

ADRIAN ALEXANDRU

DANIELA CHICET

PROPRIETĂȚILE ȘI ALEGEREA MATERIALELOR

ALEGEREA ȘI UTILIZAREA MATERIALELOR METALICE

ÎNDRUMAR DE LABORATOR

Referenți:

prof.univ.dr.ing. ROMEU CHELARIU

prof.univ.dr.ing. SERGIU STANCIU

CUPRINS

pag.

| | |
|--|-----|
| 1. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru construcții metalice portante | 7 |
| 2. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru caroserii auto | 18 |
| 3. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru cazane energetice | 25 |
| 4. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru roți dințate | 34 |
| 5. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru rulmenți | 43 |
| 6. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru organe de asamblare (șurub – piuliță) | 51 |
| 7. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru elementele tăietoare ale excavatoarelor | 57 |
| 8. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru supapele motoarelor cu ardere internă | 66 |
| 9. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru scule așchietoare | 75 |
| 10. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru ustensile de bucătărie | 84 |
| 11. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru instrumentarul medical | 94 |
| 12. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru aparatele dentare ortodontice fixe – arcurile dentare | 103 |

BIBLIOGRAFIE

1. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru construcții metalice portante

1. Scop.

În cadrul acestei lucrări se vor discuta criteriile care stau la baza alegerii materialelor metalice utilizate la realizarea construcțiilor metalice portante pentru construcții civile, industriale, agrozootehnice, poduri, instalații de ridicat și transportat, platforme marine etc.

2. Noțiuni introductive.

Majoritatea construcțiilor metalice se execută prin sudare din oțeluri de construcție obișnuite sau cu destinație precisă, pentru funcționarea în aer liber și în condițiile atmosferice specifice unei anumite zone.

Principalele criterii de alegere pentru materialele pentru construcții metalice sunt:

- rezistența;
- rigiditatea;
- stabilitatea construcției.

Solicitările de bază la care sunt supuse structurile portante sunt:

- a) de întindere;
- b) de încovoiere;
- c) de compresiune;
- d) solicitări variabile.

Pentru cazul solicitărilor de încovoiere și de compresiune trebuie ținut cont de stabilitatea la flambaj și la voalare asigurate de coeficientul de zveltețe, care în cazul materialelor rigide este mai mic decât 10. Din aceste motive sunt necesare pentru construcțiile metalice materiale cu caracteristici superioare de rezistență și utilizarea unor profile de tip L, U, I, C, Z, omega, cruce sau țevi cu secțiune circulară pătrată sau dreptunghiulară în locul celor cu secțiune circulară plină.

Prezența solicitărilor la oboseală la construcțiile sudate presupune proiectarea construcțiilor pentru durate de viață limitate, alegerea materialelor în acest caz fiind diferită și în funcție de temperatura de exploatare: în cazul temperaturilor cuprinse între $-50 \div 400^{\circ}\text{C}$ nu apar probleme deosebite, în schimb dacă temperatura este sub -50°C , trebuie să se țină seama de tranziția de la ruperea ductilă la cea fragilă.

Evitarea ruperilor fragile se face prin aplicarea metodei standardizate a coeficientului periculozitate G (1) care ține seama de următorii factori de influență:

- natura și severitatea condițiilor de solicitare;
- importanța elementului de construcție;
- temperatura de exploatare și grosimea produsului.

$$G = K \cdot S \cdot B, \quad (1)$$

unde:

~ K – factor constructiv, căruia i se alocă următoarele valori: 0,5 – structuri nituite, 1 – grinzi cu zăbrele, 1,4 – grinzi cu inimă plină și elemente cu plăci rigidizate;

~ S – factor de importanță, căruia i se alocă următoarele valori: 0,5 – elemente care nu aparțin sistemului de rezistență și a căror defectare nu afectează construcția; 0,8 – elemente care nu aparțin sistemului de rezistență dar a căror defectare afectează construcția; 1 – elemente care aparțin sistemului de rezistență;

~ B – factor de solicitare, căruia i se alocă următoarele valori: 0,5 – elemente solicitate la compresiune și elemente de rigidizare, 1 – elemente de rezistență nedetensionate solicitate static, 1,5 – elemente de rezistență nedetensionate și solicitate dinamic.

La interpretarea rezultatelor, valoarea lui G se rotunjește la 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 sau 3, iar în funcție de valoarea obținută și de temperatura de lucru se alege marca oțelului, clasa de calitate și grosimea elementului.

