fc 205, Fc 300 sunt fonte perlitice și au rezistența cuprinsă între 200 și 300 N/mm².

Rezistența fontelor cenușii obișnuite se obține în urma *tratamentului de modificare*, care constă în tratarea fontei lichide cu adaosuri mici de ferossiliciu, silicocalciu, aluminiu etc. Proporția de adaosuri modificatoare este de 0,3-0,8% din masa fontei lichide. Rezistența *fontelor modificate* (Fc 35, Fc 40) atinge valori de ordinul a 350-400 N/mm².

O utilizare mai bună a proprietăților masei de bază se obține în cazul *fontelor cu grafit nodular*. Forma rotunjită a grafitului asigură acestora o rezistență la tracțiune de 2-3 ori mai mare decât a fontei cenușii cu grafit lamelar cu aceeași masă de bază. De asemenea, prezența feritei în structură îmbunătățește plasticitatea și asigură și o oarecare reziliență.

Fontele cu grafit nodular (SR EN 1563:1999) se notează cu literele Fgn (fontă cu grafit nodular), urmate de două numere, dintre care primul indică rezistența minimă la tracțiune, iar celălalt, alungirea la rupere. De exemplu: Fgn 400-10 este o fontă cu grafit nodular, cu $R_m \geq 400$ N/mm², $A \geq 10\%$, masa de bază feritică și reziliența de 30 J/cm².

Odată cu apariția și cu creșterea proporției de perlită în masa de bază se mărește rezistența fontei, însă scade alungirea și reziliența, de exemplu:

- Fgn 450-5 este ferito-perlitică și are reziliența de 20 J/cm²;
 - Fgn 600-2 este perlitică și are reziliența de numai 15 J/cm².
- Duritatea fontelor cenușii depinde, în cea mai mare măsură, de structura masei de bază, astfel:
- fontele feritice au cea mai mică duritate (110-120 HB);
 - fontele ferito-perlitice au durități intermediare (130-180 HB);
 - fontele perlitice au durități maxime (200-250 HB).

O proprietate importantă a fontelor cenușii este capacitatea lor de a amortiza vibrațiile. De asemenea, fontele cenușii perlitice sunt rezistente la uzură, datorită, pe de o parte, durtății mari a cementitei din perlita, iar, pe de altă parte, efectului de autougere pe care îl asigură grafitul; ele sunt utilizate și ca fonte antifricțiune.

Proprietățile fizice ale fontelor cenușii sunt determinate, ca și cele mecanice, de structura masei de bază și de prezența grafitului. Astfel, grafitul, care este foarte ușor, reduce densitatea masei de bază, fontele cenușii feritice având densitatea mai mică ($6,6-6,8 \text{ g/cm}^3$) decât cele perlitice ($7,2-7,4 \text{ g/cm}^3$). Grafitul reduce și coeficientul de dilatare liniară al fontelor cenușii, acesta variind între $0,0001-0,00012 \text{ m/m} \cdot ^\circ\text{C}$. În schimb, grafitul mărește puțin conductibilitatea termică și reduce foarte mult conductibilitatea electrică a fontelor cenușii; rezistivitatea electrică a acestor materiale metalice este de aproximativ $70 \Omega \cdot \text{cm}$, adică de circa 7 ori mai mare decât a fierului și de circa 4 ori mai mare decât a oțelului eutectoid.

Fontele cenușii sunt feromagnetice, proprietate pe care o pierd prin încălzire la 770°C , când devin paramagnetice.

Dintre proprietățile tehnologice ale fontelor cenușii, fuzibilitatea și fluiditatea sunt foarte bune, permițând turnarea lor în piese cu pereți destul de subțiri. Fluiditatea fontelor crește cu creșterea conținutului de fosfor și este maximă la conținut de carbon eutectic de circa 4,3%.

Prelucrabilitatea prin așchiere a fontelor este foarte bună, deoarece grafitul ușurează ruperea așchiilor. Fontele sunt greu sudabile (numai la cald, asigurându-se măsuri speciale) și sunt neforjabile.

Fontele cenușii se utilizează pe scară largă la turnarea de piese cu configurații simple sau complicate, în construcția de mașini (batiuri de mașini-unelte, chiulase de motoare, rotoare de pompe de apă, carcase de mașini electrice etc.).

Datorită rezistenței sporite, fontele modificate se utilizează la turnarea de piese mai importante: cilindri pentru mașini cu abur, cilindri pentru motoare cu ardere internă etc.

Fontele cu grafit nodular, având rezistență și reziliență mărită, se utilizează la turnarea pieselor de importanță mare în construcția de autovehicule (arbori cotiți, axe cu came), în construcția de mașini grele și de utilaj metalurgic (saboți de ciocane pentru forjare, traverse pentru prese, cilindri de laminoare etc.), în industria chimică (pompe, ventile etc.). Fontele cu grafit nodular pot înlocui oțelul turnat (și chiar pe cel laminat) în construcția unor organe de mașini, realizându-se astfel importante economii.

Fontele maleabile se obțin din fonte albe hipoeutectice cu conținutul redus de carbon și de siliciu, prin tratamentul termic numit recoacere de maleabilizare; o compoziție tipică este următoarea: 2,5-3% C; 0,5-1,5% Si; 0,3-0,8% Mn; 0,05-0,10% S; 0,10-0,20% P. Tratamentul se bazează pe faptul că cementita din fontele albe fiind un constituent metastabil, se descompune prin încălzire la temperaturi înalte, cu durată de menținere de 50-100 h, formându-se grafitul (constituentul stabil, numit grafit de recoacere).

Dacă se descompune toată cementita, fonta are o masă de bază complet feritică: în spărtură, această fontă are culoare neagră (datorită grafitului), fiind denumită și fontă maleabilă neagră. Dacă se descompune numai cementita primară, masa de bază a fontei este complet perlitică: în spărtură, această fontă are culoarea alb-argintiu (datorită perlitiei), fiind denumită și fontă maleabilă albă. Dacă se descompune toată cementita primară și numai o parte din cea secundară, fonta are o masă de bază ferito-perlitică, cu o colorație gri-cenușie în spărtură.

Fontele maleabile (SR EN 1562:1999) se notează cu simbolul **Fm**, urmat de o literă, ce reprezintă caracterul spărturii (*n* – neagră, *a* – albă, *p* – perlitică), dar și de un număr constituit din trei cifre, ce reprezintă rezistența minimă la rupere prin tracțiune. De exemplu, Fmn 300 înseamnă fontă maleabilă cu $R_m \geq 300 \text{ N/mm}^2$ și cu culoarea neagră în spărtură, Fmp 450 – fontă maleabilă cu structură perlitică și cu $R_{min} \geq 450 \text{ N/mm}^2$, Fma – fontă maleabilă albă cu $R_{min} \geq 350 \text{ N/mm}^2$ și cu culoare albă în spărtură.

Fontele maleabile au alungire satisfăcătoare ($A = 10-12\%$ pentru fontele feritice și 2-6% pentru fontele perlitice) și se pot îndoi la rece până la unghiuri de $30-45^\circ$, fără să se rupă. Fontele maleabile se folosesc la fabricarea pieselor care funcționează în condiții de șocuri și vibrații (de exemplu, blocuri motoare la carter, de reductoare, flanșe, mufe, șaibe, cârlige, cleme, bride etc.).

În tabelul 3.4. sunt cuprinse câteva tipuri semnificative de fonte.

S-au utilizat următoarele notații: R_{min} = rezistența minimă la rupere la tracțiune, în N/mm^2 , A = alungirea minimă, în %.

Tabelul 3.4.

Grupa	Simbolul	Marca	Utilizarea
Fontă	brută (de primă fuziune) SR EN 10001:1999	fontă obișnuită fontă specială fontă de afânare	FK FX FAK
		FK0...FK5 FX1...FX7 FAK0...FAK4	cifrele indică ordinea din STAS
	fontă cenușie	Fc SR EN 1561:1999	Fc100...Fc400 (cifra indică R_{min})
	fontă cu grafit nodular	Fgn SR EN 1563:1999	Fgn 420-12, Fgn450-5 Fgn 500-3, Fgn 600-2 (cifrele indică R_{min} și A)
	turnată în piese	Fma albă	Fma 350, Fma 400
		Fmn neagră	Fmn 300, Fmn 320, Fmn 350
		Fmp perlitică	Fmp 450 Fmp 500...700
	fontă maleabilă SR EN 1562:1999		cifra indică R_{min}
			pentru elaborarea fontei turnate pentru turnătorie pentru elaborarea oțelului batiuri, carcase arbori, roți dințate, matrițe cilindri de laminor chei, pârgii, suporturi

• Fonte aliate

Fontele aliate au ca elemente de aliere: Mn, Si, Cr, Mo, W, V, Ti, Nb, Al. Alierea se realizează cu unul sau mai multe elemente. După conținutul total al elementelor de aliere, fontele se împart conform figurii 3.18.

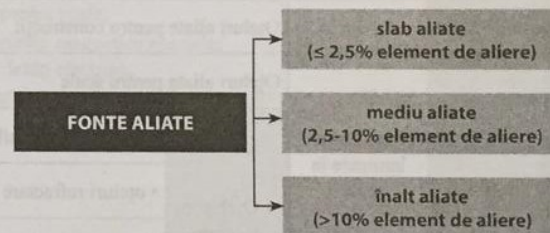


Fig. 3.18. Clasificarea fontelor aliate

Fontele cenușii slab aliate se folosesc la turnarea:

- pieselor supuse la alunecare cu frecare minimă (fonte antifricțiune);
- pieselor care lucrează în regim de temperatură cuprins între 400 și 1.000°C (fonte refractare).

În prima grupă se utilizează fonte slab aliate cu crom, nichel și cupru (STAS 6707-79). Pot fi cenușii lamelare, cenușii cu grafit nodular sau maleabile și se folosesc la turnarea de lagăre și bușe în care se rotesc arbori cu viteze periferice și presiuni de contact mici sau mijlocii. Fontele refractare (STAS 6706-79) sunt aliate cu 1-3% Cr și 2-6% Si, acestea împiedicând oxidarea sau creșterea (umflarea) pieselor în timpul funcționării la temperaturi înalte (șublere, grătare de cuploare, rame de răcire, plăci de reflexie la focare).

Fontele albe slab aliate cu crom, nichel și molibden au durtăți mai mari decât cele nealiate, motiv pentru care se utilizează la turnarea cilindrilor de laminoare cu crustă dură și extradură. Fonta albă formează o crustă cu grosimea de 20-40 mm, având o structură perlito-cementilică și durtatea de minimum 425 HV (durtate determinată prin metoda Vickers, exprimată în unități Vickers).

Fontele înalt aliate cu crom (12-30% Cr) sau cu aluminiu (19-25% Al) au masa feritică foarte rezistentă la coroziune, la abraziune și la oxidare la temperaturi înalte. Fonta înalt aliată feritică, cu 14-17% Si, este rezistentă la coroziunea în acizi; cea mai rezistentă la coroziune în diferite medii este fonta cenușie austenitică, înalt aliată, cu 14% Ni și 7% Cr. Fontele austenitice se folosesc și ca fonte nemagnetice, înlocuind aliajele neferoase în fabricarea pieselor turnate pentru industria electrotehnică.

SCHEMĂ RECAPITULATIVĂ

MATERIALE METALICE FEROASE	OȚELURI CARBON	Nealiat	Oțeluri carbon deformate plastic la cald	Oțeluri carbon pentru construcția de mașini	• oțeluri de uz general pentru construcții • oțeluri carbon de calitate				
				Oțeluri nealiat cu destinație specială	• oțeluri pentru prelucrare pe mașini-unelte automate • oțel fosforos pentru piulițe • oțeluri pentru construcția cazanelor și a recipientelor sub presiune • oțeluri pentru țevi laminate la cald				
					Oțeluri carbon pentru scule				
					Oțeluri cu destinație specială				
				Oțeluri carbon turnate în piese					
				Aliat	Oțeluri aliate laminate la cald	Oțeluri aliate pentru construcții			
						Oțeluri aliate pentru scule			
		Oțeluri speciale	• oțeluri inoxidabile și anticorozive • oțeluri refractare • oțeluri cu proprietăți magnetice speciale • oțeluri cu proprietăți electrice						
			Oțeluri aliate turnate în piesă						
			FONTE			Fonte turnate în piese	Fonte cenușii obișnuite		
							Fonte cu grafit nodular		
		Fonte maleabile							
		Aliat							

ACTIVITĂȚI DE SINTEZĂ ȘI EVALUARE

Test de evaluare

I. În exercițiile de mai jos (1-4) încercuiți literele corespunzătoare răspunsului corect:

1 Materialele metalice feroase sunt:

- a) brozurile;
b) fontele;
c) alamele;
d) oțelurile.

(0,5p)

2 În urma reacțiilor care au loc între materialele introduse în furnal, rezultă următoarele produse:

- a) oțeluri;
b) fonta topită;
c) fondanții;
d) zgura topită;
e) gazele de furnal.

(0,5p)

3 Din categoria oțelurilor speciale fac parte:

- a) oțelurile carbon;
b) oțelurile inoxidabile și anticorozive;
c) oțelurile refractare;
d) oțelurile carbon pentru scule;
e) oțelurile cu proprietăți magnetice speciale;
f) oțelurile cu proprietăți electrice;
g) oțelurile pentru prelucrare pe mașini unelte automate.

(0,5p)

4 După conținutul elementelor însoțitoare și după condițiile de solidificare, fontele turnate în piese pot fi clasificate în:

- a) fonte albe;
b) fonte aliate;
c) fonte pestrițe;
d) fonte brute;
e) fonte cenușii.

(0,5p)

II. Realizați corelația dintre cele trei, respectiv două coloane pentru exercițiile 1 și 2.

1

A (tipul de oțel)	B (conținutul de carbon)	C (valoarea durității)
oțeluri moi	0,60-0,90%	200-250 HB
oțeluri extradure	≤ 0,25%	140-200 HB
oțeluri semidure	0,90-1,40%	250-300 HB
oțeluri dure	0,25-0,60%	80-140 HB

2

A (tipul de fontă)	B (simbolul)
fontă maleabilă perlitică	Fc 100 ... Fc 400
fontă cenușie	Fma 350, Fma 400
fontă maleabilă albă	Fmp 450, Fmp 500...700 Fmp 500..700
fontă cu grafit nodular	Fmn 300, Fmn 320...350
fontă maleabilă neagră	Fgn 420-12, Fgn 450-5, Fgn 500-3, Fgn 600-2

III. Completați spațiile libere cu cuvinte corespunzătoare sensului științific.

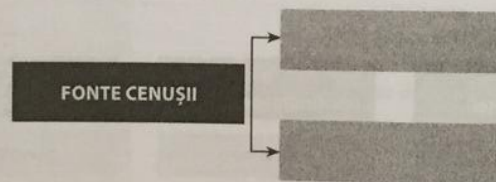
- a) Oțelurile sunt ce conțin până la 2,14% C și se caracterizează prin faptul că pot fi plastice la cald sau la prin presare, sau fără să se rupă. (0,25p)
- b) Oțeluri aliate, pe lângă fier, și elemente însoțitoare, și elemente în mod voit, numite elemente de (Cr, Ni, W, Mo, V, Ti etc.). (0,25p)
- c) Fontele se obțin în prin reducerea minereurilor de cu ajutorul și se numesc *fonte* (de primă fuziune). (0,25p)
- d) Afănarea constă în (arderea) unei părți a carbonului, a și a sulfului din fonta cu ajutorul minereului de fier, al sau al oxigenului. (0,25p)

Notă : Toate subiectele sunt obligatorii. Se acordă 1 punct din oficiu. Timp de lucru 50 de minute

Fișă de lucru

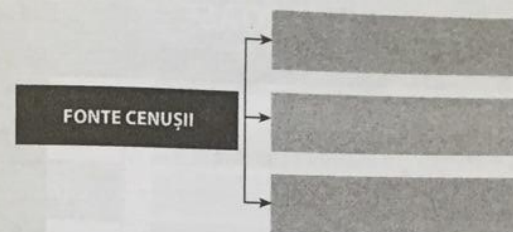
I. Completați căsuțele libere, conform cerințelor, pentru exercițiile 1-3:

- 1 După forma grafitului, fontele cenușii pot fi:



- 2 Oțelurile cu proprietăți magnetice speciale sunt:

- 3 După structura masei metalice de bază, fontele cenușii pot fi:



II. Realizați corelația dintre cele două coloane pentru exercițiile 1 și 2.

- 1 În coloana A este trecut conținutul total în elemente de aliere, iar în coloana B, tipul oțelului aliat.

A (conținutul total în elemente de aliere)	B (tipul oțelului aliat)
a) 10%	1. mediu aliat
b) < 2,5%	2. înalt aliat
c) 2,5-10%	3. slab aliat

- 2 În coloana A sunt trecute valorile durtății, iar în coloana B, structura masei metalice de bază pentru diverse tipuri de fontele cenușii.

A (valorile durtății)	B (structura masei metalice)
110-120 HB	fontă ferito-perlitice
110-120 HB	fontă perlitice
130-180 HB	fontă feritice Fmp 500..700

III. Rezolvați cerințele de mai jos.

- a) Cum simbolizați fontele cenușii obișnuite? Dați exemple.
- b) Ce fel de oțel reprezintă simbolul OLC 35 și cât carbon conține?
- c) Ce tip de fontă reprezintă simbolul Fgn 450-5? Precizați valoarea rezistenței minime la rupere prin tracțiune și valoarea alungirii.

Timp de lucru 15 minute.

TEMĂ DE STUDIU INDIVIDUAL

Elaborați o lucrare în care să prezentați utilizările produselor laminate la cald și pe cele ale produselor laminate profilate, inspirându-vă din mediul înconjurător (casa, școala, comuna sau orașul în care locuiți).

MATERIALE METALICE NEFEROASE

4.1. Clasificarea metalelor și a aliajelor neferoase

4.2. Cuprul și aliajele sale

4.3. Alumiul și aliajele sale

4

COMPETENȚE ȘI DEPRINDERI

Noțiunile prezentate în acest capitol contribuie la înțelegerea fenomenelor privind domeniile de utilizare ale:

- materialelor metalice neferoase, în funcție de modul de elaborare, de simbolizare și de proprietăți.

4.1. CLASIFICAREA METALELOR ȘI A ALIAJELOR NEFEROASE

Metalele și aliajele neferoase au o utilizare din ce în ce mai largă în diverse domenii industriale. Au rezistență mare la coroziune și sunt foarte mult utilizate în industriile constructoare de mașini, mecatronică, electronică, electroenergetică și chimică, datorită multiplelor avantaje.

Clasificarea metalelor neferoase se poate realiza după *forma* în care se găsesc în natură, conform figurii 4.1.

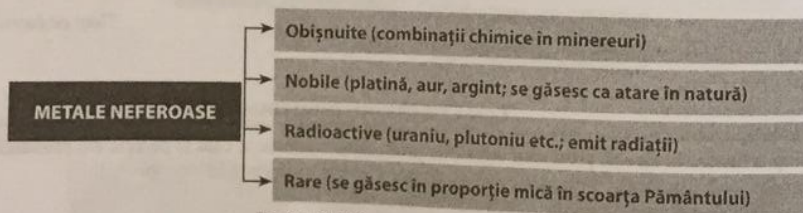


Fig. 4.1. Clasificarea metalelor neferoase

Materiale metalice neferoase

41

Aliajele neferoase se pot clasifica după două criterii de bază, precizate în figura 4.2.

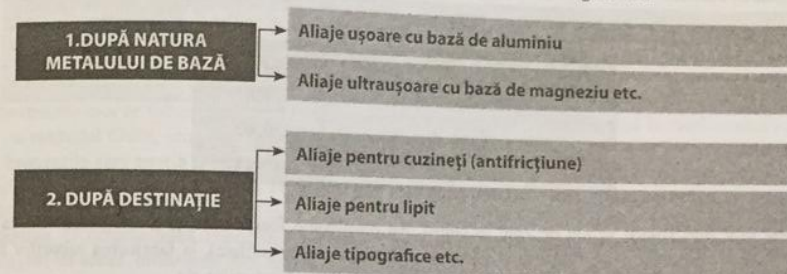


Fig. 4.2. Clasificarea aliajelor neferoase

4.2. CUPRUL ȘI ALIAJELE SALE

Cuprul este un metal de culoare roșiatică, greu ($d_{Cu} = 8.950 \text{ Kg/m}^3$) și relativ greu fuzibil ($T_{top} = 1.083 \text{ }^\circ\text{C}$). Este maleabil, rezistent la coroziunea atmosferică și are conductivitate termică și electrică mare.

Datorită proprietăților sale, cuprul se utilizează în electrotehnică drept conductor electric, în industria chimică (conduce pentru lichide organice), în fabricarea schimbătoarelor de căldură (serpentine, evaporatoare etc).

Cuprul pur are rezistență mică ($R_m = 20-25 \text{ daN/mm}^2$), duritatea de 40-50 HB, însă este elastic ($A = 40\%$) și rezistent la șoc, ceea ce permite prelucrarea ușoară prin deformare plastică la rece.

Proprietățile cuprului pot fi îmbunătățite prin aliere cu alte elemente: zincul, staniul, alumiul, siliciul, beriliul, nichelul.

Cuprul formează două mari categorii de aliaje, conform figurii 4.3.

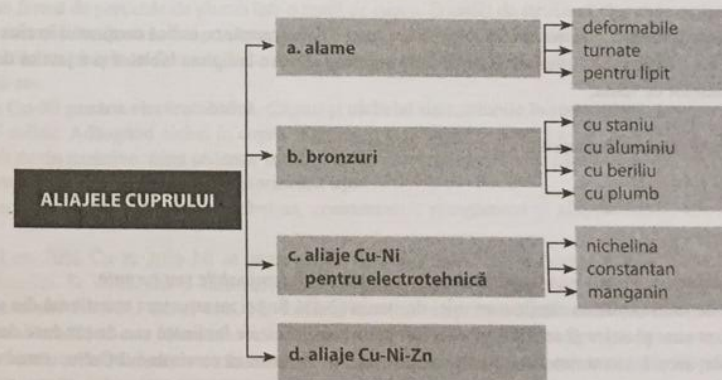


Fig. 4.3. Clasificarea aliajelor cuprului

a Alamele sunt aliaje ale cuprului cu zincul. Două metale topite împreună la răcire pot să formeze soluții solide, caz în care Zn este dizolvat în Cu sau este legat de Cu, formând compuși definiți (intermetalici). Soluțiile solide cele mai importante sunt α , β , γ , în funcție de modificarea rețelei cristaline cu temperatura, fenomen numit polimorfism.

