



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI,
PROTECȚIEI SOCIALE ȘI
PERSOANELOR VÂRSTNICE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OIPOSDRU



UNIVERSITATEA
TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

AXA PRORITARĂ 1 "Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere".

DOMENIUL MAJOR DE INTERVENȚIE 1.3 "Dezvoltarea resurselor umane în educație și formare profesională"

TITLUL PROIECTULUI: "Școală universitară de formare inițială și continuă a personalului didactic și a trainerilor din domeniul specializărilor tehnice și ingineresti - DidaTec"

COD CONTRACT: POSDRU/87/1.3/S/60891

BENEFICIAR: Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Modulul 12: Tratamente aplicate oțelurilor. Metale și aliaje neferoase

Autor: S.I. dr. ing. Larisa Meliță
Departamentul de Căi Ferate, Drumuri, Poduri și Materiale
Universitatea Tehnică de Construcții București

Scop



Modulul 12 al cursului de *Materiale de Instalații* vă prezintă noțiuni referitoare la tratamentele aplicate oțelurilor precum și noțiuni referitoare la alte metale, în afară de fier și aliaje feroase. Parcurgând acest modul vă veți familiariza cu cele mai importante tratamente prin prelucrări mecanice, termice și termochimice aplicate oțelurilor și veți cunoaște cele mai importante metale și aliaje neferoase utilizate în construcții.

Obiective



La finalul Modulului 12 veți putea să:

1. Explicați în ce constă un tratament prin prelucrare mecanică, un tratament termic sau un tratament termochimic aplicat oțelurilor.
2. Exemplificați care sunt cele mai importante tratamente mecanice, termice și termochimice aplicate oțelurilor.
3. Precizați cum se modifică proprietățile fizico - mecanice ale oțelurilor în urma tratamentelor.
4. Precizați caracteristicile fizico-mecanice ale altor metale și aliajelor neferoase utilizate în construcții.

Durată



Durata medie de studiu individual: 2 ore.



12.1. Tratamente aplicate oțelurilor

Oțelurile, cele mai utilizate materiale metalice, după elaborare, sunt supuse tratamentelor prin prelucrări mecanice și tratamentelor termice pentru a le îmbunătăți unele proprietăți fizico-mecanice. Dintre acestea cele mai importante sunt: *prelucrările mecanice*, *tratamentele termice*, *tratamentele termochimice* și *tratamentele termomecanice*.

12.1.1. Tratamentele prin prelucrări mecanice constau în deformarea plastică a materialului metalic, la cald sau la rece, cu scopul modificării proprietăților fizico-mecanice, în funcție de necesitățile și domeniul de utilizare al acestuia. În timpul prelucrărilor mecanice se produce modificarea structurii metalului, prin deformarea grăunților cristalini (striviri, turtiri, dislocații sau ruperi) datorită alunecării planurilor reticulare și formarea unei structuri fibroase, bogată în energie liberă deci, instabilă din punct de vedere termodinamic, care este cunoscută sub numele de *ecruisare* (vezi modulul 10).

Cele mai importante tratamente prin prelucrare mecanică aplicate materialelor metalice sunt:

- **laminarea** – procedeul tehnologic de tragerea în foi, la rece sau la cald;
- **trefilarea** – procedeul tehnologic de tragere în fire;
- **extruderea** – procedeul tehnologic de trecere prin orificii prin presare;
- **matrițarea** – procedeul tehnologic de presare a materialului metalic în *matrițe* (tipare) cu scopul de a obține o formă dorită;
- **forjarea** - deformarea plastică a metalului prin batere cu un ciocan.

Pentru ca piesele metalice să nu se rupă în timpul prelucrării prin tratamente mecanice trebuie ca intervalul între limita de curgere și limita de rupere să fie cât mai mare, iar valoarea forței, care produce deformația plastică să fie cuprinsă între aceste limite.

12.1.2. Tratamentele termice sunt procedee tehnologice, aplicate materialelor metalice, care constau în încălzirea acestora, până la o anumită temperatură, menținerea la această temperatură, urmată de o răcire, în condiții bine stabilite, cu scopul obținerii anumitor proprietăți fizice sau mecanice. În fig. 12.1 este reprezentată schematic succesiunea etapelor care se aplică în timpul unui tratament termic și care se numește *ciclu de tratament termic*.

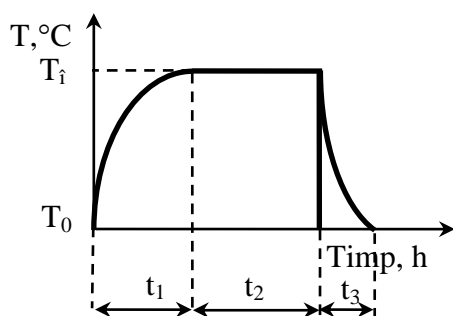


Figura 12.1. Variația temperatură/timp în decursul unui tratament termic

t_1 – Încălzire

t_2 - Menținere la aceeași temperatură

t_3 - Răcire

În timpul unui tratament termic trebuie să fie bine precizați următorii parametri, de care depinde calitatea tratamentului:



a) **Viteza de încălzire**, care poate influența rezistența la rupere, deformația la cald dar poate duce și la degradarea materialului; de aceea ea se stabilește în funcție de compoziția chimică și de conductivitatea termică a materialului metalic, dar și de complexitatea pieselor.

b) **Temperatura de încălzire T_b** , care se stabilește în funcție de tipul de tratament termic și de compoziția chimică a materialului, prin intermediul diagramelor de echilibru, ținându-se cont și de recomandările precizate de standarde.

c) **Durata de menținere t_2 la temperatura tratamentului termic**, care este timpul de menținere al piesei în cuptor, astfel încât întreaga masă a ei să atingă temperatura din cuptor.

d) **Viteza de răcire**, care este cel mai important parametru al unui tratament termic, de care depinde structura materialului tratat termic, dar și proprietățile mecanice obținute.

Oțelurilor li se aplică următoarele tratamente termice: recoacerea, călirea și revenirea.

12.1.2.1 Recoacerea oțelurilor

Recoacerea este un tratament termic aplicat cu scopul obținerii unui echilibru fizico-chimic sau structural și constă din încălzirea materialului metalic din oțel până la o anumită temperatură, menținerea la această temperatură și apoi o răcire lentă, de obicei în cuptor. Acest tip de recoacere poate fi de mai multe feluri:

a) **Recoacerea completă** se aplică oțelurilor hipoeutectoide prin încălzirea acestora cu 30-50°C peste linia A_3 (zona 1 fig. 12.2) urmată de o răcire lentă cu 10-20 °C/oră până la 500 - 600°C, pentru a se forma perlita și ferita, după care are loc o răcire în aer. Scopul acestui tratament este de regenerare a unei structuri produse prin supraîncălzirea materialului datorită unor operații de prelucrare la cald: turnare, forjare. În cazul oțelurilor cu un conținut mai mare de carbon se folosește cu scopul distrugerii rețelei de carburi.

b) **Recoacerea incompletă** se aplică atât oțelurilor hipoeutectoide dar mai ales celor hipereutectoide și constă în încălzirea acestora cu 30-50°C deasupra liniei A_1 (zona 2 fig. 12.2) urmată de o răcire lentă cu 10-20 °C/oră până la 600°C după care, răcirea poate continua în aer. Se produce astfel o recrystalizare a perlitei, iar prin răcirea lentă a acesteia se micșorează duritatea oțelurilor. Acest tratament termic se folosește pentru eliminarea tensiunilor interne și pentru îmbunătățirea prelucrabilității prin așchiere.

c) **Recoacerea de recrystalizare** se aplică materialelor metalice deformate plastic la rece, prin ecruisare (vezi modulul 10) cu scopul readucerii acestora în starea inițială. Temperatura recoacerii de recrystalizare este cu 50 până la 150°C mai mare decât temperatura de recrystalizare a materialului metalic respectiv și se aplică, de obicei, benzilor, sârmelor, țevilor și barelor trase și extrudate la rece.

d) **Recoacerea de globulizare (de înmuiere)** se face prin încălzirea alternantă cu 30-50°C în jurul temperaturii de 727°C (zona 3 fig. 12.2) într-un număr de 3-4 cicluri, urmată de o răcire lentă. Prin încălzirea oțelului peste 727°C apar în structura lui centre de austenită, iar prin răcirea lui sub 727°C apar centre de cristalizare a perlitei. Scopul acestui tratament este de a transforma cementita lamelară în cementită globulară astfel încât materialul din oțel să aibă o duritate mai mică, dar o reziliență mai mare și o prelucrabilitate prin așchiere mai bună.



