

**ADRIAN ALEXANDRU**

# **PROPRIETĂȚILE ȘI ALEGEREA MATERIALELOR**

**note de curs  
anul 4, S.M., semestrul 2**

## CAPITOLUL 4

### CRITERII DE ALEGERE ȘI UTILIZARE ALE MATERIALELOR METALICE

Alegerea materialelor metalice este o etapă importantă în proiectarea funcțională a produselor, de ea depinzând în mare măsură calitatea (în special fiabilitatea) și prețul de cost al produselor. Activitatea de proiectare este legată de transformarea mijloacelor de investiții în mijloace de producție sau sisteme tehnice: mașini, echipamente, instalații, utilaje, întreprinderi etc.

Proiectarea sistemelor tehnice parțiale (produse) parcurge următoarele etape: pregătirea generală (stabilirea stadiului mondial în domeniu), pregătirea teoretică (întocmirea de schițe, scheme constructive și calcule principale), schițarea proiectului (analiza soluțiilor existente, elaborarea de schițe și scheme constructive noi și a calculelor de bază), proiectarea tehnică (definitivarea schemei constructive a produsului și detaliilor), elaborarea prototipului de laborator (machetă), experimentarea și testarea, definitivarea proiectării și corectarea erorilor, fabricarea seriei zero, încercări uzinale, concluzii și recomandări.

Alegerea și stabilirea materialelor se face în etapa proiectării tehnice, acestea putând fi înlocuite în etapele de experimentare și testare a prototipului de laborator, în funcție de comportarea la solicitări.

În timpul proiectării, în funcție de cerința introducerii progresului științific și tehnic, există tendința alegerii și folosirii unor materiale noi (oteluri inoxidabile, aliaje de titan, componzite, amorfă), cu caracteristici superioare de rezistență și prelucrabilitate și a unor forme noi de semifabricate (fagure, stratificate etc.). Alegerea și utilizarea acestora presupune discernământ impus de posibilitățile de aprovizionare, prelucrare și prețul de cost.

Criteriile de alegere și utilizare a materialelor metalice sunt multiple: scop, solicitări în exploatare, posibilități tehnologice, mediu de lucru, caracterul producției, fiabilitate, estetică, existență și posibilități de aprovizionare, preț de cost.

## **4.1. Criterii de alegere și utilizare ale materialelor metalice pentru industria constructoare de mașini**

Industria constructoare de mașini este cel mai important consumator de materiale metalice din economie. Aici se consumă cea mai mare varietate de materiale metalice. În funcție de rolul funcțional și de solicitările specifice în exploatare, fiecare categorie de organe de mașini sau scule se execută din anumite materiale metalice, care trebuie să satisfacă la maximum posibil cerințele impuse, în condițiile unui preț de cost minim.

Principalele criterii de alegere a materialelor metalice pentru industria constructoare de mașini sunt: îndeplinirea rolului funcțional, tehnologia de fabricație și prețul de cost.

Buna funcționare a unei scule sau a unui organ de mașină este asigurată pe lângă precizia și calitatea execuției, de natură, compoziția chimică și structura materialelor metalice folosite.

Rolul funcțional al organelor de mașini este asigurat în primul rând de proprietățile mecanice, fizice și chimice ale materialelor metalice, în timp ce tehnologia de fabricație va fi impusă de proprietățile tehnologice ale acestora.

### **4.1.1.Criterii de alegere și utilizare ale materialelor metalice pentru organe de mașini**

Pentru îndeplinirea funcțiunii lor, organele de mașini se execută din materiale corespunzătoare. Organele de mașini sunt solicitate în principal mecanic, static și dinamic, deci principalul criteriu de alegere a materialelor metalice este cel al proprietăților mecanice. De asemenea, organele de mașini se obțin din semifabricate turnate, matrițate, laminate, sinterizate etc., cărora li se aplică în general prelucrări prin aşchiere, sudare și tratamente termice, fapt pentru care la alegerea materialelor metalice se vor avea în vedere și proprietățile tehnologice ale acestora.

În faza de proiectare a organelor de mașini, la alegerea materialelor metalice sunt cunoscute valorile rezistențelor limită pe epruvete care, în mod frecvent diferă considerabil de valorile specifice ale pieselor reale, datorită condițiilor diferite de solicitare. Pe de altă parte, se știe că materialele metalice sunt neomogene, fapt ce obligă proiectantul să adopte un coeficient de siguranță, care este determinat de importanța și rolul funcțional ale fiecărui organ de mașină. Coeficientul de siguranță se calculează și se aplică în special la piesele solicitate la oboseală. El are valori cuprinse între 1,3 și 1,7 pentru oțeluri și materiale laminate cu grad mare de omogenitate a proprietăților, de 1,7...3 pentru materiale metalice turnate cu caracteristici nesigure și mai mare de 3, pentru organele de mașini a căror siguranță în exploatare este foarte mare.

și a căror eventuală distrugere provoacă întreruperea proceselor de producție sau afectează securitatea unor colective umane.

La stabilirea economică a coeficientului de siguranță, proiectantul va lua în calcul și alte elemente: durata de utilizare a piesei, caracterul solicitării, regimul de temperatură, mediul de lucru, tratamentele termice aplicate etc.

În cazul solicitărilor statice, stabilirea coefficientului de siguranță se face plecându-se de la valorile raportului  $R_{p0,2}/R_m$ , care pentru oțeluri laminate variază între 0,5 și 0,9 și va determina un coefficient de siguranță admisibil cuprins între 1,4 și 1,8.

Problema alegării optime a materialelor metalice la fabricarea unui anumit organ de mașină este deosebit de complexă. Pe plan mondial, se folosesc în acest scop circa 1 000 mărci numai de oțeluri, iar alegerea unei mărci care să satisfacă la maximum toate proprietățile este un lucru imposibil. Din acest motiv, alegerea și utilizarea materialelor metalice se face pe baza unor criterii orientative și a unui număr însemnat de compromisuri.

Important în alegerea unui material metalic pentru un anumit organ de mașină este cunoașterea și evaluarea cât mai completă și corectă a proprietăților care trebuie să le posede organul de mașină în exploatare.

Marea varietate de forme, dimensiuni, nivele de solicitare, condiții de funcționare etc. ale organelor de mașini fac ca alegerea materialelor metalice adecvate să fie complexă și să nu se poată încadra în scheme relativ simple. În general, alegerea materialelor metalice, în cadrul activității de proiectare, se face parcurgându-se următoarele etape principale: alegerea preliminară a materialelor metalice, stabilirea prin calcul a dimensiunilor principale, verificarea secțiunilor periculoase și definitivarea alegării materialelor.

Dimensionarea pieselor folosite în construcția de mașini se face în principal, fie pe baza criteriilor de rigiditate, când tensiunile nominale maxime nu depășesc 20% din rezistența la rupere a materialului și când în general se folosesc materiale metalice ne tratate termic, fie pe baza criteriilor de rezistență mecanică, când tensiunile nominale sunt mari și când se folosesc materiale metalice tratate termic.

Factorii (criteriile) pe baza căror se face alegerea materialelor metalice sunt:

- proprietățile mecanice la temperatura ambientă (rezistență mecanică la solicitări statice și dinamice, rigiditatea și stabilitatea, rezistență la vibrații, rezistență la uzare);

- proprietățile mecanice la temperaturi înalte sau scăzute (rezistență la fluaj, stabilitatea termică, tenacitatea, temperatura de tranziție ductil-fragil);

- proprietățile de rezistență la acțiunea mediului de lucru (rezistență la coroziune, la uzare abrazivă, la eroziune, la cavitație etc.);

- tehnologicitatea materialului (comportarea bună la prelucrările prin forjare, mărițare, turnare, sudare, aşchierare, deformare la rece, tratamente termice etc.);

- prețul de cost al materialului și al prelucrării acestuia.

Un material metalic se consideră bine ales pentru un anumit organ de mașină, numai când factorii (criteriile) de mai sus sunt bine corelați, astfel încât organul de mașină să corespundă în cel mai înalt grad cerințelor de calitate în condițiile de exploatare și la un preț de cost cât mai redus, avându-se în vedere posibilitățile tehnologice existente și de aprovizionare. Numărul foarte mare de factori diferenți fac imposibila indicarea cu precizie a unei singure mărci de material pentru un anumit scop. Aceasta impune ca la alegerea cât mai corectă a unei mărci de material pentru un organ de mașină să se parcurgă următoarele etape successive:

- evaluarea cât mai exactă a condițiilor reale de lucru (rol funcțional, tipul, caracterul și valoarea solicitărilor mecanice, condițiile de temperatură și de mediu etc.);

- determinarea cu prioritate a principalilor factori în baza căror se va alege materialul metalic;

- stabilirea mărcilor de materiale metalice care satisfac factorii (criteriile) principali (se are în vedere ca acestea să nu prezinte proprietăți incompatibile sau nefavorabile care să le excludă folosirea de la început - călabilitate insuficientă, sudabilitate slabă, deformabilitate imposibilă, aşchiabilitate redusă etc.);

- discernământul necesar selecționării acelei mărci care, în condițiile unei bune soluții tehnologice, posibile de aplicat, determină cel mai scăzut preț de cost în starea finală de exploatare a organului de mașină.

#### **4.1.1.1. Alegerea materialelor metalice pe baza criteriului solicitărilor mecanice**

Proprietățile mecanice impuse unui organ de mașină se determină în funcție de solicitarea mecanică de bază la care este supus în exploatare respectivul organ de mașină: statică (de încovoiere, torsion, întindere, complexă); variabilă (oboseală); dinamică (soc, uzare etc.).

Valoarea minimă a proprietăților mecanice se determină prin calcul de proiectare, uneori, pentru producția de serie mare și pentru piese cu rol funcțional deosebit de important, prin încercări simulate sau efectuate pe piesa respectivă.

Pentru organele de mașini supuse la solicitări monoaxiale, criteriul de bază în alegerea materialelor metalice îl reprezintă una dintre caracteristicile determinate prin încercarea la tracțiune. Astfel, dacă piesa nu trebuie să admite deformații permanente (șuruburi, prezoane, arcuri, buloane etc.), se ia în considerare limita elastică. Pentru piesele la care se admit mici deformații permanente, se va lua în considerare limita de curgere, iar pentru organele de mașini care ies din funcțiune prin rupere, se consideră rezistența la rupere ca fiind criteriul de bază al alegerii materialelor metalice. Dacă solicitările din

exploatare au caracter dinamic (de soc), materialul va trebui să posede tenacitate suficientă, adică gătuire, alungire și reziliență mari. În toate cazurile de mai sus, se ține seama și de posibilitatea apariției suprasolicitărilor temporare sau întâmplătoare în exploatare prin adoptarea unui coeficient de siguranță.

În cazul în care piesa în mișcare sau statică este supusă la solicitări variabile de oboseală în timp (cazul cel mai frecvent întâlnit), criteriul de bază în alegerea materialelor metalice este rezistența la oboseală, care are întotdeauna valori mai mici decât rezistența la rupere. La proiectarea organelor de mașini astfel solicitate, se iau în considerare și alți factori care intervin: forma geometrică, natura mediului, temperatura etc. Pentru piesele de mare importanță, determinarea rezistenței la oboseală se face direct pe acestea, în condiții simulate sau reale de exploatare. Dacă aceste încercări dau rezultate

necorespunzătoare, nu se trece la schimbarea mărcii de material, ci se analizează mai întâi posibilitățile de eliminare a concentratorilor de eforturi prin îmbunătățirea formei piesei, calității suprafețelor, eliminarea defectelor de structură etc.

S-a constatat că oțelurile slab aliate de îmbunătățire au aproximativ aceeași rezistență la oboseală pentru aceeași duritate (25...35 HRC), indiferent de compoziția chimică: abia după durată mai mare de 35 HRC,

Fig.4.1. Corelația dintre rezistență la oboseală și duritate, pentru oțelurile slab aliate.

rezistența la oboseală a oțelurilor aliate cu crom, molibden, crom-molibden, crom-nichel-molibden, mangan-siliciu depinde și de compoziția chimică (fig. 4.1).

Incluziunile nemetalice cu cât sunt mai mari și cu cât se află mai spre suprafața pieselor sunt mai defavorabile, micșorând rezistența la oboseală. Astfel, pentru un oțel aliat (0,4% C; 0,7% Mn; 0,25% Si; 0,8% Cr; 1,8% Ni și 0,2% Mo), creșterea dimensiunilor incluziunilor de la zero la 0,060 mm micșorează de zece ori numărul de cicluri până la rupere (fig. 4.2).

Avându-se în vedere că rezistența la oboseală crește cu micșorarea adâncimii de pătrundere a călirii și că în suprafețele durificate prin călire superficială, tratamente termochimice sau ecruisare mecanică, există tensiuni de

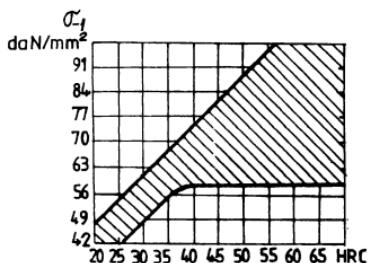


Fig.4.2. Dependența rezistenței la oboseală de mărimea incluziunilor din oțel.

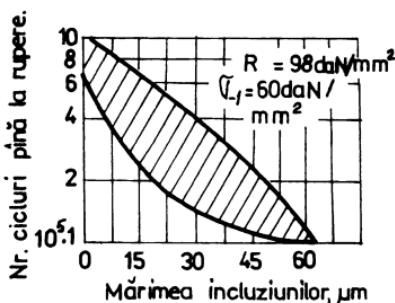


Fig.4.2. Dependența rezistenței la oboseală de mărimea incluziunilor din oțel.

adâncimii de pătrundere a călirii și că în suprafețele durificate prin călire superficială, tratamente termochimice sau ecruisare mecanică, există tensiuni de

compresiune favorabile rezistenței la oboseală, se va opta pentru aplicarea acestor tehnologii unui material dat, decât să se recurgă la schimbarea lui cu altul mai aliat, deci mai scump.

Cercetările au evidențiat că rezistența la oboseală crește cu creșterea cantității de martensită obținută prin călire conform figurii 4.3.

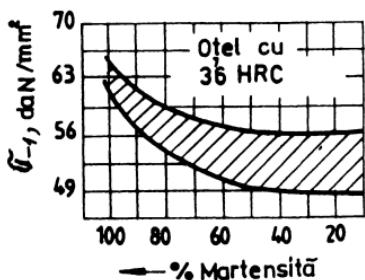


Fig. 4.3. Dependenta dintre rezistența la oboseală și cantitatea de martensită.

temperatura de exploatare.

Important în acest caz este temperatura de tranziție ductil - fragil. Este posibil ca un oțel cu reziliență inferioară la temperatură ambientă (B) să se comporte mai bine (să aibă temperatură de tranziție de la ductil la fragil mai scăzută) decât un oțel (A) care la temperatură ambientă are reziliență superioară (fig. 4.4).

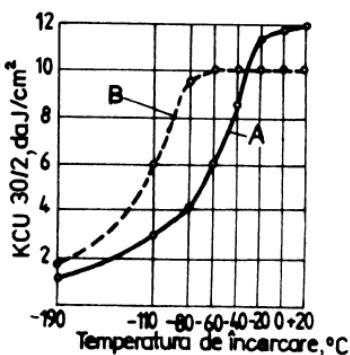


Fig. 4.4. Scaderea rezilientei cu scaderea temperaturii de incercare.

sensibile la fragilitatea de revenire.

Constituenții care reduc rezistența la oboseală sunt ferita din oțelurile cu pete moi (calite incomplet sau decarburate superficial) și austenita reziduală când depășește 8...10%.

Când organele de mașini sunt solicitate predominant dinamic cu viteză mare sau la temperaturi scăzute și când starea tensională volumetrică, rigidă poate provoca ruperea fragilă, criteriul de bază al alegerii materialelor metalice adecvate este cel al rezilienței la temperatură ambientă și în special la

reziliența la temperatură ambientă este un criteriu de alegere a materialelor metalice doar pentru organele de mașini solicitate mecanic cu viteză mare și nu la temperaturi scăzute. Conținutul mic de carbon în oțeluri, normalizarea și în special îmbunătățirea coboară temperatura de tranziție ductil-fragil. De asemenea, se va lua în considerare fragilitatea accentuată de revenire a oțelurilor aliate cu mangan, mangan-siliciu, crom, crom-siliciu, crom-vanadiu, crom-nichel, crom-mangan-siliciu, recomandându-se oțelurile aliate cu molibden (Cr-Mo, Cr-Ni-Mo) puțin

#### 4.1.1.2. Alegerea materialelor metalice pe baza criteriului călărității

Majoritatea organelor de mașini se utilizează în stare de tratament termic final, format dintr-o călăre urmată de o revenire. În funcție de tipul călării aplicate, pătrunse sau superficiale, călăritățea poate deveni un criteriu principal de alegere și utilizare a materialelor metalice, în special a oțelurilor. Oțelurile îmbunătățite prezintă un complex optim de proprietăți, numai atunci când după călăre se obține un minimum de 80...90% martensită într-un volum cât mai mare al oțelului. Dacă oțelul hipoeutectoid a fost călit complet (din domeniul austenitic), duritatea după călăre ve depinde atât de conținutul în carbon, cât și de cantitatea de martensită obținută (fig. 4.5).

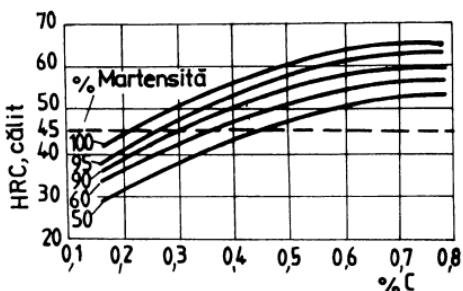


Fig. 4.5. Influența conținutului de carbon și a cantității de martensită asupra durității oțelurilor.

Structura de călăre cu conținut maxim de martensită trebuie obținută în acel loc din secțiunea transversală a piesei care este cel mai puternic solicitată în exploatare. Astfel, la organele de mașini solicitate monoaxial (întindere, compresiune), cum ar fi șuruburile, buloanele, arcurile, roțile dințate etc., eforturile normale solicită întreaga secțiune transversală a piesei, din care cauză acestea se vor executa din oțeluri cu călăritățe mare. Organele de mașini solicitate în special de eforturi tangențiale, de încovoiere sau răscuire (arbori drepti, arbori cotiți, fuzete etc.), oarecum depărtate de axa neutră, trebuie să posedă o structură de călăre pe circa o jumătate din raza piesei.

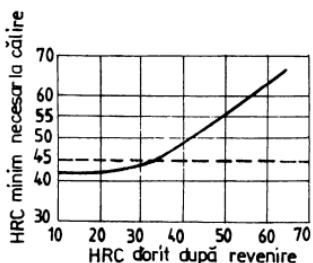


Fig. 4.6. Dependența durității după revenire de cea obținută prin călăre.

Duritatea obținută după îmbunătățire care va imprima în final rezistența la oboseală, la uzare, la rupere etc., este în funcție de duritatea obținută prin călăre (fig. 4.6).

Majoritatea organelor de mașini, din oțeluri, sunt exploataate în stare îmbunătățită la 30...35 HRC, ceea ce necesită după călire minimum 45 HRC.

La aplicarea criteriului calibilității pentru alegerea oțelurilor, trebuie ca aceasta să fie limitată la strictul necesar pentru a preîntâmpina efectele nedorite ale unei calibilități prea mari: creșterea deformațiilor și a tendinței de fisurare la călire, preț de cost ridicat.

#### **4.1.1.3. Alegerea materialelor metalice pe baza criteriului rezistenței la uzare**

Toate organele de mașini aflate în mișcare relativă și în contact cu alte organe de mașini sunt scoase din funcționare datorită uzurii în zona de contact. Alegerea și utilizarea materialelor metalice pentru acestea se vor face pe baza criteriului principal al rezistenței la uzare.

Organele de mașini aflate în contact și mișcare relativă sunt supuse frecărui uscate sau fluide, fie de alunecare, fie de rostogolire.

La alegerea materialelor metalice pentru organe de mașini pe baza criteriului uzurii, se va ține seama de garantarea siguranței în exploatare pe o perioadă de timp limitată, până la uzarea parțială sau totală a organelor de mașini. La proiectarea pieselor supuse frecării abrazive uscate, se consideră criteriul ca acestea să reziste un anumit timp, până la uzarea totală (lame de buldozer, falcile sapelor de foraj, plugurile, dinții cupelor de excavator etc.). Pentru astfel de piese se aleg oțeluri dure sau extradure tratate sau nu termic pătruns sau superficial.

La proiectarea pieselor supuse frecării fluide, fără uzură abrazivă, se consideră criteriul obținerii unei uzuri cât mai reduse într-un timp cât mai îndelungat. În acest caz, se impune realizarea și întreținerea în permanență a unei pelicule de lubrifiant între suprafețele în mișcare, care să le separe complet (frecare hidrodinamică) sau parțial (frecare semifluidă).

În acest caz, se aleg oțeluri durificate superficial prin călire și revenire sau prin tratamente termochimice. Adâncimea și duritatea stratului sunt în funcție de condițiile de lucru.

S-a constatat că soluții bune de alegere a materialelor metalice în cazul uzurii abrazive nu corespund pentru uzura la oboseala a straturilor superficiale (roți dințate, rulmenți) sau pentru cazul apariției griptării (lagăre de alunecare, ghidaje). Soluția optimă în aceste cazuri se află prin încercări simulate sau prin urmărirea în exploatare a organelor de mașini.

Organele de mașini supuse frecării de alunecare și uzurii abrazive trebuie să posede un strat foarte dur pe o adâncime de 2...3 ori mai mare decât adâncimea uzată permisă, dar nu mai mică de 0,5 mm. Când organele de mașini sunt supuse suplimentar unor eforturi normale la suprafața de frecare, este necesar un strat foarte dur pe o adâncime suficient de mare, dar și un miez dur. În acest caz, adâncimea stratului dur este invers proporțională cu duritatea

miezului. Astfel, dacă pentru o roată dințată greu solicitată mecanic, miezul are 25...30 HRC, adâncimea stratului este de 1,5...2 mm, iar dacă miezul are 40 HRC, adâncimea stratului durificat scade la 0,3...1 mm. Straturile prea subțiri și miezurile moi determină penetrarea lor și apariția fenomenului pitting. Straturile durificate, prea groase, combinate cu miezuri moi, favorizează în schimb pericolul ruperilor prin oboseală la încovoiere.

Deci, la organele de mașini solicitate suplimentar și la oboseală prin încovoiere (de exemplu, roțile dințate la baza dinților), se impune un strat dur subțire, combinat cu un miez de duritate medie și tenace, iar dacă oboseala este prin compresiune-tracțiune, adâncimea stratului dur și duritatea miezului trebuie mărite.

Prezența pe lângă fenomenul de uzare și a unor solicitări la soc impune mărirea tenacității stratului și a rezilienței miezului.

Creșterea substanțială a fiabilității organelor de mașini solicitate complex la uzare se realizează prin acoperirea suprafețelor în frecare cu substanțe care împiedică exfolierea și griparea straturilor (cum sunt cadmiul, staniul,  $Fe_3O_4$ , fosfații, sulfurile etc.).

La alegerea și utilizarea materialelor metalice pentru organe de mașini după un criteriu principal (al solicitărilor mecanice, călăribității, uzurii) se va ține seama și de celealte criterii în funcție de condițiile concrete de lucru, de cele mai multe ori apelându-se la compromisuri, fără a se negliga prețul de cost.

#### **4.1.2. Criterii de alegere a materialelor metalice pentru scule**

Sculele folosite în industria constructoare de mașini sunt pentru așchiere, tăiere, pentru deformare plastică la rece, pentru deformare plastică la cald, pentru verificatoare și instrumente de măsură. Caracteristica de bază a materialelor metalice pentru scule este compozitia chimică; ea împreună cu tratamentele termice aplicate asigură proprietățile de utilizare a sculelor, și anume: duritate, stabilitate la roșu, rezistență la uzare, rezistență la lovire, călăribitate, tendință redusă la decarburare, capacitate bună de șlefuire, stabilitate dimensională și rezistență relativ bună la coroziune. Materialele de bază din care se execută sculele sunt oțelurile carbon și aliate, mai rar altele, cum sunt bronzurile cu beriliu pentru scule de lovire și tăiere antiscântei, carburile metalice sinterizate, materialele mineralo-ceramice, nitrura de bor, diamantele etc. pentru scule de așchiere și tragere. Elaborarea oțelurilor pentru scule se face îngrijit, folosindu-se cuptoare electrice.

Criteriul principal de alegere a oțelului pentru scule derivă din scopul și condițiile de utilizare ale acestora.

Oțelurile pentru scule se aleg după unul din criteriile: duritate, călăribitate, stabilitate la cald, tenacitate, rezistență la uzare, stabilitate dimensională. De asemenea, se vor avea în vedere proprietățile tehnologice

(deformabilitate, aşchiabilitate, susceptibilitate la supraîncălzire etc.), care să asigure obținerea unei scule corespunzătoare.

Astfel, aşchiabilitatea și deformabilitatea oțelurilor rapide pentru scule se obține după o normalizare de la 800...850°C cu răcire în aer, urmată de detensionare cu menținere de o oră la 630...650°C, după care duritatea este de 280...300 HB.

Sudarea oțelurilor de scule este foarte dificilă datorită conținutului foarte mare de carbon. Din acest motiv, realizarea unor scule din elemente sudate de aceeași natură este o excepție și numai folosind hidrogen atomic sau argon ca mediu protector, cumulat cu tratamente termice ante și post-sudare.

Realizarea scuclor compuse se face prin lipire, cazul plăcuțelor din carburi metalice pe suport de oțel, sau prin sudare cu topire intermedieră (fricțiune și presiune), cazul cozilor de burghie, tarozi, alezoare etc.

Alegerea materialelor pentru scule are loc în două cazuri distincte: de către inginerul proiectant, la proiectarea scuclor și de către inginerul tehnolog, la utilizarea scuclor. Una și aceeași sculă se poate realiza din diverse materiale: oțeluri carbon, oțeluri slab aliate, oțeluri bogat aliate, carburi metalice turnate sau sinterizate, materiale mineralo-ceramice etc. De asemenea, una și aceeași operație tehnologică se poate realiza cu mai multe scule din diverse materiale.

La proiectare, se va avea în vedere economisirea de materiale scumpe și deficitare, fie prin folosirea unor metode de tratament care să îmbunătățească caracteristicile de exploatare ale unor materiale mai ieftine și ușor de procurat, fie prin înlocuirea construcțiilor monobloc a scuclor, cu scule care au doar partea activă din materiale speciale și scumpe.

Factorii care determină alegerea optimă de către proiectant a unui material metalic pentru executarea unei anumite scule sunt:

- factori care determină durabilitatea corelată cu productivitatea;
- factori care determină tehnologicitatea (capacitatea de a fi prelucrat prin turnare, deformare plastică, aşchiere, tratamente termice și termochimice etc.);
- factori de ordin economic care se referă la costurile pentru materii prime, materiale pentru prelucrări termice și mecanice de obținere a scuclor.

La alegerea materialelor pentru confectionarea scuclor aşchiatoare se ține seama de solicitările concrete la care acestea sunt supuse: uzarea prin adeziune, prin abraziune și prin difuzie a tăișurilor scuclor, temperatură, șocurile mecanice, compresiunea etc.

Criteriile de bază care se au în vedere la alegerea materialelor pentru scule de aşchiere sunt: duritatea, calibilitatea, temperatură dezvoltată în procesul aşchierii și prețul de cost.

Astfel, scuclor de aşchiere cu dimensiuni mari, solicitate în toată masa (burghie, lărgitoare, freze deget etc.) se execută din oțeluri cu calibilitate mare (oțeluri bogat aliate) sau care au partea aşchiatoare din plăcuțe din oțeluri speciale, carburi metalice sau mineralo-ceramice. Duritatea scuclor aşchiatoare

trebuie să fie net superioară duratăii materialelor ce vor fi aşchiate. Sculele aşchietoare acționate manual sau mecanic în procese de aşchiere, la care temperatura de lucru nu depășește 200...300°C (pile, alezoare, filiere, tarozi, pânze de ferăstrău, burghie etc.), se pot executa din oțeluri carbon și slab aliate călăre și supuse revenirii joase. Când în procesul de aşchiere se dezvoltă temperaturi care ating 600°C, sculele (freze, cuțite de strung, burghie, broșe etc.) se vor realiza integral din oțeluri rapide pentru scule sau cu partea activă din carburii metalice și mineralo-ceramice.

Criteriile care stau la baza alegării materialelor metalice pentru sculele de deformare plastică la rece și tâiere sunt: rezistența la uzare asigurată de o duritate cât mai mare (peste 60 HRC), rezistența la deformații plastice mici pentru păstrarea geometriei sculei, rezistența la rupere prin încovoiere, întindere, compresiune pentru a păstra integritatea sculei; tenacitatea dată de rezistența la soc și rezistența până la 350°C. Ca urmare, materialele metalice, în special oțelurile pentru aceste scule pot avea o călăribitate mai redusă. Se folosesc cu preponderență oțelurile carbon și aliate Cr-Mn-Si, Cr-Mn-Si-W, Cr-Mn-Si-W-V sau Cr-Mn-Si-W-V-Mo, peste 1,0...1,5%C. Pe lângă compozitia chimică a acestor oțeluri, importanța deosebită pentru proprietățile de exploatare o are și tratamentul termic final, în special revenirea. Astfel, sculele de deformare solicită preponderent la uzare și mai puțin la șocuri se supun revenirii joase la 160...180°C, iar sculele solicită intens la soc mecanic și mai puțin la uzare se revin la temperaturi de 275...325°C. Frecent, aceste scule se supun durificării superficiale prin nitrurare, sulfizare, scânteiere pentru creșterea rezistenței la uzare, când caracteristicile de rezistență la soc sunt asigurate prin tratamentul termic anterior aplicat, format din călăre și revenire medie la 400°C.

În aceste oțeluri, nu se admit șiruri de carburii care duc la scăderea proprietăților de rezistență la uzare și soc mecanic.

Sculele de deformare plastică la rece și tâiere puternic solicită la uzare (poanoane, filiere și dornuri de tragere, role și valuri pentru laminare la rece, matrie etc.) se realizează din oțeluri ledeburitice cu 12%Cr sau hipereutectoide cu 6%Cr, ambele aliate suplimentar cu wolfram, molibden, vanadiu, titan (sub 1%) și conținut mare de carbon (peste 0,9%).

Sculele de deformare plastică la rece, solicită preponderent la șocuri mecanice (dalți, ciocane pneumatice, sape de foraj, matrie, foarfece etc.) se execută din oțeluri cu tenacitate mare, cum sunt oțelurile carbon pentru scule, oțelurile aliate cu crom, siliciu, wolfram, nichel, molibden cu puțin carbon (0,4...0,6%).

Criteriile de alegere ale materialelor metalice din care se execută sculele pentru deformare plastică la cald sunt următoarele: tenacitatea (rezistența la șocuri mecanice) mare la cald, duritatea (asigură rezistență la uzare) și rezistență mare la cald (șocuri termice). Oțelurile pentru această categorie de scule sunt din categoria celor aliate cu molibden, crom, nichel,

vanadiu, siliciu și wolfram (peste 1%), cu puțin carbon (0,3...0,6%), tratate termic, întotdeauna prin călire și revenire înaltă la 500...550°C, când se obțin duratări de 40...50 HRC. La alegerea oțelurilor pentru scule de deformare la cald, se are în vedere forma și în special dimensiunile acestora. Astfel, mărițele mici pot avea duratări de până la 50...52HRC, în timp ce mărițele mijlocii și mari cu configurație complexă trebuie să posede duratări mici (35...38 HRC), deoarece rezistența la soc crește pe măsura micșorării duratării conform figurii 4.7.

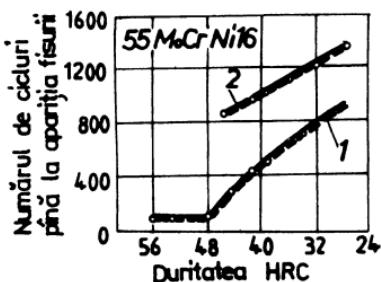


Fig.4.7. Rezistența la soc termic în funcție de duritate:

1 -formarea fisurilor în rețea; 2 -formarea fisurilor longitudinale.

la rupere); date de ordin economic (costuri de producție și dificultate în aprovizionare); tipul sculei și complexitatea produsului realizat.

Alegerea materialelor pentru scule de măsurat și verificat se face pe baza unuia sau mai multora din următoarele criterii: rezistență la uzare și rizare (date de duritate), stabilitatea formei și dimensiunilor (dată de structură, starea tensională și coeficientul de dilatare), capacitatea de șlefuire și rezistența la coroziune și oxidare (dată de compozиția chimică). În funcție de tipul și scopul sculei se va alege criteriul principal. Astfel, calibrele de înaltă precizie, care nu trebuie să se deformeze în timpul și după tratamentul termic, se execută din oțeluri cu călibilitate mare, aliate cu mangan, vanadiu, crom, molibden, wolfram cu mult carbon (0,9...1,7%). Uniformitatea structurii (raportul martensită-austenită reziduală) în toată secțiunea acestor scule este o condiție de bază a asigurării unei stabilități de formă și dimensiuni a sculelor de măsurat și verificat.

Sculele de măsurat și verificat cu configurație simplă, cu dimensiuni mari și din clase de precizie mai mici (șabloane, calibre de formă, rgle, lineale, calibre tampon, inelare și potcoavă) se pot executa din oțeluri cu călibilitate mai redusă, cum sunt oțelurile carbon pentru scule sau oțelurile carbon și aliate pentru cementare și îmbunătățire, care asigură rezistența necesară la uzare și rizare.

Durabilitatea acestor scule este mărită prin aplicarea tratamentelor termochimice (nitrurare, cromizare) sau a durificării prin scânteie electrică.

Deoarece sculele pentru deformare plastică la cald sunt cele mai scumpe, la alegerea oțelurilor se va avea în vedere că acestea sunt caracterizate prin indicatori care exprimă nivelul caracteristicilor tehnologice (călibilitatea, susceptibilitatea la deformare, la fisurare, tendința de decarburare); caracteristici de exploatare (rezistența la uzare, tenacitatea, duritatea la cald, rezistența

Importanța deosebită prezintă tratamentele termice finale aplicate oțelurilor pentru scule de măsurat și verificat. Caracteristicile de exploatare a acestor scule se aplică prin tratamente termice complexe, formate din călire martensitică simplă, călire în două medii, călire la temperaturi sub zero grade Celsius, revenire joasă ( $170\ldots200^{\circ}\text{C}$ ), șlefuire mecanică, îmbătrânire artificială la  $120\ldots160^{\circ}\text{C}$  timp de  $12\ldots24$  h. Toate acestea au rolul de a asigura o cantitate de austenită reziduală cât mai mică și cât mai stabilă și o stare tensională cât mai redusă; condiții necesare unei stabilități dimensionale și de formă mari. Sculele de înaltă precizie se pot supune unui tratament de sezonizare format din două cicluri repetate de încălziri în apă fiartă ( $80\ldots100^{\circ}\text{C}$ ) și răciri la  $-70^{\circ}\text{C}$  ( $\text{CO}_2$  solid).