➤ Alamele deformabile sunt binare (conțin două elemente). Se notează cu simbolul CuZn, urmat de un număr format din două cifre care indică conținutul de zinc (în procente).

Clasificarea alamelor deformabile se realizează după conținutul de zinc (tabelul 4.1.).

Tabelul 4.1. Clasificarea alamelor

Alame deformabile	% Zn
alame moi (sau tombac)	10-30
alame pentru presare	30-40
alame dure	40-45

Alamele moi sunt soluții solide de zinc în cupru. Au plasticitate foarte bună și pot fi prelucrate la rece prin laminare, trefilare și ambutisare. Se folosesc la fabricarea sârmelor trase (trefilate), la fabricarea tuburilor flexibile, a țevilor pentru serpentine, a cartuşelor, a diferitelor piese electrotehnice, a bijuteriilor etc.

Alamele pentru presare sunt, de asemenea, plastice și se pot prelucra prin deformare plastică la rece, sub formă de table și benzi laminate, bare trase, sârme trefilate. Alama cea mai reprezentativă pentru această grupă este cea care conține 63% Cu și 37% Zn. Prin deformare plastică la rece, alamele se ecruiesc și își măresc duritatea și rezistența, proprietăți datorită cărora sunt utilizate la fabricarea unor piese prelucrate prin așchiere (de exemplu, șuruburi).

Alamele dure, pe lângă soluție solidă α (de Zn în Cu α), au în structură și soluție solidă β (de Zn în Cu β), care este dură și fragilă, reducând plasticitatea aliajelor respective și măbindu-le rezistența. Se folosesc, în special, pentru obținerea unor piese prelucrate prin așchiere: șuruburi, roți dințate etc.

➤ **Alamele turnate** sunt alame obișnuite, cu 35-40% Zn sau alame speciale, în care, pe lângă zinc, se mai introduc și alte elemente de aliere (plumb, staniu, mangan, aluminiu, fier, nichel). Plumbul se introduce în proporție de circa 3%, pentru a le ușura prelucrarea prin așchiere, manganul pentru ameliorarea rezistenței la coroziune, iar fierul pentru mărirea rezistenței și a tenacității. Alamele turnate se notează cu simbolul cuprului (Cu), urmat de simbolul zincului (Zn), de simbolurile celorlalte elemente de aliere și de cifre care indică procentele elementelor de aliere. De exemplu alama CuZn 38 Pb 2 Mn 2 este aliată cu 38% Zn, 2% Pb și 2% Mn.

Din acest tip de alame se toarnă armături, carcase, elemente de garnituri etc., în forme de nisip, în cochilii sau sub presiune.

➤ **Alamele pentru lipit** se notează cu simbolul Am, urmat de un număr ce indică conținutul în zinc și de grupul de litere Lp (lipire). Se livrează sub formă de granule sau vergele și servesc la lipirea tablelor și a țevilor de cupru, alame de bronz, oțel și a pieselor de fontă.

b **Bronzurile** sunt aliaje ale cuprului cu diferite elemente, ca:

- staniu,
- aluminiu,
- beriliu,
- plumbul.

Bronzurile cu staniu au cea mai largă răspândire; acestea pot fi *laminabile* sau *turnate*.

➤ **Bronzurile laminabile** au conținuturi mici de staniu (2-8% Sn) și au structura constituită din soluție solidă α . Datorită acestui fapt sunt plastice și se folosesc sub formă de semifabricate laminate sau de produse deformate la cald sau la rece ca: table, arcuri, membrane, conductoare electrice etc. Se notează cu simbolul CuSn, urmat de un număr ce indică conținutul de staniu; de exemplu:

- CuSn 6 este un bronz cu un conținut de 6% Sn;
- CuSn 8 este un bronz cu un conținut de 8% Sn.

➤ **Bronzurile turnate** sunt aliaje binare CuSn, ternare Cu-Sn-Zn sau mai complexe Cu-Sn-Zn-Pb. Se notează cu simbolul cuprului (Cu) și simbolurile elementelor de aliere, acestea fiind urmate de cifre care arată conținuturile lor în procente. De exemplu:

- bronzul CuSn 10 Zn 2 este aliat cu 10% Sn și 2% Zn.

Bronzurile turnate se împart în două grupe (tabelul 4.2.).

Tabelul 4.2. Caracteristicile bronzurilor turnate

Bronz turnat	Conținut de staniu	Structura
bronzuri moi	4-6% Sn	soluție solidă α
bronzuri dure	10-20% Sn	soluție solidă α și un compus definit, dur și fragil

Bronzurile moi se folosesc pentru turnarea bușelor, a armăturilor, care lucrează în medii corozive obișnuite. Se notează cu simbolul CuSn, urmat de un număr indicând conținutul de staniu, și de litera T (turnat), de exemplu, CuSn 10T. La bronzurile care conțin și zinc (bronzuri cu staniu și zinc), simbolul conține și grupul de litere Zn. De exemplu, CuSn ZnT conține 6% Sn, 5% Zn și 4% Pb, acesta din urmă fiind introdus pentru ușurarea prelucrării prin așchiere.

Bronzurile dure au rezistențe mai mari și se folosesc la turnarea pieselor mecanice, cum ar fi: armături, roți, carcase pentru pompe. O caracteristică importantă a acestor bronzuri este rezistența mare la frecare, conferită de compusul definit Cu₃Sn; de aceea, bronzurile dure se mai numesc bronzuri antifricțiune și se folosesc la turnarea roților melcate, a bușelor, a lagărelor care sunt sollicitate la frecare.

Bronzurile cu aluminiu conțin circa 9% Al și au rezistența mecanică și rezistența la coroziune mai bune decât bronzurile cu staniu. Se folosesc în stare turnată, la fabricarea pieselor din industria chimică și electrotehnică (rotoare de pompe, lagăre, tije de pistoane, coroane dințate, glisiere, conductoare pentru curenți de densitate mică etc.).

Bronzurile cu beriliu prezintă un interes deosebit, deoarece proprietățile lor pot fi îmbunătățite prin tratamente termice. Aceste bronzuri conțin 2% Be și, în stare de echilibru, prin răcire lentă, structura lor este constituită din soluție solidă α și un compus definit CuBe. Prin încălzire la 850 °C, compusul definit se dizolvă, structura rămânând constituită numai din soluție solidă α . Această structură se menține printr-o răcire rapidă (adică prin tratament termic de călire) și la temperatura ambiantă.

Având în structura sa numai soluție solidă α , bronzul cu Be călit este moale și poate fi prelucrat prin deformare plastică la rece, sub formă de table, sârme, benzi etc. O încălzire ulterioară la 200-300 °C (care reprezintă un tratament termic de revenire) are drept rezultat precipitarea compusului definit CuBe și creșterea rezistenței, care atinge valori apropiate de cele ale oțelurilor (350 HB; $R_m = 120-150$ daN/mm²; $A = 2-6\%$).

Bronzul cu beriliu se folosește pentru confecționarea pieselor supuse la uzură, pentru arcuri inoxidabile, nemagnetice, pentru piese de ceasornice, pentru scule care nu produc scântei etc.

Bronzurile cu plumb conțin 10-30% Pb. Deoarece plumbul nu se dizolvă în cupru, el apare în structura bronzurilor respective sub formă de particule de plumb într-o masă de cupru. O astfel de structură răspunde cerințelor de funcționare a lagărelor cu alunecare, deoarece cuprul este mai dur și rezistent la uzură, iar plumbul are rol de autolubrifiant.

Bronzurile cu plumb se folosesc la turnarea lagărelor pentru piese de motoare cu ardere internă, a lagărelor de motoare grele etc.

c **Aliaje Cu-Ni pentru electrotehnică.** Cuprul și nichelul sunt solubile în stare solidă, în orice proporție, formând numai soluții solide. Adăugând nichel în cupru se produce o scădere însemnată a conductibilității electrice, astfel încât aliajele Cu-Ni devin rezistive, fiind utilizate la fabricarea rezistențelor electrice pentru reostate, utilizare justificată și de faptul că aceste aliaje sunt plastice și se deformează ușor.

Din această categorie fac parte nichelina, constantanul, manganinul și aliajele Cu-Ni-Zn (care mai au și alte utilizări).

Aliajul cu 70% Cu și 30% Ni se numește **nichelină** și are rezistivitatea electrică, la temperatura ambiantă, $\rho = 0,4 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Se utilizează la construcția reostatelor de pornire și a celor de reglare.

Constantanul are 60% Cu și 40% Ni. Rezistivitatea la temperatura ambiantă este mai mare decât a nichelinei ($\rho = 0,5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$). Când este folosit ca rezistență electrică, nu trebuie să fie încălzit la temperaturi mai mari de 400 °C. Combinat cu fierul, are tensiunea electromotoare termică mare, fapt pentru care este utilizat la fabricarea termocuplurilor fier-constantan, pentru măsurarea temperaturilor de până la 500 °C.

Pentru rezistențe electrice de precizie se folosește **manganinul**, care se obține din aliaje Cu-Ni prin înlocuirea unei părți mari de nichel cu mangan. Manganinul obișnuit are 80-85% Cu, 8-14% Mn și 2-5% Ni. Are rezistivitatea electrică, la temperatura ambiantă, $\rho = 0,45 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

d **Aliajele Cu-Ni-Zn** (numite și **alpaca**) se folosesc sub formă de table, benzi, bare, sârme și țevi, în industria chimică, alimentară și electrotehnică. Conțin 10-20% Ni și 30-20% Zn și sunt notate cu simbolul cuprului și al elementelor de aliere, urmate de un număr care arată conținutul procentual al elementului respectiv. De exemplu, aliajul CuNi 15 Zn 21 are 15% Ni, 21% Zn, iar restul, cupru. Aceste aliaje sunt moi și ușor deformabile, dar devin casante când sunt încălzite la 200-300 °C.

4.3. ALUMINIUL ȘI ALIAJELE SALE

Alumiuniul este un metal de culoare albă, ușor ($d_{Al} = 2.700 \text{ kg/m}^3$), care se topește la temperatura de 658°C . Este foarte moale (20-25 HB) și plastic ($A = 40\%$).

Conduce foarte bine căldura și electricitatea. Are rezistență mare la coroziune, datorită fenomenului de pasivizare, ce constă în autoacoperirea cu o peliculă subțire, densă și aderentă, de oxid de aluminiu, care îl protejează împotriva oxidării ulterioare. Datorită acestei proprietăți, precum și plasticității sale, aluminiul și aliajele sale se utilizează în industria chimică și alimentară. Având conductibilitate electrică mare, se folosește, de asemenea, drept conductor electric. Aluminiul are însă rezistența mecanică mai mică decât a cuprului ($R_m = 100 \text{ N/mm}^2$). Supus trefilării, nu ajunge la o rezistență mai mare de 250 N/mm^2 . Prin urmare, rezistența lui este insuficientă pentru a face față eforturilor la care sunt supuse conductoarele aeriene (linii de transport energetic). Din această cauză, se fabrică conductoare de aluminiu cu inimă de oțel sau conductoare din aliaje cu bază de aluminiu supuse unor tratamente termice, cu scopul măririi rezistenței mecanice.

Alierea aluminiului cu diferite elemente, cum ar fi siliciu, cuprul, magneziul, se face în scopul creșterii rezistenței mecanice, obținându-se astfel **aliaje cu bază de aluminiu**.

Aliajele aluminiului se pot clasifica după *scopul* în care sunt folosite, conform figurii 4.4.

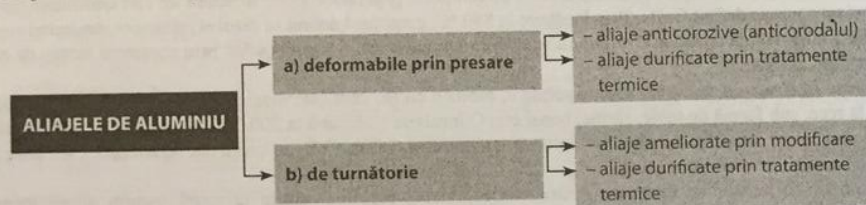


Fig. 4.4. Clasificarea aliajelor aluminiului

a Pentru obținerea **aliajelor anticorozive**, aluminiul se aliază cu mici cantități de magneziu sau de mangan. *Anticorodăul* este un astfel de aliaj care se folosește la fabricarea pieselor rezistente la coroziunea în medii chimice.

În **aliajele durificate prin tratament termic**, aluminiul este aliat cu elemente care au proprietatea de a forma compuși definiți fie cu aluminiul, fie între ele. Astfel, aluminiul formează compuși definiți cu cuprul și magneziul (Al_2Cu și Mg_2Si).

Dacă în aliaj se găsește în același timp și magneziul și siliciul, aceste două elemente pot forma compusul definit Mg_2Si . Compușii definiți duri conferă aliajului duritate mare și rezistență mecanică mai mare.

Dacă se dorește obținerea unei asociații optime între rezistență, plasticitate și tenacitate, aliajele de aluminiu se supun unui tratament termic de durificare care constă în două tratamente succesive: *călire* și *revenire*.

Cele mai importante aliaje din această categorie sunt *duraluminiurile*, care au aplicații multiple în construcția de mașini. Ele conțin cupru, magneziu, siliciu și mangan (uneori și alte elemente) și se supun tratamentului termic de durificare prin care se obțin rezistențe apropiate de cele ale oțelurilor nealiat.

b **Aliajele ameliorate prin modificare** cuprind aliajele de aluminiu aliate cu siliciu, numite *siluminuri*. Siluminul cu 12% Si este cel mai cunoscut și are o structură eutectică. Modificarea structurii se face prin adăugarea în siluminul lichid a unor cantități mici de sodiu metalic (circa 0,1%), ceea ce duce la creșterea plasticității.

Aliajele durificate prin tratamente termice conțin elemente care dau compuși definiți care se pot dizolva prin călire și care pot precipita prin revenire. Aceste aliaje se utilizează cel mai frecvent pentru confecționarea pistoanelor de motoare cu ardere internă rapidă (pentru autovehicule și avioane).

Aliajele de turnătorie sunt simbolizate cu simbolul AT (aliaj de turnare), urmat de simbolurile elementelor de aliere și de cifre care arată conținutul acestor elemente. De exemplu:

ATSi 5 Cu 3 reprezintă un aliaj de aluminiu de turnătorie cu 5% Si și 3% Cu.

SCHEMĂ RECAPITULATIVĂ

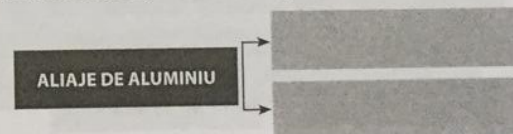
METALE ȘI ALIAJE NEFEROASE	Cupru	Alame
		Bronzuri
		Aliaje Cu-Ni pentru electrotehnică
		Aliaje Cu-Ni-Zn
	Aluminiu	Aliaje de aluminiu deformabile prin presare
		Aliaje de turnătorie

ACTIVITĂȚI DE SINTEZĂ ȘI EVALUARE

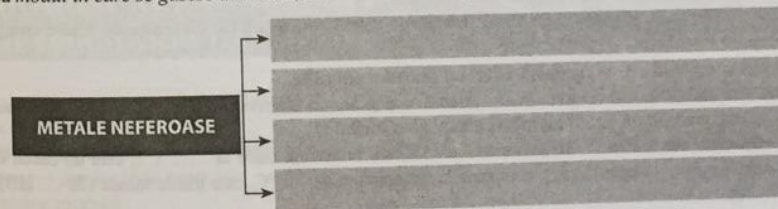
Fișă de lucru

I. Completați căsuțele libere conform conținutului științific pentru exercițiile 1-3.

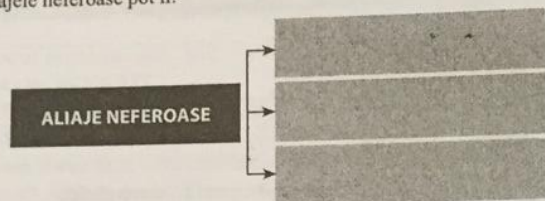
1 După *scopul* în care sunt folosite, aliajele de aluminiu pot fi:



2 După *modul* în care se găsesc în natură, metalele neferoase, pot fi:



3 După destinație, aliajele neferoase pot fi:



II. Realizați corelația dintre conținutul coloanelor, pentru exercițiile 1 și 2.

1 În coloana A este trecut tipul de bronz turnat, în coloana B, conținutul de staniu, iar în coloana C, structura bronzului.

A (bronz turnat)	B (staniu în %)	C (structura)
Bronzuri moi	10-20% Sn	soluție solidă α și un compus definit, dur și fragil
Bronzuri dure	4-6% Sn	soluție solidă α

2 În coloana A este trecut tipul de alamă deformabilă după valorile durității, iar în coloana B, conținutul de Zn.

A (alamă deformabilă)	B (conținutul de zinc)
alamă dură	30-40% Zn
alamă moale	40-45% Zn
alamă pentru presare	10-30% Zn

III. Răspundeți următoarelor întrebări.

- Cum simbolizați alamele deformabile? Dați exemple.
- Analizați simbolul CuZn 38 Pb 2 Mn 2. Ce fel de alamă definește? Ce elemente de aliere conține? În ce proporție?

IV. Completați spațiile libere cu termenii adecvați sensului științific.

- Cuprul este maleabil, rezistent la atmosferică și are conductivitate și mare, are culoare, este greu ($d_{Cu} = \dots \text{kg/m}^3$) și relativ greu fuzibil ($T_{top} = \dots \text{°C}$).
- Aluminiul conduce foarte căldura și, are rezistență mare la, este un metal de culoare, ușor ($d_{Al} = \dots \text{kg/m}^3$), care se topește la temperatura de°C, este foarte moale (20-... HB) și plastic ($A = \dots\%$).

Timp de lucru 15 minute.

TEMĂ DE STUDIU INDIVIDUAL

Elaborați un referat în care să precizați diferențele și asemănările dintre cupru și aluminiu, precum și dintre aliajele acestora.

MODIFICAREA STRUCTURII ȘI PROPRIETĂȚILOR MATERIALELOR METALICE

5

5.1. Modificarea structurii și proprietăților prin deformări plastice

5.2. Modificarea structurii și proprietăților prin tratamente termice

COMPETENȚE ȘI DEPRINDERI

Noțiunile prezentate în acest capitol contribuie la înțelegerea fenomenelor privind:

- enumerarea tipurilor de procedee prin care se modifică structura și proprietățile metalelor și aliajelor;
- justificarea necesității modificării structurii și proprietăților metalelor și aliajelor;
- alegerea tratamentului termic în funcție de scopul utilizării materialului metalic;
- recunoașterea procedeeelor prin care se modifică structura și proprietățile materialelor.

5.1. MODIFICAREA STRUCTURII ȘI PROPRIETĂȚILOR PRIN DEFORMĂRI PLASTICE

Proprietățile oțelurilor și ale fontelor cu structuri normale nu satisfac cerințele impuse de prelucrarea și de utilizarea ulterioară a acestora.

Modificarea structurii materialelor metalice determină, implicit, îmbunătățirea proprietăților acestora și se poate realiza prin următoarele procedee:

- deformare plastică;
- tratamente termice;
- tratamente termochimice;
- aliere.

definiție

Deformarea plastică este procedeul de prelucrare prin care un corp dintr-un material metalic solid este supus acțiunii unor forțe exterioare aplicate încet sau prin loviri repetate cu scopul de a se modifica forma.

Deformarea plastică se aplică numai materialelor metalice cu plasticitate mare, precum oțelurile.

Tipul de deformare plastică a oțelurilor este determinat de temperatura la care se aplică procedeul de prelucrare.



Deformarea plastică la rece se produce la temperatura ambiantă.
Deformarea plastică la cald se produce la temperaturi înalte.

Deformarea plastică la rece se aplică oțelurilor moi cu un conținut mai mic de 0,25% carbon, care au în structura lor peste 80% ferită. Oțelurile dure nu pot fi deformate plastic la rece, decât dacă li se aplică un tratament termic prin care cementita secundară din perlită este adusă la forma globulară.

Prin deformarea plastică la rece, ferita poliedrică se alungește și structura oțelului devine fibroasă și dură, producând creșterea caracteristicilor de rezistență (R_m , HB) și scăderea plasticității (alungirea A). Modificarea structurii cristaline a metalelor ca urmare a unei prelucrări prin deformare plastică la rece se numește **ecruisare** (întărire).

În figura 5.1. este prezentată variația structurii și a durității prin deformare plastică la rece și prin recristalizare ulterioară la 650 °C, pentru un oțel moale și un oțel dur (a – oțel moale, laminat la cald; b – oțel moale, deformat plastic la rece; c – oțel moale, deformat la rece și recristalizat la 650 °C; d – oțel dur, globulizat; e – oțel dur, deformat plastic la rece; f – oțel dur, deformat la rece și recristalizat la 650 °C).

Gradul de ecrusare depinde de gradul de deformare aplicat. Dacă deformarea este mare, rezultă un oțel foarte tare (notat ft). Prin scăderea gradului de deformare, gradul de ecrusare se micșorează și oțelul devine tare (t) sau jumătate tare (1/2t).

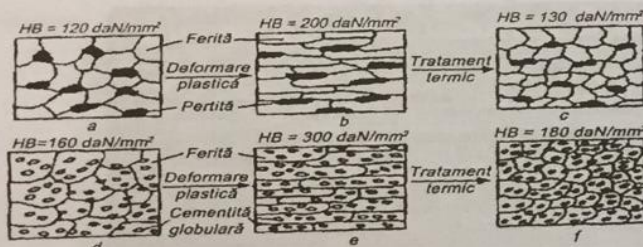


Fig. 5.1. Structura materialelor deformate plastic

În stare ecrusată, oțelul nu mai poate fi deformat la rece. Pentru a-l înmuia, se supune unei încălziri la 650-750 °C, în urma căreia ferita redevine din nou poliedrică; starea respectivă se numește stare moale (m) sau foarte moale (fm).