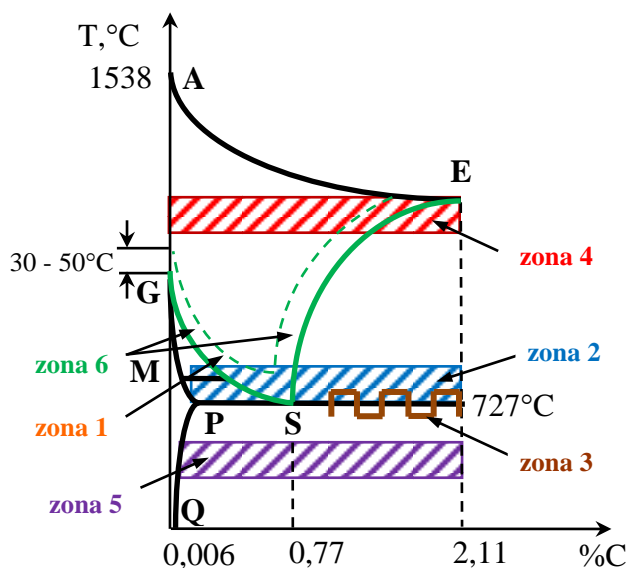


Figura 12.2. Zonele temperaturilor tratamentelor termice de recoacere pentru oțeluri

e) **Recoacerea de omogenizare** constă în încălzirea la 1000 - 1150°C și menținerea la această temperatură între 20 și 100 de ore (zona 4 fig 12.2) a materialului metalic cu scopul omogenizării compoziției chimice atunci când s-a constatat ca s-a format o segregare dendritică. În urma acestui tratament termic, deoarece se realizează aproape de linia solidus, se obține o structură grosolană care are o tenacitate redusă. De aceea, recoacerea de omogenizare este urmată de o recoacere de normalizare fiind, din acest motiv, un tratament costisitor care se aplică în situații bine justificate cum ar fi: piesele sau lingourile turnate din oțeluri aliate.

f) **Recoacerea de detensionare** se aplică cu scopul de a elimina tensiunile interne din pisele din oțel turnate, forjate, deformate plastic la rece sau sudate, care urmează să fie prelucrate prin așchiere. Astfel, piesele din oțel se încălzesc la 600 – 650°C (zona 5 fig 12.2) după care, se răcesc lent până la 150-200°C și apoi răcirea continuă în aer liniștit.

g) **Recoacerea de normalizare** se aplică oțelurilor după o deformare plastică la cald, după turnare sau sudare, având ca scop obținerea unei structuri fine și omogene. Constă în încălzirea oțelurilor hipoeutectoide cu 30-50°C peste linia A₃, iar a celor hipereutectoide cu 30-50°C peste linia A_{cm} (zona 6 fig 12.2) cu o viteză mai mare decât la celelalte recoaceri, în aer liniștit. În urma acestui tratament termic proprietățile mecanice ale materialelor metalice sunt superioare.

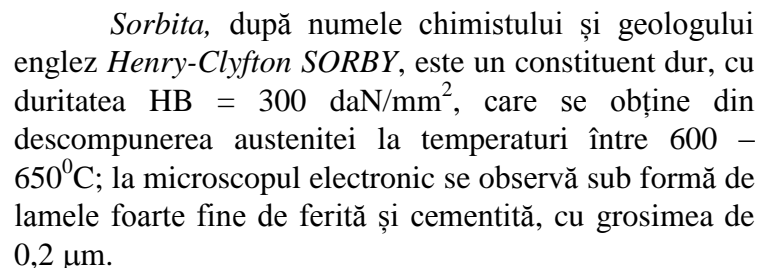
12.1.2.2 Călirea oțelurilor

Este un tratament termic aplicat pieselor prelucrate și constă în încălzirea acestora, funcție de compoziția în carbon, astfel: cele obținute din oțeluri hipoeutectoide se încălzesc cu 30-50°C deasupra liniei A₃, iar cele hipereutectoide se încălzesc cu 50-70°C deasupra liniei A₁ (fig. 12.3) urmate de o răcire rapidă, pentru ca piesele să dobândească o duritate și o rezistență la uzură mai mari.

Răcirea se face cu viteze mari, pentru a se obține structuri noi în stratul superficial, care nu sunt de echilibru, cum ar fi: *martensita*, *bainita*, *troostita*, *sorbita* etc. și care nu se găsesc în diagrama FeC

Martensita, după numele metalurgului german *Adolf MARTENS*, este un constituent foarte dur cu HB = 850 daN/mm² format dintr-o soluție suprasaturată de carbon în αFe care se formează prin descompunerea austenitei la temperaturi mai scăzute.

Bainita, după numele metalurgului american *Edgar-Collins BAIN*, se formează prin descompunerea austenitei la temperaturi între 300 – 500°C; este alcătuită dintr-un amestec de particule de ferită suprasaturată în carbon și carbură de fier, cu duritatea HB = 500 daN/mm², care la microscopul electronic are aspect acicular.



d) Călirea izotermă este asemănătoare călirii în trepte, cu deosebirea că piesa se menține în mediul de răcire până la transformarea completă a austenite; se aplică cu rezultate foarte bune la oțelurile aliate dar, este costisitoare printr-un consum mare de energie necesar încălzirii băii de săruri la temperatura prescrisă.

e) Călire la temperaturi joase se realizează prin răcirea oțelului până la temperatura mediului ambiant în apă, ulei sau aer și continuarea răcirii la $-50...-70^{\circ}\text{C}$, într-un mediu refrigerent gazos sau lichid care poate fi: aer, zăpadă carbonică, oxigen sau azot lichide. Schimbarea mediului de răcire trebuie să se facă rapid pentru a nu se stabiliza austenita, iar durata de menținere la temperaturi joase este de 1-3 ore astfel încât toată austenita să se transforme în martensită. Această metodă de călire se aplică pieselor care trebuie să fie foarte stabile structural în timpul funcționării lor cum ar fi: instrumentele de măsură și control, bilele și rolele de rulmenți etc.

f) Călire superficială se realizează prin încălzirea rapidă a stratului superficial al piesei din oțel, astfel încât interiorul ei rămâne aproape neîncălzit, urmată de răcire cu apă. În acest caz, în straturile superficiale se obține martensită, iar miezul piesei își păstrează proprietățile inițiale: duritate mică și tenacitate foarte mare.

Avantajele acestei metode sunt:

- Consum de energie scăzut;
- Oxidare minimă a suprafețelor pieselor datorită vitezei foarte mari de încălzire;
- Productivitate ridicată datorită posibilităților de mecanizare și automatizare.

Dezavantajele metodei sunt:

- Nu se aplică pieselor cu pereți foarte subțiri sau cu forme geometrice complicate;
- Necesită instalații costisitoare, de aceea se justifică numai pentru producția de serie mare și de masă.

Încălzirea stratului superficial se poate face cu *flacără de oxigen*, cu *curenți induși de înaltă frecvență* sau *prin rezistență electrică de contact*.

Călire superficială cu încălzire prin inducție folosește curenți induși de înaltă frecvență care au proprietatea de a circula la suprafața conductoarelor electrice, pe o adâncime cu atât mai mică cu cât frecvența este mai înaltă. Instalația de încălzire prin inducție este prezentată în fig. 12.4a.

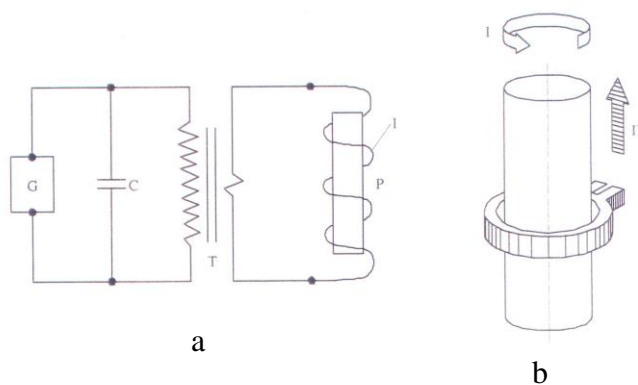


Figura 12.4. Călire superficială prin inducție

(a) Instalația de încălzire

G- generator de curenți de înaltă frecvență

C – baterie de condensatoare

T – transformator coborâtor de tensiune

I – inductor

P – piesa de călit

(b) Poziționarea piesei și mișcarea acesteia în câmpul curenților induși

I- Mișcare de rotație

II- Mișcare de translație

Călire se realizează prin deplasarea curenților de înaltă frecvență, eliberați de inductorul I, în jurul piesei de călit P, urmată de răcirea acesteia cu apă prin intermediul unei duze inelare cu orificii de stropire care se situează la mică distanță în urma inductorului sau, direct prin jeturi de apă care ies din orificiile practicate pe fața interioară a inductorului (fig.12.4b). Inductorul se construiește din cupru electrolitic și are forma piesei care, execută o mișcare de rotație I și o mișcare de translație II, aceasta din urmă putând fi executată și de inductor. Prin variația frecvenței curenților induși se poate regla adâncimea de călire. Metoda se aplică oțelurilor cu un conținut de C cuprins între 0,35 - 0,55%, la arbori, la cilindri de laminare, roți dințate, ghidajele batiurilor mașinilor-unelte etc.