3. Studiu de caz: alegerea materialelor metalice pentru hale ușoare din domeniul construcțiilor civile, industriale și agricole.

Halele metalice ușoare sunt construcții de tip parter cu una sau mai multe deschideri, eventual cu etaj dar fără sisteme de încărcare de tipul podurilor rulante (vezi figura 1).

Structura principală de rezistență se realizează pe cadre cu inimă plină din profile laminate sau cu secțiuni formate din table sudate.

Elementele de închidere pentru pereți și învelitoare se realizează cu panouri din table cutate în soluție sandwich sau independente, în acest caz cu termoizolație din vată minerală sau spumă poliuretanică. Panourile de învelitoare reazemă de regulă pe pane din profile Z formate la rece.

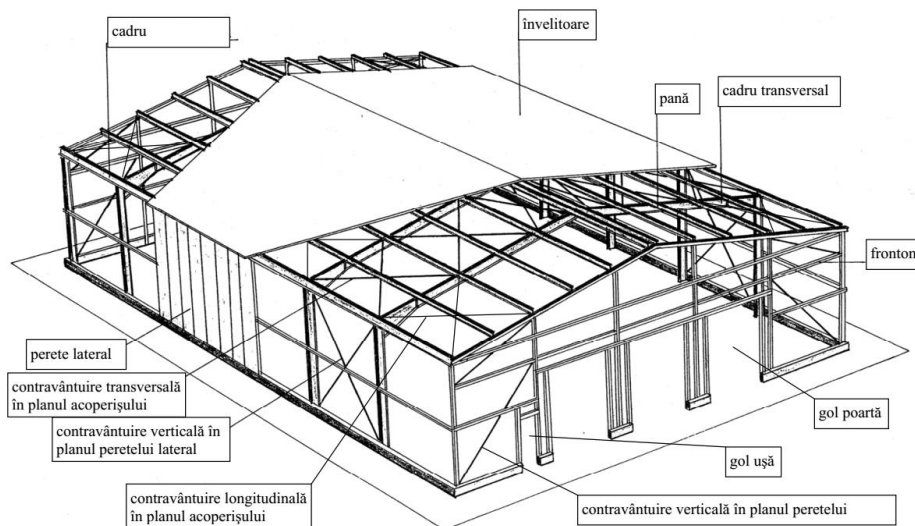


Figura 1. Hală metalică ușoară cu structură metalică – ansamblu

O astfel de structură trebuie să răspundă la următoarele cerințe principale:

- a) să fie aptă de a fi utilizată potrivit scopului pentru care a fost prevăzută, ținând seama de durata ei de viață și cheltuielile antrenate;
- b) să reziste la efectele tuturor acțiunilor în timpul execuției și exploatării și să aibă o durabilitate corespunzătoare;
- c) să nu fie grav avariata sau distrusă de evenimente ca explozii, șocuri, seism sau consecințele ale erorilor umane. În acest sens trebuie avute în vedere următoarele:

- eliminarea, evitarea sau reducerea degradărilor potențiale la care poate fi expusă construcția;
- alegerea unui tip de structură puțin sensibilă la pericolele potențiale;
- adoptarea unor legături adecvate între elementele structurii.

Pentru satisfacerea tuturor acestor cerințe, trebuie alese în mod corespunzător materialele, concepția și alcătuirea tuturor detaliilor constructive și trebuie specificate tehnologiile adecvate pentru punerea în operă și exploatarea construcției.

Criterii de alegere:

- A. pentru alegerea materialelor pentru *elemente structurale*:

A1. materialul de bază trebuie să se aibă în vedere asigurarea următoarelor proprietăți :

a) rezistența de rupere și limita de curgere (care la oțelurile standardizate se garantează în funcție de marca oțelului, iar limita de curgere și în funcție de grosime);

b) ductilitatea:

- Pentru fiecare marca de oțel și clasă de calitate, standardele de produs precizează valoarea minimă a alungirii la rupere A5%, precum și diametrul dornului în jurul căruia se face îndoirea la 180°, în funcție de grosimea epruvetei.

- Oțelurile trebuie să satisfacă și cerințele din P100-92, pct. 8.3.2 (la care se poate renunța numai dacă gruparea de acțiuni care conține acțiunea seismică nu este cea mai defavorabilă nici chiar în cazul când se consideră $\psi=0,65$ - vezi pct. 4.3.1).

c) sudabilitatea:

- Pentru a putea fi sudate fără luarea unor măsuri speciale, oțelurile trebuie să se încadreze în prevederile STAS 7194-79.