Deformarea plastică la cald se efectuează prin încălzirea oțelurilor la temperaturi înalte, la care structura este formată în totalitate din austenită. Majoritatea oțelurilor se deformează la cald (prin laminare, forjare, matrijare), la temperaturi cuprinse între 1.150 °C (începutul deformării) și 900 °C (sfârșitul deformării) și apoi se răcesc în aer liniștit.

Structura oțelurilor deformate plastic la cald este normală, constituită din: ferită poliedrică + perlită (la oțelurile hipoeutectoide), perlită (la cel eutectoid) și perlită + cementită secundară (la cele hipereutectoide).

5.2. MODIFICAREA STRUCTURII ȘI PROPRIETĂȚILOR PRIN TRATAMENTE TERMICE

definiție

Prin **tratament termic** se înțelege încălzirea metalelor și a aliajelor în stare solidă, la o anumită temperatură, menținerea la această temperatură o anumită perioadă de timp, urmată de o răcire lentă, medie sau bruscă, conform diagramei ciclului tratamentelor termice. Tratamentul termic are, așadar, un ciclu tehnologic definit de diagrama ciclului tratamentelor termice (Fig. 5.2.).

Modificarea structurii și proprietăților materialelor metalice

Scopul tratamentelor termice este acela de a modifica structura metalelor și a aliajelor în stare solidă, ceea ce conduce la modificări ale proprietăților fizico-mecanice sau tehnologice, în funcție de cerințele de exploatare. De exemplu, proprietățile oțelului pot fi influențate astfel:

- duritatea (oțelul poate deveni mai moale sau mai dur);
- plasticitatea (oțelul poate deveni mai plastic sau mai puțin plastic);
- elasticitatea (oțelul poate deveni mai elastic sau mai puțin elastic).

După scopul urmărit, tratamentele termice pot fi clasificate astfel:

- **tratamente termice preliminare** (sau primare), realizate pentru îmbunătățirea unor proprietăți tehnologice (pregătirea materialului metalic în vederea unor prelucrări ulterioare, cum ar fi: prelucrarea prin deformare plastică la rece, prelucrarea prin așchiere);
- **tratamente termice finale** (sau secundare), care au rolul de a aduce materialul metalic la structura și la proprietățile fizico-mecanice necesare funcționării optime în exploatare.

Tempul de încălzire a pieselor supuse tratamentelor termice de călire depinde de grosimea acestora. S-a stabilit în mod empiric (practic) că o piesă cu grosimea de 25 mm trebuie încălzită aproximativ o oră.

Cele mai des utilizate tratamente termice sunt:

- călirea;
- revenirea;
- recoacerea;
- normalizarea.

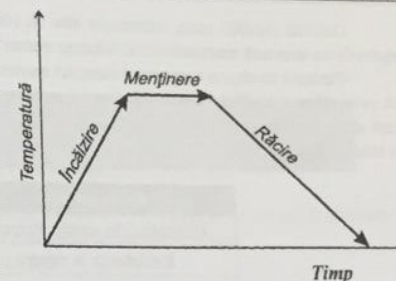


Fig. 5.2. Ciclul unui tratament termic

5.2.1. CĂLIREA OȚELURILOR

definiție

Călirea este un tratament termic care se aplică unui oțel cu scopul de a-i modifica structura și, implicit, proprietățile mecanice: duritate, elasticitate, rezistență etc.

Efectuarea acestui tratament termic se face în cuptoare speciale pentru călire. În aceste cuptoare, piesele din oțel se încălzesc la o temperatură cuprinsă între 750 și 880 °C, în funcție de procentul de carbon conținut de oțel, temperatura de încălzire fiind invers proporțională cu procentul de carbon. După ce piesele au fost încălzite la această temperatură, se face o răcire bruscă a acestora în apă, în ulei, în curenți de aer sau în apă în care au fost dizolvate diferite săruri, astfel încât să se realizeze o viteză de răcire de 180-200 °C/secundă.

Dacă un oțel este încălzit și apoi este răcit rapid, structura sa nu mai este formată din constituenți normali (ferită, perlită, cementită secundară), ci dintr-un alt constituenț cu aspect acicular, numit **martensită**.

Martensita este un constituenț specific călirii, dur și fragil, iar duritatea sa este cu atât mai mare cu cât procentul de carbon din oțelul supus călirii este mai mare (tabelul 5.1.).

Tabelul 5.1. Duritatea unor oțeluri călite

Marca de oțel călit	Duritatea	C
OLC 25	45 HRC	0,25%
OLC 45	60 HRC	0,45%
OSC 8	64 HRC	0,80%

Datorită durității mari, martensita este un constituent rezistent la uzură. Nu rezistă însă la șoc, motiv pentru care oțelurile cu structură martensitică se folosesc numai în cazul sculelor și al pieselor care trebuie să reziste la uzură fără șoc.

Pentru a se obține o structură complet martensitică la călire, oțelurile carbon trebuie răcite în apă rece. Se observă că, prin călire, oțelul își mărește duritatea și rezistența la rupere, dar își micșorează alungirea (tenacitatea). De exemplu, bară sau o sculă din oțel OSC 7, care conține 0,7% carbon, prezintă înainte, respectiv după călire proprietățile menționate în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2. Proprietățile principale ale OSC 7

Proprietatea	Înainte de călire	După călire
Duritatea (în unități Brinell)	180 HB	600 HB
Rezistența la rupere	6,7 daN/mm ²	162 daN/mm ²
Alungirea	19%	5%



Pentru ca tratamentul de călire să fie eficient, la efectuarea lui trebuie respectată cu strictețe temperatura de încălzire indicată în funcție de calitatea oțelului, deoarece, la această temperatură, oțelul capătă o structură omogenă. Dacă temperatura de încălzire nu este respectată, oțelul nu se căleşte, oricât de brusc ar fi răcit.

La efectuarea operației de călire, pot surveni anumite defecte care fac piesa nefolosibilă, precum *crăpături*, *încovoieri*, *formarea unor zone moi*, *oxidarea și decarburarea*.

Crăpăturile în piesă (Fig. 5.3.) pot apărea în momentul călirii sau după efectuarea acesteia, fiind cauzate fie de calitatea proastă a metalului, fie de o încălzire neuniformă. La călirea pieselor cu forme neregulate, executate din oțeluri cu conținut de carbon mare, apar importante tensiuni structurale, care creează pericolul de crăpare. Pentru a evita acest fenomen, piesele se introduc în bazine de călire, în anumite poziții (de exemplu, vertical, cu partea mai groasă înaintea etc.) și se agită energic.

Încovoierea (curbarea) piesei este un defect care poate apărea din cauza variațiilor bruște de volum ale acesteia. Prin încălzire, oțelul se dilată, adică își mărește volumul, iar printr-o răcire bruscă se contractă, micșorându-și volumul.

Formarea zonelor moi se poate produce când oțelul nu a fost încălzit uniform sau când temperatura de călire sau cea de răcire nu s-a obținut suficient de rapid. Zonile moi fac ca structura oțelului după călire să fie neomogenă (Fig. 5.4.).

Oxidarea și decarburarea pieselor de oțel se produc atunci când piesele se încălzesc în cuptoare cu flacără. Pisele capătă la suprafață un strat de oxid, motiv pentru care nu mai corespund scopurilor pentru care au fost fabricate. Din această cauză, piesele supuse la călire sunt prevăzute din proiectare cu un adaos de prelucrare care, după călire, se îndepărtează, acesta reprezentând tocmai stratul oxidat de pe piese.



La efectuarea tratamentului termic de călire trebuie să se respecte toate condițiile tehnice, pentru a fi evitate defectele descrise mai sus.

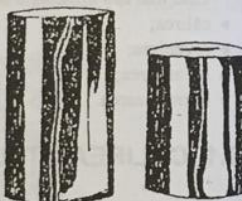


Fig. 5.3. Crăpături în piese apărute după călire

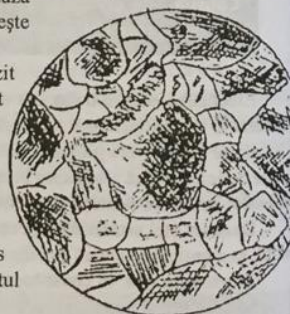


Fig. 5.4. Structură neomogenă (zone moi) a oțelului după călire

5.2.2. REVENIREA OȚELURILOR

definiție

Revenirea este tratamentul termic prin care un oțel călit se încălzește la o temperatură situată sub 727 °C, urmată de o răcire în aer liber, în ulei sau în apă.

Oțelurile călite au durități mari, sunt fragile și au tensiuni interne importante. De aceea, ele nu pot fi utilizate în această stare, fapt pentru care, după călire, întotdeauna se aplică un tratament termic de revenire.

Scopurile pentru care se aplică revenirea sunt cuprinse în figura 5.5.

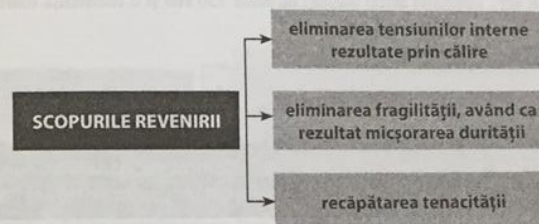


Fig. 5.5. Scopurile revenirii

În funcție de calitatea oțelului (de scule sau de construcție) și de scopul urmărit, se disting trei feluri de revenire:

- revenire la temperatură joasă;
- revenire la temperatură medie;
- revenire la temperatură înaltă.

Revenirea la temperatură joasă se face încălzind oțelul la o temperatură de 180-225 °C. Acest fel de revenire se aplică oțelurilor de scule de așchiere (1,1-1,5% C). Revenirea joasă nu modifică structura de călire, oțelul rămâne martensitic, cu duritate mare, însă elimină o mare parte din tensiunile interne, motiv pentru care se mai numește și detensionare.

Se aplică pieselor din oțel cementate, după călire, pentru a se realiza suprafețe dure, rezistente la frecare, fără tensiuni interne (piese supuse la uzare, scule așchietoare).

Revenirea medie se face încălzind oțelul la o temperatură de 300-400 °C, proces care conduce la scăderea durității oțelului, la mărirea tenacității și a elasticității lui.

Revenirea medie modifică structura oțelului călit, în sensul că, în tendința de a se apropia de echilibru, martensita se descompune într-un amestec de ferită și cementită secundară, numită *troostită de revenire*.

Troostita de revenire are duritate mai mică decât martensita (400-450 HB) și se caracterizează prin elasticitate mare. De aceea, revenirea medie se aplică pieselor din oțel care trebuie să fie elastice în exploatare (arcuri, resorturi, bușe extensibile) și oțelurilor pentru scule cu 0,6-1,1 % carbon, care, pe lângă duritate, necesită o tenacitate mai mare (scule de lovire: ciocane, unelte pentru agricultură etc.).

Revenirea înaltă se aplică oțelurilor pentru construcții cu 0,2-0,6% carbon, prin încălzirea oțelului la o temperatură de 550-650 °C și are ca efect îmbunătățirea tenacității pieselor din acest oțel.

Revenirea înaltă conduce la o apropiere de echilibru și mai accentuată. Martensita se descompune într-un amestec de ferită și cementită secundară, care poartă numele de *sorbită*.

Sorbita are duritate mai mică decât troostita de revenire (250-350 HB) și se caracterizează printr-o asociație ideală de proprietăți mecanice, deoarece este, în același timp, rezistentă, plastică și tenace. De aceea, revenirea înaltă se aplică la organele de mașini în mișcare care trebuie să satisfacă complexul de proprietăți sus menționate (arbori, biele, discuri, buloane etc.). Tratamentul termic dublu, constituit din călire și revenire înaltă, se numește *tratament de îmbunătățire*.

Temperatura de revenire, la care trebuie încălzit oțelul, se controlează cu ajutorul termometrelor sau al pirometrelor. Culoarea pe care o capătă oțelul când este încălzit în vederea revenirii constituie, de asemenea, o modalitate de control al temperaturii.

5.2.3. CĂLIREA ȘI REVENIREA FONTELOR

Piese din fontă cenușie se supun foarte rar tratamentelor termice de călire și revenire, întrucât grafitul mărește pericolul de crăpare la călire.

Atunci când se aplică, tratamentul de călire al fontelor constă în încălzire la 850-900 °C și răcire în ulei.

Revenirea se efectuează în funcție de scopul urmărit:

- la piesele ce trebuie să aibă rezistență bună la uzare, se aplică revenirea joasă la 200-300 °C;
- la piesele ce trebuie să aibă o elasticitate mai bună (de exemplu, la segmentii de piston), se aplică revenire medie la 400-450 °C.

Structurile de revenire medie și înaltă ale pieselor nu au proprietăți superioare celor obținute direct prin turnare.

Rezultate mai bune se obțin prin aplicarea călirii izoterme la bainită (încălzire la 850-900 °C și răcire în baie de săruri până la 400 °C și apoi în aer), obținând astfel duriți de peste 350 HB și o rezistență mare la uzare.

5.2.4. RECOACEREA OȚELURILOR

definiție

Recoacerea este un tratament termic prin care piesele se încălzesc până la o anumită temperatură dependentă de scopul recoacerii, urmată de o răcire înceată în cuptor sau în aer liber liniștit.

Dacă *modul de răcire*, recoacerea poate fi:

- de *scurtă durată sau normalizare*, dacă răcirea se face în aer liber liniștit.
- de *lungă durată sau recoacere propriu-zisă* dacă răcirea se face în cuptor (odată cu cuptorul sau sub cenușă caldă).

Recoacerea se aplică pieselor prelucrate la rece (forjate), turnate sau sudate, precum și pieselor călite în vederea decălirii.

Recoacerea de scurtă durată (normalizarea)

Recoacerea de scurtă durată (normalizarea) se deosebește de celelalte tipuri de recoaceri prin faptul că răcirea se face în aer liber, liniștit.

definiție

Normalizarea este un tratament mai scurt și mai ieftin decât recoacerea de lungă durată, însă oțelul astfel tratat are o duritate mai mare decât în cazul recoacerii, fără tensiuni interne și o structură internă mai fină.

Normalizarea (recoacerea de normalizare) constă în încălzirea pieselor din oțel la o temperatură de 750-880 °C (la fel ca pentru călire). În cazul tratamentului de normalizare, răcirea oțelului se execută în aer (piesele se scot din cuptor). Ca urmare, oțelul are tot o structură normală, dar cu perlită mai multă și mai fină, ceea ce asigură o duritate mai mare. Ea are dublu scop:

- restabilirea structurii (normalizarea), respectiv micșorarea grăunților cristalini, motiv pentru care se mai numește și *recoacere de restabilire (normalizare)*;
- eliminarea tensiunilor interne; în acest caz, răcirea se realizează în două etape: de la temperatura de încălzire până la 550-600 °C, răcirea se face în aer liber, iar de la această temperatură, răcirea se face sub cenușă caldă sau în cuptor.

Această recoacere se aplică oțelurilor supraîncălzite sau pieselor forjate care au fost încălzite pentru forjare timp îndelungat la o temperatură foarte ridicată. Normalizarea se aplică și construcțiilor sudate, din oțeluri nealiat. Pentru

se încălzi întreaga construcție sudată, normalizarea se execută local, numai la îmbinările sudate, folosindu-se metode de încălzire locală (cuptoare-mașon, panouri de încălzire electrice).

Atât recoacerea de regenerare, cât și cea de normalizare se aplică tuturor pieselor forjate, din oțeluri de construcție și pieselor turnate din oțel.

Recoacerea de lungă durată (recoacerea propriu-zisă)

Recoacerea de lungă durată (recoacere propriu-zisă) este un tratament termic prin care piesele se încălzesc până la o anumită temperatură, dependentă de scopul recoacerii, urmată de o răcire înceată în cuptor (odată cu cuptorul sau sub cenușă caldă).

După scopul urmărit, *recoacerea de lungă durată (recoacere propriu-zisă)* poate fi de mai multe tipuri, conform figurii 5.6.

RECOACEREA DE LUNGĂ
DURATĂ
(recoacere propriu-zisă)

- recoacerea de regenerare (omogenizarea)
- recoacerea de maleabilizare (înmuierea)
- recoacerea de globulizare
- recoacerea de recrystalizare
- recoacerea de detensionare

Fig. 5.6. Tipurile recoacerii propriu-zise

Recoacerea de regenerare (omogenizarea) se aplică după prelucrarea la cald a oțelurilor care au, în general, structuri caracterizate prin grăunte cristalin mare și structură neuniformă. Grăunțele de dimensiuni mari prezintă dezavantajul că reduc rezistența la șoc a oțelului. Grăunțele mare și structura neuniformă pot fi înlocuite cu o structură cu grăunte fin (de dimensiuni mici) și cu o distribuție uniformă a constituenților structurali, prin aplicarea tratamentului termic de recoacere de regenerare. Recoacerea de omogenizare constă în încălzirea pieselor turnate din oțel la o temperatură de 1.100-1.150 °C, urmată de menținerea un anumit timp la această temperatură, apoi de răcire înceată în cuptor până la temperatura ambiantă. Ca urmare a răcirii lente până la temperatura ambiantă se obține o structură cristalină normală, cu grăunți fini.

Recoacerea de maleabilizare (înmuierea) constă în încălzirea oțelului în jurul temperaturii de 727 °C, timp de 5 ore, urmată de o răcire treptată. Se aplică, în special, oțelurilor forjate dure și extradure, care au un conținut mai ridicat de carbon, pentru a le îmbunătăți prelucrabilitatea prin așchiere. Are drept scop transformarea lamelelor de cementită în globule aproape sferice, cu acțiune abrazivă mai redusă. Acest tratament este denumit și *recoacere de globulizare*.

În urma acestei recoaceri, oțelurile se prelucurează mai ușor la mașinile-unelte, iar uzura mașinilor, a sculelor așchietoare și numărul de ore-om și ore-mașină sunt mai mici.

Recoacerea de globulizare constă în încălzirea oțelurilor la temperatura de 750-780 °C, menținerea la această temperatură timp îndelungat (10-20 h) pentru realizarea procesului de globulizare a lamelelor de cementită, urmată de răcirea foarte lentă de 20 ~ 30 °C/h, de la temperatura respectivă și până la circa 650 °C.

Recoacerea de recrystalizare a oțelurilor constă în încălzirea acestora la 700-750 °C, menținerea la această temperatură timp de 15-45 minute și răcirea în aer. Se aplică produselor din oțel deformate plastic la rece (ecruisate) și are ca rezultat obținerea stărilor moale sau foarte moale.

Recoacerea de detensionare diferă după condițiile de aplicare, de la caz la caz. În urma prelucrărilor la cald sau la rece, în produsele metalice apar tensiuni interne. Tensiunile interne sunt generate de următoarele cauze:

- neuniformitatea răcirii pieselor (tensiuni termice sau de contracție);
- modificările de volum specific, ca urmare a transformării austenitei în diferite structuri (tensiuni structurale);
- fenomenul de ecruisare (tensiuni de deformare);
- dezechilibrul mecanic produs prin schimbarea formei geometrice a pieselor în cursul prelucrărilor prin așchiere (tensiuni de prelucrare prin așchiere).

Unele dintre tensiunile interne rămân în produse și după terminarea prelucrărilor respective. Aceste tensiuni interne remanente sunt dăunătoare calității produselor, deoarece reduc rezistența mecanică, favorizează ruperile prin șoc sau la oboseală, micșorează rezistența la coroziune etc. Tensiunile interne remanente se pot elimina prin tratamentul termic de recoacere de detensionare, care poate cuprinde următoarele etape:

- detensionarea după turnare sau sudare, realizată prin încălzire la 600-650 °C;

- detensionarea după prelucrarea prin deformare plastică la rece, la 340-400 °C;
- detensionarea după prelucrările prin aşchiere; se practică mai rar şi se poate efectua la temperaturi de 450-500 °C (după degroşări) sau la 150-200 °C (după finisări, la piese de mare importanţă, care în funcţionarea ulterioară trebuie să se deformeze sub acţiunea tensiunilor interne produse de prelucrarea prin aşchiere).



O condiţie esenţială la aplicarea recoacerii de detensionare este ca răcirea să se efectueze foarte încet (dirijată).

5.2.5. RECOACEREA PIESELOR TURNATE DIN FONTĂ

În cazul **pieselor turnate din fontă**, se aplică următoarele tipuri de recoacere:

- recoacere de detensionare;
- recoacere de normalizare.

Recoacerea de detensionare constă în încălzirea pieselor turnate din fontă la 500-550 °C. După turnare, în cursul solidificării pieselor din fontă, contracţia lor este mare şi neuniformă, datorită grosimii diferite a pereţilor pieselor determinând astfel apariţia unor tensiuni interne importante. Dacă aceste tensiuni nu sunt eliminate prin detensionare, ele acţionează asupra pieselor după prelucrarea prin aşchiere a acestora, deformându-le.

Recoacerea de normalizare se aplică pieselor din fontă cenuşie care au structuri ferito-perlitice, cu scopul de a le mări duritatea prin creşterea proporţiei de perlită din structură. Operaţia se execută prin încălzire la 850-900 °C menţinere la această temperatură şi răcire în aer. Cu cât menţinerea este mai îndelungată, cu atât rezultatele sunt mai bune, fonta ajungând la o structură cu masa de bază complet perlitică.

Aplicarea tratamentelor termice la oţelurile aliate şi la oţelurile rapide

Oţelurilor aliate, adică cele care mai au în compoziţia lor şi alte elemente în afară de carbon, precum crom-nichel, crom-mangan etc., li se aplică aceleaşi tratamente termice ca şi oţelurilor carbon.

Încălzirea acestor oţeluri se face mult mai încet şi la temperaturi mai ridicate, iar timpul de răcire este mai mic sau mai mare, depinzând de calitatea oţelului.

Tratamentele termice care se aplică cel mai mult la aceste oţeluri sunt:

- călirea;
- revenirea.

La oţelurile aliate pentru construcţii, temperatura de călire variază în intervalul 800-1.050 °C, iar temperatura de revenire este de 500-700 °C.