Călibilitatea este proprietatea unui material metalic de a se căli, adică de a forma în stratul superficial structuri noi de *martensită*, *bainită*, *troostită*, *sorbită*, diferite de cele din diagrama Fe-C, prin aplicarea tratamentului termic de călire. Astfel, materialul călit va avea duritate și rezistență mecanică mai mari, decât dacă ar fi fost supus altor tipuri de tratamente termice cum ar fi recoacerea. Cantitativ se caracterizează prin diametrul critic de călire D_c , adică diametrul secțiunii maxime care se căleşte complet în anumite condiții (fig. 12.5). La oțeluri diametrul critic de călire este de 1 - 15 mm.

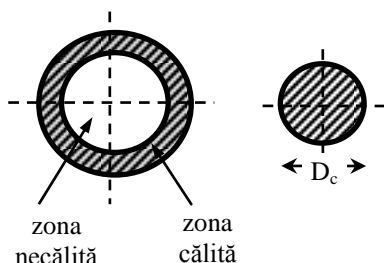


Figura 12.5. Stabilirea diametrului critic, D_c de călire

12.1.2.3 Revenirea este tratamentul termic aplicat pieselor din oțel călite pentru a le restabili proprietățile anterioare călirii, în special tenacitatea, și pentru a le reduce tensiunile interne, adică de a le aduce într-o stare de echilibru. Se realizează deoarece, în urma tratamentului termic de călire, oțelul are o structură de martensită și austenită reziduală, de neechilibru, care îi conferă duritate și fragilitate mari, astfel încât piesele călite nu pot fi utilizate ca atare.

Revenirea se realizează prin încălzirea pieselor sub punctul critic de transformare de la 727°C (vezi Modulul 11 fig. 11.2) și menținerea un timp suficient de lung astfel încât să se producă transformările structurale, urmată de o răcire în aer liniștit.

În funcție de temperatura la care se face și de scopul urmărit revenirea poate fi: *joasă*, *medie* și *înaltă*.

a) Revenirea joasă se realizează prin încălzirea pieselor călite la $150 - 250^{\circ}\text{C}$, urmată de o răcire în aer cu scopul menținerii structurii martensitice și micșorării tensiunilor interne produse după călire. Acest tratament se aplică pieselor călite superficial, sculelor din oțeluri carbon și aliate precum și instrumentelor de măsură și control care trebuie să-și păstreze stabilitatea dimensională.

b) Revenirea medie se face prin încălzirea pieselor călite la $350 - 450^{\circ}\text{C}$ și răcirea lor în aer cu scopul eliminării fragilității structurii martensitice și menținerea unei durități corespunzătoare, prin obținerea de troostită de revenire. Tratamentul se aplică sculelor pentru prelucrarea lemnului dar, mai ales, arcurilor care trebuie să fie dure și elastice.

c) Revenirea înaltă se realizează prin încălzirea pieselor călite la $450 - 650^{\circ}\text{C}$, menținerea timp de câteva ore la această temperatură, urmată de răcirea în apă, aer sau în cuptor, în funcție de mărimea, complexitatea și calitatea oțelului din care sunt executate piesele. În urma acestui tratament termic duritatea pieselor scade mult, dar reziliența atinge valori foarte mari, datorită obținerii sorbitei de revenire. Se aplică pieselor supuse unor solicitări dinamice puternice: arbori cotiți, bieles, scule din oțel etc.

Tratamentul termic de **călire** urmat de cel de **revenire înaltă** se numește **îmbunătățire** și se aplică oțelurilor cu un conținut de carbon de 0,35 - 0,65%.

12.1.3 Tratamente termochimice

Prin aplicarea tratamentelor termochimice se modifică compoziția chimică a straturilor superficiale ale materialelor metalice ca urmare a adsorbției și difuziei unor elemente (C, N, S, Al, Cr, Zn, Si etc.) din medii active (solide, lichide sau gazoase), la temperaturi înalte, pe o anumită adâncime. În urma acestor tratamente materialele metalice prezintă duritate ridicată, rezistență la uzură, rezistență la coroziune, refractaritate etc. cu păstrarea plasticității și tenacității miezului materialului. Realizarea unui tratament termochimic presupune parcurgerea a trei etape succesive: *disocierea*, *adsorbția* și *difuziunea*.

Prin *disociere* are loc descompunerea moleculelor substanțelor, care constituie mediul activ, în atomi activi, urmată de *adsorbția* lor la suprafața materialului metalic și *difuziunea* spre interiorul pieselor. Toate aceste procese au loc la temperaturi înalte.

Reușita unui tratament termochimic depinde de concentrația atomilor activi din stratul de difuziune, care se micșorează pe măsură ce aceștia difuzează spre interiorul piesei (fig. 12.6a), de temperatura la care are loc difuziunea (fig. 12.6b) dar și de timpul de menținere al piesei în mediul de atomi activi, favorizând difuziunea lor pe o anumită adâncime (fig. 12.6c).

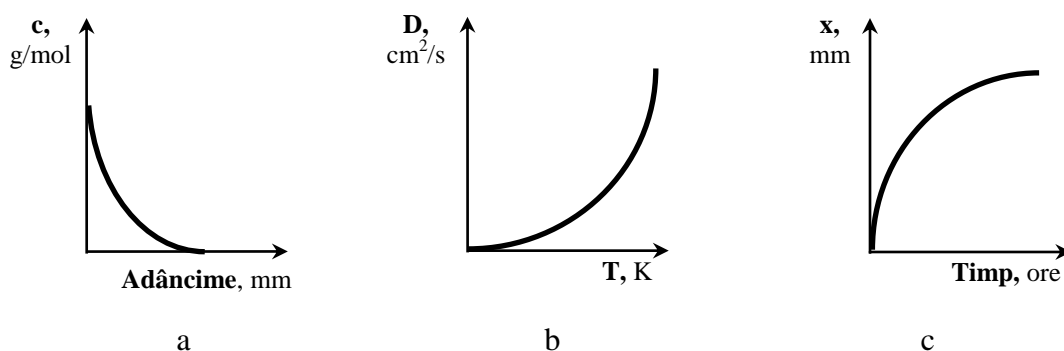


Figura 12.6 Variația concentrației c , a atomilor activi în stratul de difuziune (a); variația coeficientului de difuziune D funcție de temperatură (b); variația grosimii stratului de difuziune x în timp (c).

Cantitatea dQ de atomi activi care difuzează în piesă, la temperatură constantă, este calculată de relația:

$$dQ = -D \cdot \frac{dC}{dx} \cdot dS \cdot dt \quad (12.1)$$

unde: D este coeficientul de difuziune, în cm^2/s , $\frac{dC}{dx}$ este gradientul de concentrație, dS - elementul de suprafață, dt - timpul.