- În cazul oțelurilor care nu se încadrează în prevederile standardului susmenționat și care pot fi sudate numai cu luarea unor măsuri speciale, aceste măsuri vor fi indicate obligatoriu în caietul de sarcini.

d) evitarea riscului de rupere fragilă:

Riscul de rupere fragilă trebuie evitat, deoarece aceasta se produce fără deformare plastică prealabilă și se propagă cu viteze foarte mari. Clasa de calitate și gradul de dezoxidare se pot alege conform STAS R 8542-79. De asemenea, tehnologia de sudare trebuie aleasă astfel încât să se evite riscul ruperii fragile.

e) evitarea riscului de destrămarea lamelară:

- Posibilitatea apariției destrămării lamelare (figura 2) trebuie avută în vedere în cazul laminatelor cu grosimi de 15 mm sau mai mari, la care se execută îmbinări sudate de natură să producă tensiuni remanente de întindere în direcția grosimii. Riscul de apariție a acestui fenomen este agravat dacă astfel de tensiuni pot să apară și din încărcările exterioare.

- În vederea evitării riscului de destrămarea lamelară, se recomandă să se ia următoarele măsuri :

- evitarea soluțiilor constructive la care din cauza sudării și din efectul încărcărilor exterioare apar tensiuni semnificative de întindere în direcția

grosimii laminatelor;

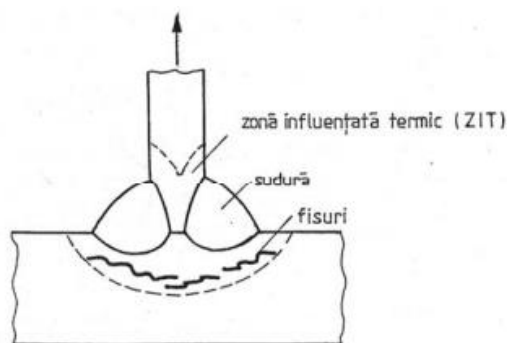


Figura 2. Fenomenul de destrămare lamelară

- dacă totuși astfel de soluții nu pot fi evitate, este necesară alegerea unor mărci de oțeluri la care producătorul să garanteze o valoare minimă a găturii Z_z la încercarea la tracțiune pe epruvete prelevate în direcția grosimii (încercare efectuată conform SR EN 10164): $Z_z \geq Z_{z,nec}$ (2) în care $Z_{z,nec}$ este valoarea minimă necesară a găturii și se recomandă determinarea;

- controlul ultrasonic după executarea sudurilor, în zonele expuse riscului destrămării;

- aplicarea preîncălzirii și/sau creșterea temperaturii între treceri.

Riscul de destrămare lamelară este mai mare în cazul sudării cu electrozi înveliți (SE) decât la sudarea sub flux (SF) sau la sudarea cu electrozi fuzibili în mediu de gaz activ (MAG).

A2. În funcție de importanța elementului de construcție și de condițiile de exploatare, proiectantul trebuie să decidă în fiecare caz concret care dintre cerințele de mai sus trebuie respectate și în ce măsură. În cazuri speciale, se pot impune și alte criterii.

B. pentru alegerea materialelor pentru îmbinări:

B1. materiale de adaos pentru îmbinările sudate

De regulă, materialele de adaos pentru îmbinările sudate se aleg de către executant la recomandarea proiectantului.

Nivelele de acceptare ale îmbinărilor sudate se aleg de către proiectant în conformitate cu normativul C 150-99, SR EN 729-1,2,3,4-1996 și cu normativul P 100-92, pct. 8.3.5.

B2. Materiale pentru șuruburi

Materialele pentru șuruburi vor fi cele prevăzute în STAS 2700/3-89. Pentru șuruburi de înaltă rezistență pretensionate, se vor respecta și condițiile din normativele C 133-82, cap. 2 și P 100-92, pct. 8.3.6.

Pentru șuruburi de ancoraj, se vor respecta condițiile din normativul P 100-92, pct.8.3.7.

C. materiale pentru elementele nestructurale

Materialele adecvate pentru elementele nestructurale sunt tablele cutate, cu sau fără izolație termică, agrementate în țară.