#### **4.2. Criterii de alegere și utilizare ale materialelor metalice pentru construcții metalice**

În categoria construcțiilor metalice intră structurile metalice portante pentru construcții civile, industriale, agrozootehnice, poduri, turle, instalații de ridicat și transportat, material rulant, naval și rutier, platforme marine, stâlpi, piloni, recipiente sub presiune etc. Majoritatea construcțiilor metalice se execută prin sudare din oțeluri de construcții obișnuite sau cu destinație precisă (beton, pentru țevi, pentru recipienți de înaltă presiune la temperaturi joase sau înalte, pentru construcții navale, rezistente la coroziune atmosferică, cu granulație fină, pentru galerii de mină, puțuri, lonjeroane etc.). De asemenea, majoritatea construcțiilor metalice funcționează în aer liber și în condiții atmosferice specifice unei anumite zone.

Criteriile care stau la baza alegerii materialelor metalice pentru construcții metalice sunt, în general, impuse de tipul și scopul construcției respective.

Alegerea optimă a materialelor metalice pentru construcții metalice presupune cunoașterea tipului construcției sau elementului de construcție, particularitățile construcției legate de formă și condiții de lucru, solicitările la care sunt supuse, temperatura maximă și minimă de exploatare și condițiile de execuție.

##### **4.2.1.Criterii de alegere a materialelor metalice pentru construcții și structuri portante sudate**

Construcțiile și structurile portante folosite în economie au o pondere importantă (peste 80%) în consumul de oțeluri sudabile.

Principalele criterii de alegere a materialelor metalice (oțelurilor) sunt: rezistența, rigiditatea și stabilitatea construcției. Materialul de referință pentru aceste construcții este oțelul obișnuit OL 37. Alegerea unor oțeluri cu rezistență

mai mare determină reducerea greutății proprii cu implicații favorabile în plan economic, funcțional și estetic, dar și creșterea flexibilității ce constituie aproape întotdeauna un inconvenient. Solicitările de bază ale structurilor portante sunt: de întindere, încovoiere, compresiune și solicitări variabile. La solicitările de încovoiere și compresiune ale construcțiilor trebuie ținut seama de stabilitatea la flambaj și voalare asigurate de coeficientul de zveltețe, care pentru elementele rigide este mai mic decât 10 și de folosirea unor materiale metalice cu caracteristici superioare de rezistență și de utilizarea unor profile tip L, U, I, C, Z, omega, cruce sau țevi cu secțiunea pătrată sau dreptunghiulară, în locul barelor cu secțiune plină circulară. Ca și în cazul solicitării de întindere, la solicitările de încovoiere și compresiune, reducerea greutății proprii și creșterea portanței se pot realiza folosindu-se oțelurile cu rezistență mare la curgere. Prezența solicitărilor la oboseala în construcțiile sudate presupune efectuarea unor încercări prealabile și proiectarea construcțiilor pentru durate de viață limitate. Dacă, temperaturile de exploatare sunt între - 50 și 400°C, nu se pun probleme deosebite la alegerea mărcii de oțel. Când temperaturile de exploatare sunt sub - 50°C, se va ține seama de temperatura de tranziție de la ruperea ductilă la cea fragilă, care trebuie să fie cât mai scăzută.

Prevenirea amorsării și propagării ruperii fragile într-o construcție sudată se realizează prin măsuri constructive, tehnologice, de exploatare și prin alegerea corectă a mărcii de oțel. Majoritatea ruperilor fragile ale structurilor sudate sunt cauzate de greșeli de proiectare și execuție, de aceea soluțiile tehnice de prevenire a ruperii fragile în acest caz vizează limitarea tensiunilor din construcție sub pragul de propagare a ruperii fragile de 500...700 N/mm<sup>2</sup> sau limitarea tensiunilor sub 65% din limita de curgere, precum și evaluarea defectelor limită care pot fi acceptate într-o construcție dintr-un material cu comportare tenace (ductilă). Oțelurile obișnuite de rezistență medie și joasă, sub 700 N/mm<sup>2</sup>, acoperă consumul de metal pentru construcțiile sudate care lucrează la temperaturi cuprinse între -50 și +400°C. Evitarea ruperilor fragile, care sunt întotdeauna catastrofale, se face aplicându-se metoda coeficientului de pericolozitate standardizată pe plan mondial și care ține seama de următorii factori de influență: natura și severitatea condițiilor de solicitare, importanța elementului de construcție, temperatura de exploatare și grosimea produsului.

Coeficientul de pericolozitate se calculează cu relația:

$$G = K \cdot S \cdot B,$$

în care:

$K$  este factor constructiv cu valori de 0,5 pentru structuri nituite, valori de 1 pentru grinzi cu zăbrele și de 1,4 pentru grinzi cu inimă plină și pentru elemente cu plăci rigidizate;

$S$  - factor de importanță cu valori de 0,5 pentru elemente care nu aparțin sistemului de rezistență și a căror defectare nu afectează construcția; de 0,8 pentru elemente care nu aparțin sistemului de rezistență, dar a căror

defectare afectează construcția și de 1 pentru elemente care aparțin sistemului de rezistență;

B - factor de solicitare cu valori de 0,5 pentru elemente solicitate la compresiune și elemente de rigidizare; de 1 pentru elemente de rezistență nedetensionate, solicitare static și de 1,5 pentru elemente de rezistență nedetensionate, solicitare dinamic.

Coefficientul de periculozitate calculat se rotunjeste la 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 sau 3. În funcție de acest coeficient și de temperatura de lucru, se alege marca oțelului, clasa de calitate a acestuia și grosimea elementului.

Alegerea materialelor pentru structuri portante sudate se face ținându-se seama și de sudabilitatea acestora. În general, oțelurile carbon cu 0,06...0,45% C, de rezistență medie și joasă, precum și oțelurile cu granulație fină satisfac acest criteriu. Când structurile sudate trebuie executate din oțeluri aliate cu sudabilitate redusă, se apelează la tratamente termice ante și post-sudare.

Structurile portante pentru macarale, poduri rulante, material rulant și rutier, la care reducerea greutății proprii are mare importanță și multiple avantaje (frecare și uzură mici, micșorarea puterii de acționare, micșorarea consumului de energie și de carburant etc.) se execută din oțeluri din clase de rezistență superioare, cu riscul unei oarecare creșteri a prețului de cost.

La structurile de rezistență pentru construcțiile înalte, frecvent supuse solicitărilor dinamice, seismice și de vânt, reducerea masei supuse la vibrații se face folosindu-se oțeluri cu limită mare de curgere la nivelurile inferioare ale construcției, avându-se în vedere simultan pericolul creșterii perioadei de vibrații proprii a structurii.

Pentru construcțiile metalice cu pereți subțiri sau cu probleme deosebite de întreținere, la alegerea materialelor se va avea în vedere criteriul rezistenței la coroziune sau al protecției împotriva coroziunii. Asemenea structuri - cum sunt: halele industriale, stâlpii pentru liniile electrice, vagoanele, containerele, utilajele agricole etc. - se realizează din oțeluri patinabile cu sau fără protecție suplimentară prin acoperiri nemetalice (vopsele, ulei, lacuri, emailuri, materiale plastice), acoperiri organo-metalice (vopsele impregnate cu pulberi sau fulgi de zinc, aluminiu, plumb; oțel inoxidabil) sau acoperiri metalice (metalizare, galvanizare, placare, imersare în topituri metalice, scânteiere etc.).

Factorul decisiv în alegerea soluției cu sau fără protecție anticorosivă îl constituie atmosfera de lucru. De exemplu, când aceasta este relativ nepoluantă cu maximum  $120 \text{ mg/m}^2\cdot\text{zi}$   $\text{SO}_2$  și umiditate relativă sub 80% un timp maxim de 7 000 h/an. se poate renunța la protecție anticorosivă. În acest caz, se va evita formarea unor zone cu umiditate excesivă și permanentă. De asemenea, se impune evitarea murdăririi cu produși de coroziune în primii 3 ani de exploatare, evitarea combinațiilor oțel patinabil-oțel obișnuit și evitarea construcțiilor cu grosimi sub 2 mm.

Criteriul de bază la alegerea oțelurilor beton pentru structurile din beton armat sau precomprimat este impus de specificul solicitărilor. Astfel, utilizarea

oțelului PC 60 cu limită de curgere mare în locul oțelului OB 37 poate reduce dimensiunile construcției cu 25% pentru aceeași rezistență.

#### **4.2.2. Criterii de alegere a materialelor metalice pentru aparate și recipiente sub presiune**

La proiectarea acestor produse, calculele de dimensionare au la bază caracteristicile de material determinate prin încercarea la tracțiune la temperatura mediului ambiant și la temperaturi înalte, precum și prin încercarea de reziliență la temperatura ambiantă și sub zero grade Celsius, ținându-se seama de prescripțiile tehnice C4 din colecția ISCIR.

Pentru recipientele utilizate la temperaturi cuprinse între -50 și +400°C, tensiunea admisibilă de calcul se alege ca fiind cea mai mică dintre valorile:

- 2/3 din limita de curgere tehnică la temperatura de lucru;
- 5/12 din rezistență de rupere la tracțiune la temperatura ambiantă.

Criteriul de alegere a materialelor metalice pentru astfel de produse este cel al rezistenței determinate prin încercări de scurtă durată. Alegera va fi orientată spre oțeluri cu rezistență la curgere superioară ( $700 \text{ N/mm}^2$ ) care determină și un consum mai redus de metal. La caracteristici de rezistență egale, se preferă oțeluri cu grad mai mic de aliere, care prezintă pe lângă un preț de cost mai mic și o sudabilitate superioară.

În unele utilizări, oțelurile carbon și slab aliate satisfac condițiile de rezistență impuse de temperatura și presiunea de lucru, dar nu fac față proceselor de coroziune sub tensiune, coroziune generală și eroziune. În aceste cazuri, se utilizează produse din oțeluri obișnuite placate cu oțeluri speciale.

Recipientele solicitate la oboseală datorită variațiilor de temperatură sau presiune, nu pun probleme deosebite din punctul de vedere al materialului. Prevenirea ruperilor prin oboseală se face corelându-se soluțiile constructive și tehnologice cu specificul solicitării.

Alegerea materialelor metalice exploatate la temperaturi de peste 400°C se face după criteriile de rezistență la fluaj sau refractaritatea.

La dimensionarea acestor recipiente, tensiunea maximă admisă va fi cea mai mică dintre valorile:

- 2/3 din rezistență tehnică de durată la temperatura de lucru;
- limita tehnică de fluaj pentru o deformare de 1% la temperatura de lucru și după o durată de 100 000 h.

Stabilitatea structurii metalografice și menținerea unei rezistențe mecanice la temperaturi de peste 400°C sunt asigurate numai prin aliere, care împiedică creșterea grăunților, precipitarea unor faze și în general degradarea materialului termorezistent prin micșorarea caracteristicilor de rezistență. Astfel, în figura 4.8, este prezentat modul de descreștere în timp după 160 000 h la

$510^{\circ}\text{C}$ , a caracteristicilor de rezistență la rupere, ductilitate și rezistență la fluaj a oțelului termorezistent 14 MoCr 10.

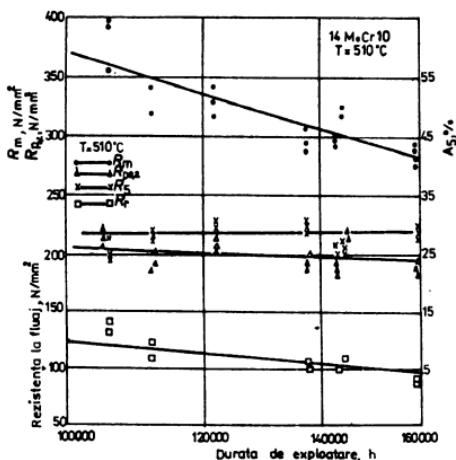


Fig. 4.8. Influența duratei de exploatare în condiții de fluaj asupra caracteristicilor mecanice ale unui oțel aliat termorezistent.

Deformarea și ruperea prin fluaj se realizează printr-un proces de alunecare și rostogolire continuu a grăunților cristalini. Punctajul grăunților cel mai favorabil rezistenței la fluaj este de 5...8.

Alegerea materialelor metalice pentru aparate și recipiente folosite la temperaturi joase de sub  $-50^{\circ}\text{C}$  se face după criteriul evitării ruperii fragile.

În funcție de temperatura de lucru, se aleg oțeluri aliate cu circa 3,5%Ni pentru temperaturi de până la  $-100^{\circ}\text{C}$  și cu 8...14%Ni pentru temperaturi mai scăzute. Aceste oțeluri au temperaturi de tranziție ductil-fragil foarte joase. În proiectarea acestor recipiente, criteriile de alegere a materialelor care să evite ruperea fragilă se determină cu ajutorul diagramei de analiză a ruperii (Pellini) dată în figura 4.9.

Metoda consideră că temperatura de tranziție a unui element de construcție sudată încărcat la o tensiune egală cu limita de curgere și în care există un defect străpuns, lung de 25 mm, este temperatura de ductilitate nula ( $T_{NDT}$ ) a materialului de bază, determinată prin încercarea de reziliență a unei epruvete încărcată cu sudură.

La această temperatură, creșterea lungimii defectului până la 600 mm determină scăderea progresivă a tensiunii nominale de amorsare a ruperii până la valoarea limită de 50...70 N/mm<sup>2</sup>, sub care ruperea fragilă nu mai este posibilă. La temperaturi de peste  $T_{NDT}$ , tensiunile de amorsare a ruperii formează o familie de curbe care tind la limită, pentru lungimi mari de defect, către curba de oprire a propagării ruperii fragile. Când proiectarea elementului de construcție se face la  $T_{NDT}$ , se evită amorsarea ruperii fragile în condițiile:

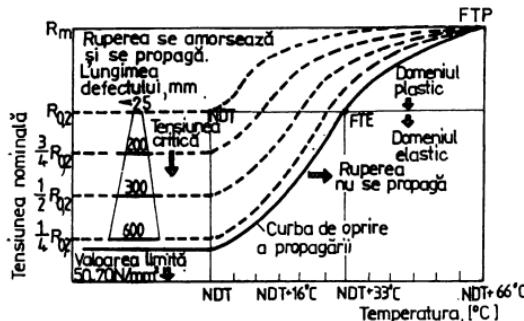


Fig. 4.9. Diagrama de analiză a ruperii.

$\sigma \leq R_{p0.2}$ , lungimea defectului, sub 25 mm, și temperatura de lucru, superioară lui  $T_{NDT}$ . Proiectarea la temperatura  $T_{NDT}+16^\circ\text{C}$  evită amorsarea și propagarea ruperii fragile la tensiuni  $\sigma \leq 0,5 \cdot R_{p0.2}$ . Proiectarea la temperatura  $T_{NDT}+33^\circ\text{C}$  realizează același lucru, dar la tensiuni  $\sigma \leq R_{p0.2}$ , iar proiectarea la  $T_{NDT}+66^\circ\text{C}$  se aplică la  $\sigma > R_{p0.2}$  și asigură comportarea ductilă în orice condiții de exploatare.

#### 4.2.3. Criterii de alegere a materialelor metalice pentru construcții navale

Alegerea materialelor metalice pentru diverse elemente de construcții ale navelor se face în funcție de temperatura și gradul de solicitare a elementului respectiv. Criteriul de bază în alegerea materialelor metalice în acest domeniu este tenacitatea. Se consideră că oțelurile de înaltă rezistență cu limita la curgere  $R_{p0.2} > 315 \text{ N/mm}^2$  au tenacitate suficientă pentru elementele de rezistență ale punții, peretilor și structurilor din zona centrală a navelor (fig. 4.10). Evitarea ruperilor prin oboseala se face prin soluții constructive de rigidizare a zonelor din navă supuse la vibrații intense.

#### 4.3. Criterii de alegere a materialelor metalice pentru industriile chimică, alimentară și medicală

Caracteristica comună a materialelor metalice folosite în industriile chimică, alimentară și medicală este, în principal, rezistența mare la coroziune în agenți atmosferici, chimici, anorganici, organici și microorganisme. Marea diversitate a instalațiilor, aparaturii și echipamentului din aceste domenii, larga gamă de solicitări mecanice la temperaturi înalte, la temperaturi joase, în condiții de presiune înaltă sau în vid înaintat și medii agresive, medii de eroziune și de cavităție impun materiale metalice specifice domeniului sau

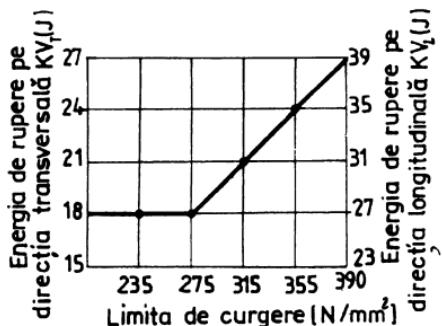


Fig. 4.10. Dependența dintre limita de curgere și tenacitatea unui oțel pentru construcții navale.

utilizate și în alte domenii, cu proprietăți deosebite, alegerea lor fiind o problemă complexă.

#### 4.3.1. Criterii de alegere a materialelor metalice pentru industria chimică și alimentară

Materialele metalice utilizate în practica industrială în domeniile chimiei și alimentar sunt întotdeauna susceptibile atacului corosiv. Cele mai multe metale și aliaje metalice au tendința de a se combina cu elementele din mediul înconjurător sau din mediul de lucru, îndeosebi cu apa și oxigenul, formând compuși chimici de multe ori asemănători sau chiar identici cu cei din minereuri. În general, coroziunea este o reacție între suprafața unui metal în contact cu un electrolit sau gaz. În industriile chimică și alimentară, materialele metalice vin permanent în contact cu electroliți (apă, acizi, baze, săruri sau soluții care conțin ioni de metal), din acest motiv, coroziunea întâlnită frecvent este de natură electrochimică (fig. 4.11), bazată pe formarea de elemente galvanice locale și pe reacții anodice, care sunt reacții de oxidare și care transpun metalul în stare ionică distrugându-l. Tendința unui metal de a-și elibera electronii printr-o reacție anodică (de exemplu, pentru un metal bivalent  $M_e \rightarrow M_e^{2+} + 2e^-$ ) se numește potențial de electrod și poate avea valori pozitive sau negative.

Coroziunea întâlnită frecvent la materialele metalice folosite în instalațiile și echipamentele din industriile chimică și alimentară se poate prezenta în formele descrise în continuare.

a) *Coroziunea generală de suprafață* are loc când suprafața metalului este corodată uniform, neuniform sau chiar în pete de către soluțiile acide sau oxidante. În acest caz, pe suprafața materialului metalic se formează o peliculă de culoare închisă formată din produși ai coroziunii (săruri bazice, carbonați etc.).

Frecvent pelicula formată este pasivă față de agentul chimic și astfel materialul metalic devine anticorosiv prin pasivizare.

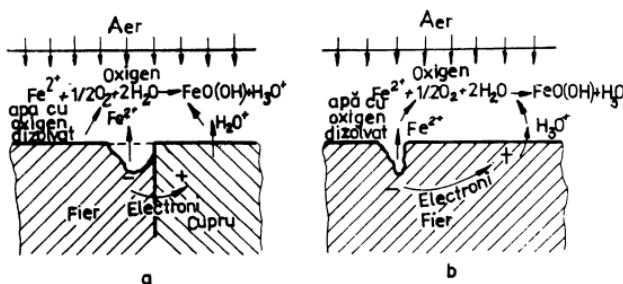


Fig. 4.11. Coroziunea electrochimică:  
a - 2 metale în contact cu aerul;  
b - un singur metal în contact cu aerul.

Condiția de bază pentru pasivizare este ca pelicula formată să nu prezinte pori sau fisuri, ea trebuie să fie subțire, compactă și aderentă pentru a izola agentul chimic de metal. Peliculele pasivizate cresc în grosime după o lege parabolică (a), iar cele poroase cresc liniar (b), conform figurii 4.12.

Otelurile inoxidabile se corodează uniform în acid clorhidric, neuniform în atmosferă și în pete în apă. Acest tip de coroziune se evaluează prin pierderi de greutate pe unitatea de suprafață și timp.

b) *Coroziunea punctiformă (ciupituri - pitting)* se produce când agentul chimic atacă suprafața în puncte, fenomenul progresează în timp formând orificii adânci și chiar producând perforarea metalului. Acest gen de coroziune se întâlnește la oțelurile anticorosive în contact cu soluții care conțin ioni de clor, brom etc. Se evaluează dificil, prin numărul de puncte pe unitatea de suprafață sau prin adâncimea lor.

c) *Coroziunea intercristalină* are loc când atacul se produce pe limitele grăunților cristalini, deteriorând structura până la dezagregarea metalului

Limitele dintre grăunți se comportă anodic față de materialul din masa grăunțului. Nu se poate evalua și nici prevedea, fiind foarte periculoasă. Se întâlnește frecvent la oțelurile inoxidabile austenitice aliate cu crom-nichel fără a fi stabilizate cu titan sau niobiu.

Tipurile de coroziune descrise sunt prezentate în figura 4.13.

d) *Coroziunea selectivă sau internă* se produce în cazurile în care un metal sau un constituent dintr-un aliaj este atacat și distrus. Frecvent se întâlnește descompunerea soluțiilor solide, separarea și atacarea doar a unui component din aliaj (dezincarea alamelor).

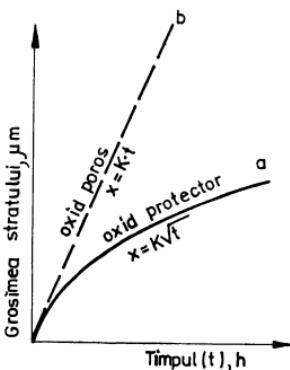


Fig. 4.12. Creșterea stratului de oxid în timp.

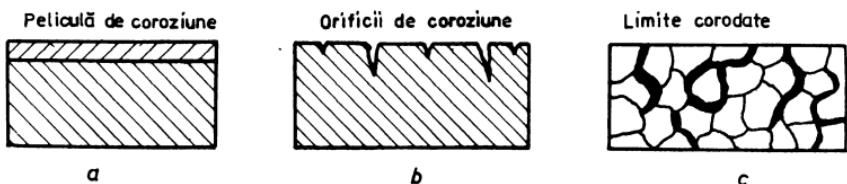


Fig. 4.13. Tipuri de coroziune:  
a - uniformă; b - punctiformă; c - intercristalină.

Tipurile de coroziune a, b, c și d sunt de natură electrochimică, având la bază formarea unor elemente galvanice locale la contactul dintre două metale cu potențial de electrod diferit, în prezența unui electrolit.

e) *Coroziunea fisurantă sau fisurarea corrosivă sub tensiune* este cauzată de prezența în metal a unor tensiuni statice remanente inferioare limitei de curgere a metalului. Deoarece zonele tensionate devin anodice, această coroziune se produce și în medii mai puțin agresive.

Metalele pure sunt imune la acest fenomen. Fisurile produse sunt intergranulare în aliajele cu faze precipitate pe limita grăunților și intragranulare în aliajele monofazice, în funcție de valoarea tensiunilor și natura mediului corrosiv.

f) *Oboseala prin coroziune* se produce sub acțiunea unor eforturi dinamice (alternante sau ciclice) sau prin acțiunea prin soc a mediilor corrosive.

Tensiunile ciclice implicate în fenomenul de oboseală produc ruperea peliculelor de pasivizare (protectoare) de pe suprafața materialelor metalice, provocând coroziunea pitting, care contribuie la dezvoltarea fisurilor de

oboseală. Suplimentar, efectele de concentrare a tensiunilor accentuează caracterul anodic al metalului din zona fisurii, accelerând coroziunea. Ca rezultat al acestor interdependențe, fenomenele de oboseală sub coroziune nu mai sunt descrise de o curbă Wöhler asimtotică la limita de oboseală, ci de o curbă continuu descendente. Rezultă că sub coroziune, solicitările mecanice ciclice, oricără de mici, pot produce ruperea prin oboseală, dacă numărul de cicluri este suficient de mare. În acest caz, rezistența la oboseală nu poate fi definită.

g) *Coroziunea cu eroziune* se produce sub acțiunea simultană a coroziunii și uzurii produse de medii corosive fluide (lichide sau gaze) cu particule solide în suspensie, cu curgere turbulentă la viteze mari. Acțiunea particulelor solide din mediile fluide corosive se manifestă prin distrugerea locală a peliculelor pasivizante, producând formarea unor celule galvanice și o coroziune tip pitting în zonele anodice (fără peliculă protectoare).

Coroziunea cu eroziune poate fi de asemenea cu cavităție sau cu uzură.

Coroziunea cu cavităție este produsă de generarea unor bule de gaz în zonele de joasă presiune ale unui fluid în curgere turbulentă și de contopirea lor pe suprafața materialului metalic în zonele de mare presiune, unde creează mari presiuni ( $2\ 000...3\ 500\ N/cm^2$ ) care alterează local suprafața metalică prin eroziune, accelerând coroziunea. Coroziunea cu uzură, datorită sudării suprafețelor de contact și dislocării unor mici zone prin frecare se întâlnește rar în aceste industrii.

La alegerea și utilizarea corectă a materialelor metalice pentru instalații și echipamente pentru industria chimică trebuie avut în vedere modul de acțiune a mediului de lucru asupra materialelor și efectele acestuia (stabilirea tipului de coroziune) știut fiind că fenomenele de coroziune afectează în primul rând proprietățile mecanice.

În industria alimentară, principalul criteriu de alegere a materialelor metalice este lipsa totală a oricărui produs de coroziune la contactul mediul-metal. Utilajele și echipamentele din industria alimentară sunt fie de stocare, fie de transport și producție. Produsele alimentare, chiar fără ingrediente (sare, oțet etc.), în contact static îndelungat cu materialele metalice produc fenomene de coroziune.

Asemenea utilaje de stocare se vor executa din materiale foarte rezistente la coroziune. În cazul liniilor tehnologice de producție sau transport ale produselor alimentare fără ingrediente, se pot promova materiale metalice cu rezistență mai scăzută la coroziune, în timp ce prezența ingredientelor reclamă materiale metalice foarte rezistente la acțiunea agenților corosivi.

În general, materialele metalice folosite în aceste domenii, ale industriei chimice și alimentare, sunt materiale rezistente la coroziune, din categoria oțelurilor inoxidabile, refractare, alamelor obișnuite și speciale (alpaca), nichel, plumb, monel, aliaje de titan, aliaje de aluminiu etc.

Rar, în zone de lucru cu reactivitate chimică deosebită, se folosesc metale nobile sau cu stabilitate chimică deosebită: aur, platină, tantal, wolfram.

În alegerea materialelor metalice folosite în industria chimică și alimentară, trebuie avut în vedere faptul că un anumit material metalic poate prezenta rezistență bună la coroziune în formă geometrică simplă, dar își poate pierde această calitate prin prelucrări sau prin încorporarea lui într-un anumit produs.

Deci, la proiectarea echipamentelor și construcțiilor metalice din aceste domenii, trebuie să se țină seama de interdependența material metalic-prelucrare-produs, pentru a se evita elementele galvanice de compoziție, de distorsiune elastică sau de concentrație.

Astfel, proiectarea trebuie să excludă utilizarea unor asamblaje de metale diferite în prezența unui electrolit (apă, soluții, acizi, baze, săruri, atmosferă umedă impurificată cu gaze industriale). Când asamblarea de materiale diferite este strict necesară, se vor folosi materiale apropiate în seria galvanică: titan, aluminiu, crom, beriliu, molibden, magneziu, telur, mangan, zinc, cadmiu, staniu, plumb, cupru, iar materialul anodic să aibă suprafață cât mai mare. Se va evita acoperirea anticorosivă a materialelor anodice, deoarece orice distrugere a stratului de protecție formează celule galvanice locale de compoziție.

Se vor evita operațiile finale de deformare plastică la rece, care introduc zone tensionate anodice, iar când nu este posibil, se vor aplica tratamente de detensionare. De asemenea, se vor evita condițiile de lucru care introduc tensiuni prin deformări la rece.

Proiectarea trebuie să evite prezența discontinuităților între părțile adiacente ale construcțiilor, înlocuind asamblările prin șuruburi sau nituri, cu cordoane de sudură, astfel încât construcția să nu acumuleze substanțe corosive și să permită circulația liberă a aerului uscat.

Întrucât instalațiile, aparatura și echipamentele din aceste industrii, în majoritatea lor se obțin prin sudare, la alegerea și utilizarea materialelor metalice, se va avea în vedere, pe lângă criteriul rezistenței la coroziune și criteriul sudabilității. Când anumite elemente trebuie executate din anumite materiale foarte rezistente mecanic și la coroziune, dar greu sudabile, se vor prevedea soluții tehnologice deosebite de realizare a îmbinărilor sudate (tratamente termice ante și post sudare). Când produsele se execută prin ambuțisare, extrudare, tragere, ștanțare, matrițare se va avea în vedere și plasticitatea, maleabilitatea și ductilitatea materialelor metalice alese.

În mod curent, în industriile chimică și alimentară, în funcție de destinația produsului și de condițiile de lucru, se prevăd măsuri de protecție anticorosivă prin zincare, cromare, nichelare, metalizare, acoperiri cu straturi de email (borosilicăți de Ca, K, Na, Co, Ni, Ti), ceramice (oxizi, silicăți), lacuri, vopsele, materiale plastice, bitum etc. Frecvent, se folosesc protecții catodice sau inhibitori de coroziune.

### **4.3.2. Criterii de alegere a materialelor metalice în domeniul medical**

Domeniul medical înseamnă industria farmaceutică (de medicamente), industria de aparatură și echipament medical și industria materialelor metalice biocompatibile. Alegerea și utilizarea materialelor metalice se va face după criterii diferite în fiecare subdomeniu. Astfel, în industria farmaceutică și a aparaturii medicale, la alegerea și utilizarea materialelor metalice, se vor avea în vedere aceleași criterii ca și la industria chimică: rezistența la coroziune chimică, electrochimică și microbiologică, rezistența la temperaturi joase sau înalte, la presiuni mari sau joase etc. Suplimentar, în domeniul aparaturii medicale se va avea în vedere, pe lângă funcționalitate, și designul produselor. De multe ori, se aleg materiale metalice care să satisfacă din punctul de vedere al esteticului și al ambientalului. În industria farmaceutică, trebuie avută în vedere necesitatea absentei totale a compușilor de coroziune, care ar putea determina impurificarea medicamentelor, situație inaceptabilă.

Industria protezelor, a înlocuitorilor de organe (osoase, musculare etc.), a elementelor care facilitează funcționarea unor organe vitale folosește o categorie specială de materiale metalice denumite biocompatibile, cu caracteristici deosebite față de acțiunea chimică a agenților din organism și de respingere a acestora de către organism.

În funcție de rolul funcțional al implantului, protezei, aparatului, produsului etc., criteriile de alegere vor fi: biocompatibilitatea pentru produsele implantate în organism, rezistența la coroziune microbiologică, memoria formei, rezistența mecanică și prelucrabilitatea. Astfel, pentru lucrări dentare, criteriul de bază în alegerea materialelor metalice este rezistența la coroziune microbiologică, ținându-se seama și de aspectul estetic și de prețul de cost.

Coroziunea microbiologică este cauzată de activitatea metabolică a unor microorganisme aerobe (în medii care conțin O<sub>2</sub>) sau anaerobe (în medii lipsite de O<sub>2</sub>).

Bacteriile care digeră fier și mangan, transformându-le în hidroxid de fier și bioxid de mangan, sunt microorganisme anaerobe, care depun pe suprafața metalului produși de coroziune sub formă de tuberculi, creând astfel celule de aerăție diferențială (elemente galvanice locale) care produc coroziunea. Un mare număr de bacterii, ciuperci, alge etc. formează filme microbiologice pe suprafața metalului, care mențin gradienți mari de concentrație a gazelor, sărurilor și acizilor dizolvați, creând astfel celule de concentrare (elemente galvanice locale) generatoare de coroziune.

În industria medicală, nu se acceptă sub nici o formă produși de coroziune, care în toate cazurile sunt dăunători organismelor, motiv pentru care se utilizează pe scară largă materiale metalice cu stabilitate chimică deosebit de mare: aur, platină, argint, titan, aliaje de titan, oțeluri inoxidabile, aliaje platinice etc.

#### **4.4. Criterii de alegere a materialelor metalice pentru industriile electrotehnică, electronică și energetică**

Materialele metalice utilizate în domeniile electrotehnicii, energetice și electronicii sunt foarte diversificate și sunt solicitate foarte diferit atât din punct de vedere electric; magnetic, termic, cât și din punct de vedere chimic și mecanic.

Alegerea și utilizarea materialelor metalice în aceste domenii se face după: proprietățile electrice (conductivitatea electrică -  $\sigma$ , rezistivitatea de volum -  $\rho_v$ , rezistivitatea de suprafață  $\rho_s$ , permeabilitatea relativă -  $\epsilon_r$ , rigiditatea dielectrică  $E_{STR}$ , adică valoarea intensității câmpului electric pentru care materialul se strâpunge); proprietățile magnetice (câmpul coercitiv -  $H_c$ , inducția de saturare -  $B_s$ , inducția remanentă -  $B_r$ , indicele de calitate  $(B.H)_{max}$ , permeabilitatea magnetică relativă - statică -  $\mu_0$ ); proprietățile chimice (coroziunea, solubilitatea, rezistența la solventi, indicele de aciditate); proprietățile termice (căldura specifică -  $c$ , conductivitatea termică -  $\lambda$ , coeficientul de dilatație termică -  $\alpha_t$ , coeficientul de transmisie a căldurii -  $\alpha$ , temperatura de inflamabilitate, stabilitatea termică, rezistența la soc termic) și proprietățile mecanice (duritatea, rezistența la uzare, reziliența, rezistența mecanică etc.).

Materialele metalice din punct de vedere electric sunt conductoare, supraconductoroare, semiconductoare sau rezistoare, iar din punct de vedere magnetic sunt magnetic moi și magnetic dure.

La alegerea materialelor metalice, pentru aceste domenii se are în vedere un criteriu principal, care poate fi una dintre proprietățile electrice sau magnetice, ținându-se seama de celelalte proprietăți chimice, mecanice și termice, care, în unele cazuri, pot deveni criterii de bază, deoarece toate proprietățile electrice și magnetice se modifică sub acțiunea mediului chimic, a câmpului mecanic și termic.