12.1.3.1 Tipuri de tratamente termochimice

a) **Cementarea (carburarea)** constă în îmbogățirea cu carbon a straturilor superficiale ale oțelurilor cu scopul obținerii durității, rezistențelor la uzură și oboseală ridicate. Tratamentul se aplică, în special, oțelurilor cu un conținut scăzut de carbon, de 0,1 – 0,25%, și constă în încălzirea pieselor la

temperaturi situate în domeniul austenitic, în intervalul 880 - 930°C, în *medii solide, lichide sau gazoase* care furnizează atomi activi de carbon; după tratament adâncimea stratului cementat este cuprins între 0,1 ÷ 2 mm, în funcție de dimensiunea pieselor.

a1) *Cementarea în mediu solid*, care este cel mai vechi procedeu de carburare al oțelului, se realizează în cutii de cementare, confecționate din oțel inoxidabil, în care se introduc piesele de cementat împreună cu mediul de carburare (mangal, cocs de petrol, cărbune de oase), amestecat cu o substanță activatoare (BaCO_3 , Na_2CO_3). Amestecul clasic conține 60% mangal (cărbune din lemn) și 40% BaCO_3 . Cutiile, etanșate cu un capac metalic și lipit cu argilă, se încălzesc în cuptor la 910 - 950°C, timp de 5-14 ore, unde au loc reacțiile:



Substanța activatoare contribuie la obținerea de carbon activ astfel:

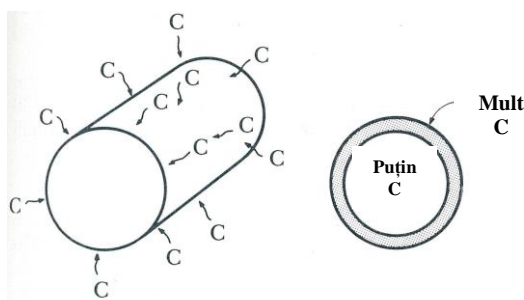


Figura 12.7 Prezentarea schematică a carburării

Acest tratament are avantajul că nu este costisitor, dar are și dezavantaje ca: productivitate scăzută, necesită multe operații pregătitoare și nu permite reglarea concentrației de carbon în stratul cementat.

a2) *Cementarea în mediu lichid* se aplică pieselor de dimensiuni mici. Cea mai utilizată baie de carburare este compusă din 75-85% Na_2CO_3 , 10-15% NaCl și 8-10% SiC în care piesele se încălzesc la 880 – 890°C, timp de 0,5-1 oră. După tratament grosimea stratului carburat este de 0,1 – 0,3 mm.

Tot ca procedee de cementare în mediu lichid se utilizează cementarea în baie de săruri, prin folosirea ultrasunetelor, cementarea prin electroliză, cementarea prin încălzire cu curenți de înaltă frecvență, cementarea în fontă topită la 1300°C etc.

a3) *Cementarea în mediu gazos* este o tehnologie modernă care constă în încălzirea pieselor la 930 – 950°C, timp de 6-12 ore, în cuptoare cu acțiune continuă, iar apoi 3-10 ore în cuptoare cu acțiune discontinuă, în medii gazoase, bogate în carbon (CH_4 sau CO) care, prin disociere, pun în libertate carbon activ. Această tehnologie se pretează automatizării deoarece se poate utiliza în producția de serie.



Deoarece în urma acestui tratament termochimic stratul carburat nu are încă duritatea necesară, iar granulația miezului piesei este grosolană, ca urmare a menținerii un timp îndelungat la temperaturi ridicate, piesele carburate, ulterior, sunt supuse obligatoriu la o călire și revenire joasă.

b) Niturarea se face cu scopul obținerii unor straturi superficiale cu un conținut ridicat de azot, la piesele din oțel; rezultatul acestui tratament este de creștere a durității, a rezistențelor la oboseală, uzură și coroziune. Pentru aceasta piesele se încălzesc la 500 – 600°C, timp de 50 – 60 ore, în medii gazoase sau lichide.

b1) Niturarea în mediu gazos folosește ca mediu activ NH_3 , care pune în libertate azot activ conform reacției: $2\text{NH}_3 \longrightarrow 2\text{N} + 3\text{H}_2$. Piesele din oțel se introduc în cutii sau retorte închise, împreună cu amoniacul, și se încălzesc la 500 – 530°C, 20 - 80 ore, timp în care azotul difuzează în stratul superficial, la o adâncime de 0,5-0,6 mm, obținându-se durități foarte mari.

b2) Niturarea în mediu lichid se face prin încălzirea pieselor în băi cu cianuri, la 550 – 580°C, în băi de săruri neutre în care se insuflă amoniac, la temperatura de 730°C timp de 10-15 minute, sau în soluții apoase de amoniac.

Deoarece este un tratament termochimic final, piesele pot fi prelucrate complet înainte de niturare; se aplică, în special, arborilor cotiți, roților dințate, cămășilor de cilindri, pieselor pentru aparatură termică etc.

c) Cianizarea este tratamentul termochimic prin care piesele din oțel se îmbogățesc, în stratul superficial, cu carbon și azot dobândind, astfel, duritate și rezistență la uzură mai mari ca la cementare dar mai mici ca la niturare. Cianizarea se poate face în mediu lichid sau gazos.

c1) Cianizarea în mediu lichid se face prin încălzirea pieselor într-un amestec de cianuri topite (NaCN , KCN) și săruri neutre (NaCl , Na_2CO_3 , BaCO_3 , CaCl_2) la temperaturi cuprinse între 520-950°C, cu o durată foarte variată de la 15 min la 5 ore, iar adâncimea stratului cianizat este de 0,04-0,7 mm. Deoarece cianurile sunt foarte toxice (în caz de accident produc moartea aproape instantanee prin coagularea sângelui) se impun măsuri severe de protecția muncii.

c2) Cianizarea în mediu gazos se face prin încălzirea pieselor într-un amestec de 65-74% CH_4 și 25-35% NH_3 la temperaturi joase (550 - 580°C) și medii (700 - 710°C) când se mai numește și *nitrocarburare* sau la temperaturi înalte (820 - 880°C) când se mai numește *carbonitrurare*. După nitrocarburare nu este obligatorie călirea finală, dar este necesară o răcire în ulei sau apă pentru a menține azotul în strat și pentru a împiedica separarea acestuia sub formă de nitruri fragile. După carbonitrurare este obligatorie o călire simplă în ulei sau o călire în trepte și o revenire joasă.

d) Calorizarea (alitarea) este tratamentul termochimic prin care piesele din oțel sau fontă se saturează la suprafață cu aluminiu, pentru a le crește rezistența la oxidare, la temperaturi ridicate (până la 1000°C), și rezistența la coroziunea atmosferică.

Metoda calorizării în amestecuri de pulberi se face prin încălzirea pieselor din oțel sau fontă la 950 – 1000°C, timp de 3-10 ore, într-un amestec de praf de aluminiu sau de feroaluminiu, clorură de amoniu și alumină. În urma acestui tratament piesele vor avea un strat superficial îmbogățit cu aluminiu, adică de Al_2O_3 , cu o grosime de 0,1 – 0,5 mm care va împiedica oxidarea în profunzime.

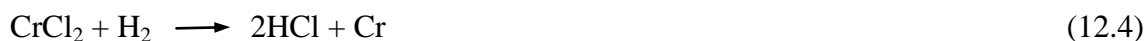


Calorizarea se aplică pieselor care trebuie să aibă o refractaritate bună: oale de turnare, cutii de carburare, tuburi radiante, grătare, obiecte de uz casnic etc.

e) Cromizarea este tratamentul termochimic prin care suprafața pieselor din oțel se saturează cu crom pentru a le crește rezistența la oxidare la temperaturi până la 800°C, a rezistenței la uzură, a durtății și a rezistenței la coroziune în medii acide.

e1) Cromizarea în amestecuri de pulberi este cea mai utilizată metodă de cromizare și constă în împachetarea pieselor într-un amestec de 50% ferocrom, 48-49% Al₂O₃ și 1-2% NH₄Cl și încălzirea la 950-1100°C, timp de 6-12 ore; la final stratul cromizat are o grosime de 0,05-1,5 mm.

e2) Cromizarea în mediu gazos se face într-o retortă orizontală, încălzită la 950 – 1050°C, timp de 5 ore. Într-un capăt al retortei se află piesele care trebuie cromizate, iar la celălalt capăt se află granule de crom sau ferocrom peste care se trece un curent de gaz format din H₂ + HCl sau Cl₂ + HCl. La contactul cromului cu HCl se formează clorura de crom care se deplasează în retortă și spală suprafața de cromizat, având loc următoarea reacția:



f) Silicierea (silicizarea) constă în îmbogățirea cu siliciu a suprafeței pieselor din oțel cu un conținut mic sau mediu de carbon, cu scopul de a le crește rezistența la uzură și rezistența la coroziunea apei marine și acizilor anorganici (HCl, H₂SO₄, HNO₃). Se poate face în *amestecuri de pulberi*, în *medii lichide* și în *medii gazoase*.

f1) Silicierea în mediu gazos constă în încălzirea pieselor la 1000°C, timp de 2 ore, în ferosiliciu sau carbură de siliciu, peste care se trece un curent de clor apoi, răcirea pieselor împreună cu cuptorul, în curent de clor, până la 100 – 200°C pentru împiedicarea oxidării.

g) Șerardizarea sau zincarea reprezintă tratamentul termochimic de saturare cu zinc a stratului superficial al pieselor din oțel, pentru creșterea rezistenței la oboseală în mediu coroziv și pentru creșterea rezistenței la coroziunea gazelor fierbinți. Denumirea vine de la numele savantului englez Cowper-Coles O. SHERARD, care a inventat tratamentul în anul 1904. Șerardizarea se poate face în *medii solide*, *lichide* sau *gazoase*.