Verificarea elementelor structurale și a secțiunilor acestora se face în conformitate cu STAS 10108/0-78 pentru elementele din oțel și STAS 10108/2-83 pentru elementele din oțel alcătuite din profile cu pereți subțiri, formate la rece. În același timp ele trebuie să îndeplinească condițiile impuse de P100-92 punctul 8.5.3.2 pentru grinzi și 8.5.3.3 pentru stâlpi.

Exemplu de calcul pentru determinarea găturii minime necesare $Z_{z,nec}$

Valoarea în procente a găturii minime necesare $Z_{z,nec}$ se poate calcula cu relația:

$$Z_{z,nec} = A + B + C + D$$

în care: A – se alege din tabelul 1 în funcție de grosimea sudurii a_s ;

B – se alege din tabelul 2 în funcție de configurația sudurilor;

C – se alege din tabelul 3 în funcție de grosimea t a piesei solicitate la întindere după direcția grosimii;

D – se alege din tabelul 4 în funcție de rigiditatea sudurilor;

E – se consideră $E = 0$ pentru sudură fără preîncălzire și $E = 8$ dacă se utilizează preîncălzirea.


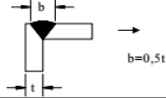
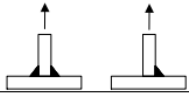
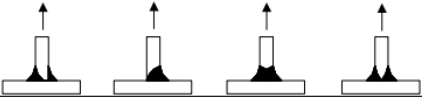


Tabelul 1.

| Grosimea sudurii a_s (mm) | A % |
|-----------------------------|-----|
| $a_s = 10$ | 3 |
| $10 < a_s \leq 20$ | 6 |
| $20 < a_s \leq 30$ | 9 |
| $30 < a_s \leq 40$ | 12 |
| $40 < a_s \leq 50$ | 15 |

Tabelul 3.

| Grosimea piesei solicitate la întindere după direcția grosimii t (mm) | C % |
|---|-----|
| $t = 10$ | 2 |
| $10 < t \leq 20$ | 4 |
| $20 < t \leq 30$ | 6 |
| $30 < t \leq 40$ | 8 |
| $40 < t \leq 50$ | 10 |
| $50 < t \leq 60$ | 12 |

Tabelul 2

| Configurația sudurilor | B % |
|---|-----|
|  | -25 |
|  | -10 |
| Suduri în T cu strat moale pe talpă | -5 |
|  | 0 |
|  | 3 |
|  | 5 |
|  | 8 |

Tabelul 4

| Rigiditatea sudurii | D % |
|---|-----|
| Suduri cu rigiditate mică, care au posibilități de contracție (de exemplu suduri în T) | 0 |
| Suduri cu rigiditate medie (de exemplu cele de la structuri casetate) | 3 |
| Suduri cu rigiditate mare (de exemplu cele în cruce sau cele cu contur închis) | 5 |

4. Mod de lucru: studenții vor primi un profil sudat și vor realiza calculul pentru determinarea găturii minime necesare $Z_{z, nec}$

Anexă. Standarde utilizate în proiectarea halelor metalice ușoare

1.1. Principii generale

| | |
|-----------------|---|
| STAS 10100/0-75 | Principii generale de verificare a siguranței construcțiilor. |
| STAS 767/0-88 | Construcții civile, industriale și agrozootehnice. Construcții din oțel. Condiții tehnice generale de calitate. |

1.2. Încărcări

| | |
|-------------------|--|
| STAS 10101/0-75 | Acțiuni în construcții. Clasificarea și gruparea acțiunilor; |
| STAS 10101/0A-77 | Acțiuni în construcții. Clasificarea și gruparea acțiunilor pentru construcții civile și industriale; |
| STAS 10101/1-78 | Acțiuni în construcții. Greutăți tehnice și încărcări permanente; |
| STAS 10101/2-75 | Acțiuni în construcții. Încărcări datorate procesului de exploatare; |
| STAS 10101/20-90 | Acțiuni în construcții. Încărcări date de vânt; |
| STAS 10101/21-92 | Acțiuni în construcții. Încărcări date de zăpadă; |
| STAS 10101/23A-78 | Acțiuni în construcții. Încărcări date de temperaturi exterioare în construcții civile și industriale; |
| STAS 10101/2A1-87 | Acțiuni în construcții. Încărcări tehnologice din exploatare pentru construcții civile, industriale și agrozootehnice; |