În funcție de scop, de rolul funcțional al elementului din echipamentul electrotehnic, electronic sau energetic și de condițiile concrete de lucru (agensi chimici, solicitări mecanice, temperatură de lucru) se face alegerea materialelor metalice recurgându-se frecvent la compromisuri. Aceasta, deoarece o anumită proprietate electrică sau magnetică este satisfăcută de mai multe materiale metalice, dar care au comportări diferite la alte solicitări.

În aceste domenii, se folosesc pe scară largă, atât materiale pure, cât și aliaje metalice.

Elementele care constituie echipamentele electrotehnice trebuie să posede fie conductibilitate mare, fie rezistivitate precisă, fie proprietăți magnetice deosebite.

Elementele din echipamentele electronice au în general proprietăți conductoare sau semiconductoare precizate și proprietăți termice deosebite.

Săsiurile și casetele echipamentelor electronice, trebuind să asigure echipamentului rezistență, rigiditate mecanică, durabilitate, să posede gabarit și greutate minime, rezistență la coroziune și să realizeze o ecranare electrică și magnetică bună și simultan, să fie radiator termic, se execută din materiale metalice sau materiale plastice care să satisfacă unul sau mai multe criterii enumerate mai sus.

Aliajele ușoare din aluminiu, tabla din oțel și materialele plastice satisfac în bună măsură condițiile impuse din acest domeniu.

Conductoarele, componentele și cablajele imprimate se execută din materiale metalice alese pe baza criteriului conductibilității electrice. În general, sunt materiale metalice (cupru) sub formă de benzi sau porțiuni depuse pe suporturi izolante prin metode galvanice, prin pulverizare, prin evaporare în vid, care, ulterior prin decapare selectivă, gravare și microgravare, ajustare, îngroșare, separarea circuitelor și atașarea terminalelor, duc la obținerea circuitelor imprimate, circuitelor cu straturi subțiri sau cu straturi groase. Industria electronică prezintă particularități de construcție și tehnologii care decurg din particularitățile echipamentelor tehnologice: foarte multe materiale cu utilizare specifică (conductoare, rezistive, magnetice, de impregnare, izolante, termoreactive, stratificate, termoplastice etc.), materiale utilizate și în alte domenii, varietate mare de procese tehnologice, anduranță foarte mare, producție de masă, tehnologii avansate etc., de care trebuie să se țină seama în alegerea materialelor.

Elementele din echipamentele energetice (centrale termice, hidroenergetice și nucleare) trebuie să răspundă unui număr mare de cerințe: solicitări mecanice, chimice, termice și nucleare.

Instalațiile și echipamentele din industria energetică, electrotehnică și nucleară conțin elemente care se execută din materiale metalice destinate construcțiilor metalice (carcase, stâlpi, cazane și recipiente, reactoare, țevi etc.) și din materiale electrotehnice (conductoare, rezistoare, semiconductoare, materiale magnetice moi, materiale magnetice dure, materiale de absorbtie, reflexie, moderare și ecranare a neutronilor, materiale de lipit etc.).

Criteriile de bază în alegerea materialelor metalice electrotehnice sunt caracteristicile lor electrice, magnetice, termice și speciale, ținându-se seama și de proprietățile lor chimice, mecanice, tehnologice și evident de prețul de cost.

Astfel, criteriul de bază în stabilirea materialelor metalice pentru conductoare și reostate este conductibilitatea electrică și prețul de cost. Pentru contacte electrice de rupere și alunecătoare, criteriile de bază în stabilirea materialelor metalice sunt rezistența electrică și de contact, conductibilitatea electrică, rezistența la coroziune, la eroziune și la uzare mecanică. Pentru miezuri magnetice pentru transformatoare, pentru electromagneti, miezuri pentru memorii magnetice, criteriul de bază în alegerea materialelor magnetice moi este permeabilitatea magnetică. Pentru magneții permanenți, criteriul de

alegere a materialelor magnetice dure este indicele de calitate, dat de produsul B.H. (câmp coercitiv și energie magnetică înmagazinată mari).

Pentru dispozitive semiconductoare, criteriile de alegere a materialelor metalice sunt în funcție de scopul urmărit: rezistivitatea, efectul magnetostrictiv, efectul Hall, efectul fotoelectric, fotoconductiv, fotovoltaic, efectul de luminiscență, efectul piezoelectric, efectul Seebeck etc.

Criteriile de alegere a materialelor metalice pentru vasele de presiune, pentru schimbatorul de căldură, pentru conductele din circuitul primar și pentru scutul termic din reactoarele nucleare, sunt rezistența la fluaj în condiții de iradiere și coroziune.

Influența iradierii cu neutroni asupra caracteristicilor de rezistență mecanică și la fluaj rezultă din figura 4.14.

Explicația creșterii proprietăților de rezistență și scăderea proprietăților de plasticitate constă în creșterea densității de dislocații prin bombardare cu neutroni.

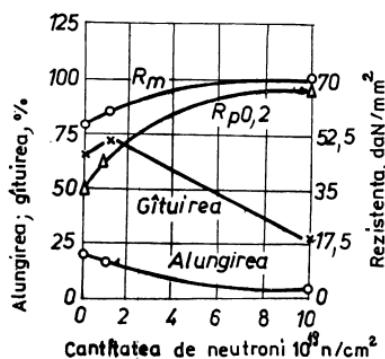


Fig. 4.14. Influența iradierii cu neutroni asupra caracteristicilor mecanice ale oțelurilor.

În alegerea materialelor metalice pentru diverse părți constructive ale reactoarelor (învelișuri, moderatori, reflectoare, ecrane etc.), criteriile sunt: capacitatea de absorție, de dispersie, de reflexie a neutronilor și de ecranare a acestora.

Alegerea materialelor nemetalice pentru lipit materiale electro-tehnice se face pe baza criteriilor: conductibilitatea electrică a lipiturii, rezistența mecanică, rezistența la coroziune și capacitatea de umectare, în funcție de materialele care se lipesc și rolul funcțional al lipiturii.

Alegerea materialelor metalice electroizolante pentru industria electrotehnică și nucleară (cauciuc, elastomeri, celuloză, lacuri, bitum, rășini naturale și sintetice, mică, sticlă, ceramică, azbest, ulei, gaze, silicon, materiale plastice stratificate etc.) se face pe baza criteriului "indice de performanță", care dă comportarea dielectricului la acțiunea câmpului electric, a temperaturii, radiațiilor, solicitărilor mecanice, microorganismelor, factorilor de mediu etc.

#### **4.5. Criterii de alegere a materialelor metalice pentru industriile aeronautică și aerospațială**

Progresul realizat în domeniile aeronautic și aerospațial a depins și deinde în mare măsură de progresele realizate în elaborarea unor materiale adecvate scopului: ușoare, rezistente și fiabile.

Criteriul de bază în alegerea materialelor metalice în aceste domenii rămâne cel al caracteristicii specifice mari. Caracteristica specifică reprezintă caracteristica mecanică uzuală (rezistență la tracțiune, încovoiere, compresiune, deformare elastică, oboseală) raportată la densitate.

Pentru o anumită rezistență, cu cât caracteristica specifică este mai mare, cu atât greutatea piesei este mai mică.

Interesul pentru materialele ușoare este primordial în aeronautică, deoarece numai acestea dau eficiență domeniului (consum redus de combustibil și rentabilitatea transportului). Pentru structura aeronavelor, rezistență și în același timp ușoară, criteriul principal este cel al densității mici. Aliajele de aluminiu magneziu și în ultimul timp titan satisfac în mare măsură dezideratele transporturilor aeriene și aerospațiale.

Pentru motoare, criteriul de bază este cel al caracteristicii specifice mari, corelat cu rezistența la fluaj, la oboseală și cu refractaritatea, în funcție de condițiile de lucru ale elementelor. Astfel pentru compresoare (rotoare și statoare) la care temperatura de lucru este înaltă, corespund aliajele de aluminiu, magneziu și titan care sunt ușoare. Pentru camera de ardere, care este puternic solicitată la oboseală, la fluaj, la coroziunea produselor de ardere, la vibrații și în special la temperaturi înalte, se aleg și se utilizează cele mai rezistente materiale - oțelurile refractare și superaliajele.

Pentru elementele turbinelor, în special paletele și discurile, care lucrează la roșu și sunt puternic solicitate la oboseală și soc termic, criteriul de bază este rezistența la fluaj, căruia îi corespund superaliajele pe bază de nichel, titan și aluminiu.

Aeronautica modernă și astronauțica folosesc materiale suprarezistente, cum sunt: structurile tip fagure sau SANDWICH cu învelișuri metalice rezistente și refractare, materialele compozite, fibrele metalice și nemetalice, superaliajele refractare, materialele rezistente la iradiere cu raze cosmice și fluxuri de protoni emisi de soare, care satisfac în cel mai înalt grad criteriul - caracteristică specifică.

Caracteristica specifică (raportul rezistență mecanică și densitate) scade cu creșterea temperaturii pentru majoritatea materialelor metalice utilizate în industria aero și astronauțică (fig. 4.15).

Excepție face inconelul (75...80% Ni; 14...15% Cr; 6...8% Fe; 3% Ti) care în domeniul de temperaturi 300...500°C prezintă o creștere a caracteristicii specifice.

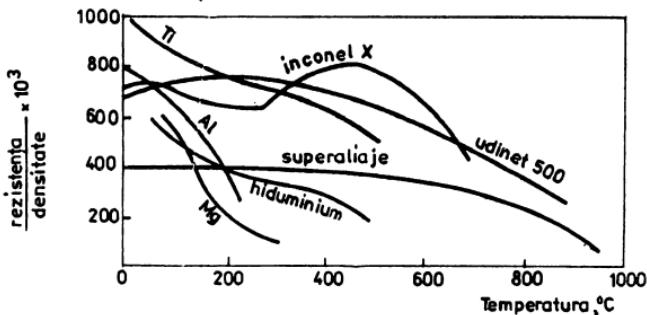


Fig. 4.15. Variația caracteristicii specifice cu temperatura pentru diverse materiale.

## CAPITOLUL 8

### ALEGEREA MATERIALELOR PENTRU CONSTRUCȚII ȘI STRUCTURI METALICE

Criteriile de bază la alegera materialelor pentru construcții și structuri metalice sunt: rezistența mecanică, rigiditatea și stabilitatea, rezistența la coroziune, sudabilitatea și prețul de cost.

În categoria construcții și structuri metalice intră: construcțiile metalice portante cu destinație generală (stâlpii de susținere, halele industriale, macaralele pe șine, podurile rulante, materialul rulant și rutier, construcțiile metalice înalte etc.); construcțiile cu pereți subțiri sau cu probleme deosebite de întreținere (închiderile de hale industriale, grinziile cu zăbrele, stâlpii de linii electrice aeriene, containerele, vagonetele de mină, vagoanele de marfă, utilajele de recoltare și depozitare în agricultură, produsele sanitare, caroseriile auto, cisternele, conductele, canalizările etc.), construcțiile din beton armat (construcții industriale, civile etc), aparatele și recipientele sub presiune utilizate la temperaturi normale (-50...+400°C), la temperaturi înalte (peste 400°C), și la temperaturi joase (sub -50°C), construcțiile navale (corful, fundul, puntea navelor și platformele marine).

Construcțiile și structurile metalice sudate sau îmbinate cu nituri sau cu șuruburi, în funcție de solicitările existente în exploatare, de natura mediului de lucru, de complexitatea și importanța construcțiilor se execută din oțeluri laminate obișnuite cu destinație generală - STAS 500-80; oțeluri laminate pentru țevi - STAS 8183-80, STAS 715-80, STAS 11082-80; oțeluri rezistente la coroziune atmosferică (patinabile) - STAS 500-80; oțeluri cu granulația fină - STAS 9021-88; oțeluri pentru îndoire la rece - STAS 11505-30; oțeluri pentru armarea butonului - STAS 438-89; oțeluri pentru precomprimarea betonului - STAS 6482-80; oțeluri pentru aparate și recipiente sub presiune - STAS 2883-88, STAS 8184-87, STAS 11523-87, STAS 115029-89, STAS 10382-88; oțeluri pentru construcții navale - STAS 8324-86; oțeluri inoxidabile - STAS 3583-87; oțeluri inoxiodabile și refractare - STAS 11523-87.

## 8.1. Alegerea oțelurilor pentru construcții metalice portante

Se face în funcție de următoarele criterii: rezistență mecanică, rigiditatea și stabilitatea construcției (v. cap.4.2.1).

Construcțiile metalice portante sau elementele portante din construcțiile metalice sudate sau imbinate prin alte procedee (hale industriale, fărme, macarale pe şine, poduri rulante, poduri de şosele, poduri de cale ferată, construcții înalte, rezervoare, material rulant și rutier) se execută îndeosebi din oțeluri laminatice obișnuite cu destinație generală și rezistente la coroziune atmosferică - STAS 500-80, oțeluri pentru țevi fără sudură - STAS 8183-80, oțeluri cu granulație fină - STAS 9021-88, oțeluri pentru înălțime la rece - STAS 11505-89, din oțeluri cu limită de curgere mare - STAS 532-85, oțeluri pentru armarea betonului - STAS 438/1-89 și pentru precomprimarea betonului - STAS 6482/2-80.

Pentru construcțiile metalice portante, oțelul de bază este OL37, iar recurgerea la o altă marcă de oțel cu rezistență superioară vizează reducerea greutății construcției cu efecte economice favorabile și creșterea flexibilității, care nu întotdeauna este favorabilă.

Dacă se înlocuiește oțelul OL37 cu  $R_{p0,2} = 240 \text{ daN/mm}^2$  cu oțeluri mai rezistente, a căror limită de curgere atinge  $R_{p0,2} = 420 \text{ daN/mm}^2$ , greutatea proprie se reduce cu 13...44%, iar dacă limita de curgere este  $R_{p0,2} = 685 \text{ daN/mm}^2$ , reducerea de greutate poate ajunge la 21...66%.

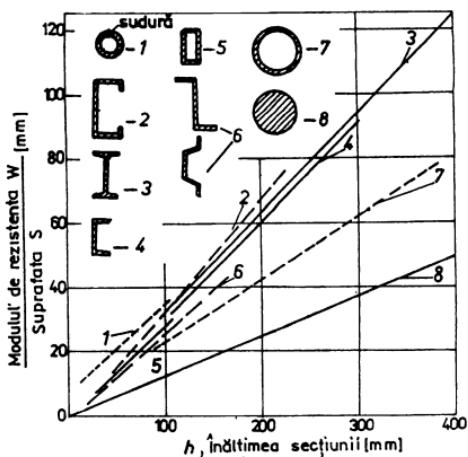


Fig. 8.1. Corelația dintre înălțimea secțiunii și raportul modulului de rezistență și suprafață, pentru diverse profile solicitate la încovoiere.

La alegerea oțelurilor pentru construcții și structuri portante trebuie să se aibă în vedere tipul de solicitare și condițiile concrete de exploatare.

Astfel, pentru structurile solicitate preponderent la încovoiere, pe lângă rezistența oțelului, se va lua în considerare și factorul geometric al secțiunii, dat de raportul dintre modulul de rezistență și suprafața secțiunii transversale, recurgându-se la creșterea dimensiunii secțiunii în planul de aplicare a sarcinii (înălțime) și micșorarea dimensiunii secțiunii în plan perpendicular pe direcția sarcinii (grosime).

Structurile solicitate la compresiune sau încovoiere trebuie să posede stabilitate mare prin flambaj lateral. Când coeficientul de svelteță este mai mare de 10, profilurile cu secțiune transversală simplă trebuie să fie înlocuite cu profile dublu T; în formă de I sau profile complexe (tip cheson).

Structurile elementelor de construcții metalice supuse la solicitări variabile și ale echipamentelor mobile sunt solicitate preponderent la oboseala. În acest caz, alegerea oțelului va avea în vedere durata de viață limitată a acestora. Cu cât numărul de cicluri de solicitare (durata de viață) este mai mică, cu atât se pot admite tensiuni variabile mai mari. În toate cazurile, se recurge la alegerea unor oțeluri din clase de rezistență superioare.

Construcțiile și structurile portante care lucrează în domeniul temperaturilor  $-50^{\circ}\text{C}...+400^{\circ}\text{C}$  nu pun alte probleme deosebite legate de rezistență, la alegerea oțelurilor, decât doar cele legate de clasa de calitate.

La alegerea oțelurilor cu destinație generală pentru construcții metalice, importanța deosebită prezintă clasa de calitate, care indică gradul de dezoxidare a oțelurilor și care imprimă o comportare specifică în exploatare. Astfel, oțelurile de calitate 1 se vor utiliza pentru construcții simple, solicitate moderat și care nu prezintă risc de rupere fragilă. Oțelurile de calitate 2 se utilizează în construcții sau structuri sudate supuse la solicitări normale, care nu au grosimi exagerate și la care nu există risc de rupere fragilă. Oțelul de calitate 3 se utilizează în construcții sudate puternic solicitate, unde în funcție de grosime există risc de rupere fragilă, iar oțelul din clasa de calitate 4 se utilizează în cazul în care pentru grosimile cele mai importante, condițiile de solicitare impun o anumită rezistență la rupere fragilă.

Temperatura de tranziție ductil-fragil la oțelurile din clasa 2 este apropiată de cea ambientă, la cele din clasa 3, situată imediat după  $0^{\circ}\text{C}$ , iar la cel din clasa 4, mult sub  $0^{\circ}\text{C}$ : mărcele OL 37 și OL 42 au aceasta temperatură situată sub  $-20^{\circ}\text{C}$  și mărcele OL 44 și OL 50 sub  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Reziliența care elimină riscul ruperii fragile este  $KCV = 35 \text{ J/cm}^2$  (28 J) la oțelurile cu limită de elasticitate sub  $300 \text{ N/mm}^2$  și  $KCV = 50 \text{ J/cm}^2$  (40 J) pentru oțelurile cu limită de elasticitate peste  $300 \text{ N/mm}^2$ . Valorile de reziliență sunt determinate pe epruvete prelevate în sens paralel cu direcția de laminare.

Construcțiile metalice portante cu grad de siguranță crescut (cu coeficient de pericolozitate mare) - hale industriale, macarale, poduri rulante, material rulant și rutier, precum și construcțiile înalte - se execută întotdeauna din oțeluri din clase de rezistență superioară oțelului OL 37.

Coeficientul de periculozitate  $G$  stă la baza stabilirii clasei de calitate (gradul de dezoxidare) a oțelurilor, pentru a asigura siguranța în exploatare a construcțiilor sudate, și se exprimă prin relația:

$$G = K \cdot S \cdot B,$$

în care:

$K$  este factorul constructiv care poate avea valorile: 1,0 - pentru construcții sudate simplu, profile laminate sudate cap la cap, elemente de construcții sudate și detensionate în prealabil, elemente solicitate la forfecare; 1,4 - pentru construcții sudate cap la cap pe toată lungimea, cusături în formă de  $K$ , elemente sudate în formă de I, elemente sudate cu variații mari de grosime; 2,0 - pentru construcții sudate puternic solicitate biaxial, elemente cu cusături încrucișate, elemente complexe cu multe cusături apropriate;

$S$  - factorul de importanță, având valorile: 0,5 - pentru elemente de construcție sudate (inimi de grinzi auxiliare, table de protecție etc.); 0,7 - pentru elemente de construcții importante (tâlpi de grinzi secundare, inimi de grinzi principale etc.); 1,0 - pentru elemente de construcție foarte importante (tâlpi întinse de grinzi principale, stâlpi de susținere etc.);

$B$  - factorul de solicitare, având valorile: 1,0 - pentru elemente de construcție supuse la solicitări statice și dinamice cu viteze de solicitare sub  $500 \text{ daN/cm}^2 \cdot \text{s}$ ; 1,4 - pentru elemente de construcție supuse la solicitări dinamice cu viteze mari sau prin soc.

Coeficientul de periculozitate obținut se rotunjește la valorile: 0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 2,0 și 2,8. Cu cât este mai mare, cu atât clasa de calitate și grosimea oțelului sunt mai mari, (fig. 8.2.) (v. cap. 4.2.1.).

Stâlpii metalici de susținere a halelor industriale fără poduri rulante, solicitați numai la compresiune, sau cu poduri rulante, solicitați la compresiune și încovoiere, pentru a se limita lungimea de flambaj, necesită o fixare rigidă cu bază nedeformabilă la sol, prin aceasta putându-se reduce clasa de rezistență a oțelurilor.

Reducerea greutății structurilor portante este necesară pentru reducerea frecărilor, a puterii de acțiune, a consumului de energie sau de combustibil; ea realizându-se numai prin folosirea unor oțeluri cu rezistență mare.

Structurile de rezistență pentru construcțiile metalice înalte, rezistente la vibrații date, mișcări seismice și vânt se realizează, în special nivelurilor inferioare, din oțeluri din clase superioare de rezistență pentru a li se asigura stabilitatea.

## 8.2. Alegerea oțelurilor pentru construcții cu pereți subțiri sau cu întreținere deosebită

Se face în primul rând după criteriul rezistenței la coroziune în atmosferă.

Construcțiile metalice cu pereți subțiri sau cu probleme deosebite de întreținere (peretii halelor industriale, grinzi cu zăbrele, stâlpi pentru liniile electrice aeriene, vagoane, macarale, containere, utilaje de recoltare și depozitare în agricultură, cisterne, caroserii auto, instalații sanitare, canalizări etc.) se execută din oțeluri rezistente la coroziune atmosferică (patinabile), protejate sau nu, prin vopsire - STAS 500-80, sau din alte oțeluri cu destinație generală, dar protejate prin zincare, plumbuire, respectiv din oțeluri inoxidabile - STAS 3583-87 și STAS 11523-87.

Protejarea prin vopsire a oțelurilor patinabile mărește prețul de cost al construcției și al întreținerii; la aceasta se recurge numai când condițiile de exploatare sunt poluanante (cu peste  $120 \text{ mg/m}^2 \cdot \text{zi}$   $\text{SO}_2$  și peste 7 000 h/an umiditate).

Protejarea prin zincare a oțelurilor laminate cu destinație generală asigură rezistență mare la coroziune electrochimică în apă și în agenți atmosferici.

Produsele protejate prin zincare (table și benzi laminate la cald și la rece, tablă ondulată sau cutată, țevi sudate longitudinal, sârme) se folosesc pentru: peretii și acoperișurile halelor industriale, civile sau agricole; acoperiri de utilaje sau conducte izolate termic; bunuri de larg consum; instalații de apă sau abur; conductoare pentru liniile aeriene în telecomunicații, containere; cabluri de tracțiune etc.

Protejarea oțelurilor laminate cu destinație generală prin plumbuire asigură rezistență mare la coroziune în medii foarte agresive care conțin impurități de sulf din produsele petroliere, acizi sulfuric și carbonic, tricloretilină, gaze sulfuroase calde etc. Oțelurile astfel protejate sunt recomandate pentru recipiente de depozitare și transport a unor astfel de agenți chimici enumerați mai sus.

Elementele și componentele de utilaje, recipientele și conductele care lucrează în medii deosebit de agresive din industria petrolieră, chimică, alimentară, textilă se execută din oțeluri inoxidabile sau inoxidabile și refractare, în funcție de temperatura de lucru.

### **8.3. Alegerea oțelurilor pentru construcții din beton armat precomprimat**

Se face în funcție de rezistență mecanică impusă de solicitările construcțiilor. Oțelul din beton nu mai poate fi recuperat în scopul retopirii sau reutilizării.

Armarea betonului se realizează cu profile netede și periodice din oțel beton - STAS 438/1-89, iar precomprimarea betonului se face folosindu-se oțeluri de rezistență mare - STAS 6482/2-80.

Frecvent utilizat pentru armare este oțelul OB 37. Utilizarea oțelurilor cu rezistență superioară PC 52 sau PC 60 determină reducerea greutății construcției cu până la 26%.

Întrucât construcțiiile din beton armat și precomprimat sunt structuri portante, aceste oțeluri trebuie să asigure o aderență bună la beton, iar apă folosită la fabricarea betonului trebuie să nu conțină ulei, grăsimi, acizi, cloruri solubile, substanțe zaharoase.

De asemenea, trebuie evitați concentratorii de tensiune în zonele de fixare, iar îndoarea barelor să se facă cu raze  $R > 500d$  ( $d$  - diametrul barei).

#### **8.4. Alegerea oțelurilor pentru construcții navale**

Se face ținându-se seama de criteriul principal - tenacitatea oțelurilor la temperatura de referință  $T_D = T_m - 5^\circ\text{C}$ , unde  $T_m$  este temperatura mediului (aer, apă sau gheață, din luna cea mai rece a anului).

Alegerea materialului pentru construcții de nave se face numai în concordanță cu recomandările Registrului Naval Român, care indică, pentru fiecare element constructiv al navei, grosimea și marca de oțel pentru construcții navale - STAS 8324-86.

Structurile greu solicitate care asigură integritatea corpului navei se execută din oțeluri de calitate superioară cu grosimi alese în funcție de temperatura de exploatare și limita de curgere a oțelurilor. Cu cât grosimea produsului este mai mare și cu cât temperatura mediului (apă, aer) este mai scăzută, cu atât clasa de rezistență a oțelului este mai mare.

Astfel, structurile cu grosimi peste 30 mm, exploataate la temperaturi sub  $-20^\circ\text{C}$  se execută numai din mărcele D și E, în timp ce structurile cu grosimi sub 13 mm exploataate până la  $-5^\circ\text{C}$  se execută din mărcele A și B.

Platformele marine pentru foraj se execută din oțeluri cu plasticitate foarte mare (gătuirea de min. 20%) garantată pe grosimea produsului. Aceste produse se numesc Grad Z.

Mediul marin este corosiv și determină creșterea accentuată (cu un ordin de mărime) a vitezei de popagare a fisurilor de oboseală sub coroziune.

Alegerea oțelurilor pentru structurile portante, pentru construcții metalice cu pereti subțiri, pentru construcții din beton armat și precomprimat și pentru construcții navale se face conform recomandărilor date în tabelul 8.1.

*Tabelul 8.1*

#### **Recomandări pentru alegerea oțelurilor pentru construcții metalice portante**

Oțelul	STAS	Domenii de alegere și utilizare
0	1	2
OL 37	500-80	Hale industriale, ferme, poduri de șosea și cale ferată, rezervoare, stâlpi, structuri portante de mașini, utilaje și instalații mediu solicitate

Tabelul 8.1 (continuare)

0	1	2
OL 52	500-80	Construcții metalice puternic solicitate: stâlpi pentru liniile aeriene, cai de rulare, macarale, șasiuri de autovehicule, rezervoare de mare capacitate, mantale, batiuri sudate, capace etc.
RCA 32	500-80	Elemente de construcții metalice cu pereți subțiri, mediu solicitare mecanic, cu rezistență mărită la coroziunea atmosferică: stâlpi de înăltă tensiune, vagoane, macarale, elemente de închidere a halelor industriale și fermelor, cisterne, acoperișuri etc.
RCA 52	500-80	Elemente de construcții metalice cu pereți subțiri, puternic solicitare mecanic, cu rezistență mare la coroziunea atmosferică: boghiuri, macarale grele, stâlpi de înăltă tensiune, recipiente de presiune, poduri, elemente de structură și inchidere a halelor industriale, depozite, acoperișuri etc.
OCS285	9021-88	Structuri portante cu tenacitate mare supuse la solicitări mecanice relativ mari, cu rezistență mare față de ruperea fragilă: stâlpi de susținere, grinzi, hale industriale, ferme, utilaje și instalații în industria petrolieră, chimică etc.
OCS355	9021-88	Structuri portante puternic solicitate, cu tenacitate mare și rezistență mare la rupere fragilă: cai de rulare la macarale grele, poduri rulante, ferme, stâlpi și grinzi pentru hale cu deschidere mare
OPM	9531-91	Profile laminate la cald pentru susținerea galeriilor de mină
OL 37 Ep	12187-88	Table groase pentru elementele principale ale podurilor de șosea, de cale ferată și viaductelor cu deschidere medie, mediu solicitare
OL 52 Ep	12187-88	Table groase pentru elementele principale ale podurilor de șosea, de cale ferată cu deschidere mare, puternic solicitate
L 410	11505-89	Longeroane pentru autovehicule grele: camioane, basculante, autobuze și elemente portante realizate prin deformare la rece pentru mașini și utilaje
C 440 C500 C620A C620B	532-85	Elemente și structuri metalice foarte puternic solicitate, care necesită limită de curgere foarte mare: mașini de ridicat și transportat, șasiuri de mijloace de transport, stâlpi de hale cu deschidere foarte mare, picioare pentru platforme de foraj marin, recipiente cu pereți foarte groși, instalații industriale cu coeficient mare de siguranță etc.
OB 37	438-89	Elemente și structuri din beton armat și precomprimat, sub formă de sârme și de bare netede
PC 52	438-89	Elemente și structuri din beton armat și precomprimat sub formă de bare cu profil periodic
PC 60	438-89	Elemente și structuri din beton armat supuse unor solicitări puternice: poduri, hale industriale, baraje, stâlpi de susținere, grinzi din beton

Tabelul 8.1 (continuare)

0	1	2
STNB	438-89	Plase și carcase sudate pentru asamblarea construcțiilor din beton.
SPB I SPB II	6482-80	Elemente și structuri prefabricate puternic solicitate mecanic, realizate din beton precomprimat
B 1; B 2	9724-80	Elemente pentru construcții metalice din table subțiri și benzi late: inchideri de hale, ferme, rezervoare și recipiente, ambalaje, table zincate etc.
OS70	1900-89	Șine normale de cale ferată
OS90A	1900-89	Șine grele de cale ferată
OS90B	1900-89	Șine grele de cale ferată
OLT35	8183-80	Tevi și conducte pentru utilizări curente, pentru construcții metalice, pentru macarale, turle de foraj, conducte petroliere și pentru industria energetică, flanșe, ștuțuri etc.
OLT45	8183-80	
OLT65	8183-80	Tevi pentru presiuni mari în industria petrolieră, chimică și în acționari hidraulice
A	715/2-80	Tevi de conductă fără sudură, cu capete netede pentru industria petrolieră
B		
X 42	11082-80	Tevi sudate elicoidal pentru conducte de apă, gaze și țieți în industria petrolieră, chimică, alimentară, aducțiuni de apă potabilă și industrială etc.
X 46		
X 52		
X 56	11082-80	Tevi sudate elicoidal din oțeluri cu granulație fină pentru conducte de apă, țieți, gaze în industria chimică și petrolieră.
X 60		
OL37.2	6898-90	Tevi sudate elicoidal de uz general, folosite în construcții metalice și instalații nesupuse normelor ISCIR: conducte de apă, gaze, produse petroliere, termoficare, coloane de susținere etc.
OL42.2		
OL44.2		
OL52.2		
A	8324-86	Elemente și structuri de nave exploataate până la -50°C cu grosimi de pâna la 20 mm: chila plată, rame longitudinale ale gurii de magazie, file inferioare și superioare ale pereților longitudinali, ale punții și fundului navelor, extremităților suprastructurii, întăriturii pentru gheată, etamboul, etrava, inimile osaturii, alte punții și platforme. Pereți laterali cu grosimi de pâna la 30mm și osatura din profile laminate oricât de groase (peste 30 mm)
D	8324-86	Elemente și structuri greu solicitate de nave: centura, lăcrimara punții de calcul și gurna cu grosimi de pâna la 20,5 mm, chila plată, rame longitudinale, file inferioare și superioare ale pereților laterali ale punții și fundului cu grosimi între 21 și 30 mm, file ale învelișului, osatura longitudinală a punții, fundului și pereților longitudinali cu grosimi de peste 26 mm, întărituri gheată, etambou, etravă, colțurile gurilor de magazie, extremitățile suprastructurii cu grosimi de 20-30 mm, alte punți și platforme, inimile și platbandele osaturii și postamentelor groase de peste 30 mm

Tabelul 8.1 (continuare)

0	1	2
E	8324-86	Elemente și structuri foarte puternic solicitate ale navelor la temperaturi sub - 20°C: centura, lăcrimara punții de calcul și gurna cu grosimi de peste 21 mm, chila plată, ramele gurii de magazie, filele pereților longitudinali, ale punctii și fundului cu grosime de peste 10 mm, întăriri pentru gheată, etambou, etrava, extremitățile suprastructurii, întăririle la punțile compartimentelor de mașini și căldari groase de peste 30 mm
Oteluri zincate	500-80	Pereți și acoperișuri de construcții industriale, civile, agricole, utilaje și conducte izolate termic, țevi de apă, gaz și abur, sârmă pentru comenzi macazuri, semnalizare, telecomenzi, țesături și împletituri pentru garduri, cabluri de tractiune pentru transport persoane sau materiale, conductori aerieni pentru telecomunicații și transport energie electrică
Oteluri inoxidabile	3583-87	Elemente și structuri foarte rezistente la oxidare și coroziune: opere de artă, structuri portante care lucrează în medii corosive, recipiente pentru industria chimică, alimentară și farmaceutică, care lucrează în medii corosive la temperatura ambientă
Oteluri inoxidabile și refractare	11523-87	Elemente și structuri foarte rezistente la temperaturi înalte și în medii corozive

## 8.5. Alegerea materialelor pentru aparate și recipiente sub presiune

Alegerea materialelor pentru execuția, instalarea, repararea și verificarea recipientelor sub presiune trebuie astfel făcută încât să asigure funcționarea fără defecțiuni și fără pericol.

Alegerea materialelor în acest domeniu, când presiunile maxime depășesc 0,07 MPa, se face ținându-se seama de prescripțiile tehnice C4 - 90 colecția ISCIR, în vigoare.

Nu se înscriu în aceste prescripții recipientele care aparțin Ministerului Apărării Naționale și Ministerului de Interne, recipientele stingătoare de incendiu, recipientele de aer pentru instalații de frânare, basculare, transport pe cablu, rezervoarele de combustibili de pe locomotive, vagoane, autovehicule, nave, aeronave, cuptoare construite din țevi, recipientele sub vacum, recipientele cu volum ocupat de fluid sub 50 l, recipientele de apă sub 115°C, recipientele pentru lichide a căror temperatură de lucru este sub cea de fierbere la presiunea de 0,07 MPa (0,7 barr), când este exclusă formarea unei perne de gaze sau vaporii, recipientele construite din țevi, radiatoare, calorifere,

colectoare și distribuitoare de abur, apă fierbinte, aer, conducte pentru transportul fluidelor, corporurile armăturilor (robinete, supape etc.).

Alegerea materialelor pentru recipiente sub presiune se face folosindu-se criteriile de bază: rezistență la solicitările mecanice (static și dinamice), termice și chimice care să asigure o funcționare în condiții optime.