Oţelurile rapide se încălzesc la o temperatură de 1.200-1.300 °C. Până la temperatura de 850-900 °C, oţelul se încălzeşte foarte încet, pentru a se evita producerea de crăpături. Peste această valoare a temperaturii, oţelul se poate încălzi şi mai repede.

La oţelul rapid de scule revenirea se face la temperatura de 550-600 °C. Pentru a căpăta duritatea necesară, după călire, oţelului rapid i se aplică alte două-trei reveniri.

Aplicarea tratamentelor termice la oţelurile aliate şi rapide trebuie să se facă cu o atenţie deosebită în ceea ce priveşte încălzirea materialului până la temperaturile indicate pentru tratamentul respectiv.

SCHEMĂ RECAPITULATIVĂ

MODIFICAREA STRUCTURII ŞI PROPRIETĂŢILOR MATERIALELOR METALICE	Deformare plastică	Deformarea plastică la rece	
		Deformarea plastică la cald	
	Tratamente termice	Călirea	
		Revenirea	la temperatură joasă
			la temperatură medie
			la temperatură înaltă
		Recoacerea de scurtă durată	
		Normalizarea	
		Recoacerea de lungă durată	de regenerare (omogenizarea)
			de maleabilizare (înmuierea)
			de globulizare
			de recristalizare

ACTIVITĂŢI DE SINTEZĂ ŞI EVALUARE

Test de evaluare

I. În exerciţiile de mai jos, încercuiţi literele corespunzătoare răspunsului corect.

- După tratamentul termic de călire aplicat materialelor metalice feroase, proprietăţile care se li se îmbunătăţesc sunt:
a) elasticitatea;
b) sudabilitatea;
c) rezistenţa mecanică;
d) duritatea;
e) plasticitatea. (0,5p)
- Mediul de răcire la tratamentul termic de călire a oţelurilor poate fi:
a) clorură de sodiu;
b) ulei;
c) apă;
d) curenţi de aer;
e) apă în care s-au dizolvat diferite săruri. (0,5p)
- Deformarea plastică la cald a oţelurilor se poate realiza prin:
a) laminare;
b) forjare;
c) extrudare;
d) sudare;
e) turnare;
f) matrişare. (0,5p)

4 După temperatura la care are loc tratamentul, revenirea poate fi:

- întă;
- de detensionare;
- medie;
- după călire;
- joasă.

(0,5p)

II. Marcați prin săgeți corelația dintre coloanele A și B și, după caz, B și C.

1 Realizați corelația dintre cele trei coloane: A (proprietatea mecanică a oțelului), B (înainte de călire) și C (după călire), corespunzătoare oțelului pentru scule OSC 7. (3,5p)

A (proprietatea mecanică a oțelului)	B (înainte de călire)	C (după călire)
Duritatea (în unități Brinell)	19%	162 daN/mm ²
Rezistența la rupere	180 HB	5%
Alungirea	6,7 daN/mm ²	600 HB

2 Realizați corelația dintre cele două coloane: A (tipul tratamentului termic de revenire), B (temperatura de încălzire). (2,5p)

A (tipul tratamentului termic de revenire)	B (temperatura de încălzire)
Revenirea la temperatură joasă	300-400 °C
Revenirea medie	550-650 °C
Revenirea înaltă	180-225 °C

III. Completați spațiile libere cu termeni adecvați sensului științific.

- Deformarea plastică** este de prelucrare prin care un corp dintr-un material solid este supus acțiunii unor forțe aplicate încet sau prin repetate cu scopul de a i se forma. (0,25p)
- Revenirea** este tratamentul prin care un oțel se încălzește la o temperatură situată 727 °C, urmată de o în aer liber, în sau în (0,25p)
- Recoacerea** este un termic prin care piesele se până la o anumită temperatură dependentă de scopul urmată de o răcire încetă în sau în aer liber. (0,25p)
- Călirea** un tratament termic care se aplică unui cu scopul de a-i modifica și, implicit, proprietățile duritate, elasticitate, rezistență etc. (0,25p)

Notă: Toate subiectele sunt obligatorii. Se acordă 1 punct din oficiu. Timp de lucru 50 de minute.

Fișă de lucru

I. Completați căsuțele libere conform conținutului științific pentru exercițiile 1-3.

1

SCOPURILE REVENIRII

2

PROCEDEE DE MODIFICARE A STRUCTURII MATERIALELOR METALICE

3

TIPUL DE RECOACERE APLICAT PIESELOR TURNATE DIN FONTĂ

II. Prin linii simple realizați corelația dintre cele două coloane pentru exercițiile 1 și 2.

1 În coloana A este trecută temperatura la care se realizează deformarea plastică a oțelurilor, iar în coloana B – tipul de deformare plastică.

A (temperatura)	B (tipul de deformare plastică)
Temperatură înaltă	Deformarea plastică la rece
Temperatura ambiantă	Deformare plastică la cald

2 În coloana A este trecut tratamentul termic aplicat oțelurilor, iar în coloana B – noul constituenț structural al masei metalice de bază, care apare în timpul acestui tratament.

A (tratamentul termic)	B (constituent structural al masei metalice de bază)
Călire	Troostita
Revenire medie	Sorbita
Revenire înaltă	Martensita

III. Rezolvați următoarele cerințe:

- Descrieți defectele ce pot să apară la piesele din oțel supuse tratamentului termic de călire.
- Enumerați cauzele care generează apariția tensiunilor interne în produsele metalice, după prelucrarea acestora la cald sau la rece.
- Care este tratamentul termic aplicat pieselor metalice în scopul eliminării tensiunilor interne?
- Precizați care sunt cauzele ce pot duce la apariția crăpăturilor în piesele din oțel supuse călirii.

Timp de lucru 15 minute.

TEMĂ DE STUDIU INDIVIDUAL:

Elaborați un referat având ca temă: Modificarea structurii cristaline a metalelor ca urmare a unei prelucrări prin deformare plastică la rece.

COROZIUNEA METALELOR ȘI ALIAJELOR

6.1. Generalități. Tipuri de coroziune

6.2. Protecția anticorozivă

6

COMPETENȚE ȘI DEPRINDERI

Noțiunile prezentate în acest capitol contribuie la înțelegerea fenomenelor privind:

- explicarea fenomenelor „vinovate” de producerea coroziunii;
- identificarea formelor de coroziune;
- alegerea metodei adecvate de protecție pentru materialele metalice în funcție de mediul de lucru.

6.1. GENERALITĂȚI. TIPURI DE COROZIUNE

definiție

Coroziunea este un proces de degradare lentă și progresivă a materialelor metalice (feroase sau neferoase), de la suprafață spre interior, sub acțiunea mediilor chimice active.

După modul în care se produce atacarea materialelor metalice, coroziunea poate fi:

- superficială;
- locală;
- intercrystalină.

a. **Coroziunea superficială** constă în corodarea întregii suprafețe a produsului metalic. Poate fi uniformă, dacă se produce pe aceeași grosime în toată suprafața, sau neuniformă, dacă adâncimea de corodare este inegală (Fig. 6.1. a, b).

b. **Coroziunea locală** cuprinde anumite zone din întreaga suprafață a produsului metalic, formând puncte, pete, adâncituri sau umflături (Fig. 6.1. d, e).

c. **Coroziunea intercrystalină** constă în pătrunderea coroziunii pe marginea grăunților cristalini (Fig. 6.1. f).

Coroziunea metalelor și aliajelor

59

Coroziunea superficială și coroziunea intercrystalină au ca efect micșorarea grosimii pieselor (reducerea secțiunii) și, prin urmare, micșorarea rezistenței mecanice, iar coroziunea locală produce reducerea capacității de deformare plastică a materialului metalic.

Din punct de vedere al factorilor care provoacă coroziunea, aceasta poate fi:

- chimică;
- electrochimică;
- atmosferică.

➤ **Coroziunea chimică** se produce în urma unor reacții chimice obișnuite între agentul coroziv și materialul metalic. Agenții corozivi sunt gaze uscate sau substanțe lichide care nu conduc curentul electric.

Coroziunea sub acțiunea gazelor uscate (coroziunea gazoasă) se produce, în special, prin reacția dintre metale și oxigen (sau combinații oxigenate: CO_2 , SO_2), în absența totală a umidității. În urma acestei reacții, la suprafața metalului se formează o peliculă de oxid.

Dacă pelicula de oxid este densă și aderentă, oxigenul nu mai poate pătrunde prin ea și metalul este apărut de coroziunea ulterioară. Acest fenomen se numește *pasivare*.

Dacă pelicula de oxid este poroasă și neaderentă, oxigenul continuă să atace metalul, fenomenul de coroziune accentuându-se. Coroziunea produsă sub acțiunea gazelor este favorizată de creșterea temperaturii.

➤ **Coroziunea electrochimică** are loc atunci când metalele vin în contact cu anumite substanțe lichide, capabile să conducă curentul electric, numite *electroliti*.

Astfel de electroliti sunt soluțiile apoase de săruri și apă obișnuită (sub formă de umiditate atmosferică, ceață, aburi).

Coroziunea electrochimică se bazează pe fenomene asemănătoare cu acelea care au loc în pilele galvanice (Fig. 6.2.).

➤ **Coroziunea atmosferică** se produce, în special, pe cale electrochimică, deoarece în atmosferă există întotdeauna o anumită proporție de apă (umiditatea).

Apa atmosferică este, de fapt, un electrolit, deoarece ea dizolvă cantități mici de gaze sau săruri (oxizi de sulf, oxizi de azot, cloruri etc.). Condensându-se pe suprafața unui material metalic neomogen, se declanșează coroziunea electrochimică a acestuia.

Coroziunea atmosferică este mai accentuată iarna decât vara. Este mai pronunțată în zonele industriale, în orașe, pe litoralul mărilor și al oceanelor.

Aceste fenomene se explică prin diferența de umiditate între anotimpuri, prin atmosfera mai impură a așezărilor industriale și prin faptul că aerul marin este mai umed și mai sărat decât cel montan.

Viteza de coroziune (v_c) este indicatorul prin care se apreciază coroziunea unui material metalic.

Se poate determina prin:

- adâncimea de coroziune (în mm/an)
- pierderea în masă (în $\text{g/m}^2 \cdot \text{h}$).

După viteza de coroziune, materialele metalice pot fi clasificate conform tabelului 6.1.

Tabelul 6.1.

Materialele metalice	Viteza de coroziune v_c (mm/an)
incrodabile	< 0,001
stabile	< 0,05
materiale cu rezistență slabă la coroziune	> 1

Viteza de coroziune depinde atât de mediul de coroziune, cât și de proprietățile și de starea materialului metalic.

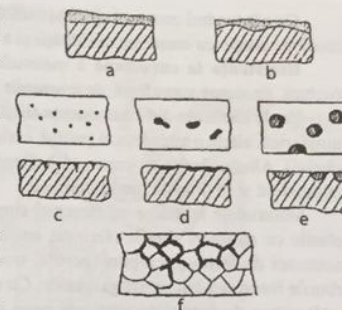


Fig. 6.1. Diferite forme de coroziune

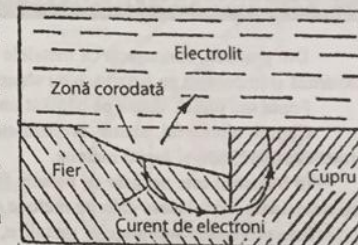


Fig. 6.2. Schema coroziunii electrochimice a fierului în contact cu cupru

Cu cât mediul este mai agresiv, cu atât viteza de coroziune este mai mare. În cazul atmosferei ambiante, viteza de coroziune crește cu creșterea umidității și a conținutului de gaze corozive.

Rezistența la coroziune a materialelor depinde de: compoziția chimică, de mărimea grăuntelui cristalin, de structură, de starea suprafeței, de tensiunile mecanice.

Unele elemente din componența aliajelor feroase (precum fosforul, cuprul, cromul) măresc rezistența la coroziunea atmosferică; altele o micșorează (sulfur, carbonul) sau nu au o influență netă când se găsesc în conținuturi mici (manganul, nichelul). Alierea înaltă cu crom, nichel, molibden, siliciu face ca aliajele feroase să devină inoxidabile și anticorozive în atmosferă și în diferite medii chimice.

Materialele metalice cu structuri simple se corodează mai încet decât cele cu structuri complexe. De exemplu, oțelurile cu structuri simple (ferritice, austenitice) au cea mai mare rezistență la coroziune, pe când cele formate din amestecuri de ferită și carburi (perlită, troostită) se corodează mai repede pe cale electrochimică, deoarece ferita și carburile formează micropile galvanice. Cu cât grăuntele cristalin este mai mare și structura mai îndepărtată de echilibru, cu atât viteza de coroziune este mai mare (oțelurile călite se corodează mai ușor decât cele recoapte sau revenite). O suprafață cu rugozități, rizuri, fisuri se corodează mai repede decât una netedă sau lucioasă. Un material metalic în care există tensiuni mecanice remanente se corodează mai repede decât unul detensionat.

6.2. PROTECȚIA ANTICOROZIVĂ

Din practică, cunoaștem că metalele se oxidează în contact cu aerul umed sau cu apa. De asemenea, metalele se oxidează și în contact cu acizii sau cu sărurile. Unele metale se oxidează mai mult, altele mai puțin.

Fonta sau oțelul, lăsate pe pământ un timp oarecare, sunt distruse prin ruginire (se oxidează).

Cuprul, aluminiul, alama, bronzul etc. se oxidează numai la suprafață, acoperindu-se cu un strat subțire de oxid protector, pierzându-și luciul metalic.

În industrie este necesar ca piesele fabricate să reziste la agenții atmosferici, adică să nu ruginesc. Pentru a le feri de oxidare, se folosesc diferite metode de protecție.

Prin protejarea suprafețelor metalice, se urmăresc mai multe scopuri, și anume:

- protejarea împotriva distrugerii, prin oxidare, a pieselor fabricate din oțel;
- împiedicarea formării de oxizi otrăvitori pe vasele din bucătărie fabricate din cupru;
- obținerea unui aspect frumos, prin acoperirea metalelor cu un strat subțire dintr-un alt metal ca: Sn, Pb, Zn, Ni, Cr etc.

Protecția anticorozivă a suprafețelor metalice se face prin mai multe metode de acoperire cum ar fi cele enumerate în figura 6.3.

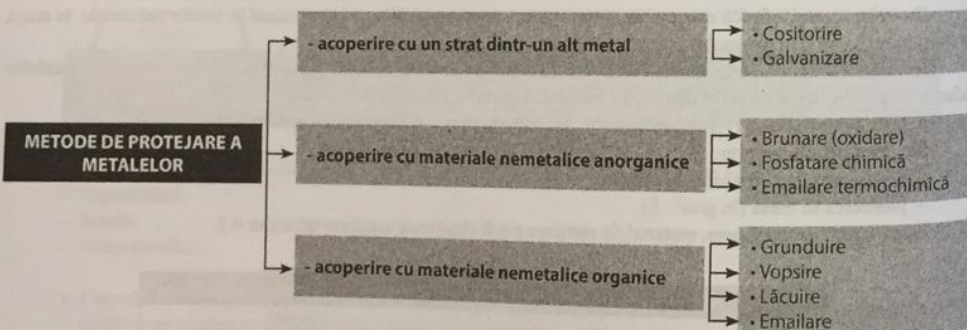


Fig. 6.3. Metode de protejare a metalelor

6.2.1. Acoperirea pieselor de metal cu un strat din alt metal

Acoperirea pieselor metalice cu un strat din alt metal se poate realiza prin **cositorire** și prin **galvanizare**.

• **Cositorirea** constă în acoperirea pieselor metalice cu un strat de cositor.

Pentru a face această operație, mai întâi trebuie ca piesele să fie curățate bine și degresate (pentru înlăturarea urmelor de grăsime), după care se introduc în băi de cositor topit (Fig. 6.4.), unde se acoperă cu un strat subțire din metalul de protecție. La fel se procedează la acoperirea pieselor cu zinc, plumb sau cu alt metal de protecție.

Cositorirea metalelor (spoirea metalelor) se face, în cea mai mare parte, la vase fabricate din cupru sau alama (cazane, țevi etc.). Pentru curățirea pieselor de rugină, de grăsimi și de alte reziduuri, se folosesc țipirig, acizi, sacăz etc.

• **Galvanizarea** constă în acoperirea unui metal cu un strat din alt metal, folosind o soluție electrolică și curent electric. Piesa pe care dorim s-o galvanizăm se curăță bine de oxizi, după care se introduce în baia de galvanizare (Fig. 6.5.).

Baia de galvanizare cuprinde:

- un **pol pozitiv**, numit **anod**, la care se leagă metalul acoperitor (zinc, cupru, nichel etc.);
- un **pol negativ**, numit **catod**, la care se leagă piesa de acoperit (de galvanizat);
- un **electrolit** format dintr-o soluție apoasă a unei sări a metalului acoperitor (de exemplu: pentru zincare, sulfat de zinc; pentru stanare, sulfat de staniu etc.). Electroliții folosiți pot fi acizi sau alcalini.

Procesul tehnologic al galvanizării constă în descompunerea de către curentul electric a sării metalului acoperitor (electrolitului) și depunerea acestuia la catod (pe suprafața piesei).

Electrolitul din care s-a separat metalul acoperitor atacă anodul și, astfel, își restabilește concentrația.

Cele mai folosite galvanizări sunt: **zincarea**, **stanarea**, **cadmierea**, **cuprarea**, **nichelarea**, **cromarea**, **argintarea**.

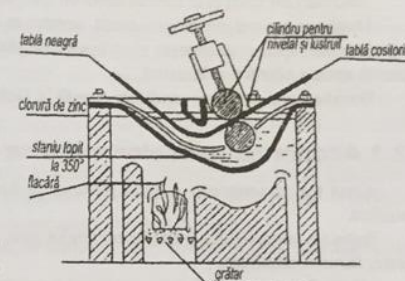


Fig. 6.4. Baie de cositorire

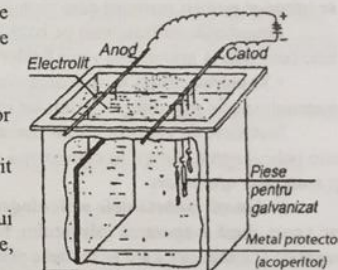


Fig. 6.5. Baie de galvanizare

6.2.2. Acoperirea metalelor cu materiale nemetalice anorganice

Pentru a fi protejate împotriva oxidării, suprafețele pieselor metalice se pot acoperi cu materiale nemetalice anorganice. Dintre metodele de acoperire cu materiale nemetalice anorganice, ne vom referi la: brunare (oxidare), fosfatare chimică, emailare termochimică.

• **Brunarea** (acoperirea cu un strat de oxizi) se realizează prin oxidarea metalelor feroase pe cale chimică sau electrochimică.

Culoarea peliculei de oxid este în general neagră, dar poate fi și maro, în cazul fontelor și al oțelurilor aliate cu siliciu.

• **Oxidarea aluminiului și a aliajelor sale** se face electrochimic și conduce la obținerea unei pelicule divers colorate, cu aspect estetic.

• **Fosfatarea chimică** constă în acoperirea cu fosfați a fontei și a oțelului, prin metode *simple* sau *accelerate*.

Fosfatarea chimică se face într-o soluție de fosfați de mangan și fier, timp de 40-80 minute, la temperatură constantă, de 96 °C. Culoarea peliculei este neagră.

Fosfatarea chimică accelerată (bonderizarea) se face adăugând în baie azotat de cupru și azotat de potasiu. Fosfatarea se aplică și la diverse piese confecționate din metal ca: mobile metalice, mașini de scris etc.

• **Emailarea termochimică** (smălțuirea) este o operație care se aplică în special pieselor de uz casnic (articole de menaj, căzi de baie, vase, sobe, ligheane etc.) și constă în acoperirea unei suprafețe cu o peliculă ceramică numită *email*.

Emailul (smălțul) este format dintr-un amestec de cuarț, borax, argilă foarte curată, sodă, feldspat etc. După acoperirea pieselor cu smălț, acestea se introduc în cuptoare, unde sunt încălzite la 880-920 °C, temperatură la care emailul aplicat se topește și se lipește de piese, formând o peliculă cu un aspect sticlos, dur, foarte rezistentă la acțiunea apei, a acizilor și la uzură.

Dezavantajul pieselor smălțuite constă în faptul că, la loviri, smălțul se sparge și se desprinde de pe acestea.

6.2.3. Acoperirea pieselor metalice cu materiale nemetalice organice

Acest tip de acoperire asigură pieselor protecție împotriva oxidării, produsă sub acțiunea apei și a aerului din atmosferă.

Protecția suprafețelor pieselor metalelor prin acoperire cu materiale nemetalice organice se face prin: grunduire, vopsire, lăcuire, emailare.

• **Grunduirea** constă în acoperirea cu un prim strat de grund a suprafețelor metalice ale pieselor, pentru a asigura legătura acestora cu stratul de chit, de vopsea sau de lac. Grundurile sunt amestecuri de pigment sau de materiale de umplutură, în ulei sau lac. După uscare, acestea dau o peliculă mată, colorată și dură. Uneori, în compoziția grundurilor se introduc pulberi metalice care protejează metalele împotriva coroziunii prin protecție catodică.

Grundurile utilizate sunt pe bază de ulei de în sicativ cu: miniu de plumb, miniu de fier, negru de fum sau oxid de zinc (utilizate la grunduirea suprafețelor metalice).

• **Vopsirea** constă în aplicarea vopselei într-unul sau în mai multe straturi subțiri, sub formă de lichid vâcos, pe materialele cele mai diferite, printr-un mijloc oarecare (pensulare, pulverizare etc.).

Materiale de vopsitorie sunt constituite din substanțe solide și lichide, între care, obligatoriu, una dintre substanțe este pelicologenă (liant). În compoziția materialelor pentru vopsitorie intră următoarele materii prime: **lianți**, **pigmenți** și **materiale ajutătoare**.

➤ **Lianții (substanțele pelicologene)** sunt fie substanțe solubile în solvenți (rășini naturale, rășini sintetice, bitum etc.) care, după evaporarea solventului, formează pelicule pe suprafața materialului acoperit, fie substanțe lichide (uleiuri vegetale și sintetice), care se întăresc printr-un proces de transformare chimică, formând pelicule.