1.3. Prescripții de proiectare specifice construcțiilor din oțel

| | |
|-----------------|---|
| STAS 10103-76 | Construcții din oțel. Prescripții fundamentale de calcul; |
| STAS 10108/0-78 | Construcții civile, industriale și agricole. Calculul elementelor din oțel; |
| STAS 10108/1-81 | Construcții civile, industriale și agricole. Prescripții pentru proiectarea construcțiilor din țevi de oțel; |
| STAS 10108/2-83 | Construcții din oțel. Calculul elementelor din oțel alcătuite din profile cu pereți subțiri, formate la rece; |
| NP 042-2000 | Normativ privind prescripțiile generale de |

| | |
|------------------------|--|
| | proiectare. Verificarea prin calcul a elementelor de construcții metalice și a îmbinărilor acestora (În conformitate cu prevederile Eurocode 3: “Calculul structurilor din oțel, Partea 1.1, Reguli generale și reguli pentru clădiri”); |
| NP 012-97 | Normativ pentru calculul elementelor din oțel cu pereți subțiri formate la rece; |
| (în curs de publicare) | Ghid de proiectare pentru elemente din oțel cu pereți subțiri formate la rece. |
| NP 041-2000 | Normativ de calcul pentru construcții metalice cu diafragme din tablă cutată |

1.4. Oțeluri pentru construcții metalice

| | |
|----------------|---|
| STAS R 8542-79 | Alegerea oțelurilor pentru construcții metalice; |
| STAS 7194-79 | Sudabilitatea oțelurilor. Elemente de bază; |
| STAS 500/1-89 | Oțeluri de uz general pentru construcții. Condiții tehnice generale de calitate; |
| STAS 500/2-80 | Oțeluri de uz general pentru construcții. Mărci; |
| STAS 500/3-80 | Oțeluri de uz general pentru construcții rezistente la coroziune atmosferică. Mărci; |
| STAS 8183-80 | Oțeluri pentru țevi fără sudură de uz general. Mărci și condiții tehnice de calitate; |
| STAS 9021/1-89 | Oțel laminat la cald, cu granulație fină pentru construcții sudate. Table de oțel cu limită de curgere ridicată; |
| SR EN 10020-94 | Definirea și clasificarea mărcilor de oțel. |
| SR EN 10002-1 | Materiale metalice. Încercarea la tracțiune. Partea 1: Metodă de încercare la temperatura ambiantă |
| SR EN 10021 | Oțeluri și produse siderurgice. Condiții tehnice generale de livrare |
| SR EN 10025+A1 | Produse laminate la cald din oțeluri de construcție nealiat. Condiții tehnice de livrare |
| SR EN 10027-1 | Sisteme de simbolizare pentru oțeluri. Partea 1: Simbolizarea alfanumerică; simboluri principale |
| SR EN 10027-2 | Sisteme de simbolizare pentru oțeluri. Partea 2: Simbolizarea numerică |

| | |
|---------------|---|
| SR EN 10045-1 | Materiale metalice. Încercarea la încovoiere prin șoc pe epruvete Charpy. Partea 1: Metodă de încercare |
| SR EN 10164 | Oțeluri de construcții cu caracteristici îmbunătățite de deformare pe direcție perpendiculară pe suprafața produsului |

1.5. Protecția anticorozivă

| | |
|-----------------|---|
| STAS 10128-86 | Protecția contra coroziunii a construcțiilor suprateerane din oțel; |
| STAS 10166/1-77 | Protecția contra coroziunii a construcțiilor din oțel suprateerane. Pregătirea mecanică a suprafețelor; |
| STAS 10702/1-83 | Protecția contra coroziunii a construcțiilor din oțel suprateerane. Acoperiri protectoare. Condiții tehnice generale; |
| STAS 10702/2-80 | Protecția contra coroziunii a construcțiilor din oțel suprateerane. Acoperiri protectoare pentru construcții situate în medii neagresive, slab agresive și cu agresivitate medie. |

1.6. Învelitori

| | |
|----------------|--|
| STAS 3303/2-88 | Construcții civile, industriale și agrozootehnice. Pantele învelitorilor. Prescripții de proiectare. |
|----------------|--|