După sudarea recipientelor sub presiune se va efectua un tratament termic dacă: grosimea peretilor depășește o anumită valoare (30 mm pentru oțeluri carbon și 20 mm, chiar 15 mm, pentru oțeluri aliate), recipientul conține substanțe letale sau care pot provoca coroziunea sub tensiune, indiferent de grosime; recipientul este supus acțiunii flăcărilor și are grosimea peretilor de peste 16 mm; recipientul lucrează la temperaturi sub -20°C.

Materialele folosite sunt în funcție de temperatură, de agresivitatea mediului și de solicitările mecanice: oțeluri carbon cu destinație generală - STAS 500-80 și precizată SATS 2883-88, STAS 10382-88, STAS 8183-80; oțeluri slab aliate și aliate - STAS 8184-87, STAS 11502-89, STAS 2883/3-88; table placate cu oțeluri inoxidabile - STAS 12523-87; oțeluri inoxidabile - STAS 3583-87, oțeluri inoxidabile și refractare - STAS 11523-87; oțeluri forjate; oțeluri turnate; fonte cu  $R_m \geq 150$  daN/mm<sup>2</sup>; cupru și aliaje de cupru cu  $A_{10} \geq 20\%$  pentru produse laminate și  $A_{10} \geq 8\%$  pentru produse turnate - STAS 95-87, STAS 197-80, STAS 198-86; aluminiu și aliaje de aluminiu cu  $A_{100} \geq 18\%$  pentru produse laminate și  $A_{100} \geq 3\%$  pentru produsele turnate - STAS 201-89; nichel și aliaje de nichel; titan și aliaje de titan.

Oțelurile cu destinație generală OL 30, OL 32 și OL 34 nu se admit pentru execuția recipientelor sub presiune, iar mările OL50, OL 60 și OL70 nu se admit pentru execuția prin sudare a recipientelor.

Celelalte mările din această categorie de oțeluri se pot folosi numai dacă: recipientul nu conține substanțe letale, explozive sau care produc coroziune fisurantă sub tensiune; solicitarea recipientului este statică și temperatura de exploatare nu depășește +60°C.

Tevile sudate elicoidal sau logitudinal se pot folosi în aparate sub presiune doar în următoarele condiții: coeficientul de rezistență a cusăturii să fie de minimum 0,9; să nu conțină în interior sau exterior substanțe letale, explozive sau care produc coroziune fisurantă sub tensiune; dacă vin în contact direct cu flacără și dacă temperatura de lucru este sub +15°C.

Fonta nu se va folosi pentru elemente în aparate și recipiente sub presiune în următoarele cazuri: contact direct cu flacără sau cu gaze de ardere la temperaturi de peste 550°C, când temperatura de lucru este sub 0°C, prezența solicitărilor dinamice; prezența substanțelor letale sau explozive. Elementele din fontă vor fi tratate termic.

Cuprul și aliajele de cupru se folosesc în domeniile de temperaturi -200°C...+200°C și pentru recipiente care nu vin în contact cu substanțe corosive (amoniac, acetilenă, acid azotic, sulfuric etc.).

Aluminiul și aliajele de aluminiu se folosesc în domeniul de temperaturi  $-270^{\circ}\text{C}...+200^{\circ}\text{C}$ , pentru produse laminate, și de  $-200^{\circ}\text{C}...+200^{\circ}\text{C}$ , pentru produse turnate, și dacă recipientele nu vin în contact cu substanțe corosive (hidroxid de sodiu, carbonat de sodiu, acid fluorhidric etc.).

Nichelul și aliajele de nichel se folosesc în domeniul de temperaturi  $-200^{\circ}\text{C}...+600^{\circ}\text{C}$ .

Titanul și aliajele de titan se folosesc în domeniul de temperaturi  $-60^{\circ}\text{C}...+300^{\circ}\text{C}$ .

Plumbul se folosește pentru protecția anticorosivă a recipientelor între  $-200^{\circ}\text{C}$  și  $+140^{\circ}\text{C}$ , iar zincul în același scop între  $-200^{\circ}\text{C}$  și  $+120^{\circ}\text{C}$ .

#### 8.5.1. Aparate și recipiente sub presiune utilizate între $-50^{\circ}\text{C}$ și $+400^{\circ}\text{C}$

Criteriul de baza în alegerea materialelor pentru astfel de produse (conform cap. 4.2.) este cel al rezistenței mecanice. La rezistențe mecanice apropiate, se va alege marca de oțel cu gradul de aliere cel mai redus.

În acest domeniu de temperaturi ( $-50^{\circ}\text{C}...+400^{\circ}\text{C}$ ), oțelurile nu trebuie să prezinte garanții excesive din punctul de vedere al tenacității, în special când exploatarea se face preponderent în domeniul pozitiv al temperaturilor. Se admite că pentru produsele de grosimi  $10...20$  mm, valoarea rezilienței  $\text{KCV}=35 \text{ J/cm}^2$  (28 J) este suficientă, ea fiind asigurată de calitatea oțelului, iar temperatura la care se obține poate fi temperatură de tranziție.

Când oțelurile carbon sau slab aliate satisfac condițiile de rezistență mecanică impuse de presiune și temperatură de lucru, dar nu satisfac din punctul de vedere al rezistenței la coroziune, pentru eficiență trebuie să se recurgă la utilizarea oțelurilor respective placate cu straturi de oțel anticorosive și nu la înlocuirea totală a oțelurilor carbon sau slab aliate cu oțeluri inoxidabile.

În domeniul temperaturilor  $-50^{\circ}\text{C}...+400^{\circ}\text{C}$ , se recomandă utilizarea oțelurilor mai puțin aliate din seria K410, K460, K510 sau a celor din seria R37, R44 și R52 - STAS 2883-88.

Când aparatele și recipientele lucrează sub solicitări variabile date de variațiile periodice de temperatură, presiune, vibrații, forțe care încarcă și descarcă recipientul, se va avea în vedere prevenirea ruperii prin oboseală.

Acest lucru, de obicei, nu se face prin alegerea oțelurilor, ci prin soluții constructive și tehnologice. În aceste cazuri, se recurge la proiectarea recipientelor pentru durate de viață limitate, de exemplu, maximum  $10^5$  cicluri. Valorile tensiunilor de calcul sunt proporționale cu limitele de curgere ale oțelurilor exploatați până la  $+400^{\circ}\text{C}$ .

Oțelurile recomandate spre a fi folosite în construcția acestor recipiente sunt date în tabelul 8.2.

### **8.5.2. Aparate și recipiente sub presiune utilizate la temperaturi înalte**

Temperaturile înalte în acest caz se referă la domenii situate peste  $+400^{\circ}\text{C}$ .

Criteriul de bază în alegerea materialelor pentru astfel de produse este rezistența tehnică de durată la temperatura de lucru sau limita tehnică de fluaj (cap.4.2.2).

Caracteristicile de fluaj ale oțelurilor termorezistente sunt direct corelate cu gradul de aliere al acestora, motiv pentru care, oțelurile utilizate pentru astfel de recipiente vor fi aliate cu molibden, crom și vanadiu, care stabilizează structura, mărind limita de fluaj.

Granulația oțelurilor solicitate la fluaj este foarte importantă, deoarece deformarea și ruperea prin fluaj se realizează prin deplasarea grăunților pe limitele dintre ei, motiv pentru care grăunții trebuie să nu fie nici prea mari, nici prea mici, punctajul recomandat fiind între 5 și 8.

Prin fluaj, structura oțelurilor se modifică prin trecerea elementelor de aliere din masa grăunților de soluții solide (ferită sau austenită) în compuși intermetalici situații pe limitele dintre grăunți, proces care duce la micșorarea treptată a caracteristicilor de rezistență și de tenacitate.

Acest fapt impune verificarea structurii oțelurilor după anumite durate de exploatare (în general  $10^5\text{h}$ ), în scopul evidențierii eventualelor modificări, și verificarea rezervei de rezistență a oțelurilor, după care se decide continuarea sau întreruperea exploatarii.

Otelurile folosite pentru recipiente sub presiune la temperatură înaltă trebuie să posede o structură inițială neafectată de ecruișare sau supraîncălzire.

Din acest motiv, deformarea plastică a acestor oțeluri se va face în domenii precise de temperaturi, iar sudarea se va executa fără să fie folosite regimuri prea intensive.

Otelurile termorezistente folosite sunt date în tabelul 8.2. Când recipientele lucrează în medii corosive, se recurge la oțeluri inoxidabile și refractare.

### **8.5.3. Aparate și recipiente sub presiune utilizate la temperaturi joase**

Temperaturile joase sunt considerate cele situate sub  $-50^{\circ}\text{C}$ . Criteriul de bază în alegerea oțelurilor pentru astfel de produse este cel al tenacității în scopul prevenirii ruperii fragile (cap. 4.2.2).

Otelurile care au temperatura de tranziție de la ruperea ductilă la cea fragilă scăzută până la sub  $-100^{\circ}\text{C}$  sunt cele care au granulația foarte fină sau care sunt aliate în special cu nichel.

La temperaturi situate sub -100°C, se folosesc oțeluri inoxidabile feritice sau austenice, care își păstrează tenacitatea până la temperaturi de -270°C.

Oțelurile carbon și slab aliate se folosesc la temperaturi scăzute numai în stare normalizată, normalizată și revenită sau călită și revenită, când caracteristicile de rezistență și tenacitate au valori optime.

Sudarea acestor oțeluri se face cu regimuri puțin intense (energii liniare de 7...35 kJ/cm<sup>2</sup>) spre a se evita formarea structurilor ferito-bainitice în zonele cordoanelor de sudură care afectează tenacitatea. După sudare, recoacerea de detensionare este obligatorie. La aceasta se va avea în vedere fragilitatea de revenire a oțelurilor cu Ni, motiv pentru care acestea se vor răci cu viteză mare în domeniul 570...370°C.

Oțelurile folosite pentru recipientele sub presiune utilizate la temperaturi joase sunt date în tabelul 8.2.

*Tabelul 8.2*

#### **Alegerea oțelurilor pentru recipiente sub presiune**

Oțelul	STAS	Domenii de alegere și utilizare
0	1	2
K 410 K 460	2883/3-88	Table, benzi laminate la cald și semifabricate forjate pentru recipiente și aparate sub presiune la temperaturi ambiante și înalte
K 510	2883/3-88	Table, benzi și profiluri laminate la cald pentru recipiente și aparate sub presiune la temperaturi ambiante și înalte, cârlige forjate pentru macarale etc.
OLT 35K OLT 45K	8184-87 8184-88	Profiluri, țevi laminate la cald și semifabricate forjate pentru cazane energetice și schimbătoare de căldură supuse la solicitări mecanice și temperaturi de 200...400°C
16 Mo3	8184-87	Table, benzi, țevi, profile laminate la cald și semifabricate forjate pentru cazane energetice, schimbătoare de căldură, recipiente sub presiune la temperaturi de 400...480°C. În medii de H, temperatura de lucru scade
14 MoCr 10	8184-87	Construcții și instalații care funcționează la temperaturi de 450...540°C; cazane energetice, schimbătoare de căldură, recipiente și aparate sub presiune. În medii de H, temperatura de lucru este mai joasă
16 Mo 5	8184-87	Construcții și instalații care lucrează la temperaturi de 450°-500°C: cazane energetice, schimbătoare de căldură, recipiente sub presiune, conducte etc. În medii de H, temperatura de lucru scade
12 MoCr 22	8184-88	Construcții și instalații care lucrează la temperaturi de 470-500°C: cazane energetice, schimbătoare de căldură, recipiente sub presiune, conducte etc.
12 MoCr 50	8184-87	Construcții și instalații care lucrează la temperaturi înalte și în medii de hidrogen

Tabelul 8.2 (continuare)

0	1	2
12 VMoCr 10	8184-87	Construcții și instalații care lucrează la temperaturi de 520...560°C: conducte de abur, cazane energetice, organe de asamblare, fascicule tubulare, colectoare, mantale și funduri de recipiente la presiuni foarte mari în regim de lungă durată
12 MoCr 90	8184-87	Produse tubulare și profile laminate la cald pentru construcții, instalații, utilaje și mașini care lucrează la temperaturi de 475-575°C și în mediu de hidrogen
20VNiMoCr120 20VNiMoWCr120	8184-87	Tevi, profile și produse plate pentru instalații și utilaje puternic solicitate la temperaturi înalte de 500...620°C; conducte de abur viu, cazane energetice de mare randament, organe de asamblare
R 37	2883/2-88	Table și benzi laminate la cald pentru recipiente și aparate sub presiune la temperaturi joase
R 44	2883/2-88	Table, benzi și semifabricate forjate pentru recipiente și aparate sub presiune la temperaturi joase
R 52	10382-88	Table, benzi și profile laminate la cald pentru recipiente și aparate sub presiune la temperaturi joase
OLT 35 R OLT 45 R	11502-89	Produse tubulare și profile laminate la cald pentru instalații care lucrează la temperaturi scăzute în industria chimică și alimentară
9 SiMn 16	11502-89	Table, benzi și profile alminate la cald pentru instalații care lucrează la temperaturi joase: recipiente sub presiune, utilaje tehnologice, construcții metalice sudate, vagoane etc.
RV 510	11502-89	Table și benzi pentru rezervoare care conțin gaze lichefiate, gaze comprimate, recipiente sub presiune la temperaturi scăzute
16 SiMn 10	11502-89	Table și benzi pentru recipiente și aparate sub presiune, utilaje tehnologice, construcții metalice sudate care lucrează la temperaturi joase
10 Ni 35	11502-89	Table, benzi, profile și tevi laminate la cald pentru instalații care funcționează la temperaturi scăzute până la -100°C; recipiente sub presiune, schimbătoare de căldură
Oteluri inoxidabile	3588-87	Table, benzi și tevi laminate la cald pentru instalații care lucrează la temperatură ambiantă și scăzută în medii corosive; recipiente sub presiune, conducte etc.
Oteluri inoxidabile și refractare	11523-87	Table, benzi și tevi laminate la cald pentru instalații care lucrează la temperatură ambiantă și înaltă în medii oxidante și corosive: recipiente sub presiune, schimbătoare de căldură, conducte etc.
Oteluri turnate	9277-84	Armături de instalații sub presiune care lucrează la temperatură ambiantă
Oteluri turnate aliante	12404-85	Piese turnate în instalații, aparate și recipiente care lucrează sub presiune la temperaturi înalte, care nu vin în contact cu flacără și nu conțin substanțe letale, toxice, explozive și inflamabile

Întrucât în cazul tuturor construcțiilor sudate, deci și a recipientelor, cusătura este o zonă de minimă rezistență, operația de sudare este pretențioasă, regimurile de sudare folosite depinzând de scopul produselor, de grosimea acestora, de grosimea electrozilor și lungimea de cordon depus pentru 10 cm electrod consumat. Astfel, energia nominală folosită efectiv pentru a executa sudarea cu arc este:

$$E_n = (60 \cdot U \cdot I) / (1000 \cdot v) \quad [\text{kJ/cm}]$$

în care:  $U$  și  $I$  sunt tensiunea și intensitatea curentului folosit pentru arcul electric, iar  $v$  este viteza de depunere a cordonului de sudură.

În funcție de energia nominală și de dimensiunea electrodului, din 10 cm de electrod consumat, se vor depune lungimi de cordon diferite. Pentru a se determina energia nominală necesară sudării, pentru a se depune o lungime precizată de cordon prin consumarea a 10 cm de electrod, se folosește tabelul 8.3.

Tabelul 8.3

**Corelația dintre energia nominală, diametrul electrodului și lungimea cordonului**

$\Phi$ , mm $E_n$ , kJ/cm	2,5	3,2	4	5	6
<b>Lungimea cordonului depus la consumul a 10 cm electrod, cm</b>					
6	5,4	8,7	13,4	21,2	-
8	4	6,6	10,1	16,0	23,0
10	3,2	5,2	8	12,7	18,3
12	2,7	4,4	6,7	10,6	16,8
14	2,3	3,7	5,7	9,0	14,4
16	-	3,3	5,0	7,9	12,7
18	-	2,9	4,5	7,1	11,2
20	-	2,6	4,0	6,3	10,1
25	-	2,1	3,2	5,0	8,0
30	-	-	2,6	4,3	6,7
40	-	-	2,0	3,2	5,0
50	-	-	-	2,6	4,0

Obs. Între liniile îngroșate se află domeniul utilizării normale.

Înmulțind energia nominală cu un coeficient  $K$  se obține energia echivalentă:  $E_{ec} = K \cdot E_n$ , [kJ/cm]. Coeficientul de multiplicare depinde de configurația cordonului de sudură. El este dat în tabelul 8.4.

Pe baza energiei echivalente se pot determina pentru un anumit oțel (OL 37) zonele interzise și posibile de sudare a elementelor cu diverse grosimi (fig. 8.3).

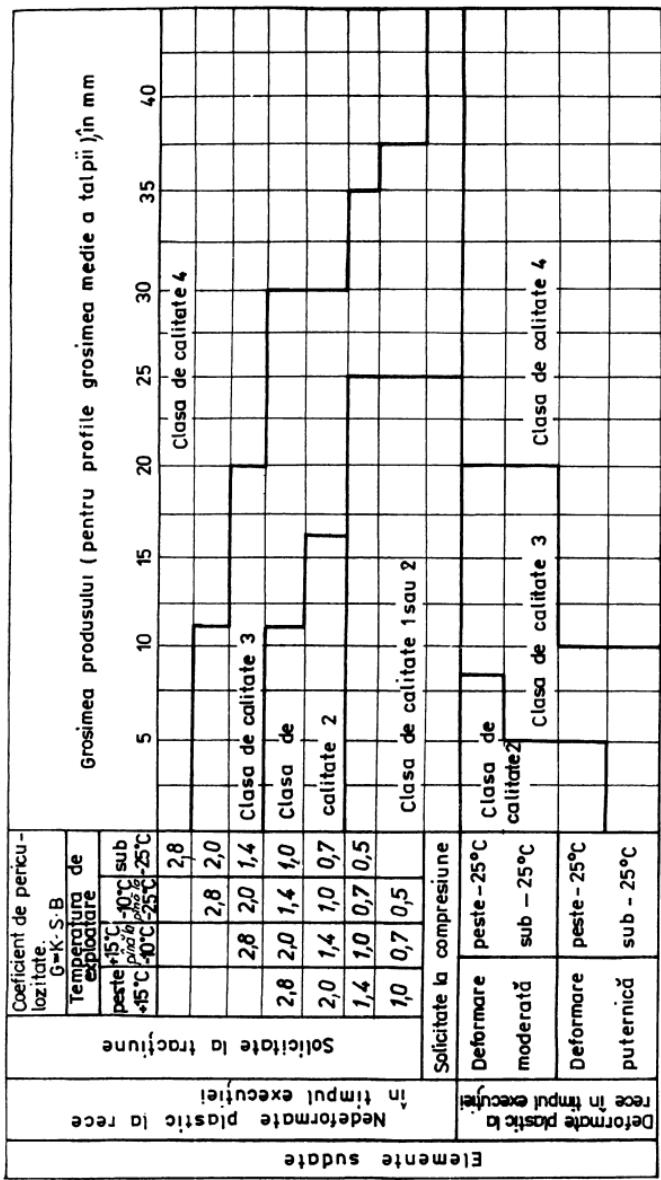


Fig. 8.2. Diagrama pentru alegerea claselor de calitate ale oțelurilor pentru construcții sudato

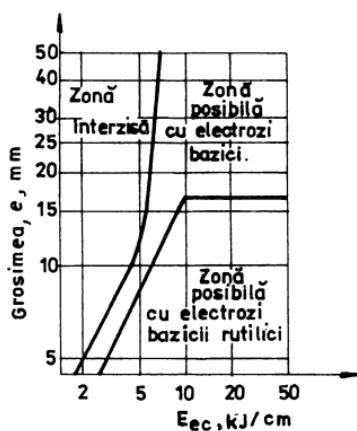


Fig. 8.3. Zone interzise și posibile de sudare pentru OL 37 cu electrozi bazici.

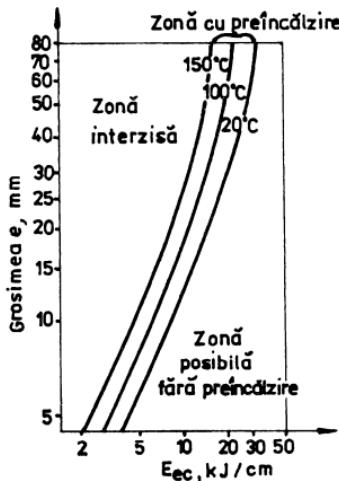


Fig. 8.4. Zone interzise și posibile de sudare cu sau fără preîncălzire pentru OL 52 cu electrozi bazici.

De asemenea, se pot determina zonele de interdicții sau posibile de sudare cu sau fără preîncălzire (fig. 8.4).

Tabelul 8.4

Coeficientul  $K$  din relația  $E_{ac} = K \cdot E_n$

Geometria cusăturii	Valorile coeficientului, $K$						
	$\alpha/\beta$	0	0,2 T	0,5	0,75	1	
	$K$	1	0,88	0,80	0,72	0,67	1
	$\alpha/\beta$	30°	45°	60°	75°	90°	105°
	$K$	0,55	0,57	0,6	0,63	0,67	0,7
	$K$	1,2	1,33	1,5	1,72	2	2,38
	$K$	0,6	0,67	0,75	0,85	1	1,2
							1,5

Tipurile de semifabricate pe mărci de oțeluri carbon, slab aliate, inoxidabile și refractare, folosite pentru confectionarea elementelor pentru recipiente sub presiune, sunt date în tabelul 8.5.

Tabelul 8.5

**Tipuri de semifabricate și mărci de oțeluri pentru recipiente sub presiune**

Semifabrica te	O T E L U R I				
	Carbon	Slab aliate	Aliate	Inoxidabile	Refractare
Table	OL 37	OL 44	16Mo3	7AlCr130	10AlCr70
	OL 42	OL 52	16Mo5	8Cr170	10AlCr180
	K 410	K460	14MoCr10	8TiCr170	10AlCr240
	R 37	K510	12MoCr22	2TiMoCr180	12TiNiCr180
		R44	12MoCr50	2NiCr185	12SiNiCr200
	SiMn16	R529	12VMoCr10	5NiCr180	15SiNiCr250
		SiMn16	10Ni35	10TiNiCr180	12NiCr250
		16SiMn10		10TiMoNiCr175	
	RV510	RV510		2MoNiCr175	
		A21		2CuMoCrNi250	
Tevi	OLT35K		16Mo3	7AlCr130	10AlCr70
	OLT45K		16Mo5	8Cr170	10AlCr180
	OLT35R		14MoCr10	8TiCr170	10AlCr240
	OLT45R		12MoCr22	2TiMoCr180	20VNiWMoCr120
			12MoCr50	2NiCr185	12TiNiCr180
Pieße forjate	OLT35K	K460	16	7AlCr130	10AlCr70
			10Mo3	8Cr170	10AlCr180
	OLT45K	R52	16Mo5	8TiCr170	10AlCr240
			14MoCr10	2TiMoCr180	20VNiMoCr120
	OLT35R		12MoCr22	2NiCr185	20VNiwMoCr120
			12MoCr50	5NiCr180	12TiNiCr180
	OLT45R		12VMoCr10	10TiNiCr180	12NiCr250
			20VNiMoCr120	10TiMoNiCr175	15SiNiCr250
	OLC20		10Ni35	2MoNiCr175	12SiNiCr360
				2CuMoCrNi250	10TiAlCrNi320
Pieße turnate	OT400-3	T20Mn14	T14VMoCuCrNi16	T15Cr130	T12TiMoNiCr175
			T20MoCr90	T20Cr130	
	T21	T20TiMn12	T15MoCrNi30R	T15NiCr180	
			T15MnNi25R	T15MoNiCr180	
	T16Mo5		T15Ni35R	T6NiCr180	
			T16MoCr11	T6MoNiCr180	
	T17VMoCr12		T17VMoCr12	T10NiCr180	

Tabelul 8.5(continuare)

0	1	2	3	4	5
Organe de asamblare	OLC25As OLC35As OLC45As OLC45As-Im		34MoCr11As 42MoCr11As 21VMoCr14 As 40VMoCr11 As 13CrNi30As 10Ni35As 42MoCr11As-Im 12MoCr50	7AlCr130 10Cr130 20Cr130 2TiMoCr180 22NiCr170 2NiCr185 5NiCr180 10TiNiCr180 10TiMoNiCr175 2MoNiCr175 2CuMoCrNi250	20VNiWMoCr120

### 8.6. Alegerea materialelor pentru țevi fără sudură folosite în industria petrolieră și geologie

În această categorie intră: burlanele de tubaj, burlanele, sondezele, țevile de execuție, conductele de transport, prăjinile de foraj, prăjinile de foraj sondeze, prăjinile sondeze, prăjinile grele sondeze și racordurile sau mufelete de îmbinare, ale căror condiții tehnice de execuție sunt reglementate de următoarele standarde: STAS 8185-80; STAS 791-80; STAS 824-80; STAS 875-80; STAS 715/2-80; STAS 323-80; STAS 8037-80; STAS 5293-80; STAS 1898-80; STAS 5607-80; STAS 1967-80.

Burlanele de tubaj, țevile de extracție, mufelete și prăjinile se execută conform specificației API5CT editată de Institutul American de Petrol în 1988, care indică pentru calitatea țevii patru grupe și zece grade de rezistență (H,J,K,C,L,N,P,Q,X,G,U,V), date în tabelul 8.6.

Tabelul 8.6

#### Corelarea calității țevilor pentru foraj cu mărcile de oțel

Grupa	Grad rezist	Tip de oțel	Trat. termic	Caracteristici de rezistență N/mm <sup>2</sup>			Destinația
				R <sub>m,2</sub>	R <sub>m,min</sub>	HB	
1	H40	-	F	276-552	414	-	B
	J55	-	F;A	379-552	517	-	B;T
	K55	-	F;A	379-552	655	-	B
	N80	-		552-758	689	-	B;P;T
2	C75	1;2;3	N-R;C-R	517-620	655	-	B;T
	C75	9Cr	C-R	517-620	655	237	B;T
	C75	13Cr	C-R	517-620	655	237	B;T
	C90	1	C-R	620-724	690	255	B
	C90	2	C-R	620-724	690	255	B
	C95	-	C-R	620-724	690	255	B
	L80	1	C-R	552-655	655	241	B
	L80	9Cr	C-R	552-655	655	241	B
	L80	13Cr	C-R	552-655	655	241	B

Tabelul 8.6(continuare)

3	P105 P110	- -	C-R;A C-R;A	724-931 758-965	827 862	- -	T E
4	Q125	1	C-R	860-1035	930	-	B
	Q125	2	C-R	860-1035	930	-	B
	Q125	3	C-R	860-1035	930	-	B
	Q125	4	C-R	860-1035	930	-	B
-	D	40CrNi12	C-R	780	980	-	Pg
-	X95	33MoCr11	C-R	668-879	738	-	P
-	G105	40VMoMnCr7	N-R	738-949	808	-	P
-	V150	35VMoMn14	C-R	1054-1265	1125	-	B
-	U170	35VCrMoMn14	C-R	1194-1405	1365	-	P

Obs: F - fără tratament termic; A - tratament termic la înțelegere cu beneficiarul; N-R - normalizare și revenire înaltă; C-R - călire și revenire înaltă; B - burlane grele de tubaj; T - țevi de extractie; P- prăjini de foraj; Pg - prăjini grele.

Gradele de rezistență H40; J55; K55; N80; C95; P105 și P110 se execută din oțeluri carbon sau aliate la alegere, dar care să asigure clasa de calitate respectivă (OLT 65; 40Mn10; 43MoMn16; 31VMn12 etc.).

Compoziția chimică a oțelurilor folosite pentru fabricarea țevilor pentru foraj este dată în tabelul 8.7.

Tabelul 8.7  
Compoziția chimică a oțelurilor pentru țevi de foraj

Grad de rezistență	Tip de oțel	Compoziția chimică, %							
		C	Mn	Mo	Cr	Ni <sub>max</sub>	Si <sub>max</sub>	P <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>
H40	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,06
J55	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,06
K55	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,06
H80	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,06
C75	1*	<0,5	<1,9	0,15-0,4	-	-	-	0,04	0,06
C75	2	<0,43	<1,5	-	-	-	-	0,04	0,06
C75	3	0,38-0,48	0,75-1,0	0,15-0,25	0,8-1,1	0,5	0,45	0,04	0,04
C75	9Cr	<0,15	0,3-0,6	0,9-1,1	8-10	0,5	0,45	0,02	0,01
C75	13Cr	0,15-0,22	0,25-1,0	-	12-14	0,25	-	0,02	0,01
C90	1	<0,35	<1,0	<0,75	<1,2	0,99	-	0,02	0,01
C90	2	<0,50	<1,9	F.L	F.L	0,99	-	0,03	0,01
C95	-	<0,45	<1,9	-	-	-	0,45	0,04	0,06
C80	1	<0,43	<1,9	-	-	0,25	0,45	0,04	0,06
C80	9Cr	<0,15	<0,6	0,9-1,1	8-10	0,5	1,0	0,02	0,01
C80	13Cr	<0,22	<1,0	-	12-14	0,5	1,0	0,02	0,01
P105	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,06
P110	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,06

Tabelul 8.7(continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Q 125	1	<0,35	<1,0	<0,75	<1,2	0,99	-	0,02	0,01
Q 125	2	<0,35	<1,0	F.L	*F.L	0,99	-	0,02	0,02
Q 125	3	<0,5	<1,9	F.L	*F.L	0,99	-	0,03	0,01
Q125	4	<0,5	<1,9	F.L	*F.L	0,99	-	0,03,	0,02

Obs.: F.L - fără limite; \* -Cr, Ni și Cu însumate nu depășesc 0,5%.

Alegerea gradului de rezistență a produselor tubulare pentru foraj se face în funcție de condițiile concrete de lucru (adâncimea de foraj, natura și duritatea rocilor etc.).

Mufele de imbinare cu filet a burlanelor de tubaj și țevilor de execuție se execută din țevi fără sudură, sau din produse forjate la cald, de regulă din același grad de rezistență ca și țevile care sunt imbinate prin filetare. Se admite ca țevile grad H40 și J55 să fie livrate și imbinate cu mufe grad J55 sau K55. De asemenea, mufele suportă același tratament termic ca și țevile.

## 8.7. Etapele alegerii materialelor metalice pentru construcții metalice

**A. Date referitoare la construcția metalică.** Din desenul de execuție și din proiectul de construcție se obțin date cu privire la: tipul construcției sau elementului de construcție (stâlp de susținere, panou de închidere a unei hale, recipient pentru gaze comprimate etc.); particularități (formă, elemente constructive, tip de imbinare, mediu de lucru - agresiv sau nu, izolat sau nu termic etc.); tip de solicitări (solicitări simple sau complexe, statice sau dinamice, tensiuni maxime produse de solicitări etc.); temperatură maximă și minimă de lucru; execuție (loc de execuție - în uzină sau sănzier, mod de asamblare, tratamente termice aplicate etc.).

**B. Alegerea mărcii de oțel.** Pornindu-se de la solicitări, condiții de exploatare și execuție, pe baza criteriilor fundamentale, se stabilește clasa de rezistență mecanică, rigiditatea, tenacitatea, rezistența la coroziune, temperatura de lucru, temperatura de tranziție ductil-fragil, care trebuie îndeplinite și se stabilește în final marca de oțel sau grupa de oțeluri conform standardelor și dimensiunilor de bază (grosimea, diametrul) a semifabricatelor.

**C. Alegerea clasei de calitate.** În funcție de grosimea produselor, nivelul de solicitare, gradul de pericolozitate, clasa de rezistență, temperatura de tranziție ductil-fragil, tenacitatea, etc., se alege clasa de calitate a oțelului, dacă ea este indicată în standard (v. fig. 8.2).

De exemplu, un stâlp de susținere a unei platforme din profile laminate prin sudare în uzină și fixat pe sănzier, care lucrează la temperaturi de -30°C...+50°C, în aer, solicitat la compresiune și încovoiere, având tensiuni maxime în zonele întinse de 140 M/mm<sup>2</sup>, se va executa din OL37.2 STAS

500/2-80, iar un recipient pentru gaze lichefiate inflamabile de formă sferică, izolat termic care lucrează la o presiune de 2 Mpa (20 barr), în domeniul de temperaturi +50°C...-50°C, în aer liber, executat din elemente deformate la rece, tăiate în uzină și sudate pe șantier, apoi tratate térmic după asamblare, se va executa dintr-un oțel cu granulație fină din clasa de rezistență 520 N/mm<sup>2</sup>, care are temperatura de tranziție ductil-fragil la -30°C, marca R 52.5-STAS 2883-88.

## CAPITOLUL 9

### ALEGAREA MATERIALELOR METALICE PENTRU CONSTRUCȚII MECANICE

În categoria construcțiilor mecanice intră mașinile pentru producerea, transformarea și transmiterea energiei (motoare, Pompe, turbine, mașini-unelte etc.). Din punct de vedere funcțional, organele de mașini sunt: organele de asamblare demontabilă, nedemontabilă și elastică (șuruburi, pene, nituri, arcuri etc.); organe de transmitere a mișcării (angrenaje, axe, arbori, rulmenți); organe suport (cărcașe, batiuri, sănii etc.) și organe auxiliare pentru reglare și comandă.

Criteriile principale de alegere a materialelor pentru organele de mașini trebuie să asigure: funcționalitatea și fiabilitatea atât a piesei, cât și a ansamblului în care este inclusă; posibilitatea prelucrării (sudare, deformare plastică, turnare, aşchieri, tratament termic); preț de cost al materialului și al fabricației minim (v. cap. 4.1).

Datorită condițiilor contradictorii care se impun uneori materialelor pentru construcții mecanice, este foarte dificil și costisitor să se stabilească un material care să corespundă perfect tuturor cerințelor. Din acest motiv, frecvent, se recurge la soluția "calități locale" care constă în modificarea locală a compoziției chimice, structurii și proprietăților organelor de mașini prin placare, tratamente superficiale. La alegerea materialelor metalice pentru construcții mecanice se vor prefera materialele standardizate, evitându-se pe cât posibil materialele speciale (oteluri înalt aliate, superaliaje, materiale amorfă, materiale compozite etc.), care de obicei sunt scumpe și greu de procurat.

Materialele din care se execută organele de mașini sunt preponderent oțeluri și fonte; oțeluri obișnuite de uz general nefratare termic STAS 500-80; oțeluri carbon de calitate și aliaje tratate termic - STAS 880-88; STAS 791-88; STAS 1350-89; STAS 795-87; STAS 10677-84; STAS 9382-82; STAS 1456-89; STAS 11311-88; STAS 1773-80; STAS 600-82; STAS 568-82; STAS 6071-82 și STAS 569-79.