➤ **Pigmenții** sunt substanțe minerale colorate, pulverulente, insolubile în liant, în apă și în solvenți, folosiți pentru a conferi o anumită culoare materialului de zugrăvit sau de vopsit. Pot fi *naturali* (oxizi de fier, de crom, de mangan, cretă, calcar, ocru etc.) sau *artificiali* (alb de zinc, miniu de plumb, ultramarin, praf de aluminiu etc.).

➤ **Materiale ajutătoare** folosite la prepararea produselor de vopsitorie sunt: *solvenții*, *diluanții*, *sicativii* etc. Pentru pregătirea suprafețelor care se vopsesc se folosesc abrazivii.

– **Solvenții** (acetona, alcoolul, benzenul, white-spirit etc.) sunt lichide volatile folosite ca atare sau în amestec, pentru solubilizarea substanțelor pelicologene solide. La vopselele de ulei, lianții au și rolul de solvenți.

– **Diluanții** sunt solvenți care au rolul de a micșora viscozitatea compoziției, pentru a fi aplicată mai ușor pe suprafețele suport. Se folosesc astfel ca diluanți: benzină, white-spirit, amestec de acetona-alcool etc.

– **Sicativii** sunt substanțe chimice care accelerează procesul de uscare a peliculei. Sunt săruri (naftenați, oleați etc.) ale unor metale grele, precum: plumbul, manganul și cobaltul. Sicativii se adaugă în cantități de 50-70 g/kg vopsea, la culorile deschise, și 100 g/kg vopsea, la culorile închise.

• **Vopselele** sunt suspensii de pigmenți în lichid, cu sau fără adaos de materiale de umplutură care, după uscare, dau pelicule opace sau mate. După *natura substanței pelicologene* și după *modul de întărire*, se deosebesc:

– **Vopselele preparate cu aluminiu praf** ca pigment, care dau pelicule rezistente la coroziune, cu putere mare de reflectare, sunt indicate la vopsirea rezervoarelor petroliere, a vaselor maritime etc.

– **Vopselele pe bază de ulei sicativ**, ce se diluează cu ulei sicativ de în, până la consistența de lucru.

– **Vopselele pe bază de polimeri**, care sunt suspensii sau emulsii apoase de polimeri (poliacetat de vinil, policlorură de vinil etc.), în care se includ pigmenți și materiale de umplutură. Aceste vopsele se aplică printr-un procedeu numit *electroforeză*, utilizat în industria de automobile. Acesta constă în introducerea carcaselor din tablă într-o baie de vopsea de apă, după care se conectează la anodul unei surse de curent, cuva fiind legată la catod.

• **Lăcuirea** constă în acoperirea suprafeței pieselor cu unul sau cu mai multe straturi subțiri de lac, pentru a le proteja împotriva oxidării. **Lacurile** sunt soluții de substanțe pelicologene (rășină naturală sau sintetică) în solvenți

volatili (benzen, acetona, esteri, toluen), cu sau fără adaos de plastifianți și coloranți (pentru lacuri colorate) care după uscare dau pelicule lucioase.

Cele mai utilizate tipuri de lacuri sunt cele descrise în continuare.

– **Lacuri pe bază de rășini naturale** sunt soluții de șelac sau colofoniu, în solvenți, uneori cu adaos de plastifianți, ce se întăresc prin procese fizice; se aplică pe metal, dând pelicule flexibile și rezistente la agenți chimici;

– **Lacuri pe bază de derivați celulozici** sunt soluții de nitrați sau acetati de celuloză în solvenți (alcool, acetona etc.), cu sau fără adaos de plastifianți. Lacurile pe bază de nitrat de celuloză (nitrolacuri) se întăresc foarte repede și dau o peliculă elastică, stabilă la temperaturi și la intemperii. Lacurile de acetat de celuloză au aceleași proprietăți și utilizări, dar sunt neinflamabile și nu se îngălbenesc în timp.

– **Lacurile pe bază de polimer** au proprietăți remarcabile și utilizări multiple. Cele de bachelită și lacurile pe bază de alchid se utilizează pentru vopsirea pieselor metalice care lucrează în medii extrem de corozive.

– **Lacurile epoxidice** dau pelicule flexibile și au rezistență mecanică și chimică mare.

• **Emailarea** constă în aplicarea emailului pe suprafața pieselor metalice prin pensulare sau prin pulverizare, formând pelicule colorate și opace.

Emailurile sunt materiale de vopsitorie cu aceeași compoziție ca lacurile, care conțin în plus pigmenți. Principalele tipuri de emailuri sunt cele descrise în continuare.

– **Emailul negru**, preparat din ulei de în și negru de fum, se aplică pe obiecte de metal, supuse la intemperii.

– **Emailul pe bază de alchid** se folosește pentru vopsirea radiatoarelor, a mașinilor-unelte, a sculelor etc.

– **Emailurile de nitrat de celuloză (nitroemailuri)** se caracterizează prin uscare rapidă, dar sunt inflamabile și aderă slab la metale.

Grundurile, lacurile și vopselele se aplică cu pistolul de vopsit sau cu pensula.

Piese de oțel care stau în umezeală, cum sunt piesele din tunele, mine etc., se pot feri de rugină spoindu-le cu zeamă de ciment sau cu lapte gros de var.

În mod provizoriu, piesele metalice se pot acoperi cu un strat de ulei sau de grăsimi care le ferește de rugină.

SCHEMĂ RECAPITULATIVĂ

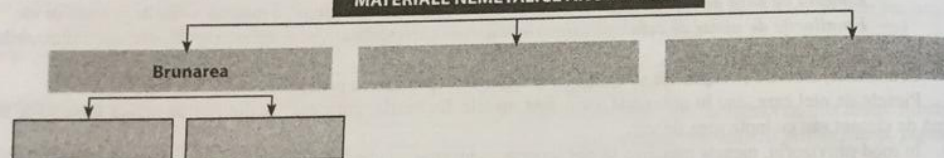
COROZIUNEA METALELOR ȘI A ALIAJELOR	DUPĂ MODUL ÎN CARE SE PRODUC ATAAREA MATERIALELOR METALICE	superficială
		locală
		intercristalină
PROTECȚIA ANTICOROZIVĂ	Din punct de vedere al factorilor care provoacă coroziunea	chimică
		electrochimică
		atmosferică
	Acoperirea pieselor de metal cu un strat din alt metal	cositorire
		galvanizare
	Acoperirea metalelor cu materiale nemetalice anorganice	brunare
		fosfată chimică
		emailare termochimică
	Acoperirea pieselor metalice cu materiale nemetalice organice	grunduire
		vopsire
		lăcuire
		emailare

ACTIVITĂȚI DE SINTEZĂ ȘI EVALUARE

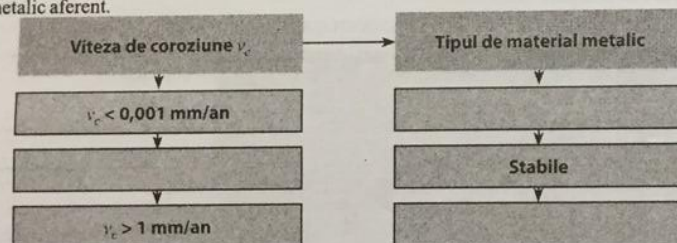
Fișă de lucru

- 1 Completați spațiile libere cu cuvinte adecvate sensului științific:
- Coroziunea** este un de degradare lentă și a materialelor (feroase sau neferoase), de la suprafață spre, sub acțiunea mediilor active.
 - Cositorirea** constă în pieselor cu un de cositor.
 - Galvanizarea** în acoperirea metal cu un din alt metal, folosind o electrolitică și curent
 - Coroziunea chimică** se în urma unor reacții obișnuite între agentul și materialul
- 2 Completați, în căsuțele libere de mai jos, metodele de acoperire a suprafețelor pieselor metalice cu materiale nemetale anorganice.

METODE DE ACOPERIRE A METALELOR CU MATERIALE NEMETALICE ANORGANICE



- 3 În căsuțele libere de mai jos, treceți conținutul științific corespunzător fie vitezei de coroziune (v_c), fie tipului de material metalic aferent.



- 4 Rezolvați itemii de mai jos:
- Ce este coroziunea?
 - Numiți tipurile de coroziune după modul în care se produce atacarea materialelor metalice?
 - Bifați răspunsul corect.

În funcție de factorii care provoacă coroziunea, aceasta poate fi:

- | | |
|--|---|
| ☐ chimică; | ☐ intercristalină; |
| ☐ electrochimică; | ☐ superficială; |
| ☐ locală; | ☐ atmosferică. |

Timp de lucru 15 minute.

TEMĂ DE STUDIU INDIVIDUAL

Elaborați un referat cu titlul: Metode de protecție anticorozivă.

MATERIALE AVANSATE

7

7.1. Materiale plastice

7.2. Materiale ceramice

7.3. Materiale compozite

7.4. Materiale refractare și termoizolante

COMPETENȚE ȘI DEPRINDERI

Noțiunile prezentate în acest capitol contribuie la înțelegerea fenomenelor privind:

- identificarea materialelor avansate (inteligente) în funcție de proprietăți, în scopul de a le utiliza în mod adecvat;
- proprietățile și utilizarea materialelor plastice;
- domeniile de utilizare a materialelor ceramice;
- importanța pe care o au produsele obținute prin metalurgia pulberilor și materialele compozite, în diverse domenii ale tehnicii;
- identificarea tipurilor de materiale obținute prin metalurgia pulberilor;
- alegerea tipurilor de materiale refractare și termoizolante.

Ingineria materialelor avansate (inteligente) a cunoscut o dezvoltare impresionantă în ultimele secole. Rezultatele deja existente, ca și cercetările în curs de desfășurare au confirmat posibilitatea utilizării materialelor inteligente în ingineria structurală, în tehnici electromagnetice, biomedicale, optice și biologice. Cercetări deosebite au drept scop aplicarea acestor materiale în industria aerospațială, aeronautică, navală etc. Domeniul de aplicații al materialelor avansate poate fi extins la absorbții acustice și control adaptiv de culoare în sticle, oglinzi ș.a.

Sistemele inteligente viabile reprezintă combinarea de materiale avansate, senzori inovativi, microcomputere, inteligență artificială, rețele neurale și diverse tehnologii emergente.

Cercetările întreprinse la nivel mondial au stabilit până acum domeniile de aplicabilitate a materialelor inteligente cuprinse în tabelul 7.1.

O clădire activă („inteligentă”) se poate adapta, de exemplu, în condiții de vânt foarte puternic sau de cutremur, astfel încât să reducă atât disconfortul persoanelor dinăuntru, cât și gradul de avarie.

Un interes deosebit este acordat integrării sistemelor de autodiagnosticare în structura echipamentelor, astfel încât să se poată monitoriza gradul de oboseală, distrugerea structurală, coroziunea și eroziunea. Mai mult, întreținerea și service-ul continuu al vehiculelor de transport sunt activități deosebit de costisitoare.

Conceptul de material avansat derivă de la formele inteligente ale sistemelor (materialelor) naturale, adică de la organisme vii. Ca urmare, materialele avansate sunt concepute astfel încât să îndeplinească funcțiile naturale de detecție, comandă, control și inteligență (fig. 7.1.).

Nr. crt.	Domeniu de aplicabilitate	Subdomenii de utilizare
1	Inginerie structurală/ mecanică	Clădiri inteligente rezistente la cutremure. Sisteme aerportate cu învelișuri inteligente, cu capacități „auto-recover”. Structuri spațiale. Evaluări nedistructive ale structurilor de mari dimensiuni.
2	Inginerie electromagnetică	Scuturi magnetice și electrostatice. Scuturi de înaltă frecvență. Materiale radar-absorbante. Suprafețe active. Control adaptiv de radiații.
3	Inginerie chimică	Materiale cu caracteristici adaptive de adsorbție. Materiale adaptive rezistente la coroziune.
4	Inginerie biomedicală	Materiale cu proprietăți structurale inteligente, utilizabile ca membre artificiale. Materiale cu proprietăți biochimice adaptive.
5	Inginerie termică	Structuri adaptive de transfer de căldură și structuri rezistente la căldură (navete spațiale etc).
6	Inginerie optică	Culoare adaptivă, transparență optică, reflexie, controlul opacității în sticle și oglinzi.
7	Inginerie acustică	Absorbție/reflexie activă a radiației sonar. Camere adaptive fără ecou.
8	Sisteme de război	Adăposturi inteligente. Structuri rezistente la șoc.

Materialele avansate („SMART/intelligent materials”) au proprietatea de a se autoadapta la stimuli externi. Funcțiile acestor materiale se manifestă inteligent, adică depind de schimbările mediului exterior (fig. 7.2.). Denumirea SMART provine din abrevierea termenilor: S – specific; M – măsurabil; A – abordabil; R – realist; T – încadrat în timp.

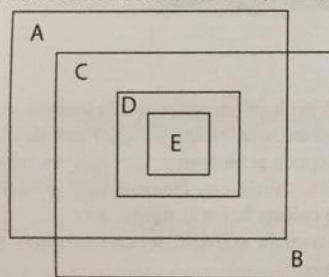


Fig. 7.1. Set de structuri: A - structuri adaptive; B - structuri senzitive; C - structuri controlate; D - structuri active; E - structuri inteligente

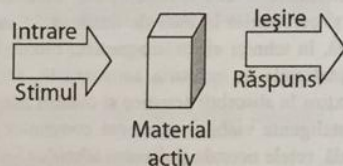


Fig. 7.2. Sub acțiunea stimulilor externi, materialul inteligent (activ) se modifică într-insec (în interior)

Răspunsul materialelor avansate la schimbările de mediu (la stimuli) poate consta în modificarea lungimii materialului, a viscozității, a conductivității electrice ș.a.

În funcție de tipul de răspuns pe care îl generează, materialele avansate (inteligente) pot fi împărțite în două categorii:

1. Materiale care transformă semnalul de intrare totdeauna în efort, acesta putând fi folosit pentru a introduce

mișcare (dinamică) într-un sistem. Aceste materiale constituie grupul cel mai des folosit pentru a construi o structură inteligentă (materiale active integrate într-o structură mecanică, de exemplu o construcție sau elicea unui elicopter), cu scopul de a modifica dimensiunile geometrice ale structurilor.

2. A doua categorie de materiale avansate conține acele materiale care răspund la stimuli prin modificarea unei proprietăți-cheie, de exemplu conductivitatea electrică sau viscozitatea. Aceste materiale sunt mai puțin integrate în structuri mecanice, fiind folosite, mai degrabă, pentru reprezentarea modulelor complexe, de exemplu cuple, dispozitive de fixare, valve, întrerupătoare. Aceste materiale sunt folosite în mod frecvent ca senzori.

Deși materialele din această categorie nu generează o tensiune la aplicarea unui stimul extern, ele sunt uneori denumite sisteme actuatoare. Exemple în acest sens sunt fluidele electro și magnetoreologice, care răspund prin creșterea viscozității la aplicarea unui câmp electric sau magnetic extern.

7.1. MATERIALE PLASTICE

definiție

Materialele plastice sunt materialele organice solide, constituite pe bază de compuși macromoleculari naturali sau sintetici, care se prelucrează sub formă de piese, prin deformare plastică la cald (presare, turnare sub presiune, matrițare).

În condiții normale de temperatură și presiune (la temperatură ambiantă și presiune atmosferică), piesele din materiale plastice sunt corpuri rigide și elastice, proprietatea de plasticitate manifestându-se numai la încălzire, în cursul operațiilor de prelucrare prin presare.

Un material plastic poate fi format numai dintr-un compus macromolecular (cazul cel mai simplu), situație în care noțiunea de *material plastic* este identică cu aceea de *rășină plastică* (de exemplu, *polietilena*, *polistirenul*).

De regulă, materialele plastice sunt alcătuite din mai multe materiale componente (fig. 7.3.).

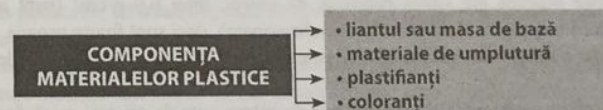


Fig. 7.3. Componenta materialelor plastice

Liantul (masa de bază) este constituit din compusul macromolecular (rășina) care determină caracterul și comportarea materialului plastic, în ansamblu.

Materialele de umplură sunt reprezentate de substanțe organice (făină de lemn, țesături de bumbac, țesături de fibre sintetice) și anorganice (azbest, sticlă, talc, caolin, mică etc). Umplutura determină proprietățile mecanice (rezistența la întindere, la încovoiere, la șoc) și, în mai mică măsură, caracteristicile electroizolante ale materialului plastic.

Plastifianții sunt substanțe organice micromoleculare cu temperatură înaltă de fierbere (derivați ai glicerinei, ai acidului oleic etc.) care au rolul de a mări plasticitatea la cald. Se folosesc, în special, la materialele pe bază de rășini termoplastice.

Coloranții sunt substanțe organice introduse cu scopul de a da o culoare plăcută produselor obținute din materiale plastice.

După comportarea la încălzire, materialele plastice, ca și rășinile din care se fabrică pot fi:

- materiale termoplastice;
- materiale plastice termoreactive.

➤ **Materialele termoplastice** au proprietatea ca, prin încălzire, să devină plastice, iar prin răcire, să se întărească, procesul fiind reversibil (la o nouă încălzire devin plastice și pot fi deformate din nou, fără să se degradeze);

Dintre materialele plastice pe bază de rășini polimerizate (care sunt în majoritate *termoplastice*), cea mai largă utilizare o au cele pe bază de policlorură de vinil (denumite și PCV sau vinoplast); o răspândire mare au și materialele obținute din polistiren, polietilenă, poliacrilat de metil (de exemplu, sticla organică), rășini epoxidice, rășini poliamidice (poliuretan, poroplast). Dintre materialele plastice care au ca liant rășini policondensate se utilizează: *fenoplastele*, cu denumirile comerciale de: rezită, bachelită, novolac, textolit, azbotextolit, faolit; *aminoplastele* (metalit, microporos); poliamidele (nylon, teflon, kapron, relon); *materialele silicoorganice* și cele pe bază de *celuloză* (celuloid).

➤ **Materialele plastice termoreactive** au proprietatea de a se deforma și a deveni greu fuzibile sub acțiunea căldurii și a presiunii, procesul fiind ireversibil (la o nouă încălzire nu se mai înmoaie, deci nu se mai deformează, ci se mențin tari până când, printr-o încălzire excesivă, se degradează).

Se livrează sub formă de: granule și pulberi de presare, fibre, materiale stratificate (foi, plăci, bare, țevi) prelucrabile prin presare, matrijare și așchiere, rășini turnate în blocuri, materiale spongioase (buretoase), cleiuri, uleiuri vâscoase.

Principalele proprietăți ale materialelor plastice sunt enumerate în figura 7.4.

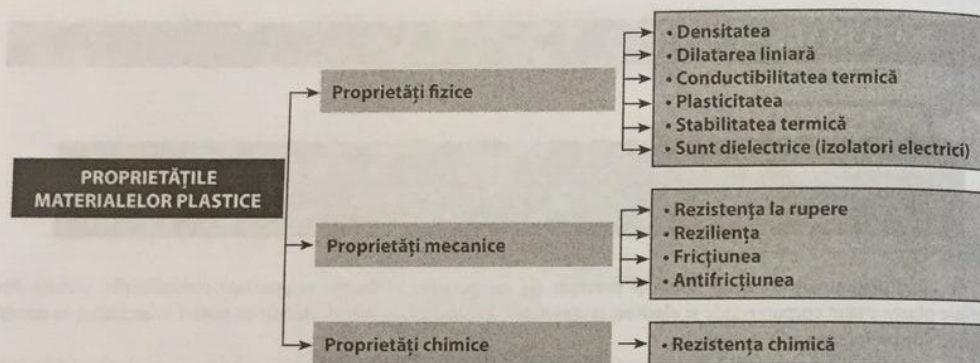


Fig. 7.4. Proprietățile materialelor plastice

Densitatea materialelor plastice are valori cuprinse, de obicei, între 0,9 g/cm³ (sunt mai ușoare ca apa) și 1,8 g/cm³ (valoare apropiată de densitatea aliajelor metalice ultraușoare), deci sunt foarte ușoare.

Coefficientul de dilatare liniară al materialelor plastice este de câteva ori mai mare decât al metalelor și al aliajelor.

Conductibilitatea termică a materialelor plastice este de câteva sute de ori mai mică decât cea a metalelor. În consecință, materialele plastice se dilată mai mult, dar se încălzesc mult mai greu decât materialele metalice.

Plasticitatea materialelor plastice este proprietatea tehnologică de bază a acestor materiale. Deși la temperatura ambiantă aceste materiale nu sunt plastice (revin la forma inițială, se sfărâmă sau se rup, în funcție de forța aplicată), prin încălzire devin mult mai plastice decât metalele și aliajele și se pot deforma sub acțiunea unor forțe mult mai mici decât cele necesare la deformarea celor mai plastice metale sau aliaje.

Stabilitatea termică este o proprietate importantă a materialelor plastice, care se exprimă prin temperatura până la care pot fi utilizate fără să se înmoaie sau să se degradeze. În funcție de rășina de bază și de materialul de umplură, termostabilitatea materialelor plastice variază între 35 și 250 °C.

Materialele plastice au proprietăți **dielectrice** (sunt buni **izolatori** din punct de vedere electric), care depind în special de natura rășinii de bază. Materialele plastice considerate a fi cei mai buni dielectrici sunt polietilena, polistirenul, poliizobutilena și polidiclorstirenul.

Proprietățile mecanice ale materialelor plastice depind, în cea mai mare măsură, de materialul de umplură; de exemplu, în cazul materialelor presate, pe bază de rășină fenol-formaldehidică, **rezistența la rupere** și **reziliența** variază în funcție de materialul de umplură între 300 și 3.000 daN/cm².

Unele materiale plastice au proprietăți bune de **fricțiune** (de exemplu, cele cu umplură de azbest) și pot fi utilizate ca saboți de frână, pe când altele au proprietăți de **antifricțiune** (polimerii puri, cele cu umplură de furnir) și pot fi folosite pentru lagăre cu alunecare la mașini mici, cu viteze reduse.