Șerardizarea în mediu solid se realizează prin încălzirea pieselor la 380°C în praf de zinc, timp de 1-10 ore, obținându-se astfel un strat saturat cu zinc cu o grosime de 0,02-0,07 mm. Dacă zincarea se face în *mediu lichid* se folosește zinc topit, la 430-460°C, iar dacă se face în *mediu gazos* se folosesc vapori de zinc. În cazul șerardizării în mediu gazos aceasta are loc în vid (10⁻² - 10⁻³ mmHg), la temperatura de 870°C, timp de 48 de ore, iar adâncimea stratului șerardizat este de 0,15 mm.

12.1.4 Tratamentele termomecanice, aplicate materialelor metalice, reprezintă o succesiune de operații de deformare plastică, de încălziri și răciri, la diferite intervale de timp, cu scopul îmbunătățirii proprietăților fizico-mecanice.

În funcție de temperatura la care se efectuează deformarea plastică, tratamentele termomecanice pot avea loc cu deformarea la cald a austenitei sau cu deformarea la rece a martensitei.

12.2. Metale și aliaje neferoase

Metalele și aliajele neferoase au o importanță deosebită în industrie fiind utilizate la elaborarea oțelurilor aliate, în construcția de autovehicule, vapoare, avioane și nave spațiale, în tehnica nucleară, în medicină; de asemenea, se mai utilizează în electrotehnică, electronică, în industria chimică, alimentară, poligrafică etc., reprezentând 10% din consumul mondial de metal.

În continuare se vor prezenta cele mai utilizate metale și aliaje neferoase.

12.2.1 Aluminiul și aliajele aluminiului

a) Caracteristicile fizice, chimice și mecanice ale aluminiului

Aluminiul este cel mai răspândit metal din natură (reprezintă 7,51% din scoarța terestră) și al treilea element chimic, după oxigen și siliciu. Se găsește sub formă de oxizi și alumino silicați în minereuri de aluminiu ca: bauxita, alunitul, nefelinul, argila și caolinul. Peste 90% din producția mondială de aluminiu se extrage din bauxită, cu un conținut minim de 30...50% Al_2O_3 .

În sistemul periodic al elementelor se află în grupa III A, are numărul atomic $Z = 13$ și masa atomică $A = 26,98$; are culoare alb argintie, este un metal ușor, cu densitatea de 2700 kg/m^3 , maleabil și ductil, cu temperatura de topire de $658,6 \text{ kg/m}^3$, temperatura de fierbere de 2207°C și este bun conducător de căldură și electricitate (vezi Modulul 1).

Din punct de vedere chimic are o foarte bună afinitate față de oxigen, cu care se combină și formează Al_2O_3 , sub forma unui pelicule foarte subțiri, aderente, compacte, care îl protejează împotriva oxidării. Prezintă o mare rezistență la acțiunea acizilor azotici și sulfurici, dar reacționează cu hidroxizii alcalini și cu halogenii. Deoarece are caracter electropozitiv, la temperaturi înalte, poate descompune aproape toți oxizii metalici, motiv pentru care este utilizat ca dezoxidant la elaborarea oțelului și a altor aliaje.

Din punct de vedere tehnologic aluminiul se prelucerează bine prin turnare și deformare plastică, se sudează și se lipește, dar are o așchiabilitate redusă.

În funcție de modul de obținere și de compoziția chimică aluminiul poate fi: *tehnice primar, de înaltă puritate și extrapur*.

b) Domenii de utilizare ale aluminiului

- ✓ Având o rezistență la rupere scăzută se utilizează în tâmplăria metalică și mai puțin în construcții metalice, iar datorită plasticității foarte bune se utilizează la confecționarea foliilor foarte subțiri pentru ambalarea alimentelor, protejându-le împotriva dezvoltării microorganismelor și pentru că nu le distruge vitaminele. Aluminiul folosit în industria alimentară trebuie să fie de puritate minimă de 99,00%.
- ✓ Datorită conductivității foarte bune (65% din cea a cuprului) se folosește la fabricarea conductoarelor electrice, la bobinarea electromagneților de mare putere, a agregatelor de sudare și a condensatoarelor, dar și la confecționarea antenelor de radiolocație de pe nave și avioane și a antenelor exterioare de televizor.
- ✓ Deoarece are rezistență ridicată la oxidare și la coroziune, în acizi organici, se folosește la construirea de instalații din industria alimentară, de exemplu, pentru transportul și conservarea unor produse alimentare (ulei, zahăr, conserve, bere etc).

- ✓ Pentru că este un metal ușor se folosește în industria aeronautică, la fabricarea unor componente din industria de automobile și vapoare sau la fabricarea cisternelor și rezervoarelor transportate pe calea ferată.
- ✓ Se mai folosește în industria metalurgică ca dezoxidant dar și la sudarea aluminotermică, la fabricarea aliajelor, precum și la obținerea unor articole de uz casnic.

c) *Simbolizarea mărcilor din aluminiu pentru produse obținute prin deformare plastică*

Conform SR EN 573-3:1995 simbolizarea numerică este formată din literele EN (Standard European) urmate de litera A de la aluminiu și de litera W care este simbolizarea pentru produse obținute prin deformare plastică, apoi un număr format din patru cifre precedat de o liniuță. Simbolurile celor patru cifre sunt:

- Prima cifră, 1, reprezintă conținutul minim de Al (99,00% sau mai mare);
- A doua cifră, care poate fi de la 1 la 4, arată numărul elementelor de aliere astfel: 0 – aluminiu nealiat, 1,2,3,4 – elemente de aliere struct controlate;
- Ultimile două cifre ne indică procentul de aluminiu care depășește 99,00%; uneori, la sfârșitul acestui simbol apare litera A care reprezintă varianta națională a mărcii respective;
- Dacă aluminiul are utilizări electrice în simbolizarea chimică se introduce litera E.

Exemple:

- ✓ EN AW-1199; aluminiu pentru produse obținute prin deformare plastică, cu 1 impuritate și cu un conținut minim de aluminu de 99,99%;
- ✓ EN AW-1350A; aluminiu pentru produse obținute prin deformare plastică, cu 3 impurități cu limitele modificate, cu un conținut minim de aluminiu de 99,5% și este o marcă românească;
- ✓ EN AW-EAl 99,7; aluminiu pentru utilizări electrice cu un conținut minim de aluminiu de 99,7%.

d) *Aliaje de aluminiu*

Aluminiul se poate alia cu Mn, Cu, Si, Mg și uneori cu Ni, Cr, Fe, Zn pentru a avea unele proprietăți mecanice îmbunătățite, ca de exemplu: rezistența la rupere, limita de curgere, duritatea.

d1) Aliajele de aluminiu turnate pentru piesele turnate au fluiditate mare, contracție mică, tendință mică de fisurare la cald și de formare a porilor.

d1.1) Aliajele Al-Si conțin 13,5% siliciu, la care se adaugă Cu și Mg pentru a le îmbunătăți rezistența la rupere, limita de curgere, duritatea, fluiditatea, așchiabilitatea și rezistența mecanică. Dacă li se mai adaugă și mici cantități de Ni și Ti au duritatea și rezistență mecanică mărite și se numesc *siluminuri* sau *alpaxuri*. Se toarnă și se sudează bine cu flacără și au o rezistență la coroziune mai mare decât a aluminiului pur, iar proprietățile mecanice se îmbunătățesc prin tratamente termice de călire cu răcire în apă apoi, de îmbunătățire artificială. Se folosesc la obținerea de piese cu pereți subțiri și arhitectură complicată, care sunt utilizate în mediu coroziv: blocuri motoare, cartere, pistoane, corpuri de pompe, fittinguri, bușe etc.

d1.2) Aliajele Al-Mg conțin până la 10% Mg, sunt cele mai ușoare aliaje de aluminiu și se utilizează în industriile aeronavală, chimică și alimentară.

d1.3) Aliajele Al-Zn conțin până la 6% Zn dar și Mg și Cu pentru a li se îmbunătăți rezistența la rupere și alungirea. Sunt aliaje care sunt mai puțin rezistente la coroziune, dar se elaborează ușor și se toarnă bine.

d2) Aliajele de aluminiu deformabile sunt utilizate la obținerea semifabricatelor prin deformare plastică. În România sunt standardizate 155 de mărci și reprezintă cea mai numeroasă grupă de materiale metalice. Dintre aceste aliaje cele care se aliază cu Mg, Cu și Zn se durifică prin tratament termic, iar cele care se aliază cu Mn nu se durifică prin tratament termic.