De asemenea, se folosesc în mai mică măsură bronzuri, alame și aliaje de aluminiu.

Criteriile de bază ale alegării materialelor metalice pentru organe de mașini în construcții mecanice sunt: rezistența mecanică (dată de limita la curgere și rezistența la rupere prin tracțiune, rezistența la rupere prin oboseală)

și calibilitatea.

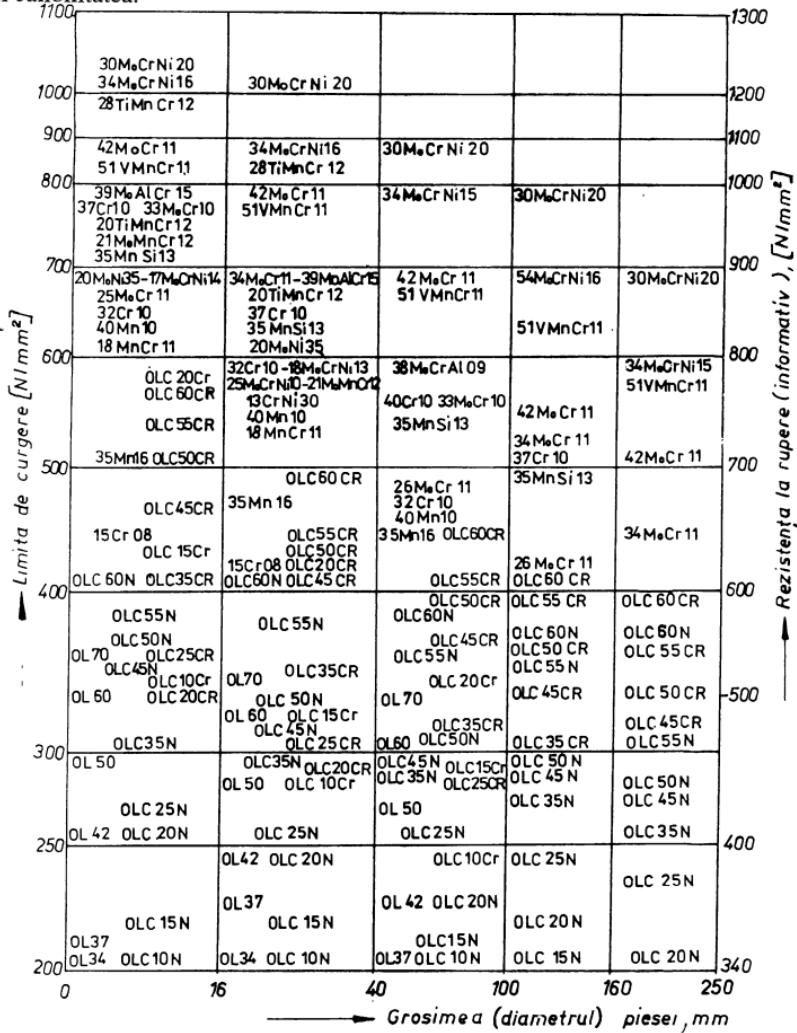


Fig.9.1. Eșalonarea mărcilor de oțel în funcție de limita de curgere și de diametrul piesei

Obs. N-normalizat; CR-călit și revenit jos;  
CR-călit și revenit înalt (îmbunătătit)

Eşalonarea oţelurilor carbon de calitate şi aliate cu destinaţie generală în funcţie de grosimea pieselor şi de valoarea rezistenţei mecanice este prezentată în figura 9.1.

Întrucât duritatea oțelurilor se măsoară cu mai multă ușurință comparativ cu rezistența la rupere, în practică, se poate utiliza corelația dintre cele două proprietăți, dată în figura 9.2.

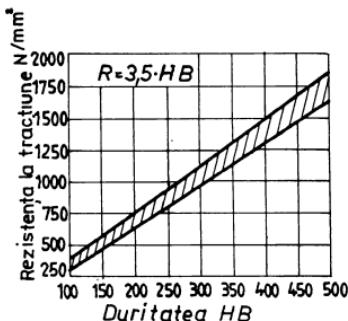


Fig. 9.2. Corelația dintre duritate și rezistență la tracțiune a oțelurilor.

Alegerea materialelor în acest domeniu nu poate fi separată de alegerea tratamentului termic sau termochimic care să asigure proprietățile de utilizare.

Alegerea oțelurilor și a tratamentelor termice pentru organe de mașini se face în primul rând în funcție de natura solicitărilor statice sau dinamice la care este supus organul de mașină și apoi de valoarea acestor solicitări: rezistența la rupere prin tracțiune ( $R_m$ ) și rezistența la oboseală  $\sigma_s$ . O schemă simplificată de alegere a oțelurilor și a tipurilor de tratament (BASES DE CHOIX DES ACIERS, OTUA, Paris, 1986) este prezentată în figura 9.3, în care se ia în considerare natura solicitării, rezistența mecanică, statică sau dinamică, uniformitatea eforturilor pe secțiunea piesei, călibilitatea oțelurilor, grosimea piesei și metoda de tratament termic în masă sau superficial. Compararea valorică a rezistenței la oboseală obținută prin diverse tratamente termice superficiale și termochimice este prezentată în figura 9.4, iar rezistența la uzare, în figura 9.5.

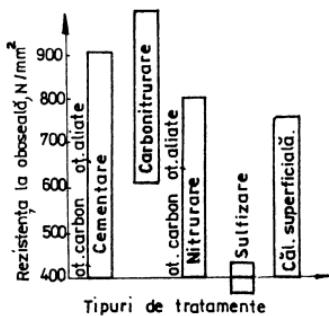


Fig. 9.4. Compararea rezistenței la oboseală pentru diferite tratamente termice superficiale.

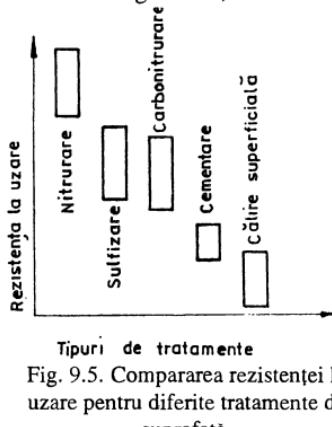


Fig. 9.5. Compararea rezistenței la uzare pentru diferite tratamente de suprafață.

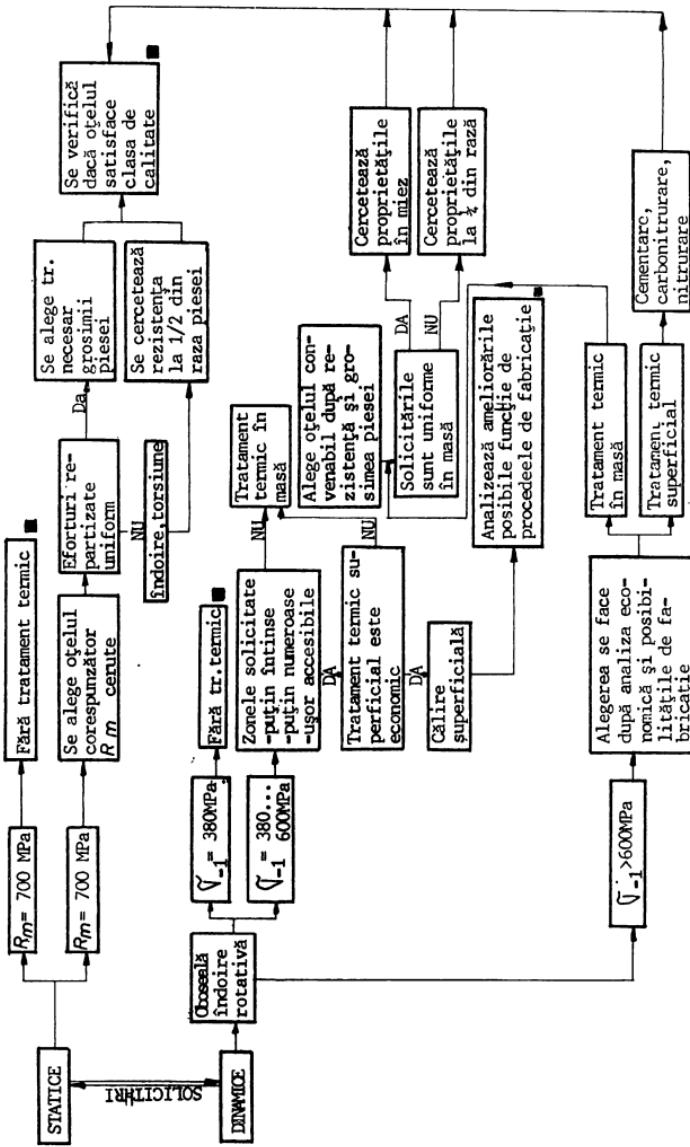


Fig. 9.3. Schemă simplificată de alegere a oțelurilor pentru organe de mașini

## **9.1. Alegerea materialelor metalice pentru organe de mașini care transmit mișcarea**

Din această categorie fac parte: roțile dințate, pinioanele, coroanele dințate, roțile melcate, șuruburile melc, șuruburile de mișcare, cuplajele, camele, cremalierele, osiile, arborii, bolțurile, arborii cotiți, arborii cu came, bielele, roțile de antrenare cu lanț, cu curele, prin fricțiune, rulmenții, lagările etc.

Aceste organe se execută din oțeluri nefiltrate sau tratate termic și termochimic, fonte, bronzuri și aliaje antifricțiune.

Majoritatea acestor organe de mașini sunt solicitate la oboseală, iar criteriul principal de alegere a materialelor este cel al rezistenței la oboseală. Întrucât rezistența la oboseală ( $\sigma_r$ ) se determină mai dificil, se poate apela la rezistența de rupere prin tracțiune ( $R_m$ ) și transformarea ei în rezistență la oboseală la încovoiere rotativă, cu ajutorul graficului din figura 9.6.

Institutul francez CETIM propune relațiile de calcul:

$$\sigma_r = R_m \cdot (0,56 - 1,4 \cdot 10^{-4} \cdot R_m), \text{ pentru oțeluri cu } 800 \text{ MPa} > R_m > 1300 \text{ MPa};$$

$$\sigma_r = R_m \cdot (0,57 - 1,2 \cdot 10^{-4} \cdot R_m), \text{ pentru oțeluri cu } 800 \text{ MPa} < R_m < 1300 \text{ MPa}.$$

Valoarea de 800 MPa corespunde trecerii de la starea normalizată la cea îmbunătățită a oțelurilor, iar valoarea de 1 300 MPa corespunde trecerii de la starea îmbunătățită la starea de călire și revenire joasă a oțelurilor de înaltă rezistență. S-a constatat de asemenea că prezența unei cantități de circa 10% de austenită reziduală determină creșterea rezistenței la oboseală a organelor de mașini corect rectificate.

### **9.1.1. Alegerea materialelor pentru roți dințate**

Cea mai largă utilizare, și anume la fabricarea roților dințate din cutiile de vitează, reductoare, variatoare, cutii de avansuri etc., o prezintă oțelul.

Oțelurile folosite pot fi neîratate, normalize sau îmbunătățite, când au duritatea sub 350 HB și când danturarea se face după tratamentul termic, ele au conținutul de carbon sub 0,4%, și tratate termic (în toată masa sau superficial) sau termochimic, când au duritatea de peste 350 HB și conținutul de carbon de peste 0,4% în toată masa sau numai în stratul superficial. Danturarea acestora se face înainte de prelucrare termică.

Prima categorie de oțeluri se utilizează cu precădere la fabricarea roților dințate pentru reductoare, la care duritatea flancurilor dinților nu trebuie să fie prea mare, iar a doua categorie se utilizează pentru fabricarea roților dințate pentru cutiile de viteze la mașini-unelte, automobile, avioane etc., unde sunt necesare duratări mari ale flancurilor dinților.

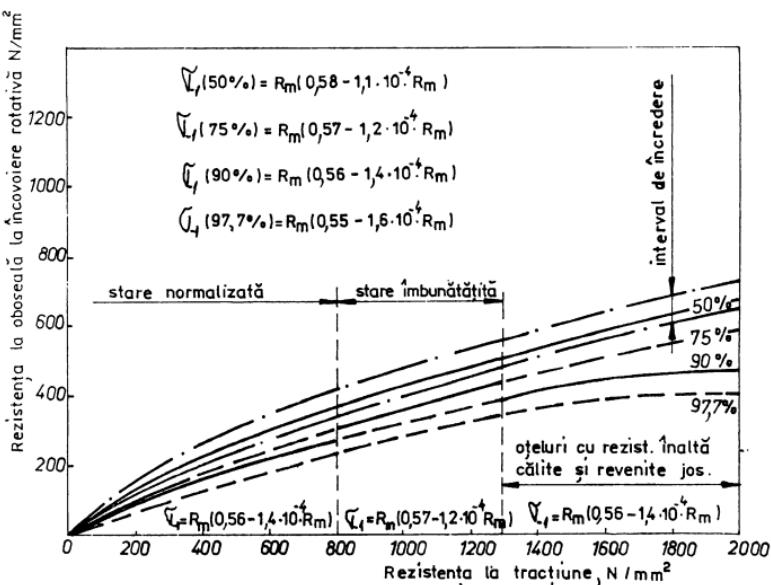


Fig. 9.6. Estimarea rezistenței la oboseală prin încovoiere rotativă în funcție de rezistența la rupere prin tracțiune a oțelurilor.

În alegerea materialelor pentru roțile dințate, se au în vedere solicitările din timpul exploatarii, duratele de exploatare, tehnologia de execuție, condițiile și mediul de exploatare. Alegerea materialelor și a prelucrărilor termice se face știindu-se că rezistența la oboseală prin contact (pitting) a flancurilor dintilor sau la gripare este proporțională cu duritatea flancurilor, iar rezistența de rupere prin oboseală la încovoiere a dintilor este proporțională cu duritatea sau rezistența la rupere a miezului.

Roțile dințate pentru reductoare sau cele cu dimensiuni mari, care transmit puteri mari la viteze mici, se execută cu precădere din oțeluri îmbunătățite. În acest caz, se va avea în vedere ca duritatea pinionului să fie mai mare decât cea a roții, pentru a preveni griparea și a asigura o durată de funcționare a pinionului apropiată de cea a roții.

Când este posibila rectificarea danturii, se preferă roți ce au flancurile dintilor durificate superficial; prin aceasta se mărește capacitatea portantă, se micșorează dimensiunile de gabarit ale anghinajului și crește rezistența la uzare și gripare.

Roțile dințate pentru cutiile de viteză se execută întotdeauna din oțeluri care permit durificarea superficială prin călire, cementare, carbonitrurare și nitrurare. Danturarea lor se face înainte de tratamentul superficial, iar rectificarea și finisarea danturii se face după tratament.

În funcție de solicitările existente, roțile dințate se execută din oțeluri carbon obișnuite sau de calitate (v. tab.5.11): OL44; OL52; OL60; OL70; OLC15; OLC45; OLC50; OLC55; OLC60, oțeluri aliate: 37Cr10; 42MoCr11; 35MnSi13; 18CrNi20; 21MoMnCr12; 18MoNiCr17; 19CrNi10; 15Cr9; 20MoNi35; 21MoMnCr12; 20TiMnCr12; 34MoCrNi16; 40CrNi12; 39MoAlCr15; 51VMnCr11 etc.

Roțile dințate pentru diferențiale și cutii de viteză se execută cu precădere din oțelul pentru cementare 18MoNiCr17, iar roțile dințate pentru organe de dimensiuni medii se execută frecvent din 19CrNi10.

Roțile de lanț se execută din OLC15 și 18CrNi20 cementate, OLC45; 40Cr10; 35Mn16 etc. îmbunătățite și din fontă, în funcție de mărimea solicitării.

Se pot executa din fonte cenușii modificate cu grafit acicular sau nodular, roțile dințate cu dimensiuni mari, care funcționează la viteze și șocuri mici. Acestea au rezistență foarte mare la uzare abrazivă și la gripare.

Bronzurile se folosesc de regulă la coroanele dințate ale roților melcate.

Materialele plastice poliamidice sau stratificate se folosesc la executarea roților dințate ușor solicitate mecanic, cu unghere deficitară, în condiții de lucru silentioase. În astfel de anghrenaje, se recomandă ca pinionul să fie executat din oțel.

Cremalierele, șuruburile de mișcare, coroanele dințate, roțile de lanț se execută din aceleași materiale ca și roțile dințate. În funcție de gradul de solicitare (viteze periferice și presiuni specifice) a roților dințate, se recomandă alegerea și utilizarea materialelor metalice și a tratamentelor termice prezentate în tabelul 9.1.

*Tabelul 9.1*

**Recomandări de materiale și tratamente pentru roți dințate**

Solicitarea	Materiale și tratamente recomandate
0	1
Foarte greu solicitate (viteze peste 12 m/s, presiuni specifice foarte mari, cu șoc)	18MoCrNi17; 20 MoNi35; 18 MoNiCr 17; 21 MoMnCr12; 20 TiMnCr 12 cementate jos la 58-62 HRC exterior și 30-40 HRC în miez
Greu solicitate (viteze periferice și presiuni specifice mari, șoc)	15Cr9; 17MnCr10; 18CrNi20; 18MoNiCr17; 21MoMnCr12; 19CrNi10 cementate pe adâncimi de 1,8-1,5 mm sau carbo-nitrurate pe adâncimi de 0,6-0,8 mm, călăre și revenite jos la 55-60 HRC în strat și 20-30 HRC în miez
Mediu solicitate ( $v_n = 8-12$ m/s, presiuni specifice mari, șoc).	OLC 40 S; OLC 45 S; 40 Cr 10; 42 MoCr 11 îmbunătățite la 30-35 HRC și călăre superficial la 50-55 HRC. Fontă bainitică călătură izoterm
Mediu solicitate ( $v_n = 4-8$ m/s, presiuni specifice mari, fără șoc).	31 MnCrSi 11; 40 Cr 10; 42 MoCr 11; 40 BCr 10, îmbunătățite la 40-50 HRC sau cianizate pe adâncimi de 0,2-0,3 mm cu călăre și revenire joasă la 55 HRC în strat și 40-45 HRC în miez

Tabelul 9.1(continuare)

0	1
Slab solicitate ( $v_s = 6-12$ m/s, presiuni specifice mici, soc).	OLC 15; OLC 20 cementate pe adâncimi de 0,6-1 mm, călăre și revenite jos la 55-60 HRC în strat, sau carbonitratate pe adâncimi de 0,4-0,6 mm călăre și revenite jos.
Slab solicitate ( $v_s \leq 6$ m/s, presiuni specifice mici, cu sau fără soc)	OLC 40; OLC 45; 35 Mn 16; 40 Cr 10; 35 MnSi 13; 31 MnCrSi 11 îmbunătățite la 20-25 HRC; oțeluri carbon și aliate turnate
Foarte slab solicitate	Oțeluri carbon cu 0,25-0,5 % C netratate, oțeluri carbon turnate, fontă turnată, materiale plastice
Melci	15 Cr 9; 19 CrNi 10; 21 MoMnCr 12 cementate, călăre și revenite la 58-63 HRC; OLC 45; 40 Cr 10; 40 CrNi 12 călăre și revenite la 45-55 HRC

### 9.1.2. Alegerea materialelor metalice pentru osii și arbori

Alegerea materialelor metalice pentru osii și arbori, precum și a tratamentelor termice adecvate se face în funcție de modul de solicitare și de condițiile de lucru ale fusurilor (pe lagăre de alunecare sau rulmenți).

Arborii puțin solicitați se execută din oțeluri carbon obișnuite OL50 și OL60, iar cei mediu solicitați se execută din oțeluri de calitate OLC35; OLC45; OLC50. Arborii puternic solicitați și la care se pun condiții de gabarit se execută din oțeluri aliate cu crom, crom-nichel și crom-mangan: 35Mn16; 34MoCrNi11; 34MoCrNi16; 42MoCr11; 39MoAlCr15; 40CrNi12; 51VMnCr11; 18MnCr11; 17MoCrNi14; 21MoMnCr12; 17CrNi16; 19CrNi10 etc.

Folosirea oțelurilor aliate se justifică numai în cazurile în care solicitările sunt mari, dimensiunile de gabarit impuse mici și construcția impune acest lucru (arbori care fac corp comun cu pinioane).

Asigurarea rezistenței la oboseala și la uzare a arborilor se realizează prin soluții constructive (evitându-se concentratorii de eforturi și prin tratamente termice superficiale sau termochimice și mai puțin prin alegerea materialelor).

Arborii rigizi cu dimensiuni mari se execută întotdeauna din oțeluri carbon, deoarece rigiditatea oțelurilor carbon și aliate este sensibil egală.

Arborii ai căror fusuri se sprijină pe lagăre de alunecare, se durifică superficial prin călire sau tratamente termochimice, iar cei care se sprijină pe rulmenți se tratează prin îmbunătățire.

Arborii mari, cu formă complicată, care lucrează în condiții de vibrații (de exemplu, arborii cotiți, axele cu came etc.) se execută din fontă bainitică cu grafit nodular.

Arborii și butucii canelați, semiaxele planetare, bolțurile, tijele, articulațiile specifice, ghidajele etc. se execută frecvent din oțelul pentru

cementare 19CrNi10, iar axele pentru diferențiale și cutii de viteză, din oțelul 18MoNiCr17.

Când se impune ca arborele să fie executat din oțeluri carbon sau aliate de îmbunătățire și durificat superficial, sunt preferate oțelurile pentru călire superficială: OLC35CS; OLC45CS; OLC55CS; 40Cr10CS; 40BCr10CS; 34MoCr11CS; 34MoCrNi16CS; 42MoCr11CS.

Tehnologia de fabricație prin turnare, forjare liberă, matrițare, așchiere din bare laminate are o mare importanță asupra comportării în exploatare (în special la oboseală) a arborilor. Astfel, arborii matrițați sau forjați cu fibraj continuu, precum și cei din fontă nodulară sau maleabilă au rezistență sporită la ruperea prin oboseala.

Arborii cotiți, arborii cu came, bolțurile, osiile și bielele se execută din același material ca și arborii drepti (v. tabelul 5.11).

### 9.1.3. Alegerea materialelor metalice pentru rulmenți

Inelele și corpurile de rostogolire ale rulmenților se execută din oțeluri cu rezistență mare la oboseală de contact, la uzare, cu tenacitate bună și cu stabilitate dimensională mare. Aceste oțeluri sunt slab aliate cu crom, crom-siliciu, mangan și molibden și au un grad mare de omogenitate structurală. După recoacere, structura trebuie să fie formată din carburi fine și uniform distribuite într-o masă perlitică. Îndeplinesc aceste condiții mărurile RUL 1 și RUL 2 elaborate normal sau dezoxidate în vid RUL 1 V; RUL 2 V și RUL 3 V - STAS 1456-89.

Caracteristica de bază a acestor oțeluri este duritatea obținută după călire și revenire joasă, când structura este formată din martensită cubică, austenită reziduală (1,5...18,5%) și carburi foarte fine.

Capacitatea portantă și durabilitatea rulmenților scade accentuat cu scăderea durătății și deci cu creșterea temperaturii de revenire sau de utilizare peste 200°C (v. fig. 5.18).

Toate proprietățile de utilizare (capacitatea portantă, durabilitatea, rezistența la oboseală, rezistența la uzare și stabilitatea dimensională) depind de cantitatea de austenită reziduală prezentă în structură după tratamentul termic final. Ea crește o dată cu creșterea temperaturii și timpului de încălzire pentru călire.

Cantitatea de austenită reziduală se poate micșora pe două cai:

- prin creșterea temperaturii de revenire peste 200°C (ajungând la zero pentru RUL 1 revenit la 260°C), dar când antrenează scăderea drastică a durabilității, durătății și capacitații portante;

- prin aplicarea unei răciri, imediat după călirea în ulei, la temperaturi de -70°C date de CO<sub>2</sub> solid sau de instalații frigorifice, când cantitatea de

austenită se reduce la circa 1%, cu efect de creștere a tuturor proprietăților de utilizare, în special a stabilității dimensionale.

De exemplu, RUL 1 călit la 843°C, revenit la 260°C are duritatea 58 HRC și 0%  $A_{rez}$ , revenit la 120°C, are 62 HRC și 7,14%  $A_{rez}$ , iar răcit la -196°C (azot lichid), după călirea în ulei și revenirea la 120°C, are 64 HRC și 3,9%  $A_{rez}$ . Călirea aceluiasi oțel de la 982°C urmată de o revenire la 180°C imprimă duritatea de 59 HRC și 18,4%  $A_{rez}$ .

Prezența unei cantități de peste 10...15% austenită reziduală în organele rulmenților determină, prin transformarea ei ulterioră în martensită, modificarea dimensiunilor, apariția jocurilor, a zgometului și micșorarea durabilității.

Alegerea oțelurilor pentru rulmenți și a tratamentului adecvat se face pornindu-se de la condițiile concrete de lucru, solicitările existente, seria de fabricație și posibilitățile tehnologice.

Astfel, rulmenții mici și medii care lucrează în condiții normale de solicitare se execută din RUL 1, rulmenții cu dimensiuni mai mari, solicitări mediu, se execută din RUL 2, în timp ce rulmenții speciali care lucrează în condiții grele se execută din RUL 1V; RUL 2V și RUL 3V.

Rulmenții solicitați puternic la soc se execută din oțelul aliat de cementare 13CrNi35, rulmenții radiali axiali cu role conice semifabricați prin deformare plastică la rece se execută din 20MoCr5, iar rulmenții care lucrează în medii corosive se execută din oțel inoxidabil 90VMoCr180. Rulmenții pentru sape de foraj se execută din marca 55SiMo5, (v. tabelul 5.13).

În afara de oțelurile date în tabelul 5.13, în România, pentru rulmenții speciali se mai folosesc următoarele mărci de oțeluri nestandardizate:

- oțeluri de cementare: 20MoCrNi06V (0,17...0,23% C; 0,2...0,3% Si; 0,6...0,9% Mn; 0,3...0,6% Cr; 0,35...0,75% Ni; 0,2...0,3% Mo); 21MoMnCr12 (0,18...0,24% C; 0,17...0,37% Si; 0,8...1,2% Mn; 1,0...1,4% Cr; 0,2...0,3% Mo); 13CrNi35V (0,09...0,13% C; 0,17...0,37% Si; 0,3...0,6% Mn; 1,25...1,65% Cr; 3,25...3,75% Ni) și 15Cr0,8Mo (0,12...0,18% C; 0,17...0,37% Si; 0,4...0,7% Mn; 0,7...1% Cr; 0,08...0,15% Mo); - pentru rulmenți cu dimensiuni foarte mari și pentru rulmenți puternic solicitați la soc sau vibrație;

- oțelul de îmbunătățire 41MoCr11 (0,38...0,45% C; 0,15...0,35% Si; 0,4...0,8% Mn; 0,9...1,3% Cr; 0,15...0,3% Mo) - pentru rulmenți cu dimensiuni mari de construcție specială, cu danturi exterioare sau interioare. Toate aceste oțeluri conțin sulf și fosfor sub 0,025% fiecare.

Colivile de rulmenți care au rolul de a împiedica contactul direct dintre corpurile de rostogolire și de ghidare ale acestora pe căile de rulare și de a reține corpurile de rostogolire astfel încât acestea să nu cadă la montare și demontare se execută din materiale rezistente la uzare și cu capacitate de amortizare a vibrațiilor, cum sunt: oțelurile carbon moi (OL37 și OLC10), alamele, bronzurile, fonta nodulară și materialele plastice (textolit, pertinax, nylon etc.).

Cel mai utilizat material plastic pentru rulmenți medii și mici este poliamida armată cu fibre de sticlă stabilizată termic la 120°C.

Pentru condiții speciale de lucru (medii corosive, fără posibilități de ungere, vibrații mari), dar pentru capacitați portante reduse, se pot realiza rulmenți din materiale plastice (poliamidă și poliesteri) sau rulmenți cu inele din oțel, cu bile și colivii din poliamide impregnate cu ulei.

#### 9.1.4. Alegerea materialelor pentru lagărele de alunecare

Lagărele sunt organe de mașini pe care se sprijină fusurile arborilor, permijându-le mișcări de rotație sau oscilație, solicitate în principal la uzare. Cuzineții imbracând direct fusul au rolul cel mai important. Fiabilitatea lagărelor depinde în cea mai mare măsură de materialul cuzineților, construcția lor și calitatea ungerii.

Materialele din care se execută cuzineții sunt materiale antifricțiune într-o varietate foarte mare și sunt frecvent deficitare.

Se recurge deseori la folosirea cuzineților bi și trimetalici care constau dintr-o bandă de oțel sau corp din fontă, pe care se depun prin turnare sau laminare straturi subțiri de materiale antifricțiune.

Împerecherea corectă a materialelor cuzineților și fusurilor este deosebit de importantă, ea trebuie astfel făcută, ca fiabilitatea lagărului să fie maximă, iar cuzinetul să se uzeze totuși înaintea fusului.

La alegerea materialelor pentru cuzineți se are în vedere: presiunea în lagăr; viteza periferică a fusului; natura solicitărilor (constantă, variabilă, cu soc); condițiile de ungere (abundentă, slabă); natura frecării (fluidă, semifluidă); duritatea fusului (dur, semidur, moale); materialul fusului (oțel, fontă etc.); sensibilitatea la gripare și uzare.

Fonta perlitică se folosește la presiuni și viteză mici. Fonta pe fus de oțel este sensibilă la gripare, iar pentru a se evita griparea se fretează pe fusul arborelui o bușă din fontă (fonta pe fontă nu se gripează).

Fonta antifricțiune cu structură perlitică sau bainitică cu grafit acicular sau nodular se utilizează la presiuni și viteză mai mari.

Oțelurile austenitice se folosesc la solicitările puternice ( $p \geq 500...600$  daN/cm<sup>2</sup>), cu socuri, la temperaturi înalte și în medii corosive.

Oțelul grafiat prin aliere cu siliciu sau sintetizat este superior bronzurilor. Bronzurile cu staniu rezistă la temperaturi înalte, presiuni mari, cu socuri și viteză mijlocii. Bronzul cu plumb este superior celui cu staniu, iar bronzurile cu aluminiu sunt inferioare.

Compozițiile pentru lagăre pe bază de staniu, plumb, zinc, argint, cadmiu au cele mai bune proprietăți antifricțiune, suportând presiuni și viteză mari.

Aliajele de aluminiu cu cupru, siliciu, nichel, staniu suportă încărcări medii și viteză mici, dar rezistă la solicitări variabile și la coroziune.

Aliajele de argint în straturi foarte subțiri permit viteze foarte mari.

Aliajele sinterizate din pulberi de fier sau bronz cu grafit sunt recomandate pentru condiții de încărcări mari și viteze mici, cu ungere slabă în locuri greu accesibile.

Lemnul natural, impregnat cu ulei sau presat, este recomandat pentru viteze foarte mici și presiuni medii.

Cauciucul vulcanizat este recomandat pentru viteze mari și presiuni mici, sub 100°C.

Sticla, pietrele prețioase și semiprețioase (rubinul, safirul, diamantul) se folosesc în mecanica fină.

Grafitul impregnat cu liant petrolier și presat este foarte rezistent la frecarea uscată, dar are rezistență mecanică foarte mică.

Materialele plastice pe bază de rășini fenolformaldehidice (textolit, lignofol etc.), poliamidele (nylon, capron, relon etc.) sau politetrafluoretilena (teflon) au un coeficient mic de frecare, rezistență la coroziune, rezistență mare la uzare, dar nu suportă temperaturi peste 100°C.

## 9.2. Alegerea materialelor metalice pentru organe de asamblare

Organele de asamblare pentru îmbinări nedemontabile sunt niturile, pentru îmbinări demontabile sunt șuruburile, prezoanele, șifturile, penele și piulițele, iar pentru îmbinări elastice sunt arcurile.

Majoritatea îmbinărilor demontabile din construcția de mașini se realizează prin șurub-piuliță. Alegerea materialelor pentru organele de asamblare se face în funcție de sarcina de încărcare, de condițiile de funcționare și de tehnologia de fabricație.

Criteriul principal de alegere este rezistența mecanică.

Organele de asamblare frecvent utilizate (șuruburile, prezoanele și piulițele) din punct de vedere geometric sunt caracterizate prin prezența unui puternic concentrator de eforturi - care este filetul. Deci, materialele folosite trebuie să prezinte sensibilitate minimă la efectul de concentrare a tensiunilor în condiții de rezistență corespunzătoare. În majoritatea cazurilor, organele de asamblare se execută din oțeluri STAS 9382-82; STAS 11290-88 și STAS 11522-80. Mai rar se pot utiliza alame, aliaje de aluminiu sau chiar materiale plastice.

Oțelurile utilizate pentru organe de asamblare standardizate se împart după grupa de caracteristici mecanice în 5 categorii: - oțel carbon obișnuit de uz general; - oțel pentru prelucrări pe mașini-unelte automate; - oțel carbon de calitate; - oțel cu Mn (1...1,4%) și B(0,001...0,003%); - oțel aliat cu crom, molibden, nichel, vanadiu (v. tabelul 5.12).

La asamblările șurub (prezon) - piuliță, grupele de caracteristici pentru șuruburi și piuliță trebuie să coincidă sau să fie cât mai apropiate.

Creșterea rezistenței la oboseală a organelor de asamblare prin filet nu este posibilă numai prin alegerea unor materiale cu rezistență mecanică mare și a unor tratamente termice adecvate, ci se realizează în mare măsură prin aplicarea unor tehnologii de fabricație care să elimine pe cât posibil concentratorii de eforturi: rularea filetelui, rectificarea, obținerea formei șuruburilor prin deformare plastică etc.

Tratamentul termic de îmbunătățire se aplică numai ultimelor 3 grupe de rezistență (8.8, 10.9 și 12.9), el trebuie să asigure după calire circa 90% martensită în miezul părții filetate. Temperatura de revenire înaltă se alege în funcție de caracteristicile impuse. Astfel, dacă organele de asamblare vor lucra în medii care favorizează coroziunea fisurantă sub tensiune, se aplică o revenire la temperaturi înalte, apropriate de  $A_{ci}$  (680...700°C).

Exploatarea asamblărilor filetate la temperaturi înalte sau joase impun restricții de fluaj și de tenacitate.

Recomandări pentru alegerea oțelurilor pentru organe de asamblare care lucrează la temperatură ambiantă, înalte sau joase sunt date în tabelul 9.2.