Rezistența chimică la acțiunea apei, a solvenților și a agenților biochimici este mare la majoritatea materialelor plastice. De aceea, pot fi utilizate la fabricarea țevelor și a conductelor, pentru transportul apei și al lichidelor cu acțiune chimică agresivă, la temperaturi la care materialul plastic nu se înmoaie (de exemplu, țevile pentru benzină la autoturisme executate de obicei din cauciuc special, insolubil în benzină – pot fi înlocuite prin țevi din materiale plastice, care se înmoaie mai ușor decât cauciucul, nu îmbătrânesc și nu crapă).

Utilizările materialelor plastice sunt foarte variate (fig. 7.5.). Ele se folosesc ca înlocuitoare ale altor materiale mai scumpe, mai greu de prelucrat sau cu proprietăți de utilizare inferioare celor pe care le au materialele plastice. Cea mai vastă utilizare o au în domeniul construcțiilor și al instalațiilor.

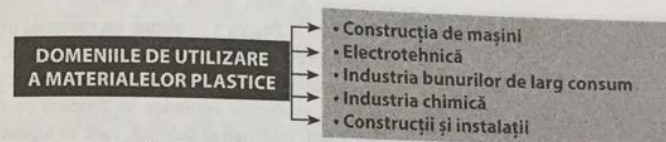


Fig. 7.5. Domeniile de utilizare a materialelor plastice

Domeniul de utilizare a materialelor plastice este condiționat, în principal, de comportarea acestora la temperatura de exploatare și de proprietățile fizico-mecanice și electrice ale polimerului respectiv.

În continuare sunt enumerate câteva materiale plastice cu largă aplicabilitate în domeniul construcțiilor.

➤ **Materialele din polimeri pentru pardoseli** (covoarele din PVC și plăcile tip PVC) se obțin din policlorură de vinil (PVC), poliacetat de vinil, cauciuc etc.

Covoarele din PVC au grosimi de 3-6 mm și lățimi mari (900-1.500 mm); au o bună rezistență la uzură și proprietăți dielectrice. Se produc în două sortimente, cu sau fără suport textil:

1) cu un singur strat omogen;

2) cu două straturi (un strat inferior cu rol de rezistență, peste care se aplică un strat subțire, rezistent la uzură).

Grosimea covorului este cuprinsă între 1,5 și 3 mm, iar lățimea între 1 și 1,5 m. Plăcile tip PVC sunt executate dintr-un amestec de PVC, plastifiant și umplură (talc, azbest). Au dimensiunile de la 200x200 mm la 500x500 mm.

➤ **Materialele din polimeri pentru placaje** cele mai utilizate sunt:

– plăcile din polistiren, albe sau colorate, întrebuințate la placarea pereților, prin montare cu adezivi, ca înlocuitoare ale plăcilor de faianță;

– plăcile din PVC, întrebuințate la placarea pereților interiori, prin montare pe pereți, înlocuind faianța, sau la o oarecare distanță față de perete, caz în care se obțin pereți fonoabsorbanți; pot fi folosite și la realizarea tavanelor false.

➤ **Materialele din polimeri pentru învelitori** cuprind următoarele tipuri:

– plăcile ondulate din plexiglas, care au același profil ca și plăcile ondulate din azbociment; au grosimi de 3-5 mm și se folosesc pentru luminatoare;

– plăcile din poliesteri armați, care pot fi plane, ondulate sau profilate din poliesteri armați cu fibre de sticlă, translucide, colorate sau incolore; sunt fabricate în diverse grosimi, în funcție de numărul de straturi de armare și se folosesc la învelitori, tavane etc.

– foile din PVC plastificate, care pot înlocui cartonul bitumat pentru învelitori sau se pot așeza sub învelitorile din țiglă;

– blocurile de zidărie din polimeri, care se execută din polistiren celular și se utilizează pentru pereți neportanți și la izolarea încăperilor frigorifice;

– foile și tuburile de polietilenă, de policlorură de vinil etc., care se utilizează cu material hidroizolator, termoizolator și electroizolator sau la executarea de conducte tehnologice și piese de legătură aferente, hote și canale de ventilație tehnologică și ca materiale pentru instalații (capace, bare de duș, tuburi flexibile etc.);

– profilurile din policlorură de vinil, care sunt executate prin extrudare, din masă de PVC simplă sau armată, ori din masă expandată; se folosesc, în special, drept corniere pentru marginea treptelor, ca profiluri pentru balustrade metalice etc.; profilurile de PVC armate cu inserție de oțel sunt utilizate la executarea ferestrelor și a ușilor de balcon pentru clădiri de locuit, la jaluzele pentru ferestre etc.

7.2. MATERIALE CERAMICE

definiție

Materialele ceramice sunt substanțe obținute prin modelarea în stare plastică a unor amestecuri de substanțe minerale care apoi se încălzesc și se întăresc prin ardere.

Materialele ceramice au în componența lor, ca substanță de bază, argila, care conține o cantitate mare de silicat de aluminiu și de alți oxizi metalici (Fe_2O_3 , TiO_2 , CaO , MgO etc.). Pentru a se obține un material ușor de modelat, însă nu prea moale, se adaugă cuarț, iar pentru a se asigura o legătură puternică între particulele de oxizi, se adaugă fondanți (feldspați alcalini); aceștia se topesc în cursul arderii masei modelate, asigurându-se legătura respectivă între particulele solide. Pentru a le conferi o suprafață netedă și impermeabilă, produsele ceramice se acoperă cu o peliculă sticloasă, numită **smalt**. Smalturile se obțin din amestecuri de smoală, cuarț, feldspați și dolomit, care se topesc în cursul arderii și, apoi, la răcire se solidifică sub forma unei pelicule subțiri, omogene și frumos colorate.

Clasificarea materialelor ceramice se poate face ca în figura 7.6.

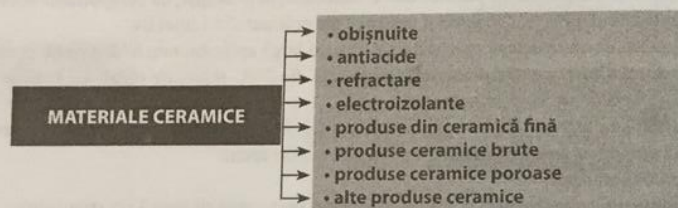


Fig. 7.6. Clasificarea materialelor ceramice

➤ **Materiale ceramice obișnuite** au o largă utilizare la fabricarea pieselor pentru industria chimică, a aparatului de laborator și ca izolatoare electrice. Din această categorie fac parte porțelanul și steatitul.

– **Porțelanul** este unul dintre cele mai obișnuite materiale ceramice; este alcătuit dintr-un amestec de caolin, cuarț și feldspat.

– **Steatitul** se deosebește de porțelan prin compoziția sa, formată dintr-un amestec de talc, cuarț și feldspat.

Porțelanul și steatitul au proprietăți dielectrice excelente, ceea ce le face utilizabile în construcția izolatoarelor de înaltă tensiune. Caolinul, talcul și cuarțul au rolul de a asigura proprietățile mecanice corespunzătoare, iar feldspatul pe cele dielectrice.

➤ **Materialele ceramice antiacide** (gresia antiacidă, porțelanul antiacid) rezistă la acțiunea acizilor organici și anorganici, a gazelor corozive și au o rezistență mecanică mare. Se folosesc la fabricarea unor instalații chimice (turnuri de reacție, pompe etc.).

➤ **Materialele ceramice refractare** se caracterizează prin rezistență mecanică și chimică la temperaturi înalte. Se obțin prin sinterizarea unor compuși metalici de puritate mare (carburi, nitruri, boruri, siliciuri, oxizi). Materialele ceramice refractare cele mai utilizate sunt cele pe bază de corindon (oxid de aluminiu), de zirconiu (oxid de zirconiu) și de periclazice (pe bază de oxid de magneziu cristalizat). Se utilizează la fabricarea sau la captușirea creuzetelor folosite la elaborarea metalelor și a aliajelor cu puncte de topire înalte.

Produsele ceramice refractare sunt cărămizi refractare acide silico-aluminoase; din această grupă fac parte cărămizile de șamotă, cărămizile silicioase și cărămizile magneziene.

Cărămizile de șamotă se execută din șamotă și argilă refractară ca liant și se folosesc la vetrele, pereții și canalele cuptoarelor și a instalațiilor termice, a coșurilor de fum etc.

Cărămizile silicioase (numite și cărămizi *silica*) se fabrică din cuarțite și au un conținut de 93% SiO_2 , amestecate cu adaos de lapte de var. Sunt produse refractare acide și prezintă la ardere creșteri însemnate de volum. Se utilizează la captușirea cuptoarelor de topit sticlă și la construirea bolților cuptoarelor industriale, folosindu-se un mortar refractar silicios.

Cărămizile magneziene se obțin din materii prime bogate în oxid de magneziu sau silicat de magneziu. Astfel, din carbonat de magneziu (MgCO_3) se fabrică produse refractare magnezitice, dolomită [$\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$], produse dolomitice etc.

Produsele refractare magneziene sunt produse bazice cu refractaritate ridicată și se folosesc la cuptoare în care se ard materialele bazice (cupatoare de cimenturi, cupatoare pentru elaborarea oțelurilor din fonte fosforoase etc.).

➤ **Materialele ceramice electroizolante** sunt poroase și se împart în: electrotehnice (electroceramice) și radiotehnice (radioceramice).

Materialele electroceramice au rezistență mecanică mai mare decât a porțelanului și se obțin prin înlocuirea parțială a cuarțului cu alumina.

La cuptoarele industriale cu rezistențe electrice, cu arc electric sau cu inducție (în electrotermic), se folosesc materiale electroceramice refractare ca: mulitul, periclazul și zirconiu, care sunt, în același timp, izolatoare termice și electrice.

Materialele radioceramice se folosesc pentru izolatoare de înaltă frecvență, pentru condensatoare ceramice, ca materiale ceramice piezoelectrice etc. Din această categorie fac parte radioporțelanul (în care feldspatul este înlocuit cu oxid de bariu, iar cuarțul cu alumina), ultraporțelanul, pirofilitul etc.

➤ **Produsele din ceramică fină** sunt formate din granule cu diametrul de maximum 0,06 mm, fabricate din mase bine omogenizate, alcătuite, în general, din argile curate, cu adaosurile necesare. Se caracterizează printr-o finisare mai îngrijită a suprafețelor. După structură, se clasifică în:

- produse poroase (*plăci din faianță, din majolică, teracote*);
- produse compacte (*porțelan, semiporțelan, gresie și ceramică fină*).

Plăcile din faianță sunt obținute din argile care ard. Au culoare alb până la gălbui, sunt opace, cu spărtură poroasă și sunt acoperite cu glazură. Amestecul de materiale la preparare este alcătuit din circa 50% caolin sau argilă refractară, 40% nisip cuarțos și 10% feldspat ca fondant (faianță feldspatică). Plăcile rezistă bine la încovoiere, la șoc termic și la agenți chimici și se folosesc la placarea pereților în interior (băi, bucătării, laboratoare, grupuri sanitare, săli de operații etc.) sau la acoperirea meselor de laborator.

Plăcile din majolică sunt produse poroase, obținute din argile comune care, după ardere, capătă culoarea galbenă-roșcată. Una dintre fețe este glazurată, iar fața opusă este prevăzută cu striuri, pentru îmbunătățirea aderenței mortarului folosit la fixarea lor.

Teracotele sunt produse ceramice fabricate din argile comune arse, glazurate. Servesc la placarea exterioară a sobelor de încălzit sau de gătit. Sunt produse compacte, albe sau colorate, cu fața aparentă glazurată, netedă sau prevăzută cu reliefuri ornamentale.

Porțelanul este un produs alb, translucid, vitrifiat, cu spărtură compactă, obținut prin arderea unei mase ceramice formate din caolin spălat sau din argilă refractară care arde la alb, cuarț și feldspat ca fondant (porțelan feldspatic). Se deosebește de gresia ceramică fină prin luciu, care nu este dat de smalt, ci este caracteristic întregii mase a produsului. Din el se fabrică piese izolante pentru instalații electrice (izolatoare, prize, întrerupătoare, siguranțe), precum și pentru linii de înaltă tensiune.

Semiporțelanul este un produs ceramic fin semivitrifiat, care se obține din aceleași materii prime ca și faianța, dar are cantități mai mari de fondant; are spărtura compactă, clincherizată. Din semiporțelan se execută obiecte tehnico-sanitare (chiuvete de baie).

Plăcile din gresie ceramică se fabrică prin presare semiuscată. Suprafața plăcilor poate fi netedă sau reliefată, glazurată sau neglazurată.

➤ **Produsele ceramice brute** se obțin prin arderea la temperaturi ridicate (900-1.500 °C) a formelor crude și uscate, formate din mase ceramice. Se utilizează cu precădere în construcții. Materia primă de bază folosită pentru executarea produselor ceramice este argila care, datorită plasticității sale, permite fasonarea diferitelor produse. Materia de bază este argila, iar ca materiale de adaos se folosesc: degresanți, fondanți și aglomeranți.

– **Degresanții** au rolul de a micșora plasticitatea și, implicit, contracția la uscare a argilei. În acest scop, se utilizează: nisip, cenușă, zgură, praf de șamotă și rumeguș.

– **Fondanții (topitorii)** coboară temperatura de vitrifiere a argilei. Cel mai utilizat fondant este feldspatul.

– **Aglomeranții** au rolul de a mări, la nevoie, plasticitatea argilei. Ca aglomeranți se folosesc varul, dextrina etc.

Produsele ceramice brute sunt materiale neglazurate, care se fabrică din argile obișnuite sau refractare, cu adaosurile necesare. În categoria produselor din ceramică brută, intră:

- cărămizile pentru construcții;
- materialele ceramice pentru învelitori;
- produse ceramice refractare etc.

Cărămizi pentru construcții sunt produse ceramice brute, cu structură poroasă. Pentru realizarea zidărilor se utilizează diferite tipuri de cărămizi, cum ar fi:

- cărămizile pline presate;
- cărămizile și blocurile cu goluri verticale;
- cărămizile și blocurile ceramice cu goluri orizontale;
- cărămizile găurite cu lambă și uluc.

Cărămizile pline presate sunt produse masive (fără goluri), care se fabrică în două tipodimensiuni:

- cărămida masivă $240 \times 115 \times 63$ (format normal tip 63);
- cărămida $240 \times 115 \times 88$ (format mare tip 88).

Cărămizile pline se produc în trei clase de calitate: calitatea A, folosită pentru zidării aparente, calitatea I și calitatea II-a pentru zidării obișnuite.

Cărămizile și blocurile cu goluri verticale (GV) se obțin prin extrudare pe cale umedă. Golurile au formă cilindrică sau prismatică și sunt perpendiculare pe fața de așezare (fața mare) a cărămizilor (fig. 7.7.).

Cărămizile și blocurile ceramice cu goluri orizontale (GO) se sortează în trei clase de calitate: calitatea A, calitatea I și calitatea II-a, cu densitatea aparentă medie de $700-1.300 \text{ kg/m}^3$ și cu mărci de la 25 la 75 (fig. 7.8.). Cărămizile cu marca 50 și 75 se utilizează la zidării portante, iar cele cu marca 25 se folosesc pentru zidării de umplutură și ca material termoizolator.

Cărămizile găurite cu lambă și uluc (LU) (fig. 7.9.) sunt prevăzute cu găuri longitudinale și au pe cele două muchii lambă și uluc, care asigură buna lor îmbinare. După dimensiuni, cărămizile găurite cu lambă și uluc se fabrică în trei tipuri, astfel: LU 90, LU 60, LU 45 (cifrele indică lățimea cărămizii).

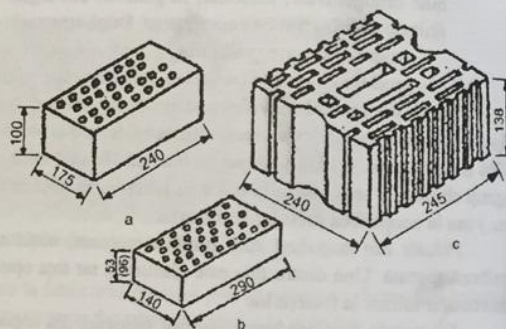


Fig. 7.7. Cărămizi cu goluri verticale:
a și b – cu goluri cilindrice;
c – cu goluri prismatice

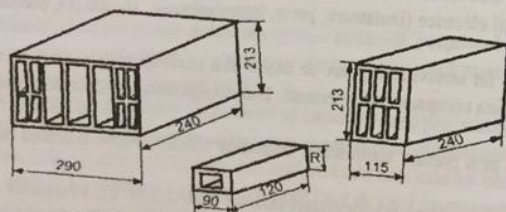


Fig. 7.8. Cărămizi cu goluri orizontale

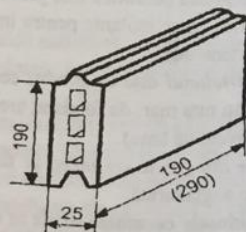


Fig. 7.9. Cărămizi găurite
cu lambă și uluc

Cărămizile găurite se folosesc la executarea pereților exteriori ai clădirilor, îndeplinind rolul de izolator termic.

➤ **Produse ceramice poroase** sunt cele mai utilizate. Din această categorie fac parte cărămizile masive, fără goluri, și cărămizile de pardoseli. Acestea pot fi:

- cărămizi găurite, care pot avea găuri orizontale sau verticale, utilizate atât ca material de zidărie, cât și ca izolare termică;

- corpuri cu goluri, utilizate pentru planșee și acoperișuri;
- învelitori: țigle, solzi, țigle trase, coame, olane pentru acoperișuri etc.;
- alte produse ceramice: tuburi de drenaj, tuburi pentru coșuri de fum etc.

Produsele ceramice clincherizate se găsesc sub formă de cărămizi din clincher de construcții pentru zidărie aparentă, dale de pavaj pentru trotuare și hale industriale, tuburi din bazalt artificial, pavele din clincher de pavaj pentru îmbrăcăminte asfaltice etc. Clincherizarea constă în încălzirea materiei prime până la temperatura de vitrifiere și transformarea ei într-o masă compactă și dură.

Materiale ceramice pentru învelitori sunt dintre cele mai utilizate. Din această categorie fac parte: țiglele, olanele și coamele. Aceste produse se obțin din argile fuzibile, prelucrate prin presare în tipare sau prin tragere prin filiera presei și coamele pot fi impregnate, colorate în masă sau glazurate cu glazuri transparente sau opace, incolore sau divers colorate.

După formă și după modul de obținere, țiglele sunt de trei feluri: țigle-solzi trase prin filieră, țigle cu jgheab trase și țigle cu jgheab presate.

Țiglele-solzi trase prin filieră (fig. 7.10.) sunt prevăzute pe fața de așezare cu unul sau două ciocuri care servesc la prinderea de șipcele acoperișului.

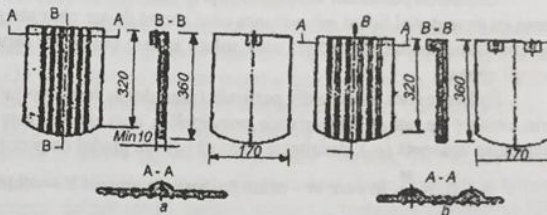


Fig. 7.10. Țigle-solzi

Țiglele cu jgheab trase și țiglele cu jgheab presate sunt țigle profilate.

Țiglele cu jgheab trase au formă dreptunghiulară și sunt prevăzute, de-a lungul laturilor lungi, pe o parte cu un uluc și pe cealaltă parte cu o lambă. Pe fața inferioară a țiglei se află un cioc prevăzut cu un orificiu pentru legarea țăgurilor cu sârmă de șipcele acoperișului.

➤ Alte produse ceramice

Dintre produsele cuprinse în această categorie, ne vom referi la granulit și la tuburile din argilă arsă.

Granulitul este un agregat artificial, realizat din argilă expandată, într-un cuptor rotativ special. Se prezintă sub formă de granule mai mult sau mai puțin sferice, cu aspect exterior neted, cu structură interioară celulară. Granulitul este un material ușor, cu densitatea aparentă de $350-500 \text{ kg/m}^3$, cu rezistența la compresiune destul de mare, cu proprietăți de izolare termică ridicată. Se folosește la prepararea betoanelor foarte ușoare.

Tuburile din argilă arsă cuprind următoarele categorii:

- tuburi pentru canale de fum și ventilații.
- tuburi ceramice pentru drenaj.
- tuburi de canalizare.



Produsele ceramice sunt obținute prin presare, din materiale argiloase plastice sau din amestecuri de pulberi de oxizi, silicați sau alte substanțe refractare, cu sau fără lianți, turnate în forme crude sau uscate și, apoi, supuse arderii.

7.3. MATERIALE COMPOZITE

Materialul compozit poate fi descris ca un amestec de materiale create special pentru a satisface anumite cerințe tehnologice, folosind proprietățile dorite ale componentelor și urmărind, totodată, diminuarea proprietăților nedorite ale acestora și materiale.

Principalul obiectiv în dezvoltarea producerii compozitelor este acela de a asigura caracteristici și proprietăți performante, mai presus de limitele cunoscute pentru materialele metalice și nemetalice utilizate în mod obișnuit.

În condițiile actuale, înlocuirea materialelor ceramice clasice cu materiale ceramice compozite cu caracteristici tehnico-funcționale și economice superioare este o necesitate stringentă, mai ales în domeniul construcțiilor de blindate,

în industria navală și aerospațială. De asemenea, materialele compozite cu matrice metalică, în particular cele cu matrice pe bază de aluminiu, sunt utilizate ca materiale structurale în industria aerospațială, industria de automobile, sectorul feroviar, ansambluri mecano-optice și de management termic, armată, produse recreative.

Materialele compozite se realizează prin metode specifice metalurgiei pulberilor.

În tehnologia de obținere a produselor prin metalurgia pulberilor sunt parcurse următoarele etape succesive:

- obținerea unor pulberi de metal sau de compus definit al unui metal (oxid, carbură);
- omogenizarea pulberii sau a unui amestec de pulberi;
- presarea pulberii sau a amestecului;
- sintetizarea pulberii sau a amestecului.