d2.1) Aliajele Al-Cu conțin până la 6,8% Cu, dar și mici cantități de Mg, Mn și Si și se cunosc sub denumirea de *duralumin* deoarece se durifică prin călire și îmbătrânire. După tratamentele termice proprietățile mecanice sunt îmbunătățite fiind comparabile cu cele ale oțelului moale ($R_m \leq 500$ MPa; $R_c \leq 300$ MPa; $A_5 \leq 15\%$; $HB = 70 - 100$ unități Brinel). Aceste aliaje se prelucerează ușor prin forjare, sudare și aşchiere, fiind folosite la fabricarea chiuloaselor și pistoanelor de motoare, în industria aeronautică și la construcții metalice ușoare.

d2.2) Aliajele Al-Mn conțin 1,5% Mn și până la 1,3% Mg pentru creșterea rezistenței la coroziunea apei de mare și a aerului umed. Se prelucerează bine după tratamentul termic de recoacere, mai ales prin ambutisare, se durifică prin tratamente termice și se ecruisează prin deformare plastică la rece. Se mai utilizează și la obținerea tablelor, țevilor.

d2.3) Aliajele Al-Si conțin 13,5% Si dar și mici cantități de Mn și Mg pentru îmbunătățirea caracteristicilor mecanice. Se utilizează la fabricarea tablelor și benzilor, prin laminare, dar și a unor ambalaje folosite în industria alimentară.

d2.4) Aliajele Al-Mg au un conținut de până la 5,6% Mg. Prin adăugarea de mici cantități de Mn, Cr, Ti și V dobândesc rezistență mecanică și la coroziune, respectiv sudabilitate mai mari. Sunt mai ușoare ca aluminiul, se prelucerează bine prin aşchiere și se utilizează în stare recoaptă sau ecruisată la fabricarea jenților și caroseriilor de automobile, a rezervoarelor și suprastructurii avioanelor, în construcții navale, dar și în industria chimică și alimentară.

d2.5) Aliajele Al-Mg-Si conțin până la 1,2% Mg și 1,4% Si precum și cantități mici de Mn; sunt cunoscute sub denumirea de *avial* sau *anticorodal*. Se caracterizează printr-o rezistență mecanică medie, au o bună deformabilitate la cald, se sudează ușor și sunt rezistente la coroziune.

d2.6) Aliajele Al-Zn conțin până la 7,5% Zn și cantități mici de Cu, Mn, Mg și zirconiu, Zr și sunt aliaje de mare rezistență cu $R_m \leq 650$ MPa. Prezintă o bună sudabilitate și se prelucerează ușor prin extrudere.

Aliajele de aluminiu deformabile se **simbolizează numeric** prin literele EN (Standard European) urmate de literele A, prescurtarea de la aluminiu, și W care este simbolul pentru produse obținute prin deformare plastică. Acest grup de litere este urmat de o liniuță și de un număr format din patru cifre care indică elementele de aliere astfel: prima cifră arată principalul element de aliere care poate fi: 2 - cupru, 3 - mangan, 4 - siliciu, 5 - magneziu, 6 - magneziu și siliciu, 7 - zinc, 8 - alte elemente, iar următoarele trei cifre indică prezența unor elemente de aliere. Uneori la sfârșitul acestui simbol mai apar literele A și B care simbolizează variantele naționale ale unor mărci.

Aliajele de aluminiu deformabile, în funcție de elementul principal de aliere, sunt grupate pe serii de aliaje astfel: seria 2000 se referă la aliajele Al-Cu, seria 3000 la aliajele Al-Mn, seria 4000 la aliajele Al-Si, seria 5000 la aliajele Al-Mg, seria 6000 la aliajele Al-Mg-Si, iar seria 7000 la aliajele Al-Zn.



Exemple:

- ✓ EN AW-2007 – aliaj de aluminiu deformabil utilizat pentru produse obținute prin deformare plastică cu principalul element de aliere cuprul;
- ✓ EN AW-3207 - aliaj de aluminiu deformabil utilizat pentru produse obținute prin deformare plastică cu principalul element de aliere manganul;
- ✓ EN AW-4006 - aliaj de aluminiu deformabil utilizat pentru produse obținute prin deformare plastică cu principalul element de aliere siliciul;

Simbolizarea chimică este formată din literele EN și AW care au aceeași semnificație ca la simbolizarea numerică, urmate de simbolurile chimice al aluminiului și ale elementelor de aliere, trecute în ordine descrescătoare a conținutului lor. Cele care sunt în procent mai mare de 1% sunt trecute cu valoare lor după simbolul chimic al fiecărui element. Aliajele care sunt variante naționale sunt urmate de literele A, B, C și D.

Exemple:

- ✓ EN AW-AlCu4SiMg - aliaj de aluminiu deformabil utilizat pentru produse obținute prin deformare plastică, cu un conținut de Al, Si și Mg sub 1%, iar Cu în procent de 4%;
- ✓ EN AW-AlMg5 - aliaj de aluminiu deformabil utilizat pentru produse obținute prin deformare plastică, cu un conținut de Al sub 1%, iar Mg în procent de 5%;
- ✓ EN AW-AlSiMg(A) - aliaj de aluminiu deformabil utilizat pentru produse obținute prin deformare plastică, cu un conținut de Al, Si și Mg sub 1%, varianta națională.

12.2.2 Cuprul și aliajele cuprului

a) Caracteristicile fizice, chimice și mecanice ale cuprului

Cuprul reprezintă 0,001% din scoarța terestră și se extrage din minereuri prin procedee pirometalurgice sau hidrometalurgice. În sistemul periodic al elementelor se găsește în grupa I B, are numărul atomic 29, masa atomică 63,54 și valențele 1 și 2. Culoarea cuprului este arămie, cristalizează în sistem CFC și are densitatea de 8920 kg/m^3 dacă este în stare pură, iar dacă este de puritate mai mică (*cupru tehnic*) are densitatea de 8960 kg/m^3 . Cuprul se topește la 1083°C , este maleabil, ductil și tenace și este foarte bun conducător de căldură și electricitate (vezi Modulul 1).

Din punct de vedere chimic este foarte rezistent la coroziunea atmosferică, a vaporilor supraîncălziți și a apei de mare. Se dizolvă numai în HNO_3 și H_2SO_4 , iar hidrogenul sulfurat, dioxidul de azot și amoniacul îl atacă la temperatura obișnuită. Aerul cu CO_2 acoperă cuprul cu un strat de carbonat bazic, de culoare verde (cocleală) care este toxic.

Cuprul pentru utilizări industriale este *cuprul tehnic*, obținut prin rafinare chimică, termică sau electrolitică și are o puritate de 99,85% - 99,99%.

Proprietățile mecanice ale cuprului sunt prezentate în tab. 12.1.

Din punct de vedere tehnologic cuprul are o bună plasticitate la cald și la rece, se sudează și se lipește ușor și se prelucrează mulțumitor prin așchiere.



Tabel 12.1 Caracteristicile mecanice ale cuprului

Caracteristica	Cu ecruisat	Cu recopt
Rezistența $R_{p0,2}$, MPa	365	80
Rezistența R_m , MPa	430	230
Rezistența la oboseală după 10^8 cicluri R_e , MPa	12	27
Alungirea după rupere A_{pr} , %	5,5	40
Gâtuirea Z , %	32	75
Modulul de elasticitate E , la 20^0C , MPa	126000	12000
Duritatea Brinell HB, daN/mm ²	120	45

b) Domenii de utilizare ale cuprului

- ✓ Circa 50% din producția mondială de cupru se utilizează în electrotehnică, energetică și electronică, la bobinarea mașinilor și a aparatelor electrice, la confecționarea conductoarelor pentru transportul energiei electrice și tracțiune electrică (locomotive, tramvaie, troleibuze) datorită conductivității electrice foarte bune (a doua după argint);
- ✓ Datorită conductivității termice foarte bune se utilizează la fabricarea schimbătoarelor de căldură și a instalațiilor criogenice, a plăcilor de focare și a benzilor radiatoare;
- ✓ Se mai utilizează în industria chimică, alimentară și de armament precum și la fabricarea aliajelor din bonz și alame.

c) Simbolizarea cuprului se face prin notarea simbolului chimic al cuprului, Cu urmat de o liniuță și de inițialele denumirilor formelor de livrare în limba engleză.

Exemple:

- ✓ Cu-ETP – cupru rafinat electrolitic cu conținut de oxigen (*Electrolised Tough-Pitch*);
- ✓ Cu-DHP – cupru dezoxidat cu fosfor, cu conținut ridicat de fosfor (*Dezoxigenized High Phosphorous*);
- ✓ Cu-FRHC – cupru rafinat termic, cu conductivitate ridicată (*Fire-Refined High Conductivity*).

d) Aliaje de cupru

d1) Alamele sunt aliaje în care componenții de bază sunt Cu și Zn, la care se pot adăuga și elemente de aliere: Al, Mn, Fe, Si, Ni, Pb etc. pentru îmbunătățirea stabilității chimice și a proprietăților mecanice și tehnologice.