*Tabelul 9.2*

**Alegerea și utilizarea oțelurilor pentru organe de asamblare**

Oțelul	STAS	Recomandări de alegere și utilizare
0	1	2
OL 34 q	9382-82	Nituri, șifturi, șuruburi pentru lemn, șaibe puțin solicitate din grupa de rezistență 4.6, cu execuție grosolană, fără tratament termic
OL 37 q RCB 52 q	9382-82	Organe de asamblare de uz general M 5...M 36 din grupa de rezistență 4.8, cu execuție grosolană, fără tratament termic (nituri, șuruburi, prezoane, pene, splinturi etc.)
OLC 10 q	9382-82	Organe de asamblare de uz general din grupa de rezistență 4.6, clasa semiprecisă, cementate, călăre și revenirea jos (șuruburi și prezoane M 5...M 36, pene, șifturi, șuruburi de tablă)
OLC 15 q	9382-82	Șuruburi și prezoane M 3...M 36, grupa de rezistență 4.8; piulițe sub M 16, grupele de rezistență 5 și 8, clasa grosolană și semiprecisă, nituri, șifturi, pene, fără tratament termic
OLC 25 q	9382-82	Șuruburi și prezoane M 3...M 36, grupa de rezistență 5.8, clasa grosolană și semiprecisă, nituri, șifturi, pene călăre și supuse revenirii joase
OLC 35 q	9382-82	Șuruburi și prezoane M3...M36 grupele de rezistență 5.6 și 5.8 fără tratament și sub M8 grupa 8.8 îmbunătățite; piulițe, grupe de rezistență 8, îmbunătățite în clasa grosolană, semiprecisă și precisă; șifturi, pene, nituri
OLC 45 q	9382-82	Șuruburi și prezoane M3...M16 în grupa de rezistență 8.8, piulițe, în grupele de rezistență 8 și 10 îmbunătățite și în toate clasele de execuție; șifturi, pene și nituri

Tabelul 9.2(continuare)

0	1	2
OLC 45 q	9382-82	Şuruburi și prezoane M3...M16 în grupa de rezistență 8.8, piulițe, în grupele de rezistență 8 și 10 îmbunătățite și în toate clasele de execuție; știfuri, pene și nituri
20 MnB 5q	9382-82	Şuruburi și prezoane M3...M36 în grupele de rezistență 5.6 și 5.8 netratate termic și sub M16 grupa de rezistență 8.8 îmbunătățite în toate clasele de execuție; știfuri; pene nituri.
13CrNi30 q 15Cr9q 18MnCr11q 17MoCrNi14q 21MoMnCr12q	9382-82	Organe de asamblare de uz general în grupa de rezistență 8.8 (pentru șuruburi și prezoane), cementate, călăre și revenite jos, în clasele de execuție semiprecisă și precisă
AUT 20 AUT 30 AUT' T 40Mn	1350-88	Organe de asamblare de uz general în grupele de rezistență 4.8; 5.6; 5.8 pentru șuruburi și prezoane și grupa 5 pentru piulițe cu sau fără tratament termic
AUT 9	1350-88	Șaibe, șuruburi pentru lemn
40Cr10q 40BCr10q 40CrNi12q 42MoCr11q 34MoCr11q 34MoCrNi16q 30MoCrNi20q	9382-82	Organe de asamblare de uz general în grupa de rezistență 8.8; 10.9 și 12.9 pentru șuruburi și prezoane și grupa 12 pentru piulițe în stare îmbunătățită (temperatura de revenire minim 425 °C) în toate clasele de execuție. Piulițele se execută de regulă din mărcele 40Cr10q și 40BCr10q
OLC 25AS-K OLC 35AS-K 13CrNi30AS-K 34MoCr11AS-K 42MoCr11 AS-K 21VMoCr11 AS-K 24VMoCr11AS-K 20MoCr130 AS-K	11290-88	Organe de asamblare în instalații, aparate, utilaje și recipiente sub presiune care lucrează la temperaturi înalte și sunt puternic solicitate mecanic
OLC25AS-R OLC35 AS-R 12MoCr90 13CrNi30 AS-R 20MnB5 AS-R 34MoCr11 AS-R 42MoCr11 AS-R 10Ni35 AS-R	11290-88	Organe de asamblare în instalații, aparate și utilaje și recipiente sub presiune care lucrează la temperaturi scăzute
OLC25AS-R OLC35 AS-R 12MoCr90 13CrNi30 AS-R 20MnB5 AS-R 34MoCr11 AS-R 42MoCr11 AS-R 10Ni35 AS-R	11290-88	Organe de asamblare în instalații, aparate și utilaje și recipiente sub presiune care lucrează la temperaturi scăzute

Tabelul 9.2(continuare)

0	1	2
OLC 45 AS-Im 42MoCr11 AS-Im		Organe de asamblare în instalații, aparate, utilaje și recipiente sub presiune care lucrează în medii care pot provoca coroziunea fisurantă sub tensiune
Oteluri inoxidabile	3583-81	Organe de asamblare în instalații, aparate și utilaje care lucrează în medii corosive
Oteluri refractare	11523-87	Organe de asamblare în instalații, aparate și utilaje care lucrează la temperaturi foarte înalte și în medii agresive
Cupru și alame	-	Organe de asamblare în aparată magnetică, electrică, unde necesită o bună conductivitate termică și electrică
Aliaje de titan	-	Organe de asamblare demontabilă în industria aero și astronomică
Materiale plastice; nylon, teflon, poliamide	-	Șuruburi, piulițe și șaibe de siguranță puțin solicitate, dar care lucrează în medii corosive, câmpuri electrice etc.

Șuruburile și piulițele, în funcție de destinație, pentru a li se mări rezistența la coroziune se brunează sau se cadmiază.

Șuruburile care se demonțează frecvent se execută cu capul cianurat. Stifturile se execută frecvent din OL50; OL60; OLC35; OLC45 și mai rar din oțeluri aliate. Șaibele arcuite și înțelele de siguranță Growers se execută din: OL60; OL70; OLC65A; 51Si17A; 65Mn10 netratate termic sau călite și revenite mediu.

Piulițele se mai pot executa și din oțeluri cu cantități sporite de fosfor, sulf și cu adăosuri de plumb, în funcție de grupa de rezistență (tabelul 9.3).

Tabelul 9.3

### Compoziția unor oțeluri cu fosfor, sulf și plumb pentru piulițe

Grupa de rezistență	Compoziția chimică, %			
	C	P	Pb	S
5	0,5	-	0,11	0,15
8	0,58	0,25	0,06	0,15
10	0,58	0,3	0,048	0,058
12	0,58	0,45	0,048	0,058

Otelurile pentru piulițe din grupa de rezistență 5 destinate a fi prelucrate pe mașini-unelte automate conțin: 0,5% C; 0,12% P; 0,35% Pb și 0,34% S.

### 9.3. Alegerea materialelor metalice pentru arcuri

Arcurile sunt organe de mașini care realizează legături elastice între elementele componente ale sistemelor sau mașinilor.

Arcurile suportă deformării elastice mari, putând transforma lucrul mecanic al solicitărilor exterioare în energie potențială în scopul redării lui ulterioare (arcuri de ceasornic); exercită forțe elastice permanente (arcuri de

ambreiaj); regleză și limitează forțele (prese etc.); măsoară forțele și momentele (dinamometre mecanice); preiau și amortizează vibrațiile (arcuri de suspensii și fundații); modifică pulsația proprie a unui sistem și realizează îmbinări demontabile elastice. Arcurile pot fi sub formă de: spirale, elicoidale, disc, bară de torsiu, inel, foi, membrană, agrafă de torsiu, încovoiere, tracțiune sau compresiune.

Materialele metalice pentru arcuri trebuie să posede limită elastică superioară și să prezinte deformații elastice mari, deci se încadrează în categoria materialelor de înaltă rezistență mecanică. Acestea sunt: oțeluri carbon cu peste 0,55%C, oțeluri aliate cu siliciu, cu crom, vanadiu; cu crom-vanadiu-siliciu; cu crom-mangan-siliciu; alame, bronzuri cu staniu, cu siliciu și beriliu, aliaje de nichel.

Alegerea materialelor metalice pentru arcuri ține seama de natura solicitărilor și de condițiile de lucru (temperatură și mediu), ea făcându-se după criteriile: limita de elasticitate (frecvent limita de curgere ușor diminuată) și rezistența la oboseala, ambele depinzând de rezistența la rupere.

Limita de curgere crește prin aliere și prin aplicarea unui grad mărit de caroaj la trefilare, iar rezistența la oboseala crește de asemenea, prin aliere, prin rectificarea sau polizarea arcului, prin ecrusare cu alice și prin nitrurare.

Arcurile pentru construcții ieftine, care lucrează sub 180°C, sau foi cu grosimea sub 10 mm se execută din oțeluri carbon. În rest, se utilizează oțelurile aliate sau aliajele neferoase.

Alegerea și utilizarea oțelurilor carbon, aliate și inoxidabile pentru arcuri este dată în tabelul 5.15, iar a aliajelor neferoase în tabelul 9.4.

*Tabelul 9.4*

#### **Arcuri din aliaje neferoase**

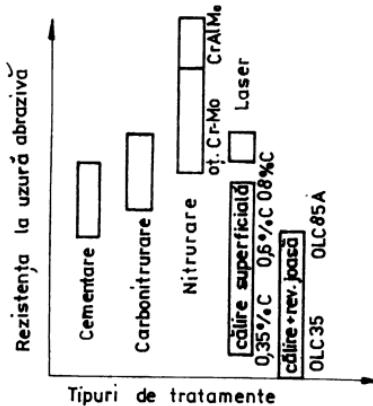
Materialul	$R_{0,01}$	$R_m$	$E$	Alegerea și utilizarea
	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	
Alamă 33% Zn	420-780	700-900	430-630	Arcuri pentru solicitări mici în condiții de bună conductibilitate electrică și rezistență la coroziune
Bronz cu 8% Sn	420-770	700-1050	490-770	
Bronz cu 2,5%Si	420-770	700-1050	490-770	
Bronz cu 2% Be	770-1050	1120-1400	700-910	Arcuri puternic solicitate cu foarte bună conductibilitate electrică și rezistente la coroziune
Monel K (Ni66Cu31Al3)	770-1050	1120-1400	700-880	Arcuri puternic solicitate până la 230°C, în medii corosive Paramagnetic până la 100°C
Inconel (Ni76Cr16Fe8)	720-1050	1120-1400	700-880	Arcuri pentru solicitări foarte mari, până la 370°C, în medii corosive Paramagnetic până la -40°C
Inconel X (Ni70Cu16Fe8Ti2,5)	770-1050	1120-1400	700-880	Arcuri pentru solicitări foarte mari până la 480°C, în medii corosive

#### 9.4. Alegerea materialelor metalice pentru piese supuse la uzură abrazivă

Un număr foarte mare de elemente din compoziția mașinilor agricole de prelucrat solul și recoltat (brăzări și cormane de plug, discuri, gheare și cuțite pentru boroane, semănători, cultivatoare, secerători, culegătoare, tocătoare); utilaje pentru drumuri și poduri (lame de buldozere, șenile, dinți de excavator și screpere, cupe de excavatoare); morilor de ciment și minereuri (bile, blindaje, falcii de concasor); utilaje de foraj (falcii și conuri pentru sape) etc. sunt puternic solicitate la uzură abrazivă.

Alegerea materialelor pentru asemenea elemente și a tratamentelor termice se face după criteriile de bază ale duratăii și capacitații de ecruișare superficială.

Prezentarea comparativă a tratamentelor termice și termochimice, precum și a grupelor de oțeluri din punctul de vedere al rezistenței la uzură abrazivă este dată în figura 9.7.



Se constată că cea mai mare rezistență la uzură abrazivă o prezintă oțelurile aliate cu crom-molibden și crom-aluminium-molibden nitrurate, iar cea mai scăzută o au oțelurile carbon călărite în masă și revenite jos.

Recomandări pentru alegerea materialelor metalice pentru piese puțnic solicitate la uzură abrazivă sunt cuprinse în tabelul 9.5.

Fig. 9.7. Compararea rezistenței la uzura abrazivă a oțelurilor tratate termic și termochimic divers.

Tabelul 9.5

#### Alegerea materialelor metalice pentru piese supuse la uzură abrazivă

Denumirea piesei	Materialul metalic utilizat
0	1
Brăzări simple de plug	OLC 60; 35Mn16; 51Si17A; 56Si17A; OSC 9; călărite și revenite (la 550-650 HB brăzări tip daltă sau 450-550 HB la cele trapezoidale)
Brăzări compuse de plug	Partea detasabilă 205Cr115; 97MnCrW14 călărite și revenite la min. 550HB, iar restul din OLC 60; 35Mn16
Cormane simple de plug	OL 34; OI 37; OLC 15 cementate, călărite și revenite la min. 56 HRC pe min. 20% din grosime

*Tabelul 9.5. (continuare)*

0	1
Cormane compuse de plug	Elementele marginale din OLC 65 A; 65Mn10; călăre și revenite la min. 50HRC, iar restul din OL 34; OL 37
Discuri pentru discuitoare și boroane	65Mn10 călit și revenit la 415 HB
Discuri pentru semănători	65Mn10 nefiltrat termic
Gheare și cuțite pentru cultivatoare	OLC 60; OLC 65A; 65Mn10 călăre superficial la min. 50 HRC; OSC 8M; OSC 10 călit și revenite la 500-600 HB
Segmenti și contraplaci pentru mașini de recoltat	OL70; OSC 8; OSC 8M sub formă de tablă laminată la rece, cu tăișul călit superficial (CIF) la 50-60 HRC
Cuțite pentru mașini agricole (secerători, cositorii, tocători, combine etc.)	65Mn10; OSC 8M călăre superficial la 45-55 HRC
Bile pentru mori de măcinat minereuri și ciment	OSC 8; 205 Cr115; fontă albă aliată cu crom călăre și revenite la min. 60HRC (pentru mori de măcinat calcar se folosește OSC 8 normalizat la 300 HV).
Blindaje de mori, falcii de concasor, cupe și dinți de excavatoare, ace și inimi de macaz	T105Mn120; T130Mn135 călăre și revenite la 190-210HB (prin ecruiere în exploatare ajung la 900 HV)
Falci și conuri pentru șape de foraj	13CrNi30; 17MoCrNi14; 18MoNiCr17 cementate și călăre la min. 60 HRC
Rulmenți pentru sape de foraj	55SiMo5 călit și revenit la 60-62 HRC
Şenile și bolturi de șenile de tractor și excavator	40Mn10; T105Mn120; T130Mn135; fontă maleabilă

## **9.5. Alegerea materialelor metalice pentru unele organe de mașini de uz general**

În construcția de mașini, una și aceeași piesă se poate executa din mai multe materiale metalice sau unul și același material poate fi utilizat pentru mai multe tipuri de piese.

Alegerea materialelor metalice pentru organele de mașini de uz general nu poate fi despărțită de alegerea tratamentului termic adecvat care să asigure proprietățile de exploatare impuse.

Astfel materialele metalice recomandate să fie alese pentru unele organe de mașini de uz general sunt date în tabelul 9.6.

Tabelul 9.6

**Materiale metalice și tratamente termice pentru organe de mașini de uz general**

<b>Organul de mașină</b>	<b>Materiale metalice și tratamente termice recomandate</b>
0	1
Șaibe, rondele, brățări	OL 34; OL 37 ne trataate termic; oțeluri de arc tratate termic la 410-490 HV
Șuruburi autofiletante	OLC25; OLC35 cianizate, călăre și revenite jos la 56-62 HRC
Cuplaje	OL60; OL70 ne trataate termic; OT550; OT600 tratate termic
Discuri de ambreiaj cu fricțiune	OL50; OL60 normalize; OLC 45; 40Cr10; 65Mn10 îmbunătățite
Arbori cu flanșe monobloc	OLC 35; OLC 45; 40Cr10; 42MoCr11; 40CrNi12 îmbunătățite la 30-40 HRC; OL 50; OL 60 normalize
Came	OLC 15; OLC 20; 15Cr9; 17CrNi16; 21MoMnCr12 cementate, călăre și revenite jos; OLC 45; 40Cr10; 35Mn16, îmbunătățite și călăre superficial
Discuri turbine cu gaz și abur	OLC 40; OLC 45; 40Cr10; 34MoCr11; 34CrNi16 îmbunătățite; oțeluri refractare cu 12% Cr aliate cu Mo, V, Nb și Ni îmbunătățite
Bolți de piston	OLC10; OLC15; 15Cr9; 17CrNi16 cementate, călăre și revenite
Pistoane	OL50; OL60; OLC35 îmbunătățite; OT 550; T35Mn14
Tije de legătură	OL50; OL60; OLC35; OLC45; 40Cr10; 51VMnCr11 îmbunătățite
Camăși de cilindru	39MoAlCr15; 42MoCr11 nitrurate; oțeluri turmate; fontă cenușie
Camere de ardere	Oțeluri refractare
Supape de admisie	OLC 45; 40Cr10; 40CrNi12, îmbunătățite
Supape de evacuare	45SiCr90; 80SiNiCr200; 80SiNiMoWCr150; 53NNiMnCr210; 45WNiCr180 îmbunătățite
Ghidaje	Fontă cenușie calitate superficial, prin CIF, oțeluri carbon îmbunătățite sau călăre superficial
Biele	OLC 25; OLC35; OLC45; 35Mn16; 40Cr10; 51VMnCr11; 34MoCr11; 40CrNi12 îmbunătățite la 207-285 HB
Buloane de bielă	35Mn16; 34MoCr11; 40Cr10; 40CrNi12; 34MoCrNi16 îmbunătățite la 27-37 HRC
Palete de turbine cu abur	Oțeluri refractare
Roți de fricțiune	OLC45...OLC65 îmbunătățite, oțeluri carbon și aliate, turmate, fontă cenușie
Zale și cârlige de lanț	35Mn16; 20Mn10 îmbunătățite la 40-50 HRC
Inele de lanț sudate	OL34; OL37; OLC15; OLC20 ne trataate sau cementate, călăre și revenite jos
Eclise de lanț	OLC40; OLC45; 40Cr10; 51VMnCr11 îmbunătățite la 40-50HRC
Role, bucșe și bolțuri de lanț	OLC15; OLC20; 15Cr9; 19MoCr11; 21MoMnCr12 cementate, călăre și revenite

## **9.6. Alegerea materialelor metalice pentru autoturisme, autovehicule și tractoare**

În industria autoturismelor, autovehiculelor și tractoarelor se folosesc o gamă largă de materiale metalice: oțeluri pentru deformare la rece prin ambutisare (caroserii, capote, portiere, cabine); oțeluri pentru structura de rezistență (șasiu, longeroane, punți etc.); oțeluri pentru piese din structura motorului; suspensii; direcție; transmisie etc.; fonte cenușii și aliate; aliaje din aluminiu etc.

Oțelurile folosite sunt elaborate îngrijit, fiind de calitate superioară și se folosesc cu precădere numai tratate termic.

Oțelurile pentru autovehicule și tractoare sunt: OLC15AT; OLC35AT; OLC45AT; OLC50AT; OLC55AT; OLC60AT; 15Cr9AT; 18MniCr11AT; 21MoMnCr12AT; 17MoCrNi14AT; 20TiMnCr12AT; 40Cr10AT; 40BCr10AT; 34MoCr11AT; 42MoCr11AT; 51VMnCr11AT; 34MoCrNi16AT-STAS 8580-88; A1; A2; A3- STAS 9485-80.

Oțelurile destinate autoturismelor sunt: OLC38; OLC38B; OLC43; 37Cr5; 32Cr10; 37Cr10; 60CrMnSi17A; 13MoCr11; 19MoCr11; 28MoCr11; 31MoCr11; 33MoCr11; 34MoCrNi40 - STAS 11500-89; A4; A5 - STAS 10318-80.

Recomandări de alegere a oțelurilor pentru autoturisme și autovehicule sunt date în tabelul 9.7.

*Tabelul 9.7*

### **Alegerea și utilizarea materialelor pentru autoturisme și autovehicule**

Materialul	STAS	Recomandări la alegere		
		0	1	2
OLC 38	11500-89	Coroană dințată demaror		
OLC 38B	11500-89	Axe brat, punți		
OLC 43	11500-89	Tacheți motor, corpii rotulelor de suspensie, lalelele transmisiilor		
37Cr5	11500-89	Biele, capace bielă, fuzete		
32Cr10	11500-89	Prezoane, roți, capete cremalieră, pinioane și axe		
60CrMnSi17A	11500-89	Arcuri de suspensie, bare antiruliu		
13MoCr11	11500-89	Pivoti suspensie, rotule de direcție		
17MoCr11	11500-89	Coroane dințate din cutii de viteză, pinioane planetare, fuzete roți, port fuzete, cremalieri și pinioane de cremalieră		
19MoCr11	11500-89			
28MoCr11	11500-89	Pinioane de atac în cutii de viteză, axe, arbori		
31MoCr11	11500-89	Arboarele lalea din transmisii		
33MoCr11	11500-89	Trenuri pentru cutii de viteze, pinioane și arbori		
34MoCrNi40	11500-89	Vilbrochen, pinioane, biele, butuci pentru roți, diverse piese forjate		
		Supape de admisie		

Tabelul 9.7 (continuare)

45SiCr90	11311-88	Supape de evacuare la autocamioane și tractoare
45WNiCr180	11311-88	Supape de evacuare la motoare Diesel
53NNiMnCr120	11311-88	Supape de evacuare rezistente la gaze care conțin plumb
80SiNiMoWCr150	11311-88	Supape de evacuare pentru automobile, camioane, tractoare etc.
A 1	9485-86	Piese îndoite și ambuiașate cu grad mic și mediu de deformare, în industria autovehiculelor, tractoarelor, mașinilor agricole, articolelor de menaj etc.
A 2	9485-86	
A 3	9485-86	
A 3 CK	11509-80	Jenți auto
L 410	11505-89	Longeroane autocamioane, autobasculante, autobuze etc.
A 4	10318-80	Piese obținute prin ambuiașare adâncă: caroserii auto, articole de menaj, portiere auto, capote auto etc.
A 5	10318-80	
Fontă aliată	6706-79	Galerii de admisie și evacuare, cămăși de cilindri, blocuri-motor, discuri și tambure de frână, cilindri de frână, segmenti etc.
Fontă nodulară	6707-79	
Duraluminu	6071-82	Arbori cotiți, arbori cu came etc.
Duraluminu	201-71	Pistoane, galerii de admisie, chiuloase, pistoane la cilindri de frână, tambure de frână
Aliaje antifrictiune	202-73	Cuzineții auto
Bronzuri	1512-75	Lagăre antifrictiune la tractoare, bucșe etc.
	197-75	
Oteluri refractare	11524-81	Supape de evacuare

## 9.7. Alegerea materialelor metalice pentru batiuri, carcase, corpuri, blocuri ale mașinilor și utilajelor

Batiurile, carcasele, corpurile, blocurile mașinilor-unelte, ale cutiilor de viteze, cutiilor de avans, compresoarelor, motoarelor de toate tipurile etc. sunt organe de mașini care realizează susținerea și legarea ansamblurilor și subansamblurilor mașinilor, precum și asigurarea unor mișcări relative între acestea.

Precizia inițială și calitatea suprafețelor de ghidare sunt asigurate, un timp cât mai îndelungat, de calitatea materialelor folosite.

Solicitările la care aceste organe de mașini sunt supuse sunt complexe: încovoiere, compresiune, flambaj, oboseală, vibrații și uzare abrazivă și de contact a ghidajelor.

Alegerea materialelor metalice pentru organe de mașini se face ținându-se seama de natura solicitărilor în exploatare și de modul de semifabricare: construcție sudată sau turnată.

Când se alege varianta de semifabricare prin turnare, se aleg ca materiale fontă sau aliaje de aluminiu, iar când semifabricarea se realizează prin sudare, ca material ales este întotdeauna oțelul.

Fonta cenușie este materialul cel mai mult utilizat la realizarea acestor organe de mașini, datorită capacitații de amortizare a vibrațiilor, rigidității, rezistenței bune la uzare și prețului de cost redus.

Batiurile mașinilor-unelte cu glijadă monobloc se execută din fonte cenușii perlitice sau perlito-feritice superioare: FcX200; FcX250; FcX300; FcX350 - STAS 8541-86. Uzura ghidajelor este favorizată de prezența zonelor mari de ferită, iar griparea ghidajelor, de prezența cementitei libere.

Perlitzarea fontelor pentru ghidaje se face fie direct din elaborare, fie prin aplicarea unui tratament termic de normalizare. În final, ghidajele se durifică prin calire superficială prin C.I.F.

Fonta FcX350 se folosește la batiuri supuse la presiuni mari de contact ( $20 \text{ daN/cm}^2$ ) și solicitări mari la încovoiere ( $500 \text{ daN/cm}^2$ ). Pentru presiuni de contact mici (sub  $5 \text{ daN/cm}^2$ ) se folosește fonta FcX250. În această categorie intră toate batiurile mașinilor-unelte mijlocii. Pentru presiuni de contact și mai scăzute se folosește fonta obișnuită FcX200. Batiurile strungurilor carusel, ale mașinilor de alezat, de frezat, rectificat se execută din FcX 250.

Batiurile puternic solicitate la uzare se pot executa din fontă modificată cu grafit acicular, care posedă o rezistență la uzare de 2...3 ori mai mare decât fonta cu grafit lamelar. Pentru cazuri excepționale se pot folosi fonte aliate cu crom, nichel și magnezu.

Batiurile și corporile mașinilor se pot executa din oțeluri prin sudare. În acest caz, se folosesc oțeluri sudabile cu granulație fină, iar ghidajele se execută din oțeluri carbon de cementare OLC15; OLC20 sau din oțeluri aliate 40Cr10; 15Cr9 etc.

Ghidajele batiurilor se pot executa de asemenea din materiale plastice (teflon, textolit, tezit, umatex etc.).

Blocurile motor ale autovehiculelor și tractoarelor, precum și cutiile de viteză ale mașinilor-unelte sau de alte tipuri se execută din fonte cenușii obișnuite Fc300 și Fc350.

Plăcile de bază, capacele, carcasele care lucrează fără frecare se execută frecvent din Fc 100; Fc 150; Fc 200 și Fc 250.

Corpurile blocurilor și carcasele care vin în contact și se află în mișcare relativă cu arbori sau cu alte piese din oțel se execută din fonte antifrictiune: FcA1; Fc A2; Fc A3; Fc A4; Fgn A1; Fgn A2; Fm A1; Fm A2 - STAS 6707-79.

Carcasele turbocompresoarelor, a întrerupătoarelor, pompelor, grupurilor de generatoare cu turbină, care lucrează în condiții de temperaturi deosebite sau în medii agresive se execută din fonte înalt aliate austenitice: Fal NiMn 13.7; Fal NiCr 30.3; Fagn NiMn 23.4; Fagn NiCr 20.2 etc. - STAS 10066-75.

Carcasele pompelor, sortatoarelor, amestecătoarelor, celulelor de flotație din instalațiile de preparare a minereurilor și a altor materiale abrazive și erozive se execută din fonte albe aliate cu crom.

**Carcasele de diferențial și de direcție de la autovehicule se execută din fontă bainitică cu grafit nodular.**

### **9.8. Etapele alegerii materialelor metalice pentru organe de mașini**

**Date de bază privind organul de mașină.** Din desenul de execuție și din condițiile tehnice se stabilesc: tipul, forma, dimensiunile, rolul funcțional, regimul de funcționare, solicitările, timpul de lucru efectiv pe an, coeficientul de siguranță, calitatea suprafețelor, duritatea etc.

**Condiții de execuție și tratament termic.** Se stabilește seria de fabricație (unicat, mică, mare, masă), tipul mașinilor-unelte (universale, centre de prelucrare, flux de fabricație) și al instalațiilor de tratament termic (de încălzire și de răcire).

**Alegerea categoriei și grupei de rezistență a oțelului.** Plecându-se de la criteriul principal după care se face dimensionarea organului de mașină (al rezistenței mecanice, stabilitatea formei și dimensiunilor, rigiditatea, călabilitatea etc.), se face calculul de predimensionare la solicitările principale existente, ținându-se seama de modul lor de acționare (tensiuni uniform sau neuniform distribuite pe secțiune) și se încadrează piesa într-o grupă de dimensiuni și de rezistență conform figurii 9.1. Se fac verificările necesare în secțiunile critice, se verifică ce s-ar întâmpla dacă categoria de rezistență ar fi mai mare (rigiditatea ar scădea) sau mai mică (dimensiunile ar crește) și se stabilesc dimensiunile finale.

**Alegerea mărcii de oțel.** Analizându-se în ansamblu condițiile de exploatare, condițiile tehnologice, soluția constructivă, călabilitatea necesară, se alege marca de oțel care să satisfacă unei fiabilități maxime și unui preț de cost cât mai mic. Simultan se stabilește și tratamentul termic cu parametrii regimului de lucru care să satisfacă condițiile tehnice impuse (duritate, reziliență, rezistență la oboseală, la uzare etc.).

Când corespund aceluiași scop mai multe mărci de oțel, se alege oțelul cel mai puțin aliat și mai ieftin. De exemplu, alegerea mărcii de oțel și a prelucrărilor termice pentru o roată dințată se realizează după procedeul descris în continuare.

Roata dințată are diametrul exterior de 300 mm, lățimea de 80 mm, dinți inclinați de modul 6 și se află într-un reductor care, la o turărie de 325 rot/min, transmite puterea de 30 kW, cu raportul de transmisie de 4,5 la o durată totală de funcționare de 12 000 h.

Duritatea pe flancurile dinților este de 350 HB, dinții fiind solicitați la oboseală prin încovoiere (la bază) și la oboseală de contact (pe flancuri). Temperatura de lucru este -30...+60°C, lucrează în ulei și are un coeficient de siguranță la oboseală de minimum 1,8.

Din condițiile de execuție și de tratament termic se stabilește că se vor

folosi mașini-unelte universale pentru aşchiere, danturare și rectificare, că roata este unicat, că există condiții de cementare sau îmbunătățire, iar semifabricatul provine din bară laminată și apoi matrățată la cald.

Pe baza criteriului de rezistență mecanică, roata se predimensionează și se verifică dintele la încovoiere și presiune de contact, încadrându-se roata în grupa III de dimensiuni (40...100 mm) și grupa de rezistență de  $800 \text{ N/mm}^2$ .

Înăndu-se seama că duritatea este relativ mică (350 HB), călabilitatea necesară nu prea mare, se poate alege un oțel pentru îmbunătățire 42 MoCr11 sau 51 VMnCr11. În acest caz, roata se va dantura, se va căli în ulei, se va reveni înalt, apoi se va rectifica.

Știindu-se că oțelul 51 VMnCr11 nu are reziliență suficientă la  $-30^\circ\text{C}$ , se va alege oțelul 42 MoCr11 care la temperatura de  $-30^\circ\text{C}$  are reziliență peste  $50 \text{ J/cm}^2$ .

Dacă se va alege varianta de cementare a roții, atunci se va alege oțelul 20 TiMnCr12, iar roata se va dantura, cimenta, căli în ulei, reveni jos și în final se va rectifica.

Alegerea materialului și a tratamentelor termice finale pentru un arbore drept se face după procedeul descris în continuare.

Arboarele este drept, cu secțiune plină, sprijinit pe doi rulmenți la capete, iar la mijloc se află montată o roată dințată cu dinți drepti care transmite puterea de 2 500 W, la viteza de rotație de 20 rot/min. Distanța dintre lagăre este de 600 mm, diametrul maxim al arborelui este de 60 mm, diametrul fusurilor este de 55 mm, iar săgeata maximă admisibilă este de 0,3 mm. Arboarele este solicitat la oboseală de încovoiere rotativă și la răsucire într-un reductor, la temperaturi de  $-20^\circ\text{C}...+60^\circ\text{C}$ , în ulei.

Prelucrarea se face pe mașini universale, producția fiind de serie mică, semifabricatul este bară laminată la cald și există instalații de călire cu atmosferă controlată și bazin de răcire integrat.

Din rolul funcțional al arborelui se alege drept criteriu de bază cel al rigidității piesei. Se face un calcul de predimensionare la încovoiere și se verifică săgeata maximă admisibilă. Se încadreză piesa în grupa III de dimensiuni (40...100 mm) și în grupa de rezistență  $500 \text{ N/mm}^2$ , respectiv limita de curgere de  $300 \text{ N/mm}^2$ . Se majorează, dacă este cazul, diametrul arborelui pentru a satisface condițiile de rigiditate.

Analizând condițiile de funcționare și solicitare ale arborelui rezultă că este acoperitoare folosirea mărții de oțel OL 60 clasa de calitate 2, în stare normalizată, care satisface și condițiile de eliminare a ruperii fragile la  $20^\circ\text{C}$ .

## CAPITOLUL 10

### ALEGAREA MATERIALELOR METALICE PENTRU SCULE

Alegerea materialelor pentru scule este o problemă de complexitate foarte mare, care implică colaborarea între metalurg, sculer și utilizatorul sculei.

Exploatarea rațională a unei scule în scopul conferirii materialelor metalice și nemetalice de forme noi și dimensiuni diferite presupune cunoașterea caracteristicilor pe care trebuie să le posede sculele și modul prin care factorii metalurgici și tehnologici pot asigura aceste caracteristici.

În principal caracteristicile de exploatare ale sculelor (duritatea, rezistența la uzare, stabilitatea la roșu, stabilitatea de formă și dimensională, călabilitatea, tenacitatea, tendința de decarburare, capacitatea de șlefuire etc.) sunt asigurate de compoziția chimică din care se execută și mai rar prin procedee tehnologice de prelucrare, în special prin tratamente criogenice, în câmp magnetic și ultrasonic, durificări superficiale prin scânteiere, nitrurare ionică, borurare etc.

Sculele se execută dintr-o mare diversitate de materiale metalice și ceramice: oțeluri carbon și aliate, oțeluri rapide (înalt aliate), bronzuri cu berliu, carburi metalice, materiale mineralo-ceramice, nitrură de bor și diamante (sintetice și naturale). În general, una și aceeași sculă, pentru unul și același scop, se poate executa dintr-o gamă largă de materiale, fiecare material prezintând avantaje și dezavantaje legate de durabilitate, temperatură de lucru admisă, tenacitate, prețul de cost, posibilitatea de aprovizionare etc.

Proiectantul de scule, precum și utilizatorul de scule, plecând de la condițiile concrete de exploatare (care au în vedere: natură și duritatea materialului de prelucrat, solicitările prezente, temperatura efectivă de lucru, condițiile de mediu, precizia prelucrării, ritmul producției, posibilitățile de aprovizionare etc.), stabilesc nivelul performanțelor care trebuie să le posede materialul pentru principalele proprietăți de utilizare (rezistență la uzare, duritatea, tenacitatea, stabilitatea și duritatea la roșu etc.) și, în funcție de acestea, determină alegerea materialului optim sau aleg grupa de materiale pentru o anumită sculă, respectiv grup de scule.