Obținerea pulberilor se realizează prin diferite metode: mecanice (măcinare uscată sau umedă), fizice (pulverizarea unui jet de material lichid sub acțiunea unui curent de aer, abur sau gaz neutru) și chimice (reducerea oxizilor cu hidrogen la temperaturi înalte, electroliza unor soluții apoase sau a unor săruri topite, reducerea și precipitarea de pulberi fine din soluții apoase).

Pulberile sunt formate din particule (granule) de forme colțuroase sau sferice, de mărimi diferite, care se determină prin cernere pe site. Caracteristica principală a unei pulberi este gradul de împachetare al granulelor, exprimat prin densitatea aparentă (ρ_a), densitatea relativă (d) sau gradul de porozitate (p), deduse din relațiile:

$$\rho_a = \frac{m}{V}, \text{ în care } m - \text{ masa pulberii, în grame; } V - \text{ volumul pulberii, în cm}^3;$$

$$d = \frac{\rho_a}{\rho_c}, \text{ în care } \rho_c - \text{ densitatea materialului comparat, turnat sau deformat;}$$

$$p = \frac{V_g}{V_a} = \frac{V_a - V_c}{V_a} = 1 - \frac{V_c}{V_a} = 1 - \frac{\rho_c}{\rho_a} = 1 - d,$$

în care V_g – volumul golurilor; V_a – volumul aparent total al pulberii vărsate, tasate sau presate.

Omogenizarea constă în mestecarea mecanică a pulberii sau a amestecurilor de pulberi cu o substanță de legătură (liant), până când compoziția devine aceeași în toată masa.

Presarea pulberilor se face prin comprimarea în „golul” unei matrițe, care are forma produsului ce urmează să fi obținut, sau prin laminare între cilindri netezi (pentru a se obține table sau benzi), cu o presiune suficient de mare, ce mărește gradul de împachetare (compactizare) și micșorează gradul de porozitate al pulberii presate.

Sinterizarea constă în încălzirea produsului presat la temperaturi înalte, în cuptoare cu atmosferă de gaz reducător (hidrogen) sau cu atmosferă mult rarefiată (vid relativ), astfel încât suprafața granulelor să nu se oxideze.

Proprietățile produselor obținute prin metalurgia pulberilor depind de proprietățile materialelor din care sunt constituite pulberile, de proprietățile lianților și de gradul de porozitate final. Din acest punct de vedere, există produse la care se urmărește realizarea unor anumite porozități (chiar până la 40%), precum și produse la care porozitatea trebuie să fie cât mai redusă (sub 10%).

Prin metalurgia pulberilor se fabrică mai multe tipuri de produse, dintre care cele mai importante sunt prezentate în figura 7.11.

PRODUSE OBTINUTE PRIN METALURGIA PULBERILOR

- Piese cu porozitate de 10-20%
- Piese cu porozitate de 30-40%
- Contacte electrice speciale
- Plăcuțe pentru scule așchietoare
- Magneți de diferite forme și mărimi
- Semifabricate și produse tenace, maleabile și ductile
- Bare pentru combustibili nucleari

Fig. 7.11.

a) Piese cu porozitate de 10-20% lucrează în condiții de frecare umedă, cu autoungere (bucșe, cuzineți de lagăre).

b) Piese cu porozitate de 30-40% trebuie să aibă această porozitate în condițiile speciale de funcționare (filtre de praf, diafragme).

În piesele din grupele (a) și (b) se folosesc pulberi moi de fier, cupru sau bronz cu adaos de grafit (autoungenti) în cazul (a).

c) *Contactele electrice speciale* se execută din metale ce nu se pot alia prin topire (W-Ag; Mo-Ag; W-Cu; Mo-Cu); aliajele astfel obținute prin metalurgia pulberilor se numesc pseudoaliaje.

d) *Plăcuțele pentru scule așchietoare* se obțin din pulberi de compuși definiți duri, dar fragili (oxizi, carburi) și o pulbere liant dintr-un metal tenace (Ni, Co).

Din această grupă fac parte aliaje dure metaloceramice, numite și cermeturi, constituite din particule dure de carburi de wolfram și titan, înglobate într-o masă tenace de cobalt. Cermetul de tipul WC-Co conține 92-98 % WC și 2-8 % Co, iar cel de tipul WC-TiC-Co conține 25-85% WC, 5-60% TiC, 5-10% Co. Acestea se obțin sub formă de plăcuțe finite sau de plăci semifabricate care se taie în pastile de forme simple, cu ajutorul unor rotoare (discuri) rotitoare din carbură de siliciu (SiC). Plăcuțele și pastilele se lipesc apoi pe suporturi de oțel, obținându-se scule pentru așchieria de degroșare sau de finisare cu viteze mari de așchiere ale pieselor din fonte și oțeluri aliate.

e) *Magneții de diferite forme și mărimi* se fabrică din pulbere de oxid de fier (Fe_2O_3) amestecată cu pulbere de oxizi de metale bivalente. În cursul sinterizării, oxizii reacționează între ei și se formează combinații chimice numite ferite, care au formula generală $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{MeO}$, în care Me este metalul bivalent (Ba, Ca, Zn, Cu, Ni etc.). Unele ferite sunt magnetice moi și se folosesc la fabricarea de miezuri magnetice, antene, calculatoare ș.a., iar altele sunt magnetice dure și se folosesc ca magneți permanenți în electrotehnică și în radiofonie.

f) *Semifabricatele și produsele tenace, maleabile și ductile din metale refractare* (W, Mo, Ta, Nb, Be etc.) de puritate înaltă sunt produse ce nu se pot obține în stările menționate prin procedeul clasic de topire și turnare.

g) *Barele pentru combustibili nucleari* din compuși definiți (oxizi, carburi, nitruți) ai metalelor radioactive (UO_2 , UC, UN ș.a.) sunt folosite în centralele electrice nucleare.

Materiale compozite placate

Din această categorie fac parte:

- *Materiale tip sandwich*
- *Materiale compozite durificate cu fibre*

Materialele tip sandwich sunt formate dintr-un material de bază (stratul interior sau miezul) și un material de adaos (stratul exterior sau cel depus). Materialul din stratul exterior se poate depune prin turnare sau prin presare pe o placă din materialul de bază, ceea ce a condus la denumirea de **materiale compozite placate**. Pe acest procedeu se bazează obținerea de materiale compozite formate dintr-o placă de oțel obișnuit pe care se depune un strat de oțel inoxidabil, produsul placat fiind folosit ca atare sau după o eventuală prelucrare prin deformare (de exemplu, îndoire sub formă de virolă cilindrică, ulterior sudată), la fabricarea recipientelor în care se depozitează, se transportă sau se prelucrează fluide corozive. Tot pe această cale se obțin și unele blindaje tip „sandviș”, formate din plăci alternative de oțel moale și de oțel dur, presate împreună, plăcile de oțel dur opunându-se străpungerii blindajului, iar plăcile de oțel moale amortizând șocul și evitând spargerea blindajului.

Materialele compozite durificate cu fibre sunt materiale complexe, formate din două materiale cu comportament total diferit față de solicitările mecanice exterioare: o matrice dintr-un material moale și plastic, cât și fibre dintr-un material dur și fragil.

Matricea poate fi metalică (un metal sau un aliaj moale), o rășină sintetică, iar fibrele pot fi executate din sticlă, grafit, bor, nailon etc. sau din metal – oțel dur, oțel cu wolfram, titan etc. De regulă, fibrele sunt subțiri (cu diametre peste 0,01 mm), foarte subțiri (diametre sub 0,01 mm) sau extrem de subțiri (așa-numitele „mustăți” sau whiskers, cu diametre de ordinul micrometrului sau al fracțiunii de micrometru).

Încorporarea fibrelor în matrice se poate realiza prin simpla lipire de straturi alternante de matrice și fibră, prin infiltrarea matricei în stare lichidă printre fibrele dispuse în șiruri paralele, prin depunerea electrochimică a matricei în jurul fibrelor, prin așezarea fibrelor într-o matrice de pulbere moale (urmată de presare și sinterizare) sau prin presarea unui sandviș de straturi de fibre alternând cu straturi de matrice (Fig. 7.12.). Procedeul folosit trebuie să asigure o aderență perfectă între fibre și matrice, necesară pentru ca efortul exterior aplicat compozitului să poată fi preluat mai întâi de fibre și să fie, apoi, parțial transferat matricei. Așa se explică faptul că fibrele preiau un efort de tracțiune

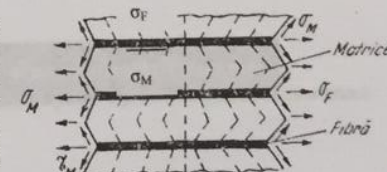


Fig. 7.12. Schema unui material compozit cu fibre și modul de comportare sub acțiunea unui efort de întindere în fibră (σ_F) care determină un efort de forfecare în matrice (σ_M)

pură, iar matricea preia eforturile de forfecare, ansamblul (compozitul) durificându-se cu un grad de durificare exprimat prin raportul:

$$\eta_{durif} = \sigma_F / \sigma_M$$

în care σ_F este rezistența datorată fibrelor, iar σ_M – rezistența datorată matricei. La rândul lor, σ_F și σ_M depind de modulele de elasticitate ale celor două componente (E_F pentru fibră și E_M pentru matrice) și de volumele ocupate de ele în compozitul dat (V_F este volumul fibrelor și V_M este volumul matricei).

Rezistența compozitului crește cu creșterea volumului ocupat de fibre. Trebuie menționat, însă, că un procent redus de fibre are un efect negativ, deoarece acționează ca goluri ce reduc secțiunea utilă a matricei; totuși, volumul ocupat de fibre nu trebuie să depășească o anumită valoare critică, de 90%, deoarece compozitul devine fragil. În figura 7.12. sunt enumerate exemple de materiale compozite durificate cu fibre.

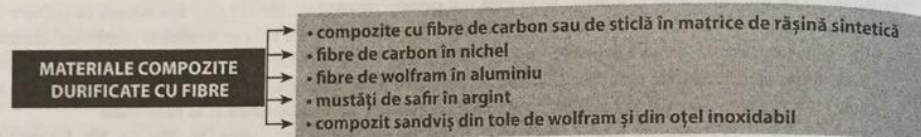


Fig. 7.12. Materiale compozite durificate cu fibre

7.4. MATERIALE REFRACTARE ȘI TERMOIZOLANTE

definiție

Refractaritatea este proprietatea chimică a unui material de a rezista din punct de vedere fizic, chimic și mecanic la temperaturi înalte, fără a se degrada.

Materialele refractare sunt alcătuite din oxizi sau combinații de oxizi ai unor metale, cu proprietatea de a rezista la temperaturi de minimum 1.600 °C. Sunt foarte utilizate la construcția cuptoarelor de topire și de încălzire din industria metalurgică, precum și în alte ramuri, sub formă de produse refractare pulverulente și fasonate sau granulate.

Materialele termoizolante împiedică schimbul de căldură dintre încăperile unei construcții sau dintre interiorul și exteriorul construcției. Aceste materiale trebuie să fie ușoare (sub 1.000 kg/m³), cât mai poroase (cu pori fini, închiși, uniform distribuiți), uscate, cu suficientă rezistență mecanică (pentru a rezista la manipulări, tasări, deteriorări etc.) și rezistente la variații de temperatură etc.

Materialele termoizolatoare sunt folosite sub formă granulară (*granulit, zgură, talaș, rumeguș* etc.), de plăci, salte și cochilii (în cazul conductelor). Funcția de termoizolare este uneori îndeplinită de unele elemente de rezistență, așa cum este cazul pereților portanți din cărămizi sau din beton ușor.

Materialele folosite pentru termoizolații se grupează în tipurile înscrise în figura 7.13.

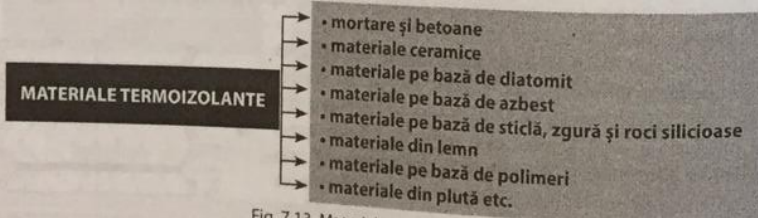


Fig. 7.13. Materiale termoizolante

Materialele termoizolante au scopul atenuării pierderilor de căldură din clădiri în timpul rece, din conductele de aburi și apă caldă, precum și din cuptoarele industriale în timpul funcționării.

Cele mai utilizate materiale termoizolante folosite în construcții sunt:

- materiale tip beton (BCA), ipsos celular și microporos;
- materiale pe bază de polimeri (polistiren expandat);
- materiale pe bază de sticlă, zgură și roci silicioase (vată de sticlă, umplutură de zgură de furnal, vată minerală, pâslă, perlit expandat etc.);
- materiale din lemn, trestie, paie și turbă;
- materiale pe bază de azbest (hârtie, carton, șnur, pânză de azbest, azbociment);
- materiale pe bază de fibre textile (șnur, fâșii, benzi).

SCHEMĂ RECAPITULATIVĂ

MATERIALE AVANSATE	Materiale plastice	termoplastice
		termoreactive
		din polimeri pentru pardoseli
		din polimeri pentru placaje
		din polimeri pentru învelitori
	Materiale ceramice	obișnuite
		antiacide
		refractare
		electroizolante
		din ceramică fină
		ceramice brute
	Materiale compozite	tip „sandviș”
		durificate cu fibre
	Materiale refractare și termoizolante	Materiale refractare
		Materiale termoizolante

ACTIVITĂȚI DE SINTEZĂ ȘI EVALUARE

I. În exercițiile de mai jos (1-4) încercuieți literele corespunzătoare răspunsului corect.

1. Materialele ceramice au în componența lor ca material de bază:

- a) cuarțul;
- b) argila;
- c) silicat de aluminiu;
- d) feldspați;
- e) ceara.

(0,5p)

2. Procedeele de deformare plastică la cald prin care se prelucurează materiale plastice pentru obținerea de piese sunt:

- a) turnare sub presiune;
- b) matrițare;
- c) laminare;
- d) ambutisare;
- f) presare;
- g) extrudare.

(0,5p)

9 Materialele plastice au în componență:

- coloranți;
- materiale de umplură;
- liantul sau masa de bază;
- cuarț;
- plastifianți;
- poliesteri;
- argilă.

(0,5p)

4 Proprietatea de plasticitate a materialelor plastice necesară operațiilor de prelucrare prin presare se manifestă numai la:

- răcire;
- încălzire;
- tratament termic;
- deformări plastice;
- solidificare.

(0,5p)

II. Completați căsuțele de mai jos.

1 (3,5p)

MATERIALE CERAMICE	
--------------------	--

2 (2,5p)

DOMENIILE DE UTILIZARE A MATERIALELOR PLASTICE	
--	--

III. Completați spațiile libere cu termeni adecvați sensului științific.

- Materialele ceramice sunt substanțe prin modelarea în stare a unor amestecuri de substanțe, care apoi se încălzesc și se prin ardere. (0,25p)
- Materialele termoizolante împiedică de căldură dintre încăperile unei sau dintre interiorul și construcției. (0,25p)
- Proprietățile produselor obținute prin metalurgia depind de proprietățile din care sunt pulberile și, eventual, lianții și de de porozitate final. (0,25p)
- Refractaritatea este proprietatea a unui material de a din punct de vedere fizic, chimic și la temperaturi, fără a se degrada. (0,25p)

Notă: Toate subiectele sunt obligatorii. Se acordă 1 punct din oficiu. Timp de lucru 50 de minute.

TEMĂ DE STUDIU INDIVIDUAL

Realizați un referat cu tema *Importanța materialelor avansate în viitorul apropiat.*

PROTECȚIA AMBIENTALĂ

8

8.1. Recuperarea și reciclarea materialelor

8.2. Măsurile de protecție a mediului specifice materialelor reciclabile

COMPETENȚE ȘI DEPRINDERI

Noțiunile prezentate în acest capitol contribuie la înțelegerea fenomenelor privind:

- utilizarea materialelor respectând criteriile de protecția mediului;
- identificarea procedeelelor de reciclare și recuperare a materialelor tehnice;
- descrierea măsurilor de protecție ambientală.

8.1. RECUPERAREA ȘI RECICLAREA MATERIALELOR

Recuperarea este definită ca fiind procesul de înlăturare a materialelor de la fluxul deșeurilor și pregătirea lor pentru reciclare.

În urma fabricării și a reciclării produselor sunt generate *deșeuri*. Acestea trebuie să fie introduse într-un circuit de recuperare, având drept scop evitarea efectelor negative pe care le provoacă asupra mediului și, în același timp, recuperarea energiei și a cheltuielilor generate de existența acestor deșeuri.

Circuitul de recuperare trebuie să înceapă chiar de la utilizator care, prin casarea produsului, devine generator de deșeu. La nivelul generatorului de deșeuri trebuie să se facă sortarea deșeurilor pe categorii de recuperare, stabilite împreună cu firma care se ocupă de colectarea, transportul și prelucrarea acestora. Modalitatea de depozitare, colectare și transport trebuie să ajute și să încurajeze atitudinea civică și ecologică a generatorului de deșeuri.

Categoriile de deșeuri recuperabile sunt cuprinse în figura 8.1.

În figura 8.2. este exemplificat un circuit de recuperare a deșeurilor provenite ca urmare a scoaterii din uz a produselor casnice și a anumitor categorii de materiale industriale și agricole.

CATEGORII DE DEȘURI
CARE POT FI RECUPERATE

- deșuri voluminoase nemetalice (mobilă, saltele etc.)
- deșuri textile
- deșuri de hârtie și carton
- deșuri de sticlă
- deșuri de mase plastice (ambalaje)
- deșuri de cauciuc (anvelope)
- deșuri speciale (baterii, acumulatori, medicamente, substanțe toxice, lubrifianți)

Fig. 8.1. Categoriile de deșuri care pot fi recuperate

Reciclarea presupune colectarea, separarea, curățarea și reprocessarea acestui material recuperat, spre a obține conversia lui într-un nou material destinat pieței.

Materialele comune reciclabile includ:

- hârtia;
- plasticul.
- aluminiul;
- sticla.

Lumea se îndreaptă către o eră a conservării resurselor naturale în care reciclarea este o parte integrantă, cu rol important la îmbunătățirea mediului.

Reciclarea a devenit o certitudine odată cu revoluția industrială. Materialele re folosibile metalice și nemetalice constituie materiale standard pentru industrie. Hârtia uzată poate fi readusă la forma sa originală și transformată în hârtie nouă.

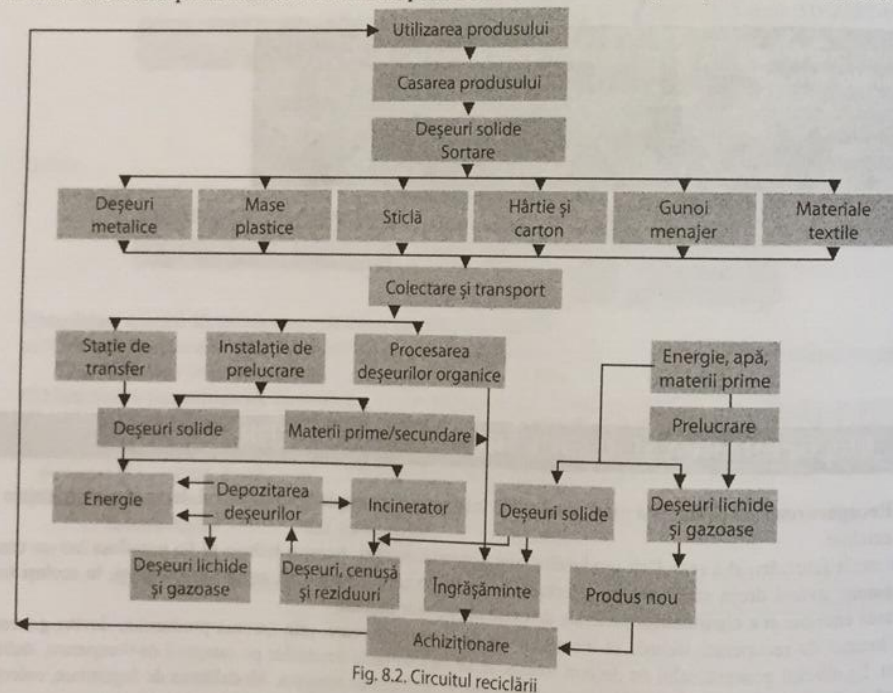


Fig. 8.2. Circuitul reciclării

Teoretic, materialele folosite se află într-un fel de mișcare perpetuă, în care substanțele primare sunt exploatate sau colectate și transformate în produse care dau naștere supraabundenței, după care sunt reciclate într-un proces de logică. Eventualele materiale utile ar deveni dispensabile și nu ar fi păstrate ca o posibilă resursă.

Folosirea de materiale deja prelucrate implică economii substanțiale de energie în comparație cu utilizarea materialelor brute (exemple în tabelul 8.1.).

Tabelul 8.1. Economii de energie realizate prin utilizarea de materiale re folosibile

Material re folosibil	Economia de energie pe tona de material (%)
Oțel	74
Aluminu	95
Cupru	85
Plumb	65
Hârtie	64
Plastic	80

Produsele secundare sunt mai puțin poluante decât materiile prime.

Utilizarea oțelului reciclat înseamnă 86% mai puțin aer poluat.

Reciclarea reintroduce în circuitul economic materiale care au deja proprietăți apropiate sau identice cu materialele din care se execută produse noi.

Reciclarea produselor conduce la obținerea efectelor menționate în figura 8.3.

AVANTAJELE RECICLĂRII

- eliminarea poluării și conservarea resurselor naturale
- conservarea energiei
- eliminarea costurilor depozitării reziduurilor sau a incinerării lor
- crearea de noi locuri de muncă și creșterea competitivității industriilor

Fig. 8.3. Avantajele reciclării

• **Reciclarea elimină poluarea și conservă resursele naturale.** Cel mai mare beneficiu de mediu al reciclării este legat nu de depozitarea reziduurilor, ci de conservarea energiei și a resurselor naturale și de prevenirea poluării prin utilizarea, în procesul de fabricație, a materialelor rezultate din reciclare și mai puțin a celor primare.