Alamele au proprietăți tehnologice superioare cuprului dar și o bună rezistență la coroziune, se toarnă ușor, sunt maleabile și ductile. Totuși, alamele sunt instabile în apele de mină, soluții oxidante, acid azotic, clorhidric, fosforic și acizi grași, soluții de baze caustice, amoniac, SO₂, H₂S și alte medii.

d1.1) Alamele turnate se utilizează la obținerea unor piese prin turnarea în cochilii, în amestecuri de formare și uneori sub presiune. Alamele topite au o fluiditate bună și nu manifestă tendința de segregare

d1.2) Alamele deformabile pot sau nu să conțină plumb și elemente de aliere ca Fe, Mn, Al, Si, Ni. Se pretează pentru prelucrări mecanice prin deformări plastice la rece sau la cald și se livrează sub formă de table, benzi, bare profiluri, țevi, sârme și piese forjate. Alamele cu un conținut de cupru mai

mare de 80%, au o culoare roșiatică, sunt foarte maleabile, dar se prelucurează mai greu prin aşchiere şi se numesc *tombacuri*.

Exemple:

- ✓ CuZn30 – alamă cu un conţinut mediu de zinc de 30%;
- ✓ CuZn36Pb1 – alamă cu un conţinut mediu de Zn de 36% şi Pb de 1%;
- ✓ CuZn39Ni3 – alamă cu un conţinut mediu de Zn de 39% şi Ni de 3%.

d2) Bronzurile sunt aliaje ale cuprului cu staniului sau cu alte elemente ca: Al, Be, Cr, Mn, Pb, Si, fiind cunoscute ca cele mai vechi aliaje (3500 î. Hr.). Au bune proprietăţi mecanice, tehnologice şi o bună rezistenţă la coroziune în condiţii atmosferice, în abur uscat şi umed, în apă şi apa de mare, în gaze uscate etc.; în schimb se corodează rapid în soluţii de amoniac, în gaze cu clor, în gaze sulfuroase etc.

d2.1) Bronzul obișnuit este un aliaj Cu-Sn cu un conţinut de 2-15% Sn, iar pentru îmbunătăţirea unor proprietăţi tehnologice se poate adauga Pb şi Zn. Are proprietăţi mecanice şi tehnologice bune, se sudează şi se lipeşte uşor, este diamagnetic şi rezistent la ger. Din punct de vedere chimic este rezistent la coroziunea atmosferică şi a apei de mare, dar nu rezistă la acţiunea apelor de mină deoarece conţin săruri oxidante, a amoniacului şi a sulfurului.

d2.2) Bronzurile turnate conţin mai mult staniu, dar şi Zn şi Pb, caz când se mai numesc *bronzuri roşii*, sunt mai ieftine dar mai puţin rezistente. Se folosesc la fabricarea lagărelor de alunecare pentru maşini-unelte şi material rulant, a armăturilor de presiune care lucrează în abur şi apă, a carcaselor, statoarelor şi rotoarelor de pompe care lucrează în apă de mare etc.

d2.3) Bronzurile speciale sunt aliaje ale cuprului cu Al, Ni, Be, Si, Mn, Pb, Ag, Cr.

d2.3.1) Bronzul cu aluminiu conţine maximum 10-11% Al şi uneori Fe, Ni, Mn sau Si, are proprietăţi mecanice şi tehnologice foarte bune, rezistenţă ridicată la uzură, conductivităţi electrice şi termice bune, coeficient mic de frecare. Acest tip de bronz prezintă o rezistenţă la coroziune mai bună decât a bronzului cu staniu şi se prelucurează prin turnare sau deformare plastică.

d.2.3.2) Bronzul cu nichel se caracterizează printr-o bună rezistenţă la rupere, a foarte bună alungire, este maleabil şi rezistent la coroziune. Conţinutul de nichel variabil îl face să aibă culoarea roz, dacă procentul de Ni este până în 15% şi, pe măsură ce procentul de Ni creşte, tinde spre alb, având şi un foarte bun luciu metalic.

Bronzurile cu nichel *de construcţie* se folosesc la confecţionarea de armături de apă dulce şi de abur, la obţinerea pieselor de mecanică fină, de artă, pentru aparatură medicală şi telefonică etc. Bronzurile cu nichel *electrotehnice* au o bună rezistivitate electrică şi sunt utilizate la confecţionarea rezistenţelor de precizie, a reostatelor de pornire şi reglare, pentru aparatele electrice de încălzire etc. Cele mai cunoscute bronzuri folosite în electrotehnică sunt:

- *constantanul* care conţine 55-60% Cu, 40-45% Ni şi 1-2% Mn; este ductil, se poate trefila, suda şi lipi, are o rezistenţă electrică mare şi se foloseşte la fabricarea termocuplurilor pentru măsurarea temperaturilor până la 700⁰C, dar şi a rezistenţelor electrice pentru încălzire;

- *nichelina* care conține 67% Cu, 30% Ni și 2-3% Mn; se topește la 1180°C, are rezistivitatea mai mică decât a constantanului și se utilizează la fabricarea rezistențelor electrice pentru încălzire sau pentru reostate de pornire și reglare.

d.2.3.3) *Bronzul cu nichel și zinc* conține 45-65% Cu, 10-18% Ni și restul Zn; se mai numește *alpaca*, *argentan* sau *mallechort*, după numele metalurgilor francezi P. L. MAILLE și J. CHORIER care l-au descoperit. Are o culoare galben-albă, densitatea de 8500 – 8800 kg/m³ și se topește la 980-1200°C; are bune proprietăți mecanice, se prelucerează bine prin deformare plastică la cald și la rece și are o foarte bună rezistență la coroziunea atmosferică, la coroziunea de apă dulce și de mare, la vaporii condensati, la gazele uscate, soluțiile bazice și acizii organici. Se utilizează la fabricarea arcurilor, instrumentelor medicale, bijuteriilor argintate, a tuburilor de condensare, a unor piese de mecanică fină etc.

12.2.3 Zincul și aliajele zincului

a) Caracteristicile fizice, chimice și mecanice ale zincului

Zincul reprezintă aproape 0,004% din scoarța terestră, iar în zăcămintele în care se găsește este asociat, aproape întotdeauna, cu plumbul din care se extrage prin metode pirometalurgice. În sistemul periodic al elementelor face parte din grupa a II-a secundară, având numărul atomic 30, masa atomică 65,37 și valența 2. Are o culoare alb-albăstrui, iar caracteristicile fizico - mecanice sunt prezentate în tab. 12.2

Tabel 12.2 Caracteristicile fizico-mecanice ale zincului

Caracteristica	Valoare	
Densitate, kg/m ³	7133	
Temperatura de topire, °C	419,5	
Conductivitate termică la 20°C, W/m·K	112,2	
Căldura specifică c _p , kJ/kg·K	387,6	
	Zn turnat	Zn ecruisat
Rezistența R _m , MPa	100-300	110-150
Rezistența R _{p0,2} , MPa	65-75	80-100
Alungirea după rupere A _{pr} , %	0,3-0,5	42-50
Duritatea Brinell HB, daN/mm ²	30-40	35-45
Reziliența KCU, kJ/m ²	59-73,5	

Din punct de vedere tehnologic se toarnă bine, se poate lipi sau suda și se laminează ușor, iar din punct de vedere chimic are o mare rezistență la coroziune, de aceea se folosește la acoperirea anticorozivă a tablelor, sârmelor, țevelor și pieselor din oțel. Se mai utilizează în industria vopselelor, în electrotehnică și la fabricarea aliajelor.

b) Aliajele zincului sunt obținute cu scopul de a îmbunătăți proprietățile mecanice ale zincului, iar elementele de aliere sunt Al, Cu, Mg, Cr și Ti. După domeniul de utilizare acestea pot fi:

b1) Aliaje de zinc pentru turnare în lingouri care, după retopire, se utilizează la fabricarea de carburatoare, vitezometre, a broaștelor, mânerelor și ornamentelor pentru ferestre și uși, a fittingurilor pentru instalații sanitare, a jucăriilor etc.

b2) Aliaje de zinc pentru turnare sub presiune folosite la turnarea sub presiune a pieselor mici, cu pereți subțiri și cu găuri dificile, cum ar fi: carcasele carburatoarelor și ale unor aparate de bord, piese pentru pompe de benzină, armături ale instalațiilor sanitare, piese din mecanica fină. Aceste aliaje au în compoziția lor zinc de puritate mare 99,99%, iar impuritățile sunt în cantități extrem de mici, pentru a se evita coroziunea intercristalină.

b3) Aliaje de zinc turnate în piese ce se folosesc la turnarea pieselor în amestec de formare, în forme metalice sau sub presiune, înlocuind alama; au proprietăți mecanice bune, fluiditate și rezistență la coroziune bune, deoarece impuritățile sunt extrem de reduse: $\text{Sn} \leq 0,002\%$, $\text{Cd} \leq 0,003\%$, $\text{Pb} \leq 0,005\%$.