Reținerea unui material, dintr-un grup ales, se face analizându-se proprietățile tehnologice, condițiile tehnologice, posibilitățile de aprovizionare

și prețul de cost. Frequent, se recurge la îmbinarea de materiale diferite într-o singură sculă (partea activă dintr-un material superior, deficitar și scump - oțel rapid, carburii metalice, plăcuțe mineralo-ceramice, iar corpul sau coada sculei dintr-un material obișnuit, ieftin - OLC45 sau 40Cr10).

### 10.1. Alegerea materialelor metalice pentru scule așchietoare

Oțelurile pentru asemenea scule se caracterizează în principal prin rezistență mare la uzare și duritate mare la cald și secundar prin tenacitate mare. În funcție de avans, viteza de așchiere, adâncimea de așchiere, natura materialului de așchiat, sculele așchietoare se pot executa din oțeluri carbon, oțeluri aliate, oțeluri rapide, carburii metalice, materiale mineralo-ceramice, nitrură de bor și diamante.

Durata de menținere a muchiei așchietoare (durabilitatea) este determinată de compoziția chimică și tratamentele termice aplicate, care conferă sculelor rezistență la uzare convenabilă.

Alegerea materialelor pentru scule așchietoare se face ținându-se seama de: natura materialului de așchiat (la așchierea oțelurilor nu se folosesc scule cu diamant, deoarece acesta la  $750^{\circ}\text{C}$  se dizolvă în oțel), de duritatea materialului (scula trebuie să aibă minimum 10 unități HRC mai dură decât materialul de așchiat), natura operației de așchiere (de degroșare sau finisare, strunjire, găurire, frezare, alezare etc.), caracteristicile mașinii unelte (care să asigure avansul și viteza de așchiere necesare), agentul de răcire folosit, mărimea și forma sculei, prelucrabilitatea materialului sculei, posibilitățile de tratament termic, posibilitățile de aprovizionare și prețul de cost.

Nivelul caracteristicilor predominante de care se ține seama în primul rând la alegerea materialelor pentru diferite tipuri de scule așchietoare sunt date în tabelul 10.1, în care nivelul 1 corespunde celei mai mici valori a caracteristicii, iar nivelul 9 corespunde celei mai mari valori a caracteristicii respective.

*Tabelul 10.1*

**Caracteristici predominante ale sculelor**

Tipul sculei	Caracteristica predominantă	Nivelul caracteristicii
Cuțite de strung	Rezistență la uzare	4...9
	Duritatea la cald	1...9
Burghie	Tenacitatea	1...3
	Rezistență la cald	1...9
Alezoare	Duritatea	1...9
	Rezistență la uzare	3...9
Tarozi, broșe	Rezistență la uzare	3...9
Freze	Duritate la cald	6...9
	Rezistență la uzare	6...9
	Tenacitate	1...3

În general, sculele de mână (tarozi, filiere, alezoare, burghie mici) care se încălzesc puțin în timpul aşchierii, se execută din oțeluri carbon pentru scule sau oțeluri slab aliate cu crom și vanadiu; sculele cu dimensiuni mari (broșe, alezoare de mașină etc.) care aşchiază cu degajări mici de căldură se execută din oțeluri ledeburitice cu 12%Cr, sculele care aşchiază în condiții grele, cu degajări de căldură până la temperaturi de 600°C (cuțite de strung, burghie, freze etc.) se execută din oțeluri rapide și superrapide, iar sculele care lucrează fără șocuri, în condiții foarte grele de uzură și temperaturi peste 600°C, se execută cu partea activă din carburi metalice sau materiale mineralo-ceramice.

De exemplu, pentru aşchierarea cu randament normal și încălzire moderată a unor materiale neabrazive cu duritatea sub 375 HB, se pot folosi mărcile Rp5 și Rp9, iar a unor materiale cu peste 375 HB, inclusiv a materialelor abrazive, se folosesc mărcile de oțel rapid Rp1, Rp3 și Rp10 sau plăcuțele din carburi metalice sinterizate respectiv din materiale mineralo-ceramice. Aşchierarea cu randament mare a oțelurilor, bronzurilor, alamelor etc. se face folosindu-se numai scule armate cu plăcuțe din carburi metalice sau din materiale mineralo-ceramice. Aşchierarea unor materiale metalice neferoase cu prelucrabilitate scăzută (aliaje de aluminiu, magneziu, cupru etc.) se poate realiza cu randament maxim folosindu-se scule diamantate. Aşchierarea unor suprafete întrerupte, sau rabotarea, respectiv mortezarea, când scula este solicitată la șocuri mecanice, se face folosindu-se oțelurile rapide Rp1, Rp2, Rp3 și Rp5.

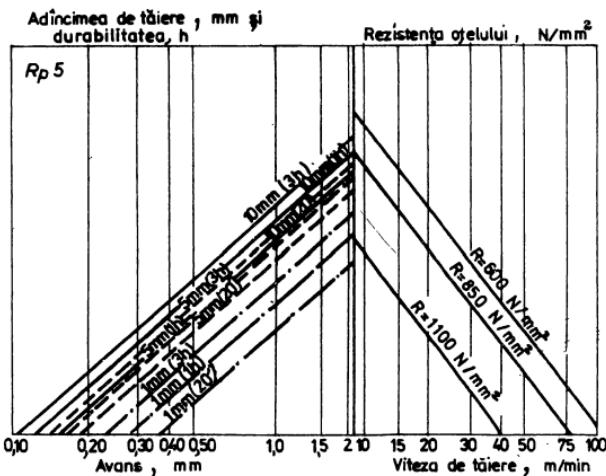


Fig.10.1. Nomogramă pentru determinarea vitezei de aşchierare în funcție de parametrii de aşchierare.

Alegerea vitezei de aşchiere în funcție de avans, de adâncimea de aşchiere, de durabilitatea sculei și de rezistență la rupere a oțelului de aşchiat se face folosindu-se monograme ca cea dată în figura 10.1, valabilă pentru o sculă din Rp5. Indicații privind alegerea materialelor pentru scule aşchietoare sunt date în tabelele 5.21, 5.22 și 10.2.

*Tabelul 10.2*

*Tipuri de scule aşchietoare și materialul din care se execută*

Tipul sculei	Materiale recomandate
0	1
<b>A. Cuțite de strung, raboteză, morteză</b>	Rp3; Rp11; PO1; P10; P20; M40
Degroșarea oțelurilor cu duritatea sub 280 HB	Rp3; Rp11; PO1; P10; P20; M40
Aşchierea oțelurilor cu duritatea de 280-320 HB	Rp3; Rp1; P20; P30; M30
Aşchierea oțelurilor cu duritatea de peste 300 HB	Rp3; Rp11; Rp5; Rp4; P40; P50; M20
Aşchierea fontelor moi	Rp3; Rp5; Rp4; Rp11; K30
Aşchierea fontelor cu duritatea de peste 220 HB	Rp3; Rp1; K01; K10; K20
Finisarea cu viteză mică a materialelor dure	Rp1; 105CrW20
Finisarea cu viteză mare a materialelor dure	Rp1; Rp2; Rp4; Rp11; P01; P10
Detalonare	Rp2; Rp1
Danturare	Rp1; Rp2; Rp3; Rp4; P40; P50
Rabotare și mortezare	RUL1; 130CrW37; Rp1; P40; P50
Canelare	105CrW20
Aşchiere cu viteze mici	OSC11; OSC13
Aşchierea alamelor	OSC11; 105MnCrW11
Aşchierea bronzurilor și aliajelor de aluminiu	205Cr115; 165VMoCr115; 155MoVCr115
Aşchierea fontei	Materiale ceramice Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
<b>B. Burghie</b>	
Găurile materialelor cu duritatea sub 280 HB	Rp3; Rp11
Găurile cu viteză foarte mare	Rp1; Rp2; Rp4; P20; P30
Găurile cu viteză mare a materialelor dure	Rp4; Rp3; Rp1; Rp2; P10
Găurile cu viteză medie a materialelor semidure	RUL1; 105CrW20
Găurile cu viteză mică a materialelor moi	OSC7; OSC8
Burghie lungi cu diametrul sub 25mm	RUL1; 117VCr6
Burghie cu diametrul 1...3mm	Rp3; OSC8
Burghie cu diametrul sub 1mm	OSC8; OSC10
Pentru centruit	Rp3; Rp1; Rp2
Cu coadă cilindrică sau conică	Rp3; Rp11; Rp1; Rp2; 105MnCrW11; 105CrW20
<b>C. Alezoare</b>	
Pentru operații normale	OSC10; 117VCr6; RUL1; 105MnCrW11; 105CrW20; 205Cr115
Lungi și subțiri	105MnCrW11; 205Cr115
Pentru oțeluri dure, cu productivitate mare	Rp3; Rp10; Rp5; Rp4; Rp11; P01; P10

Tabelul 10.2 (continuare)

0	1
<b>D. Tarozi</b>	
De mâna	OSC10; OSC11; 105CrW20; 105MnCrW11; RUL 1
De mașină	Rp5, Rp10, Rp3
De mâna pentru filete precise în materiale dure	Rp3, Rp5, Rp11
Pentru fonte, aliaje de aluminiu, aliaje refractare	Rp5
<b>E. Freze</b>	
Pentru oțel turmat	P40; P30; P20; materiale ceramice Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Pentru materiale moi (până la 35 HRC)	Rp3; Rp11; P01; P10; P20
Pentru materiale dure (peste 35 HRC)	Rp11; P10; P20; P30
Pentru viteze mari de aşchiere	Rp1; Rp2; P01; P10
Pentru materiale foarte dure(fontă, oțel călit)	Rp9; P01; P10; K01; K10
Pentru materiale moi	OSC10;OSC11;RUL1;90VMn20; 205Cr115
Pentru filetare	Rp3; 90VMn20; Rp4
Elicoidale pentru caneluri	Rp3; Rp11
Cilindrice cu coadă	Rp3; Rp5; Rp11
Dinți amovibili	Rp2; Rp3
Freze pentru ghidaje din fontă călite	nitrură cubică de bor
<b>F. Bacuri de filiere</b>	
Cu productivitate mare	Rp3; Rp5; Rp11; Rp4; Rp10
Pentru materiale semidure	OSC8;105CrW20;105MnCrW11; 90VMn20
Piepteni de filetat pentru materiale semidure	RUL1; 105MnCrW11
Piepteni de filetat pentru materiale dure	Rp3; Rp11; Rp5
Piepteni de mare productivitate	Rp1; Rp2; Rp4
<b>G. Pile</b>	
Cu destinație generală	OLC10; OLC15; OLC25; OLC20; OL37; OL42; OSC10; OSC11; OSC13; RUL1
Foarte dure, mici și mijlocii	RUL1
Foarte dure, mijlocii	RUL1; 105MnCr11; P40
Plate și rotunde	OSC10; RUL1; 105CrW20
De precizie de tăiere 1...3	OSC10; RUL1
De precizie de tăiere 4...6	RUL1; 105CrW20; P30
Pile arc	RUL1; 105CrW20; OSC11
Pile disc	RUL1; 105CrW20
Rășpele	OSC11; 117VCr6; OSC13
<b>H. Ferăstrăie</b>	
Cu destinație generală	OSC10; OSC11; Rp10; Rp11

Tabelul 10.2 (continuare)

0	1
Disc	OSC11; Rp11; P30
Pânză pentru materiale moi	OSC8 M; OSC10
Pânză pentru materiale dure și semidure	105CrW20
Pânză de mare productivitate	Rp3; Rp5; Rp1; Rp2; 105CrW20
Segmenti pentru ferestre	Rp1; Rp2; Rp3; Rp11

## 10.2. Alegerea materialelor metalice pentru scule de deformare la rece

Aceste scule fiind solicitate în principal la uzare și la soc mecanic prin lovire se execută din oțeluri cu duritate mare și tenacitate mare în același timp, asigurate atât de compoziția chimică, cât și de tratamentele finale aplicate.

În această categorie intră sculele de ștanțare și perforare, formare la rece, ambutisare, refulare, tăiere, extrudare și tragere.

Pe lângă duritate și tenacitate mari, aceste materiale metalice trebuie să prezinte: rezistență mare la rupere prin încovoiere, compresiune, întindere, rezistență mare la deformații plastice mici, păstrarea structurii și proprietăților până la temperaturi de peste 350°C, călăritate mare, susceptibilitate mică la supraîncălzire, deformare și fisurare, aşchiabilitate bună.

Aceste scule se execută în special din oțeluri și, mai rar, din carburi metalice.

Oțelurile folosite pentru scule de deformare plastică la rece pot fi:

- cu călăritate mică (OSC10, OSC11 și OSC13);
- cu călăritate medie sunt cele aliate din sistemele Cr-Mn-Si-W-V și Cr-Mn-Si;
- cu călăritate mare sunt cele bogat aliate, ledeburitice cu 12%Cr aliate cu Mo, V, W, Ti;
- cu tenacitate mare sunt oțelurile cu 0,4...0,6%C slab aliate cu Cr, Ni, V, Si, W;
- grafitate sunt cele aliate cu 1,0...1,3%Si.

### 10.2.1. Alegerea oțelurilor pentru matrițe de ștanțare și perforare

Din această categorie fac parte poansoanele și plăcile active ale matrițelor de decupat, debavurat, ștanțat și perforat table și benzi. Caracteristicile de bază impuse acestor oțeluri sunt rezistența la uzare cuprinsă în nivelul 3...9 și tenacitatea în nivelul de calitate 1...7.

Acest fapt determină ca aceste scule să se execute dintr-o gamă largă de oțeluri, iar problema care se pune în mod deosebit este cea a prețului de cost al

materialelor și a nivelului producției care trebuie realizată ( $10^3$ ;  $10^4$ ;  $10^5$  sau  $10^6$  piese).

Sculele de ștanțare și perforare sunt solicitate puternic la compresiune, strivire, flambaj, încovoiere, oboseală și uzare.

Alegerea oțelurilor pentru scule se face în funcție de grosimea tablei sau benzii de ștanțat și perforat, de numărul de piese executate și de nivelul de complexitate al piesei, conform figurii 10.2 (există 5 nivele de complexitate: nivelul 1 - piese mici cu formă simplă, iar nivelul 5 - piese mari cu formă exterioară sau interioară foarte complicată) și de numărul de piese ce trebuie executat.

Tablele și benzile subțiri (sub 6 mm) pot fi ștanțate și perforate cu scule din oțeluri carbon, în timp ce tablele și benzile groase (sub 25mm) sunt prelucrate cu oțeluri aliate cu 12%Cr sau chiar cu oțeluri rapide.

De asemenea, dacă piesele cu nivel de complexitate mic se pot ștanța și perfora cu scule din oțeluri carbon, cele cu complexitate mare se ștanțează numai cu scule din oțeluri aliate.

Când seria de producție depășește  $10^5$  piese, se folosesc de asemenea numai scule din oțeluri aliate.

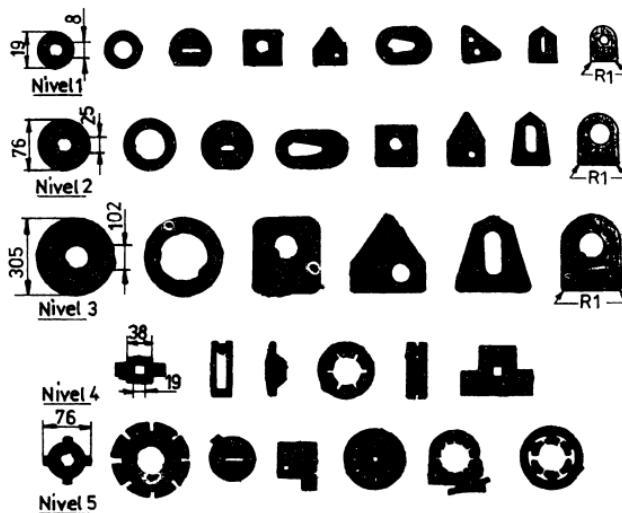


Fig.10.2. Nivelele de complexitate ale pieselor ștanțate.

Alegerea oțelurilor pentru poansoane și plăci active ale matrițelor de ștanțat și perforat în funcție de nivelul de complexitate al pieselor, de nivelul producției și de natura materialului de prelucrat, cu grosimea de 1,75 mm este

prezentată în tabelul 10.3., iar pentru dălti și poansoane în funcție de grosimea pieselor prelucrate este dată în tabelul 10.4.

*Tabelul 10.3*

**Alegerea oțelurilor pentru poansoane și plăci active destinate ștanțării și perforării**

Materialul de prelucrat	Nivelul de complexitate	Numărul de piese cu grosimea de 1,75 mm			
		1 000	10 000	100 000	1 000 000
Aliaje de cupru aluminiu și magneziu	1	OLC10...OLC25 OSC7...OSC13	OSC7...OSC13	100VMoCr52	100VMoCr52 205Cr115
	2	100VMoCr52	100VMoCr52	100VMoCr52	100VMoCr52
	3	42MoCr11	42MoCr11	100VMoCr52	100VMoCr52
	4 și 5	100VMoCr52	100VMoCr52	100VMoCr52	100VMoCr52
Oțeluri carbon și aliate de constr. și inoxidabile feritice	1	OLC10...OLC25 OSC7...OSC13	- OSC7...OSC13	- -	205Cr115 100VMoCr52
	2	-	-	-	205Cr115 100VMoCr52
	3	42MoCr11	42MoCr11	100VMoCr52	205Cr115 100VMoCr52
	4 și 5	100VMoCr52	100VMoCr52	100VMoCr52	205Cr115 100VMoCr52
Oțeluri inoxidabile austenitice	1	-	-	100VMoCr52 205Cr115	100VMoCr52 205Cr115
	2	100VMoCr52	100VMoCr52	100VMoCr52 205Cr115	100VMoCr52 205Cr115
	3	100VMoCr52	205Cr115	205Cr115	205Cr115
	4 și 5	100VMoCr52	100VMoCr52	155VMoCr115	205Cr115
Oțel arc max. 52 HRC	1; 2; 3	100VMoCr52	205Cr115	155VMoCr115	205Cr115
	4	100VMoCr52	205Cr115	155VMoCr115	205Cr115
	5	100VMoCr52	205Cr115	155VMoCr115	155VMoCr115
Tablă silicioasă cu grosimea de 0,65 mm	1	100VMoCr52	100VMoCr52	155VMoCr115	205Cr115
	2	100VMoCr52	205Cr115	205Cr115	205Cr115
	3; 4; 5	100VMoCr52	205Cr115	155VMoCr115	155VMoCr115

Tabelul 10.4

## Alegerea oțelurilor pentru poansoane și dălti

Grosimea piesei, mm	Număr de pieze			
	1 000	10 000	100 000	1 000 000
0	1	2	3	4
0,25	OSC7...OSC13	OSC7...OSC13	OSC7...OSC13	OSC7...OSC13 100VMoCr52
0,75	OSC7...OSC13	OSC7...OSC13	OSC7...OSC13	100VMoCr52
1,50	OSC7...OSC13	OSC7...OSC13	OSC7...OSC13	155VMoCr115
3,00	OSC7...OSC13 90VMn20	OSC7...OSC13 90VMn20	OSC7...OSC13 100VMoCr52	155VMoCr115 155VMoCr115
6,00	51Si17A;56Si17A 45VSiCrW20	51Si17A;56Si17A 45VSiCrW20	51Si17A;56Si17A 45VSiCrW20	155VMoCr115 Rp5
12,0	51Si17A;56Si17A 45VSiCrW20	51Si17A;56Si17A 45VSiCrW20;Rp5	51Si17A;56Si17A 45VSiCrW20;Rp5	155VMoCr115 Rp5
25,0	51Si17A;56Si17A 45VSiCrW20	51Si17A;56Si17A 45VSiCrW20;Rp5	Rp5	155VMoCr115 Rp5

Poansoanele cu diametrul sub 7 mm se execută numai din oțel rapid Rp5, iar cele cu peste 7 mm se pot executa din toate oțelurile prezentate în tabelul 10.4.

Pentru ca în timpul lucrului poansoanele pentru găurit și perforat să nu se rupă brusc, să nu se indoie, să nu se șirbească partea activă și să nu se turtească coada, trebuie să aibă o duritate care să descrească uniform și continuu de la partea activă la capătul cozii (fig.10.3).

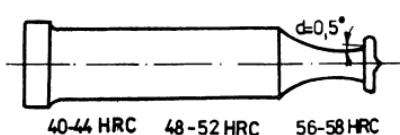


Fig.10.3. Variația durității în lungul unui poanson.

Acest lucru se realizează prin tratament termic astfel: poansoanele se călesc integral izoterm folosindu-se două medii de răcire - băi de sâruri și ulterior apă sau soluții de 5...7%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  în apă, iar pentru revenire, poansoanele se aşază vertical cu coada pe o plită

încălzită la 600...650°C, se acoperă pe 1/2 din înălțime cu nisip, se mențin până când partea activă devine portocalie (240...260°C), după care se răcesc în ulei. După acest tratament, duritatea poansoanelor din oțeluri carbon variază continuu de la 56...58 HRC la partea activă, la 40...44 HRC la coadă.

### 10.2.2. Alegerea materialelor pentru matrie de deformare la rece

Matriele pentru deformare (formare sau fasonare) la rece au ca scule active un poanson și o matriță inferioară sau un poanson și două matrie

(superioară și inferioară), solicitate puternic la uzare și soc mecanic. Principala caracteristică impusă acestor oțeluri este rezistența la uzare care trebuie să aibă nivelele de calitate 1...7. Alegerea materialelor pentru poansoane și matrițe de deformare și formare la rece se face în funcție de rezistența la uzare, de natura și grosimea materialului de prelucrat, nivelul de complexitate al piesei, calitatea suprafeței piesei, parametrii de lucru (viteză, tip de lubrificare) și nivelul producției de realizat.

La deformarea pieselor cu nivel de complexitate mic, se folosesc poansoane și matrițe din OSC8...OSC10 și numai pentru producții foarte mari (peste 1 000 000 buc) se recomandă oțelurile: 90VMn20; 45SiCrW20; 100VMoCr52; 205Cr115; 155VMoCr115. Pentru piese de complexitate medie, se utilizează oțelul 42MoCr11, iar pentru producții mari (peste 100 000 buc), se folosesc: 90VMn20; 45VSiCrW20; 100VMoCr52 și 155VMoCr115.

La formarea pieselor de complexitate mare, se folosesc matrițe inferioare din fontă cu sau fără sâmbure din 90VMn20 și poanson din 100VMoCr52.

Pentru serii foarte mari de producții, se pot folosi oțeluri carbon durificate superficial prin cromare sau scânteiere.

### 10.2.3. Alegerea oțelurilor pentru matrițe de ambutisare

Transformarea semifabricatelor plane (table) în piese cave cu diferite adâncimi se realizează cu poansoane și matrițe care sunt puternic solicitate la uzare prin frecare.

Alegerea materialelor pentru aceste scule are în vedere: nivelul producției; gradul de deformare realizat în timpul ambutisării; natura; forma și dimensiunile piesei; grosimea tablei; condițiile de lubrificare; razele de racordare a poansonului și matriței etc. Pentru piese de formă simplă se folosesc matrițe din oțeluri carbon sau aliate, iar pentru piese cu formă complexă se folosesc fonte aliate.

Recomandările pentru alegerea materialelor destinate confectionării matrițelor de ambutisare adâncă sunt date în tabelul 10.5.

*Tabelul 10.5*

#### Materiale folosite pentru matrițe de ambutisare adâncă

Materialul de prelucrat	Numărul de piese		
	10 000	100 000	1 000 000
Aliaje de cupru și aluminiu	OSC8...OSC11; 90VMn20; 105MnCrW11; fontă aliată, flamată superficial	90VMn20; 105MnCrW11; 100VMoCr52; fontă aliată flamată superficial	100VMoCr52; 155VMoCr115 cu sau fără tratament de nitrirare sau scânteiere
Oțeluri carbon și aliate	OSC8...OSC11 90VMn20; 105MnCrW11; fontă aliată, flamată superficial	105MnCrW11; 90VMn20 fontă aliată flamată sau cu inserții din 105MnCrW11	100VMoCr52; 155VMoCr115; 100VMoCr52 nitrat sau cu inserții de 155VMoCr115 sau 205Cr115

**Tabelul 10.5(continuare)**

0	1	2	3
Oțeluri inoxidabile	OSC8...OSC11; cromizate fontă aliată durificată la 480 HB	105MnCrW11 nitrurat 155VMoCr115 nitrurat 205Cr115 cu sau fără nitrurare	155VMoCr115; 205Cr115 nitrurate sau scânteiate 100VMoCr52 nitrurat sau cu inserții de 155VMoCr115

Poanoanele fiind mai puternic solicitate la uzare se execută din OSC8...OSC11; 105MnCrW11; 100VMoCr52 și 155VMoCr115, durificate (nitrurare, cromizare sau scânteiere) sau nu superficial.

#### **10.2.4. Alegerea oțelurilor pentru scule de refulare la rece**

Îngroșarea locală a semifabricatelor (refularea niturilor, șuruburilor etc.) se realizează cu ajutorul matrițelor și poanoanelor de refulare care sunt solicitate la uzare.

Poanoanele de refulare se execută din OSC8...OSC10; 45VSiCrW20; Rp3 și Rp5. Când rezistența la soc devine prioritată, se pot folosi oțelurile: 45VSiCrW20; 51Si17A; 56Si17A; 42MoCr11.

Matrițele închise și deschise monobloc indiferent de seria de fabricație se execută din OSC8...OSC10. Matrițele închise se execută din 39VSiMoCr52, iar inserțiile se execută din 165VWMoCr115, Rp5 și carburi sinterizate.

La aceste matrițe, de mare importanță este călibilitatea oțelurilor, care trebuie corelată cu dimensiunile matrițelor. Astfel, la matrițe mici, adâncimea de călire trebuie să fie de circa 2-3 mm, iar la cele mari de circa 5-7 mm.

Dacă stratul aliat este prea mic, acesta nu va rezista la compresiune, flambându-se sau chiar fisurându-se, în timp ce un strat călit prea mare, datorită fragilității martensitei, va produce ruperi bruște ale matriței. Creșterea rezistenței matrițelor la soc mecanic se poate realiza prin finisarea grăuntelui de austenită (aliere cu vanadiu și scăderea temperaturii de austenitzare).

#### **10.2.5. Alegerea oțelurilor pentru scule de filetat prin rulare**

Sculele plane și circulare de filetat prin rulare sunt supuse în general solicitării de uzare. Oțelurile din care se execută, pe lângă rezistență la uzare de nivel 6...8, trebuie să prezinte tenacitate de nivel minim 2 și stabilitate dimensională la tratamentul termic.

Filetele grosiere și fine, la productivități de sub 500 000 piese din oțeluri și aliaje neferoase, se realizează cu scule plane și circulare din 100VMoCr52 călite și revenite la 50...62 HRC, iar la productivități de sub 1 000 000 piese se folosesc oțelurile 155VMoCr115, 100VMoCr52 și Rp5, conform tabelului 10.6.

Aceste scule ies din folosință prin uzare și exfoliere. Durabilitatea lor

este influențată atât de duritate, cât și de rugozitatea suprafețelor, dimensiunile și precizia filetelui, corectitudinea fixării în mașină, poziția rectificării filetelui - înainte sau după călire și revenire.

*Tabelul 10.6*

#### **Alegerea oțelurilor pentru scule de filetat prin rulare**

Tipul sculei	Materialul de filetat	Număr de piese filetate			
		500 000		1 000 000	
		Filet grosier	Filet fin	Filet grosier	Filet fin
Plană	Oțeluri moi, aliaje de Al și Cu	100VMoCr52 50-60 HRC	100VMoCr52 57-60 HRC	155VMoCr115 60-62 HRC	155VMoCr115 60-62 HRC
	Oțeluri dure (peste 95HRC), oțeluri austenitice	155VMoCr115 60-62 HRC	155VMoCr115 60-62 HRC	155VMoCr115 60-62 HRC	155VMoCr115 Rp5 59-61 HRC
Circulară	Oțeluri moi, aliaje de Al și Cu	100VMoCr52 56-58HRC	100VMoCr52 56-58HRC	100VMoCr52 56-58HRC Rp5 59-61 HRC	155VMoCr115 165VWMoCr115
	Oțeluri dure, oțeluri austenitice	100VMoCr52 56-58HRC	100VMoCr52 56-58HRC	100VMoCr52 56-58HRC	Rp5 58-60 HRC

#### **10.2.6. Alegerea materialelor metalice pentru scule de tragere a sărmelor, barelor sau țevilor**

Operația de tragere la rece se realizează prin filiere de tragere, care sunt puternic solicitate la uzare abrazivă.

Filierele cu dimensiuni mici (sub 0,125 mm) pentru tragerea sărmelor din oțel se execută în mod curent din diamant, în timp ce filierele cu dimensiuni mai mari se execută din carburi metalice sinterizate și oțeluri aliate pentru scule: Rp5; 165VWMoCr115; 155VMoCr115 cu duritate de 62...65 HRC.

Când stabilitatea dimensională a filierei devine preponderentă, iar abraziunea este mai puțin intensă, se poate folosi oțelul 90VCrMn20, specific pentru scule de precizie.

Sărmele din cupru cu diametrul sub 1,6 mm, din aliaje de cupru, aluminiu cu diametrul sub 0,8mm, din aliaje de magneziu cu diametrul sub 0,6mm și din oțeluri inoxidabile, aliaje de titan, wolfram, molibden sau nichel, se trag prin filiere din carburi metalice sinterizate.

Filierele pentru tragerea barelor, precum și filierele și dopurile pentru tragerea țevilor la rece se execută din: OSC11 (dopuri); RUL1 (role de laminare, dormuri Pilger); 35VCr11A (calibre Pilger); OSC10, 117VCr36, carburi metalice sinterizate (filiere).

Pentru condiții mai grele de tragere a barelor și țevilor se pot folosi scule executate din: 105MnCrW11; 205Cr115; 155VMoCr115; Rp5. De asemenea, se pot folosi oțeluri nestandardizate: 90VCr10 (0,8...1% C;

0,2...0,6% Mn; 0,15...0,4% Si; 0,8...1,5% Cr; 0,2% V) și 130W37 (1,25...1,4% C; 0,1...0,4% Mn; 0,1...0,4% Si; 0,5...1% Cr; 3,5...4% V).

### **10.2.7. Alegerea materialelor metalice pentru cilindrii de laminare la rece**

Laminarea la rece a benzilor, tablelor și țeilor cu sudură longitudinală se realizează cu cilindri și role, care sunt puternic solicitate la compresiune, încovoiere și uzare. Aceste scule, trebuind să posede o duritate foarte mare în stratul superficial, rezistență mare la uzare și rizare, tenacitate mare, călăritate mare și capacitate bună de șlefuire, se execută din oțeluri cu mult carbon aliate cu crom, molibden și vanadiu: 205Cr115; RUL1; Rp3; Rp5 și din oțelul nestandardizat 86VMoCr17 (0,83-0,9% C; 1,6-1,9% Cr; 0,2-0,35% Mo și 0,05-0,15% V).

Cilindrii profilati pentru laminarea jenților auto se execută din: OLC10; OLC15; 20MnCr12 după carburare, călire dublă și revenire joasă.

Semifabricatele din care se execută cilindrii de laminare la rece se supun unui tratament preliminar format dintr-o normalizare urmată de recoacere subcritică, iar după aşchierea de degroșare se aplică o îmbunătățire, în scopul finisării și omogenizării structurii.

În final, cilindrii se supun unei căliri superficiale prin inducție, urmată de revenire joasă.

### **10.2.8. Alegerea oțelurilor pentru scule de extrudat**

Obținerea pieselor cave sau pline, prin curgerea plastică, la presarea materialului prin orificiul matriei în spațiu închis se realizează cu matrie și poanoane, care, datorită gradului de deformare mai mare (80...98%) decât la ambutisare, sunt mai puternic solicitate la uzare, compresiune și întindere. Extrudării se supun numai materialele metalice moi: oțelul moale, aluminiul, aliajele de aluminiu și de magneziu, cuprul și unele aliaje ale sale (alamă, monel, alpaca etc.).

Poanoanele pentru extrudarea directă, când materialul se deformează și se deplasează în același sens cu poansonul, sunt solicitate la compresiune, iar cele pentru extrudarea inversă sau mixtă, când materialul deformat se deplasează în sens invers poansonului, sunt solicitate atât la compresiune cât și la uzare.

Poanoanele, indiferent de materialul extrudat, se execută din 100VMoCr52 pentru serii mici de piese (sub 50 000buc) și din 165VWMoCr115 pentru serii mari de piese extrudate, ambele la durăți de 59...60 HRC.

Poanoanele cu diametre mici, solicitate suplimentar și la flambaj, se execută din oțeluri ledeburitice: 165VWMoCr115 și Rp5.

Matrițele de extrudare sunt mai ușor solicitate și doar la întindere și uzare. Pentru extrudarea aliajelor de aluminiu, matrițele se execută din OSC8...OSC10, iar pentru prelucrarea oțelurilor moi se recurge la 90VMn20 și doar pentru serii mari (peste 50 000 buc) de piese, la 100VMoCr52.

Prin aplicarea tratamentelor termice trebuie să se asigure o granulație fină (punctaj 12-11), duritate maximă și stabilitate dimensională bună a sculelor.

### 10.2.9. Alegerea oțelurilor pentru cuțite și foarfece de tăiere

Cuțitele, lamele și foarfecele de tăiere și debitare a materialelor metalice se execută din oțeluri carbon și aliate pentru scule care prezintă rezistență la uzare în clasele 2...9, tenacitatea și duritatea la cald în clasele 2...8.

Aceste scule, solicitătă la uzare și soc mecanic, pot fi monobloc sau cu lame din oțeluri pentru scule sau chiar carburi metalice sinterizate.

Pentru tăierea la rece este necesară duritate mare la sculele de tăiere, de 58...62 HRC, iar pentru tăierea la cald sunt necesare duritați mai mici, doar 38...45 HRC. Sculele de tăiere la rece care sunt puternic solicitate la soc trebuie să aibă tenacitate mare și deci duritate mai scăzută, 45...55 HRC. Durabilitatea acestor scule crește cu gradul de aliere; ea este de 20 000...30 000 tăieturi pentru oțelurile carbon pentru scule, crește la dublu pentru oțelurile aliate și crește de 5...6 ori la oțelurile ledeburitice.

În funcție de natura și grosimea materialului de tăiat și de mărimea producției, materialele metalice pentru scule de tăiere se aleg conform tabelului 10.7.

Cuțitele cu inserții de carburi metalice sinterizate se realizează prin brăzdarea lamelor pe corpu din oțel carbon sau aliat îmbunătățite.