Materialele recuperate au fost deja purificate și prelucrate anterior, astfel încât utilizarea lor în procesul de fabricație presupune o activitate mai curată și un consum mai mic de energie. Analize detaliate au evidențiat faptul că aceste beneficii de mediu conferite de reciclare sunt cu mult mai eficiente decât orice alte acțiuni de protejare a mediului.

• **Reciclarea conservă energia.** Este necesară mult mai puțină energie pentru transformarea materialelor reciclate în produse noi, comparativ cu consumul implicat la începerea producției cu materiale primare, brute. Prin reciclarea unei tone de materiale, într-un program obișnuit de reciclare, sunt economisiți cel puțin 187 USD, prin realizarea de economii la electricitate, petrol, gaze naturale și cărbune, chiar în condițiile în care ținem cont de consumurile datorate colectării și transportării materialelor.

• **Reciclarea elimină costurile depozitării reziduurilor sau ale incinerării lor.** Costurile reciclării sunt parțial amortizate prin evitarea cheltuielilor de depozitare sau de incinerare și prin comercializarea materialelor rezultate.

Prețurile de depozitare a deșeurilor variază foarte mult în funcție de zonă, iar piața materialelor reciclate este într-o creștere explozivă. Programele de reciclare proiectate adecvat și implementate complet pot fi deplin competitive cu depozitarea sau cu incinerarea reziduurilor. În prezent, sunt disponibile numeroase tehnici de eficientizare a reciclării, unele dintre ele fiind în curs de testare și implementare.

• **Reciclarea creează noi locuri de muncă și crește competitivitatea industriilor.** Reciclarea oferă industriilor resurse mai ieftine, avantaje economice pe termen lung care se translatează în valoare pentru consumatorii care cheltuiesc mai puțin pe produse și ambalaje.

Efectele reciclării asupra dezvoltării industriale sunt semnificative.

Într-o perioadă de criză de materii prime și energie, când omenirea devine tot mai conștientă de importanța conceptului de *dezvoltare durabilă*, este de datoria generației actuale de a lăsa șanse de dezvoltare intacte generațiilor viitoare, prin creșterea eficienței utilizării resurselor planetei, prin reducerea poluării și a deșeurilor, prin *repararea* și

recondiționarea utilajelor, a aparatelor și a produselor, prin *reciclarea* (Fig. 8.3) și prin *reutilizarea* materialelor. Toate acestea sunt noțiuni extrem de actuale și de importante pentru inginerul tehnolog.

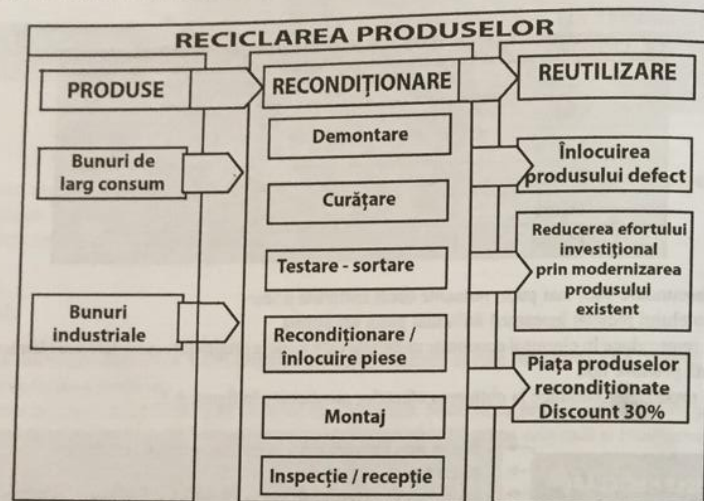


Fig. 8.4. Etapele și utilitatea reciclării

➤ Reciclarea hârtiei

Un exemplu elocvent de reciclare este cel al hârtiei uzate care, cu cheltuieli minime, se transformă în hârtie nouă. Economia de energie obținută este substanțială, după cum rezultă din tabelul 8.2.

Tabelul 8.2. Economii de energie realizate prin reciclarea hârtiei

Material	Consum de energie (%)	
	Material brut	Material reciclat
Hârtia	100	36

Utilizarea hârtiei reciclate micșorează poluarea apei cu 35% și poluarea aerului cu 74%.

Reciclarea hârtiei se poate realiza atât la domiciliu, cât și la școală și la serviciu.

În medie, un funcționar poate recicla suficientă hârtie anual pentru a salva cel puțin un copac. În timp ce capacitățile noastre de stocare au ajuns la saturație și costurile de degajare a gunoierului cresc, din ce în ce mai multe companii de mare medie și mică decid să recicleze deșeurile de hârtie și carton.

Cele mai multe deșuri produse zilnic (foi de hârtie, scrisori nefolositoare, ziare, reclame primite prin poștă, doze de aluminiu, ambalaje etc.) sunt materiale 100% reciclabile.

Oportunități de reutilizare și reciclare în cazul hârtiei au fost create în toate fabricile de hârtie din țara noastră. Acestea acceptă deșuri de hârtie și carton, în vederea reciclării, în funcție de capacitățile existente.

Principalele utilizări ale hârtiei reciclate sunt: substituirea pastei de hârtie, realizarea unor produse pentru construcții (pereții din carton cu ghips), combustibili obținuți din deșuri, în amestec cu deșuri din plastic și lemn etc.

➤ Reciclarea plasticului

Deșeurile din material plastic sunt clasificate în două mari categorii:

- deșuri din plastic post-industrial: materiale care rezultă din activitatea umană, fie un amestec de materiale, fie materiale deja sortate pe categorii;

- deșuri din plastic post-consumator: produsele care au fost separate și reținute din restul deșeurilor solide, pentru colectare și utilizare.

În mod obișnuit, există trei metode utilizate pentru reciclarea plasticului:

- reciclare mecanică;
- reciclarea prin depolimerizare;
- reciclarea chimică.

- Reciclarea mecanică** este procedura prin care deșeurile din plastic ce au fost recuperate și separate din grămadă de deșuri solide sunt supuse unei proceduri de recuperare, după care sunt utilizate din nou în fabricarea de produse noi, similare sau diferite față de produsul inițial.
- Reciclarea prin depolimerizare** este adesea aplicată pentru depolimerizarea poliolefinelor și apoliolefinelor de substituție. Acestea sunt mari molecule compuse primar din elementele carbon și hidrogen, la fel ca polietilena, într-o varietate de mici hidrocarburi intermediari. Hidrocarburi intermediari sunt chimicalele care intră în componența uleiului de motor sau a benzinei.
- Reciclarea chimică** este adesea aplicată pentru depolimerizarea unor polimeri de condensare sau aditive, înapoi la monomeri (blocurile de bază construite din care se fac materialele plastice). În această categorie de materiale plastice intră poliesterii, poliamidele (nălonul utilizat în țesături) și poliuretanul (buretele de la scaunele mașinilor).

În procesul de reciclare a plasticelor există diverse probleme tehnice și economice referitoare la identificarea, segregarea/sortarea și recoltarea în stații centrale, pe de o parte, și la valoarea economică a recuperării, pe de altă parte.

- Din nefericire, reciclarea plasticelor prezintă anumite dezavantaje, și anume:
- contaminarea plasticelor reciclabile de materiale non-plastice;
- amestecarea la un loc a pigmenților sau a coloranților de diferite culori.

8.2. MĂSURI DE PROTECȚIE A MEDIULUI SPECIFICE MATERIALELOR REICLABILE

Poluarea și protecția mediului sunt considerate printre cele mai importante probleme cu care se confruntă societatea românească și umanitatea, în general. Transformările care au loc la nivel global, în ceea ce privește calitatea mediului, impun găsirea unor soluții care să asigure menținerea echilibrului ecologic al planetei.

Preocupările pentru promovarea instrumentelor economice în administrarea mediului, dar și relația mediu-privatizare constituie priorități în construcția societății, având drept scop îmbunătățirea calității mediului și tranziția spre o dezvoltare durabilă.

Problemele de protecție a mediului sunt deosebit de complexe și vizează toate sectoarele de activitate: economice, sociale și politice. Rezolvarea acestor probleme reclamă participarea tuturor celor implicați în poluarea factorilor de mediu: **agenți economici**, departamente, ministere, dar și a celor care sunt interesați în ocrotirea mediului, în primul rând populația și reprezentanții ei aleși în diverse organisme, organizații neguvernamentale, întreaga structură statală.

Fără ocrotirea mediului nu se poate asigura dezvoltarea durabilă. Dezvoltarea durabilă include protecția mediului, iar protecția mediului condiționează dezvoltarea durabilă. Cerințele și exigențele existente la nivelul Uniunii Europene impun o nouă abordare a problemelor globale de mediu, din punct de vedere al efectelor și al presiunii asupra mediului.

Măsurile de protecție a mediului specifice materialelor reciclabile sunt dependente de modul de gestionare a acestor deșuri. Gestionarea deșeurilor reciclabile, cunoscută și sub denumirea de managementul deșeurilor reciclabile, se referă la colectarea, transportul, tratarea și depozitarea acestor deșuri. Materialele reciclabile sunt rezultate din activități umane, iar gestionarea acestor deșuri are în vedere reducerea efectului lor asupra sănătății oamenilor și a mediului. Gestionarea deșeurilor reciclabile are ca scop și economisirea unor resurse naturale, prin reutilizarea părților recuperabile. Toate elementele unui sistem de gestionare a deșeurilor reciclabile pot avea un impact potențial asupra mediului. Un sistem modern de management al deșeurilor reciclabile elimină sau reduce considerabil efectele negative asupra mediului, până la un nivel acceptabil.

Prin implementarea prevederilor legale în activitatea curentă a agenților economici și a administrațiilor publice locale, se preconizează reducerea semnificativă a impactului negativ al deșeurilor asupra mediului și asupra sănătății umane. Conform legislației în vigoare, obiectivul general al Strategiei Naționale de Gestionare a Deșeurilor și al Planului Național de Gestionare a Deșeurilor este dezvoltarea unui sistem integrat de gestionare a deșeurilor reciclabile eficient din punct de vedere economic, care să asigure protecția sănătății populației și a mediului. Pentru îndeplinirea acestor obiective este necesară implicarea întregii societăți, reprezentată prin autorități publice, generatori de deșeurii, asociații profesionale, societatea civilă. Deșeurile reciclabile vor fi calculate în conformitate cu legislația în vigoare, pe măsură ce autoritatea locală va implementa sistemul de colectare selectivă a deșeurilor reciclabile (colectare prevăzută în containere tip „clopot”). Deșeurile sunt depuse de utilizatori pe categorii de deșeurii (hârtie – cartoane, sticlă, plastic), în containere inscripționate cu denumirea materialului ce urmează a fi depozitat (fig. 8.5.).



Fig. 8.5. Exemple de recipiente pentru precolectare selectivă

Pe recipientele de precolectare selectivă se aplică etichete (fig. 8.6.). Notațiile au următoarele semnificații:

- **FE – fier:** conserve, capace de borcane, tuburi de spray, cutii cu lacuri și vopsele etc. Cod 40.
- **ALU – aluminiu:** doze băuturi, folii și ambalaje alimentare. Cod 41.
- **Alte metale** – mai ales metale neferoase (cupru, alamă, inox etc.). Cod 42-49.
- **PAP – Carton ondulat.** Cod 20.
- **PAP – Carton neondulat.** Cod 21.
- **PAP – Hârtie.** Cod 22.
- **PET – Polietilenă tereftalată:** recipiente băuturi, ulei etc. Cod 1.
- **HDPE – Polietilenă de înaltă densitate:** recipiente produse chimice (șampoane, detergenți lichizi, clor, soluții de curățat etc.). Cod 2.
- **PVC – Policlorură de vinil:** dopuri, țevi, folie, țevi, tuburi, mobilier ușor, carduri, autocolante etc. Cod 3.
- **LDPE – Polietilenă de joasă densitate:** pungi, saci, folii. Cod 4.
- **PP – Polipropilenă:** cutii de margarină, pahare, diverse ambalaje alimentare etc. Cod 5.
- **PS – Polistiren:** țevi, pahare de unică folosință, cutii iaurt, carcase casete și CD-uri etc. Cod 6.
- **Alte mase plastice:** Cod 7-19.

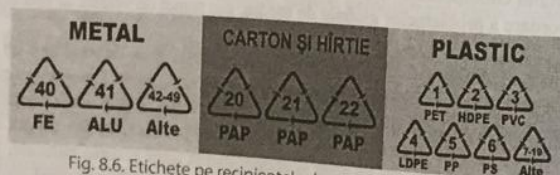


Fig. 8.6. Etichete pe recipientele de precolectare selectivă

Sortarea materialelor colectate se face manual, în incinta societății, după care deșeurile reciclabile sunt balotate pe categorii de material reciclabil și apoi depozitate în vederea valorificării și reciclării.

Întrucât protecția mediului înconjurător este o problemă cât se poate de sensibilă în UE, atunci când se importă deșeurii reciclate, întreprinzătorul trebuie să se asigure că marfa este însoțită de toate documentele prevăzute de lege, pentru a evita orice probleme generate de procedurile vamale. Astfel, se impune ca, pe lângă documentele și facturile de transport, actele firmei exportatoare și declarația vamală de import să dețină și un certificat de origine a mărfii, care să precizeze că deșeurile în cauză sunt procesate corespunzător și nu afectează mediul. În prezent, în România nu există o evaluare asupra a ceea ce înseamnă o afacere în domeniul managementului deșeurilor reciclabile. Ideea de la care se pornește este de a colecta materiale re folosibile, de a le supune unui proces de uniformizare mecanică și apoi de a le vinde pe post de materie primă. Deșeurile reciclabile colectate sunt sortate pe sortimente și sunt apoi balotate cu ajutorul a două prese automate, după care sunt încărcate și livrate către beneficiari. La beneficiari, urmează etapa de tratare a deșeurilor reciclabile, prin metode de tratare specifice fiecărui tip de deșeu. În decursul acestei activități, se impune aplicarea de măsuri preventive de protecție a sănătății celor care lucrează cu aceste deșeurii și respectarea normelor de protecție a mediului înconjurător.

La baza gestionării deșeurilor industriale reciclabile stau următoarele principii generale:

- a) principiul utilizării numai a acelor procedee de gestionare a deșeurilor industriale reciclabile care nu constituie un risc pentru sănătatea populației și pentru mediul înconjurător;
- b) principiul „poluatorul plătește”;
- c) principiul „responsabilității producătorului”;
- d) principiul utilizării celor mai bune tehnici disponibile, fără antrenarea unor costuri excesive.

Deținătorii de deșeurii industriale reciclabile, *persoane juridice*, sunt obligați să asigure strângerea, sortarea și depozitarea temporară a acestora, cu respectarea **normelor de protecție a sănătății populației și a mediului înconjurător**, precum și reintroducerea lor în circuitul productiv prin:

- a) reutilizarea în propriile procese de producție;
 - b) valorificarea, cu respectarea prevederilor legislației în vigoare și comercializarea materiilor prime secundare obținute;
 - c) predarea către agenții economici specializați, autorizați pentru valorificare, a deșeurilor industriale reciclabile.
- Deținătorii de deșeurii industriale reciclabile, *persoane fizice*, sunt obligați:
- a) să nu depoziteze și să nu abandoneze deșeurile industriale reciclabile în condiții care contravin normelor de protecție a sănătății populației și a mediului înconjurător;
 - b) să depună separat deșeurile industriale reciclabile acolo unde există recipiente sau incinte special destinate acestui scop.

Agenții economici care realizează operațiuni de colectare a deșeurilor industriale reciclabile provenite de la persoanele fizice își pot desfășura activitatea numai pe bază de autorizație de colectare emisă de prefectura județului, cu avizul primăriei comunei, orașului sau municipiului în care funcționează agentul economic respectiv, pe baza dovezii că deține spațiul corespunzător pentru depozitarea deșeurilor reciclabile colectate, în condiții de protecție a mediului înconjurător și a sănătății populației.

La rândul lor, agenții economici sunt obligați să reintroducă în circuitul productiv deșeurile industriale reciclabile colectate prin predarea către agenții economici specializați, autorizați pentru activitatea de valorificare a acestora.

SCHEMĂ RECAPITULATIVĂ

PROTECȚIA AMBIENTALĂ	Recuperarea și reciclarea materialelor	Deșeurii recuperabile
		Reciclare
	Protecția mediului specifică materialelor reciclabile	Principiile generale ale gestionării deșeurilor industriale reciclabile

ACTIVITĂȚI DE SINTEZĂ ȘI EVALUARE

Fișă de lucru

- 1 Completați spațiile libere cu termeni adecvați sensului științific:
- Recuperarea** este definită ca fiind de înlăturare a de la fluxul deșeurilor și lor pentru reciclare.
 - Reciclarea** presupune colectarea,, curățarea și acestui material recuperat spre a conversia acestuia spre un nou material pieței.
 - Reciclarea mecanică** este procedura prin care din plastic ce a fost recuperat și din grămada de deșeuri este supus unei de recuperare și, după aceea, este din nou în obținerea de produse, similare sau diferite față de inițial.
 - Deșeurile radioactive** apar de la electricității în centrale nucleare.
- 2 Completați schemele de mai jos.

CATEGORII DE DEȘEURI
CARE POT FI RECUPERATE

AVANTAJELE RECICLĂRII

- 3 Rezolvați itemii de mai jos:
- Care sunt materialele comune supuse reciclării?
 - Care sunt principiile generale care stau la baza gestionării deșeurilor industriale reciclabile?

Timp de lucru 15 minute.

TEME DE STUDIU INDIVIDUAL

- Concepeți un referat despre efectul nociv al deșeurilor radioactive.
- Alcătuți un eseu cu tema *Importanța reciclării materialelor*.
- Explicați, într-un scurt eseu, cum acționați în direcția reciclării materialelor reciclabile și a protejării mediului înconjurător.

BIBLIOGRAFIE

- Amza, Gh. ș.a. – *Tratat de tehnologia materialelor*, Edit. Academiei Române, București, 2002.
- Ciocîrlea-Vasilescu, A. ș.a. – *Elemente de tehnologie mecanică*, Edit. Cvasidocumentația Proser & PRINTECH, București, 2005.
- Dumitraș, C. ș.a. – *Prelucrarea materialelor compozite, ceramice și minerale*, Editura Tehnică, București, 1994.
- Fetița, I.; Fetița, Al. – *Materiale electrotehnice și electrice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1992.
- Ciutea M., Bărlădeanu M., Dragu P. – *Manualul croitorului*, Editura Tehnică, București, 1995.
- Florea J.; Robescu D. – *Hidrodinamica instalațiilor de transport hidropneumatic și de depoluare a apei și aerului*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
- Gădea, S. ș.a. – *Manualul inginerului metalurg, volumul I*, București, Editura Tehnică, 1985.
- Măciucă, V.; Brânzescu, M. – *Materiale de construcții*, București, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1992.
- Mitelea I. ș.a. – *Selecția și utilizarea materialelor ingineresti*, Editura Politehnica, Timișoara, 1998.
- Muțiu, T. A. – *Studiul materialelor*, București, I. C. P. A. – I. U. C, 1985.
- Popescu M. – *Aliaje cu memoria formei*, Editura Eurostampa, Timișoara, 2002.
- Popescu M. – *Materiale ceramice*, Editura Eurostampa, Timișoara, 2002.
- Popescu N. – *Studiul materialelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1994.
- Sofroni L. ș.a. – *Utilajul și tehnologia meseriei prelucrător în sectoare calde*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1991.
- Țonea, A. ș.a. – *Studiul materialelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1996.

CUPRINS

1. STRUCTURA MATERIALELOR TEHNICE	3
1.1. Definirea și clasificarea materialelor	4
1.2. Structura cristalină	6
1.3. Structura amorfă	8
2. PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR TEHNICE	8
2.1. Proprietăți generale ale materialelor tehnice	9
2.2. Proprietăți fizice	12
2.3. Proprietăți chimice	12
2.4. Proprietăți mecanice	15
2.5. Proprietăți tehnologice	19
3. MATERIALE METALICE FEROASE	19
3.1. Elemente componente ale aliajelor fier-carbon	20
3.1.1. Elaborarea aliajelor feroase	22
3.1.2. Microstructurile și proprietățile constituenților normali ai aliajelor feroase	23
3.2. Oțeluri	23
3.2.1. Clasificarea oțelurilor	31
3.3. Fonte	31
3.3.1. Clasificarea fontelor	40
4. MATERIALE METALICE NEFEROASE	40
4.1. Clasificarea metalelor și a aliajelor neferoase	41
4.2. Cuprul și aliajele sale	44
4.3. Alumiul și aliajele sale	47
5. MODIFICAREA STRUCTURII ȘI PROPRIETĂȚILOR MATERIALELOR METALICE	47
5.1. Modificarea structurii și proprietăților prin deformări plastice	48
5.2. Modificarea structurii și proprietăților prin tratamente termice	49
5.2.1. Călire a oțelurilor	51
5.2.2. Revenirea oțelurilor	52
5.2.3. Călire și revenirea fontelor	52
5.2.4. Recoacerea oțelurilor	54
5.2.5. Recoacerea pieselor turnate din fontă	58
6. COROZIUNEA METALELOR ȘI A ALIAJELOR	58
6.1. Generalități. Tipuri de coroziune	60
6.2. Protecția anticorozivă	61
6.2.1. Acoperirea pieselor de metal cu un strat din alt metal	62
6.2.2. Acoperirea metalelor cu materiale nemetalice anorganice	62
6.2.3. Acoperirea pieselor metalice cu materiale nemetalice organice	65
7. MATERIALE AVANSATE	65
7.1. Materiale plastice	67
7.2. Materiale ceramice	70
7.3. Materiale compozite	73
7.4. Materiale refractare și termoizolante	76
8. PROTECȚIA AMBIENTALĂ	79
8.1. Recuperarea și reciclarea materialelor	79
8.2. Măsurile de protecție a mediului specifice materialelor reciclabile	83
BIBLIOGRAFIE	87