12.2.4 Plumbul și aliajele plumbului

a) Caracteristicile fizice, chimice și mecanice ale plumbului

Plumbul reprezintă 0,002% din scoarța terestră și se exploatează din zăcămintele cu un conținut minim de 2-4% sau din zăcămintele unde este asociat cu zincul. Se găsește în grupa a IV-a secundară a sistemului periodic al elementelor, are numărul atomic 82, masa atomică 207,19 și valențele 2 și 4. Culoarea Pb este cenușie – albăstrui, iar caracteristicile fizico - mecanice sunt prezentate în tab.12.3.

Tabel 12.3. Caracteristicile fizico-mecanice ale plumbului

Caracteristica	Valoare
Densitate, kg/m^3	11340
Temperatura de topire, $^{\circ}\text{C}$	327,4
Temperatura de fierbere, $^{\circ}\text{C}$	1750
Rezistența R_m , MPa	11-15
Rezistența $R_{p0,2}$, MPa	5
Alungirea după rupere A_{pr} , %	35-65
Gâtuirea Z, %	100
Duritatea Brinell HB, daN/mm^2	3,2-4,5
Modulul de elasticitate E, MPa	16000-18000

Plumbul are o mare rezistență la coroziunea atmosferică dar și la coroziunea provocată de substanțele chimice, cu excepția acizilor azotici și acetic, are o plasticitate foarte ridicată și se prelucrează prin turnare, laminare, extrudare și presare, se sudează și se lipește ușor.

Plumbul se utilizează foarte mult la fabricarea acumulatorilor electrice, dar și la protejarea cablurilor electrice și telefonice subterane și marine. În construcții se utilizează la fabricarea țevilor de canalizare, în industria chimică, datorită rezistenței mari la acidul sulfuric, se folosește la fabricarea băilor galvanice și la fabricarea rezervoarelor, conductelor și armăturilor pentru depozitarea și transportul unor lichide și gaze corozive. Se mai utilizează în industria de armament la confecționarea de alicie și gloanțe, ca protector contra radiațiilor X și nucleare etc.

b) Aliaje de plumb

b1) Aliajele antifricțiune sunt alcătuite din constituenți duri (compusi intermetalici de SnSb, Cu_3Sn sau chiar Sb pur) care se găsesc într-o matrice de bază moale (eutectică sau soluție solidă) ce conține plumb; se folosesc la fabricarea cuzinelor lagărelor cu alunecare deoarece trebuie să reziste la uzură, prin acomodarea la fusul arborelui (asigurată de matricea moale), și să aibă un coeficient de

frecare cât mai mic (asigurat de constituenții duri); de asemenea trebuie să aibă rezistență mare la compresiune, conductibilitatea termică mare, să reziste la coroziune, să aibă o plasticitate ridicată și să asigure o lubrifiere bună.

Aliajele antifricțiune pe bază de plumb conțin până la 18% Sb, până la 12% Sn, precum și cupru și alte elemente (STAS 202-80).

b2) Aliajele tipografice sunt aliaje ternare Pb-Sn-Sb, utilizate la confecționarea literelor și mașinilor tipografice.

Exemple:

- ✓ PbSn5Sb12 – aliaj tipografic de plumb cu un conținut mediu de Sn de 5% și Sb de 12%, folosit la fabricarea mașinilor tipografice care, prin apăsarea unei clape, culege și toarnă literele în rânduri întregi (linotip);
- ✓ PbSn7Sb27 – aliaj tipografic de plumb cu un conținut mediu de Sn de 7% și Sb de 27%, folosit la fabricarea cutiilor dreptunghiulare în care se păstrează literele sau semnele tipografice de același caracter (litere de casă).

b3) Aliajele pentru lipire moale se folosesc pentru lipirea pieselor care nu sunt solicitate foarte mult în timpul funcționării ($R_m \leq 70$ MPa) cum ar fi: contactele electrice, instalațiile sanitare, aparatura medicală, cutiile de conserve, articolele casnice. Temperatura lor de topire este mai mică decât a pieselor de lipit situându-se sub 450°C , au rezistență bună la coroziune și o fluiditate acceptabilă.

Se simbolizează prin litera S (*soldering*, în Engleză, = *lipire*) urmată de simbolurile chimice ale elementelor componente și de conținutul mediu al acestora, în procente.

Exemplu:

- ✓ S-Pb55Sn45 – S aliaj pentru lipire moale pe bază de plumb, cu un conținut mediu de Pb de 55% și Sn de 45%.

c4) Aliajele ușor fuzibile se folosesc la aparatura automată de stins incendii cum ar fi: clapetele antifoc, sistemele de alarmare și instalațiile pentru stingerea incendiilor din halele industriale (*sprinklere*) dar și la confecționarea cazanelor cu aburi, motoarelor, oalelor sub presiune etc.

Exemple:

- ✓ AF50 – AF, aliaj ușor fuzibil cu temperatura medie de topire de 50°C ;
- ✓ AF115X – AF, aliaj ușor fuzibil cu temperatura medie de topire de 115°C , X – neeutectic, care își pierde rezistența mecanică la temperatura de topire.



Bibliografie

1. Ioan Lucian Bolunduț, *Știința și Ingineria Materialelor*, Editura Tehnică-Info, Chișinău, 2010, ISBN 978-9975-63-313-0.
2. Maria Gheorghe, *Materiale de Construcție, II*, Editura Conspress, București, 2011, ISBN 978-973-100-107-4.
3. Maria Popescu, *Materiale de Construcții*, Institutul de Construcții București, 1990.
4. D. Constantinescu, D. S. Vasilescu, N. Ciocea, *Știința Materialelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983,
5. Donald R. Askeland, *The Science and Engineering of Materials*, PWS-KENT Publishing Company, Boston, Massachusetts, 1984, ISBN 0-534-029157-4.
6. William D. Callister, David G. Rethwisch, *Fundamentals of Materials Science and Engineering: An integrated approach*, 4th edition, John Wiley and Sons Inc, 2012, ISBN 1118061608, 9781118061602.





Test de autoevaluare – MODULUL 12

Completați spațiile libere:

1. Cele mai importante tratamente prin prelucrare mecanică sunt:.....
2. Recoacerea este un tratament termic aplicat cu scopul
3. Călireă oțelurilor se face prin încălzirea lor cu 30-50⁰C deasupra liniei A₃, iar cele se încălzesc cu 50-70⁰C deasupra liniei A₁ urmate de o răcire rapidă.
4. Cementarea sau carburarea constă în îmbogățirea cu a straturilor superficiale ale oțelurilor cu scopul obținerii durității, rezistențelor la uzură și oboseală ridicată.

Bifați căsuța corespunzătoare:

5. Aliajele Al-Cu conțin până la 6,8% Cu, dar și mici cantități de Mg, Mn și Si și se cunosc sub denumirea de *duraluminu* deoarece se durifică prin călire și îmbătrânire.

Adevărat ☐

Fals ☐

6. Alamele sunt aliaje în care componenții de bază sunt Al și Zn, la care se pot adăuga și alte elemente de aliere.

Adevărat ☐

Fals ☐

7. Zincul se folosește la acoperirea anticorozivă a tablelor, sârmelor, țevelor și pieselor din oțel.

Adevărat ☐

Fals ☐

8. Aliajele antifricțiune sunt alcătuite din constituenți duri (compusi intermetalici de SnSb, Cu₃Sn sau chiar Sb pur) care se găsesc într-o matrice de bază dură (eutectică sau soluție solidă) ce conține plumb.

Adevărat ☐

Fals ☐





Răspunsuri

1. Laminarea, trefilarea, extrudarea, matrițarea, forjarea (pagina 2).
2. Obținerii unui echilibru fizico-chimic sau structural (pagina 3).
3. Hipoeutectoide, hipereutectoide (pagina 4).
4. Carbon (pagina 8).
5. Adevărat (pagina 14).
6. Fals (pagina 16).
7. Adevărat (pagina 18).
8. Fals (pagina 19).