Sculele de tăiere în medii corosive se execută din oțeluri inoxidabile martensitice: 40Cr130; 90VMoCr180 sau 45VMoCr145 (0,4...0,48% C; max. 1% Mn; max 1% Si; 13,8...15% Cr; 0,45...0,6% Mo; 0,1...0,15% V).

Tabelul 10.7

#### Materiale recomandate pentru scule de tăiere

Materialul de tăiat	Grosimea materialului, mm				
	Sub 6,5		Sub 12,5		Peste 12,5
	Serie mică	Serie mare	Serie mică	Serie mare	
0	1	2	3	4	5
Oteluri carbon și aliate cu max. 0,35%	OSC11; OSC13; 117VCr6	100VMoCr52	OSC11; OSC13; 117VCr6	100VMoCr52	51Si17A; 56Si17A; 45VSiCrW20; 42MoCr11
Oteluri carbon și aliate cu peste 0,35%	OSC11; OSC13; 117VCr6	100VMoCr52; 155VMoCr115	OSC11; OSC13; 117VCr6	45VSiCrW20	56Si17A; 51Si17A; 45VSiCrW20

Tabelul 10.7 (continuare)

0	1	2	3	4	5
Oteluri inoxidabile și refractare	OSC11; OSC13; 117VCr6	155VMoCr115	45VSiCrW20	10VMoCr52	56Si17A; 51Si17A 45VSiCrW20
Oteluri silicioase	155VMoCr115	155VMoCr115i nserții de carburi	45VSiCrW20	45VSiCrW20	-
Aliaje de aluminiu	OSC11; OSC13; 117VCr6	100VMoCr52	OSC11; OSC13	117VCr6	51Si17A; 56Si17A 45VSiCrW20 42MoCr11
Aliaje de titan	155VMoCr115	155VMoCr115	-	-	-

Obs. Tablele silicioase cu grosimi de peste 6,5 mm se debitează la circa 250°C.

Sculele de taiere la cald se execută din oteluri aliate, ca 39VSiMoCr52; 36VSiWMoCr53, și pentru cazuri deosebite, din 30VCrW85. Taierea la cald a oțelurilor inoxidabile feritice și austenitice se face numai cu scule din Rp3 la o duritate de 60 HRC.

### 10.2.10. Alegerea oțelurilor pentru dălti și scule pneumatice

Dăltile și sculele acționate pneumatic sunt puternic solicitate la soc mecanic, iar scoaterea lor din uz se face frecvent prin spargere, strivire sau uzarea părții active.

Caracteristica principală a oțelurilor pentru aceste scule fiind tenacitatea, ele se execută din oțeluri carbon și aliate cu siliciu, vanadiu, crom, wolfram.

Oțelurile recomandate sunt: 45VSiCrW20; 51Si17A; 56Si17A și 42MoCr11 (acesta din urmă are rezistență minimă la uzare).

Sculele cu diametrul sub 25 mm, solicitate puternic la soc și uzare, dar mai puțin la strivire (compresiune), se execută din: 12TiMnCr12, 13CrNi30 carburate, călitate și rețe la 200°C.

Dăltile pentru ciocane pneumatice se execută din OSC7...OSC10, care având călabilitate mică, au tenacitate și rezistență la uzare bune.

Dăltile folosite pentru taierea materialelor dure se execută din Rp5 și Rp3.

Căpuitoarele pneumatice se confectionează din 55MoCrNi16, iar cele hidraulice din 30VCrW85, care posedă rezistență foarte mare la strivire și uzare.

### **10.3. Alegerea materialelor metalice pentru scule de prelucrare la cald**

Prelucrarea materialelor metalice la cald, prin forjare liberă sau în matriță, presare, extrudare, tragere, laminare, tăiere, turnare în cochilă și sub presiune, se realizează cu scule din oțeluri aliate caracterizate prin: tenacitate mare la cald, duritate și rezistență mari la cald, rezistență la soc termic, stabilitate structurală la cald, conductibilitate termică mare și sensibilitate mică la fisurare la cald.

Principalele cauze de scoatere din uz a acestor scule sunt ruperea și uzarea.

Alegerea oțelurilor pentru scule de prelucrare la cald este o problemă deosebit de complexă datorită condițiilor specifice de exploatare. Astfel se explică de ce un anumit tip de sculă se poate executa din unul, două sau mai multe oțeluri.

Alegerea oțelurilor pentru scule de prelucrare la cald se face ținându-se seama de : tipul și nivelul solicitărilor; contactul îndelungat al sculei cu materialul cald care se prelucrează; încălziri și răciri alternate ale suprafețelor de lucru și de uzura de frecare. În aceste condiții, oțelurilor pentru scule le sunt impuse următoarele niveluri de caracteristici: rezistență la uzare 2-6; tenacitatea 4-9; duritatea 5-8.

Pentru ca sculele de prelucrare la cald să se comporte foarte bine în exploatare, trebuie să nu prezinte concentratori de eforturi din proiectare și construcție, să posede o structură și o stare tensională adecvate, să se preîncâlzească înainte de lucru și să se asigure răcirea uniformă în timpul lucrului.

#### **10.3.1. Alegerea oțelurilor pentru matrițe de deformare plastică la cald**

Matrițele utilizate pentru deformarea plastică la cald pot fi monobloc sau din componente amovibile.

Părțile active ale matrițelor compuse sau matrițele monobloc se execută din oțeluri care au stabilitate mare la cald până la 650...700°C, tenacitate mare, rezistență mare la oboseală termică, rezistență la oxidare sub sarcină, susceptibilitate mică la deformare, aşchiabilitate bună și capacitate bună de slefuire.

Matrițele pentru prese nu sunt solicitate mecanic la soc, ele lucrează în contact cu materialul cald un timp îndelungat (0,1...0,4s), ceea ce determină încălzirea părților active, până la 650...700°C, în timp ce matrițele pentru ciocane sunt solicitate la soc mecanic, stau în contact cu materialul de prelucrat un timp scurt (0,001...0,006 s), iar temperatura suprafețelor active atinge

500...550°C.

După tratamentul termic final, părțile active ale matrițelor au duritatea de 45...50 HRC.

Matrițele monobloc pentru ciocane se execută din oțeluri cu călăritate mare, care asigură o structură cât mai uniformă în volumul lor: 55MoCrNi16; 55VMoCrNi16; 55VMoCrNi17 și 57VMoCrNi17. Matrițele monobloc cu dimensiuni foarte mici se tratează termic, astfel încât duritatea locașurilor active să fie de 50...52 HRC, matrițele mici au 40...45 HRC, cele cu dimensiuni medii au 36...40 HRC, iar cele cu dimensiuni mari au durată de 35...38 HRC. Matrițele care necesită durată relativ mici, sub 40 HRC, suportă prelucrarea finală a locașurilor după tratamentul termic final.

Matrițele mijlocii și mari cu durată sub 40 HRC se pot recondiționa după uzare, prin restabilirea geometriei și dimensiunilor locașurilor prin aşchiere, urmată de călăre și revenire.

Zonele de prindere a matrițelor (coada de rândunică) fiind puternic solicitate la soc se revin la temperaturi mai înalte, în vederea obținerii unor durări mai mici 33...37 HRC pentru matrițele mici și mijlocii și de 25...30 HRC pentru matrițele mari.

Matrițele destinate deformării plastice la cald pe ciocane a materialelor metalice cu deformabilitate redusă, fiind puternic solicitate la strivire (compresiune), întindere și încovoiere, se execută din oțeluri cu tenacitate mai mare: 36VSiWMoCr53; 39VSiMoCr52 și 40VSiMoCr52, călăre și revenite la 45...48 HRC. Tot din aceste oțeluri se execută și matrițele monobloc pentru ciocane, care lucrează în condiții de deformare plastică cu viteză mare, când partea activă se încălzește la 550...625°C. Aceleași oțeluri se folosesc și pentru matrițele folosite la refuzare.

Matrițele și dormurile folosite pentru deformare plastică la semicald (700...800°C), fiind puternic solicitate la uzare, se execută din oțeluri rapide Rp5 călăre și revenite la 56...62 HRC.

În scopul evitării pericolului de aderență a materialului de deformat la suprafața activă a matrițelor, acestea se feroxează (în abur supraîncăzit) pentru a se acoperi cu o peliculă de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Matrițele utilizate pentru presare ca și celealte scule pentru ambutisare, trefilare, laminare și tragere la cald, fiind în contact mai îndelungat cu materialul cald, deci încălzindu-se la temperaturi de 650...750°C, se execută din oțelurile: 36VSiWMoCr53; 39VSiMoCr52; 40VSiMoCr52 și 31VMoCr29 călăre și revenite la 47...52 HRC.

Matrițele folosite la deformarea prin presare a oțelurilor și aliajelor refractare se execută din 30VCrW85. Același material este indicat și pentru dormuri de prelucrare a aliajelor de cupru și aluminiu.

Când sculele de deformare la cald sunt supuse la temperaturi de peste 900...950°C, acestea se execută din oțeluri refractare.

Cilindrii de laminor se pot executa din aceleasi oțeluri ca și matrițele pentru prese sau din fontă cenușie la interior cu o crustă dură din fontă albă aliată la exterior. De asemenea, pot avea partea activă din carburi metalice sinterizate aplicate prin brazare.

### **10.3.2. Alegerea oțelurilor pentru scule de rulare a filetului la cald**

Aceste scule sunt puternic solicitate mecanic la soc și termic la 600...1 100°C.

Când temperatura la care se încălzesc aceste scule este de 600...700°C, în general la filetarea exterioară, tenacitatea oțelurilor prevalează asupra șocului termic și sculele se execută din: 36VSiWMoCr53; 39VSiMoCr52; 40VSiMoCr52; 31VMoCr29 călăre și revenite la 46...48 HRC. În scopul creșterii rezistenței la uzare, deci a durabilității, aceste scule se pot supune unui tratament termochimic de nitrurare în gaz sau plasmă. Când temperatura de încălzire a sculelor de rulat filet este de 700...1 100°C (la filetarea interioară), șocul termic devine preponderent față de șocul mecanic, iar solicitarea la uzare este mai puternică. Oțelul indicat în acest caz este de 30VCrW85 călit și revenit la 50...52 HRC.

### **10.3.3. Alegerea oțelurilor pentru scule de tăiere la cald**

Foarfecele, cuțitele și dăltile pentru tăiere și decupare la cald sunt puternic solicitate la temperatură și la soc mecanic.

Sculele de tăiere și decupare la cald solicitate la temperaturi de 400...600°C se execută din oțelurile: 39VSiMoCr52; 40VSiMoCr52; 36VSiWMoCr53 călăre și revenite la 48...53 HRC. Pentru aceste scule de formă plată și cu secțiune relativ uniformă, se poate aplica un tratament termomecanic la temperatură înaltă (ausforming) sau joasă (marforming) care finisează structura martensitică. Pentru condiții de solicitare termică mai puternică (peste 600°C) se recomandă oțelul 30VCrW85, caracterizat prin duritate și rezistență la uzare mai mari.

Creșterea substanțială a rezistenței la cald a acestor scule se poate realiza prin depunerea prin sudare a unui strat de oțel austenitic aliat cu 18%Cr, 8%Ni și 6%Mn.

### **10.3.4. Alegerea oțelurilor pentru scule de turnare sub presiune și matrițare în stare lichidă**

Cochilele și matrițele ce vin în contact îndelungat cu materiale metalice topite sunt puternic solicitate termic, chimic și mecanic.

Frecvent cu aceste scule se toarnă și se mărițează aliaje neferoase pe bază de zinc, magneziu, aluminiu, cupru și mai rar aliaje feroase. Aceste scule se realizează din oțelurile: 36VSiWMoCr53; 39VSiMoCr52; 40VSiMoCr52 și 30VCrW85, călitate și revenite la 45...49 HRC. În funcție de natura materialului prelucrat, aceste scule se încălzesc la temperaturi de 350...400°C la turnarea sau mărițarea aliajelor de zinc, la 500...600°C la prelucrarea aliajelor de magneziu și aluminiu și la temperaturi de peste 700°C la turnarea aliajelor pe bază de cupru și a aliajelor feroase (fonte și oțeluri).

Pentru a reduce aderarea materialelor metalice topite la suprafețele cochilelor și mărițelor și pentru a împiedica dizolvarea fierului din stratul superficial, în special, în aluminiu, după tratamentul termic final, se aplică acestor scule tratamente termochimice de nitrurare sau carbonitruare la temperaturi joase.

În același scop, se folosesc pentru cochile și mărițe de prelucrare a aliajelor de aluminiu și de cupru, oțeluri refractare cu puțin carbon (0,2%C) și oțeluri aliate cu 9%Cr; 6%W; 0,3%Mo; 0,8%V.

Sculele care au dimensiuni mici și pereti subțiri și care necesită durabilități mari se confectionează din oțeluri tip maraging (0,05%; 15...18%Ni; 8...9% Co; 4-5% Mo; 0,6 Ti; 0,3% Al).

Sculele pentru turnarea sub presiune și mărițarea aliajelor feroase, care se încălzesc la temperaturi de peste 1 000°C, se execută din aliaje pe bază de molibden.

Recomandări de alegere a oțelurilor pentru câteva tipuri de scule folosite la prelucrarea materialelor metalice la cald sunt prezentate în tabelul 10.8.

*Tabelul 10.8*

**Scule pentru deformare plastică la cald și oțeluri recomandate**

Tipul sculei	Oțeluri recomandate
0	1
Berbec de ciocan	205Cr115
Tijă de ciocan	40Cr10; 34MoCrNi16
Nicovale mici	OSC7; 35MnSi13
Nicovale mijlocii și mari	55MoCrNi16; 57VMoCrNi17
Nicovale inferioare netede și profilate	OSC8; RUL1; 55MoCrNi16
Mărițe pentru ciocane	55MoCrNi16; 55VMoCrNi17; 90VCrMn20; 36VSiWMoCr53
Mărițe de îndreptare	55MoCrNi16; 57VMoCrNi17
Mărițe de calibrare	55MoCrNi16; 55VMoCrNi16
Forfecă, cuțite de decupat	OSC8; OSC10; 105CrW20; 39VSiNoCr52; 30VCrW85
Scule de refulare la cald nituri, suruburi, piulițe	55MoCrNi16; 55VMoCrNi17
Mărițe pentru refularea supapelor	30VCrW85

Tabelul 10.8 (continuare)

0	1
Împingătoare pentru piese forjate	30VCrW85; 55VMoCrNi17
Blocuri pentru matrițe cu inserții	40Cr10; OLC45
Scule de forjare și presare la cald	55MoCrNi16
Insertii	
- de strângere	55MoCrNi16; 31VMoCr29
- de gâtuire	30VCrW85; 45VSiCrW20
- de formare	40VSiCrW20; 30VCrW85
- de adâncime și de tăiere	40VSiCrW20; 30VCrW85; 100VMoCr52
- de debavurare	100VMoCr52
Poansoane	
- de imprimare	100VMoCr52; 55MoCrNi16; 55VMoCrNi16
- de formare	30VCrW85; 100VMoCr52
- perforatoare	30VCrW85; 45VSiCrW20
- de adâncime	40VSiMoCr52; 100VMoCr52
- de debavurare	100VMoCr52
- de împingere	OLC45; 40Cr10
Suportul poansoanelor	OLC45; 40Cr10
Dornuri de inserție	30VCrW85; 45VSiCrW20
Scule pentru laminare stossbank	
- matrițe de perforare	fontă aliată cu 0,05-0,25% V
- dorn de perforare	55VMoCrNi17; 57VMoCrNi17
- lineale elongatoare	T105SiNiCr315
- dorn de laminare	57VMoCrNi17; 36VSiWMoCr53
Scule de extrudare	
- inel intermediar	36VSiWMoCr53
- matrițe pentru extruziunea la cald a neferoaselor	36VSiWMoCr53
- filiera și inel de presare	30VCrW85
- postfilieră	39VSiMoCr52
- poanson	55VMoCrNi17
- dorn de extrudare	34MoCrNi16; 40VSiMoCr52; 36VSiWMoCr53
Scule de trefilare și tragere la cald	36VSiWMoCr53; 40VSiMoCr52; 31VMoCr29
Cilindri de laminor	39VSiMoCr52; 36VSiWMoCr53; 40VSiMoCr5 2 fontă cu crustă dură
Scule plane și cîrculare de filetat	36VSiWMoCr53; 40VSiMoCr52; 30VCrW85; 31VMoCr29
Cochile de turnat sub presiune	36VSiWMoCr53; 39VSiMoCr52; 40VSiMoCr5 230VCrW85
Matrițe de turnat sub presiune metalică usoare	39VSiMoCr52

#### **10.4. Alegerea materialelor metalice pentru scule de măsurare și verificare**

Sculele pentru măsurat și verificat (calibre tampon, inele, potcoavă, şabloane, plăci, prisme, rigle, echere, şublere, micrometre, cale plan paralel etc.) vin în contact cu suprafetele pieselor la care măsoară și verifică dimensiunile și forma, în diferite stadii de prelucrare sau în stare finită și în timp se uzează și rizează.

Otelurile pentru astfel de scule trebuie să prezinte: rezistență la uzare și rizare mare (duritate mare); stabilitate dimensională și de formă mari (coeficient mic de dilatare în domeniul 10...30°C); capacitate bună de șlefuire; calibilitate mare; rezistență bună la oxidare și coroziune.

Aceste caracteristici sunt realizate atât prin compoziție chimică, cât mai ales prin prelucrare termică.

În general, se folosesc oțeluri carbon și aliate pentru scule de prelucrare la rece, din categoria celor pentru aşchieri și deformare la rece, oțeluri carbon și aliate de cementare și îmbunătățire.

Uneori, părțile active ale unor scule de precizie (ciocurile șublerelor, capetele tijelor micrometrelor, palpatorul ceasurilor comparator etc. se execută din oțeluri rapide sau din carburi metalice sinterizate.

După tratamentul termic final, în structura acestor oțeluri trebuie să fie o cantitate cât mai mică de austenită reziduală, motiv pentru care se recurge frecvent la aplicarea unor călări criogenice la -70°C imediat după călărea în ulei, urmate de reveniri joase 2...3 h la 120...125°C (ciclul se poate repeta de 2...3 și chiar de până la 6 ori. După acest tratament, se aplică șlefuirea primară urmată obligatoriu de o detensionare prin îmbătrâniere de 4...10 h la 100...135°C. După călăre, nu se admite peste 3...5% bainită în structură.

Calibrele de înaltă precizie, etaloanele, șublerele, calele plan-paralele și micrometrele se execută din: 90VMn20; 105MnCrW11; 90VCrMn20; 165VWMoCr115; 155MoVCr115; 205Cr115.

Calibrele cu dimensiuni mai mici, din clasele de precizie medie, se pot executa din RUL1, iar calibrele de formă relativ simplă, de mică precizie, se execută din OSC10 și OSC11.

Sculele de măsurat și verificat cu configurație simplă, cu dimensiuni mari și în clase inferioare de precizie (şabloane, echere, colțare, rigle, linii, scoabe, calibre de formă, profile etc.) se execută din oțeluri de cementare pentru construcții de mașini: OLC10; OLC15; OLC20; 15Cr9; 18MnCr11; 18CrNi20 cementate la 0,3...1,5 mm strat, călăre pentru miez și pentru strat și revenite 1-3 h la 150...180°C. Nu sunt necesare tratamente criogenice.

După șlefuirea preliminară se îmbătrânesc 6...9 h la 120...130°C.

Sculele plane (linii, rigle, şabloane, colțare, vincluri etc.) se pot executa din oțeluri pentru îmbunătățire: OLC50; OLC55, călite, revenite jos și îmbătrânite.

### 10.5. Alegerea materialelor metalice pentru scule de prelucrare a materialelor nemetalice

În această categorie intră sculele de prelucrare a lemnului, materialelor plastice, materialelor de natură anorganică, substanțelor de natură organică și scule pentru minerit.

Sunt scule pentru tăiere, aşchiere, cioplire, sfărâmare, presare, arat etc. solicitate la uzură, la soc mecanic, la strivire, la soc termic etc.

Alegerea oțelurilor pentru aceste tipuri de scule se face conform recomandărilor date în tabelul 10.9.

*Tabelul 10.9*

**Alegerea oțelurilor pentru scule de prelucrare a materialelor nemetalice**

Tipul sculei	Oțeluri recomandate
0	1
<b>Scule pentru prelucrarea lemnului</b>	
Topoare, securi	OSC7; OSC8; OSC10; 117VCr6
Scule și topoare pentru cioplit	OLC60; OSC7
Dalți cu diverse forme	OSC7; OSC8; 130W37; 117VCr6
Ferăstraie de mână	OSC7; OSC8; OSC10; 117VCr6; RUL1; 165VWCr115
Ferăstraie pentru gater	117VCr6; OSC10; 155VMoCr115; 5VSiCrW20
Ferăstraie bandă și circulare	OSC8; OSC8M; OSC10; 117VCr6; RUL1
Ferăstraie lanț	RUL1; 117VCr6
Cuțite - de strung	OSC10; OSC13; RUL1; 205Cr115; Rp5; Rp9; Rp10; 56Si17A
- de rindea	OSC10; RUL1; 100VMoCr52
- de cojît	OSC10; 40Cr10; 105CrW20
- pentru esențe tari	Rp5; Rp9; Rp10
- pentru netezit	205Cr115; 165VMoCr115
Freze	OSC7; OSC10; 205Cr115; RUL1; 105CrW20; 45VSiWCr20; Rp9; Rp10
Teșitoare	OSC8; 117VCr6
Sfredele (burghie de mână)	OLC45; OLC60
Burghie de mașină cu capacitate mică	OLC60; OSC7; OSC10; 117VCr6
Burghie de mașină cu capacitate mare	105CrW20; RUL1; Rp3

Tabelul 10.9 (continuare)

0	1
Scule diverse pentru tâmplărie	OSC7; OSC8; RUL1; 117VCr6; 165VWMoCr115
<b>Scule pentru prelucrarea materialelor plastice</b>	
Matrițe monobloc și compuse cu dimensiuni mici (sub 50mm) și de serie mare	OSC7; OSC8; OSC10
Idem, pentru serie mică	OLC10; OLC15
Matrițe mijlocii (până la 120mm) pentru turnare sub presiune; de serie mare	18MnCr11; 15Cr9; 18CrNi20; 21TiMnCr12;
Matrițe pentru injectat	OSC7; OSC8; OSC8M; 45VSiCrW20; 205Cr115; 165VWMoCr115
Scule pentru turnarea sub presiune, de dimensiuni mici	205Cr115; 55VWMoCrNi17; 90VMn20
Scule de dimensiuni mari, autocălibile	205Cr115; 105CrW20
Scule de formă complexă solicitate la uzare	39MoAlCr15 nitrurat; 30MoCrNi20
Matrițe și poanoane de ștanțat materiale plastice durificate	105CrW20; 90VMn20; 100VMoCr52; 155VWMoCr115; 205Cr115
Matrițe și poanoane de ștanțat materiale plastice nedurificate	OLC10; OSC8; OSC10; 105CrW20; 90VMn20; 100VMoCr52; 155VWMoCr115; 205Cr115
Matrițe puternic solicitate la uzare	40VSiMoCr52
Matrițe puternic solicitate la presiune	165VWMoCr115
Matrițe puțin solicitate la uzare	OLC50; OLC55; 65Mn10
Matrițe care lucrează în medii corosive	40Cr130; 5NiCr180; 10TiNiCr180
<b>Scule pentru prelucrarea materialelor de natură organică</b>	
Scule pentru presat cauciuc	
- pentru capacitatea mică	OLC10; 15Cr9
- pentru capacitate mare	205Cr115; 90VMn20
Cuțite pentru tăiat cauciuc și hârtie	OSC10; OSC11
Cuțite pentru tăiat ebonită, piele, tutun	OSC11; 105CrW20; 130Cr37; 205Cr37; 205Cr115; 165VWMoCr115
Cuțite solicitate dinamic pentru tăiat hârtie, cauciuc etc.	45VSiCrW20; OSC8; OSC10; 42MoCr11; 100VMoCr52; 155VWMoCr115
Cuțite pentru pâine	OSC7; OSC8; 40Cr130
Cuțite pentru menaj	OSC11; OSC13; 40Cr130
Cuțite pentru carne	OSC10; 40Cr130
Ascuțitoare pentru cuțite	OSC11; OSC13; RUL1; 130Cr37
Bisturie și scule medicale ascuțite	OSC10; OSC11; OSC13; RUL1; 105CrW20; 40Cr130
Bricege pentru altotit	RUL1; 12Cr130; 20Cr130; 90VMoCr180
Bricege diverse	OSC13; RUL1
Cazmale	OLC45; OLC60
Lame de buldozer, dinți de excavatoare	T105Mn120; T130Mn135; T100CrMn130

Tabelul 10.9 (continuare)

0	1
Lame de plug	OSC10
Tâlpi de plug	OLC45; OLC55
Colți de grape	OL70
Coase și secere fără dinți	OSC7; OSC8; OSC10
Secere cu dinți	OLC45; OSC7; OSC8
Cuțite pentru tocata furaje	OLC45; OSC7; OSC8
Cuțite pentru tocata legume	OSC10; 20Cr130; 40Cr130
<b>Scule pentru prelucrarea materialelor anorganice</b>	
Forme pentru turnarea sticlei	T130Mn135; T130MoMn130; 45VSiCrW20; 165VWMoCr115; 205Cr115; Rp5; Rp9; Rp10
Matrie pentru sticle și porțelan	20Cr130; 40Cr130
Cuțite pentru tăiat sticlă și porțelan	OSC11; 105CrW20; 130CrW37; 205Cr115; 165VWMoCr115
Cuțite pentru strunjit marmoră	OSC13; 205Cr115; 130CrW37; Rp5, carburi metalice
Ferăstraie circulare	OSC7; OSC8, diamante sintetice
Burghie pentru piatră dură	OSC10
Burghie pentru piatră foarte dură	OSC11; OSC13; RUL1, carburi metalice
Dălti pentru piatră moale	OSC7
Dălti pentru piatră dură și semidură	OSC8; OSC13
Ciocane pentru mori	OSC8; OSC10
Ciocane pentru pietrar	OSC13; 130CrW37
Ciocane pentru sfărâmat	OLC45; OLC60
Valuuri de mori și blindaje	130Cr37
Grătare pentru concasare	OSC7; OSC8
Scule pentru prelucrarea granitului și marmorei	OSC10; 205Cr115; 165VWMoCr115
Bile pentru mori de ciment	OSC7; OSC8; fontă albă aliată
Bile pentru măcinarea caolinului	205Cr115; 165VWMoCr115
<b>Scule pentru minerit</b>	
Dălti	OSC8; RUL1
Târnăcoape	OLC60; OSC7
Pene de despicate	OLC45; OSC7
Burghie	OSC7; OSC8
Burghie pentru pământ	OSC7
Coroane de găurit	
- pentru piatră dură	205Cr115; Rp5; Rp3; Rp1
- pentru piatră semidură	OSC8; OSC7; OSC10
Capete amovibile pentru burghie	105CrW20; Rp5; Rp1
Dălti pentru ciocane pneumatice	OSC7; OSC8; 45VSiWCr20
Freze pentru foraj	205Cr115; Rp5; Rp3; carburi metalice, diamante

## **10.6. Etapele alegerii materialelor metalice pentru scule**

*Date de bază privind scula.* Din desenul de execuție în cazul proiectării sculelor sau în funcție de natura operației și a materialului de prelucrat, în cazul utilizării sculelor, se stabilesc: natura, complexitatea și tipul sculei, forma părții active, dimensiunile, modul de fixare pe mașina-unealtă, seria producției și tipul mașinii-unelte pe care va lucra scula.

*Date privind operația efectuată de sculă.* Se stabilesc: natura operației, natura, marca și caracteristicile materialului care urmează a fi prelucrat, condițiile de lucru, temperatura, parametrii regimului de lucru (viteza, avansul, numărul de cicluri etc.), răcirea sculei, durabilitatea aproximativă (numărul de piese la care se schimbă sau se recondiționează scula, forma, dimensiunile, toleranțele și abaterile piesei înainte și după efectuarea operației, productivitatea și prețul de cost al operației.

*Condiții de execuție a sculei:* sculă monobloc, cu inserții înlocuibile sau cu materiale diferite pentru partea activă și partea de fixare, seria de execuție a sculei, tipul fluxului de fabricație și natura mașinilor-unelte pe care se va executa scula proiectată, posibilități de sudare prin presiune, posibilități și utilaje de tratament termic, termochimic, termomecanic etc.

*Alegerea naturii și clasei materialelor pentru sculă.* În funcție de informațiile de la etapele de mai sus și pe baza principalului criteriu de alegere, se stabilește materialul din care se va executa scula sau partea activă a acesteia: oțel carbon pentru scule, oțel aliat pentru scule, oțel bogat aliat pentru scule (rapid), plăcuțe metalo-ceramice sinterizate, pastile mineralo-ceramice sinterizate, nitrură cubică de bor, diamante artificiale sau naturale.

Când scula prezintă inserții înlocuibile sau se execută din mai multe materiale îmbinate prin sudare, brazare sau cu prindere mecanică, se stabilește clasa și natura materialelor pentru fiecare parte componentă a sculei, precum și modul de imbinare.

*Alegerea mărcii de material și a tratamentului termic adevarat.* După stabilitatea naturii și clasei materialelor din care se poate executa scula, se stabilește cu precizie marca de oțel sau de material pentru sculă monobloc sau pentru fiecare parte componentă a sculei, care să satisfacă toate cerințele de la etapele anterioare. De asemenea, se stabilesc tratamentele termice preliminare și finale aplicate sculei.

De exemplu, alegerea materialului pentru execuția unei freze cilindro-frontale (deget) parcurge etapele: A) - Freza este o sculă aşchieatoare care are diametrul de 40 mm, lungimea părții active de 60 mm, este destinată prelucrării oțelurilor de construcții pe freze universale cu cap vertical, este fixată cu con Morse nr.4. B) - Freza va executa suprafețe plane, de lățime 45 mm, pe o lungime de 60 mm pe capetele cilindrice ale unor arbori din OLC45 îmbunătățit la 205 HB, în serie mică, la viteza de aşchiere de 18 m/min, cu avansul de 0,3 mm/rot, în prezența răciri cu emulsie. Reascuțirea frezei este planificată după

400 de piese. C) - Freza se execută în serie mică pe mașini universale într-o scularie, cu partea de fixare (coadă) dintr-un oțel obișnuit sudat de partea activă a frezei prin frecare și presiune. Dintii frezei se realizează prin frezare elicoidală. Există posibilități de tratament termic în băi de săruri. D) - Din calculul de rezistență rezultă că în zona de trecere de la partea activă la coadă, tensiunile introduse de forțele de aşchieri sunt mici și se poate alege soluția de îmbinare a celor două părți prin sudare prin presiune. Pentru partea de fixare se alege clasa de oțeluri carbon de calitate. Întrucât regimul de aşchieri nu este intensiv și există posibilități de răcire în timpul lucrului, pentru partea activă se va alege clasa de oțeluri rapide, care pot fi îmbinate cu oțeluri carbon prin sudare prin presiune. E) - Deoarece freza cilindro-frontală lucrează în condiții de productivitate medie, în condiții de răcire, a unui material cu duritate relativ mică, neabraziv, se alege oțelul rapid economic Rp9-STAS 7382-88, iar pentru partea de fixare, oțelul OLC45-STAS 880-88. Partea activă se va călă în băi de săruri de la 1 200°C în ulei, apoi, se va reveni de trei ori la 540°C cu răcire în aer. Se va imersa în baia de sare numai partea activă, menținându-se la temperatura finală 8-10 s/mm grosime, iar în ulei se va răci integral.

Alegerea materialelor pentru o matriță monobloc sau cu inserții, de deformare la cald a unei bucăți cu flanșă (fig.10.4), parcurge etapele:

A) Matrița poate fi monobloc sau cu inserții, este destinată deformării plastice la cald prin presare, cu prindere pe presă prin coadă de rândunică. Operația se realizează pe o presă hidraulică verticală de 3 000 tf, iar producția de bucăți este de serie mare (30 000buc).

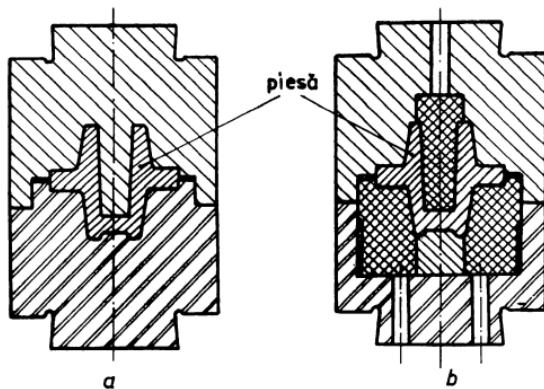


Fig. 10.4. Matrițe pentru deformare plastică la cald prin presare a unei bucăți cu flanșă:

- a - monobloc;
- b - cu inserții.

B) Bucăță cu diametrul de 140 mm, înălțimea de 200 mm, diametrul flanșei de 220 mm, diametrul găurii de 100 mm, înălțimea găurii de 150 mm și grosimea flanșei de 30 mm, este din OLC35, semifabricatul fiind cilindric provenit din bară de oțel rotund laminat la cald. Temperatura de încălzire pentru deformare este 1 200...1 250°C, lotul de piese este de 600 buc, iar capacitatea

cuptorului de încălzire, de 100 buc. Bucșa se execută dintr-o singură mișcare a presei. Bucșa este de complexitate mare.

C) Matrița se execută în condiții de unicat într-o scularie unde există condiții de tratament termic în atmosferă controlată.

D) În ambele soluții constructive - monobloc sau cu inserții, matrița se execută cu două părți - inferioară și superioară - din oțeluri aliate pentru scule de deformare la cald. Oțelul din bucșă nu are duritate mare, condițiile de solicitare a matriței sunt relativ ușoare, temperatura de încălzire a matriței în timpul lucrului este de 700...750°C. Rezultă că solicitarea de bază a matriței este de uzare la cald, în special partea care realizează gaura bucșei.

E) Având în vedere complexitatea mare a piesei de realizat (4...5), numărul de peste 10 000 de piese și solicitările de bază care intervin, se va alege în varianta -matriță monobloc, marca de oțel 57 VMoCrNi17, iar în varianta - matriță cu inserții de înlocuire (inel și dorm) se va alege, pentru aceasta, marca 36VSiWMoCr53, iar pentru restul matriței 55MoCrNi15 (oțel mai economic).

Tinând seama de solicitările mari la uzură și la temperatura din zona centrală a matriței, este preferabilă soluția constructivă cu inserții.

Tratamentul termic de călire în masă și revenire trebuie să asigure duritatea de 370...385 HB.