2. Alte categorii de prescripții tehnice

| | |
|----------|--|
| C 133-82 | Instrucțiuni tehnice privind îmbinarea elementelor de construcții metalice cu șuruburi de înaltă rezistență pretensionate; |
| C150-99 | Normativ privind calitatea îmbinărilor sudate din oțel ale construcțiilor civile, industriale și agricole; |
| P100-92 | Normativ pentru proiectarea antiseismică a construcțiilor de locuințe, social-culturale, agrozootehnice și industriale; |
| | Norme generale de protecție împotriva incendiilor la proiectarea și realizarea construcțiilor și instalațiilor; |
| P118-98 | Norme tehnice de proiectare și realizare a construcțiilor privind protecția la acțiunea focului; |

| | |
|----------|--|
| P115-82 | Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea construcțiilor metalice pretensionate; |
| P108-80 | Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea grinzilor de oțel cu secțiune plină, inimă suplă, omogene sau hibride; |
| P74-81 | Instrucțiuni tehnice pentru proiectarea construcțiilor metalice din profile cu goluri în inimă; |
| P10-86 | Normativ privind proiectarea și executarea lucrărilor de fundații directe la construcții; |
| C37-88 | Normativ pentru alcătuirea și executarea învelitorilor la construcții; |
| C172-88 | Instrucțiuni tehnice pentru prinderea și montajul tablelor metalice profilate la executarea învelitorilor și pereților; |
| GP035-98 | Ghid de proiectare, execuție și exploatare (urmărire, intervenții) privind protecția împotriva coroziunii a construcțiilor din oțel; |
| NP28-78 | Norme tehnice provizorii privind stabilirea distanțelor între rosturile de dilatare la proiectarea construcțiilor. |

2. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru caroserii auto

1. Scop.

În cadrul acestei lucrări se vor discuta criteriile care stau la baza alegerii materialelor utilizate în industria constructoare de mașini, la realizarea caroseriilor auto.

2. Noțiuni introductive.

Caroseria este partea componentă de bază a unui automobil, amenajată pentru postul de conducere, transportul persoanelor, al încărcăturii utile sau pentru instalarea diferitelor utilaje.

Caroseria unui automobil trebuie să îndeplinească simultan următoarele cerințe: să aibă o formă atragătoare și aerodinamică; să fie cât mai ușoară și rezistentă; să ofere o vizibilitate maximă pentru conducător, în scopul măririi siguranței de circulație; să fie confortabilă și cât mai practică.

Totalitatea elementelor de rezistență ale structurii caroseriei (lonjeroane, traverse, montanți, brancarde și dubluri) poartă denumirea de "osatură". Osatura unei caroserii poate fi de tip închis sau de tip deschis (modernă). Osatura de tip deschis are avantajul reducerii coroziunii și al ușurării reparațiilor.

Infrastructura este principala componentă a caroseriei care conferă rezistență ansamblului, ea preluând în totalitate încărcările datorate elementelor mecanice ale automobilului cât și sarcina utilă. În cazul caroseriilor neportante sau semiportante infrastructura înglobează în ea șasiul neechipat.

Suprastructura caroseriei (carcasa) conferă automobilului o rezistență suplimentară, ea asigurând în principal, securitatea pasivă a ocupanților, în caz de coliziune sau răsturnare. În cazul autocamioanelor și a autoutilitarelor, suprastructura este construită adesea sub forma unei cabine.

Caroseria "în alb" se constituie din infrastructură și suprastructură și nu include elementele mobile (uși, capote etc.).

Caroseria "ferată" este constituită din caroseria în alb plus elementele ferate mobile (uși, capote etc.), așa cum este echipată înainte de vopsire și protecție anticorozivă.

Caroseriile de de automobile se clasifică după destinație și după modul de construcție.

După *destinație*, caroseriile se împart în:

- ✓ caroserii de autoturisme;
- ✓ caroserii de autobuze;
- ✓ caroserii de autocamioane;
- ✓ caroserii de autoutilitare;
- ✓ caroserii speciale.

După *modul de construcție* (modul de preluare a eforturilor), caroseriile se împart astfel:

- ✓ caroserie neportantă, la care toate eforturile sunt preluate exclusiv de cadru; în acest caz cadrul este separat, iar caroseria este fixată elastic pe cadru (figura 1);

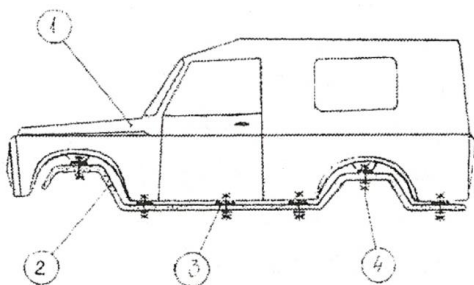


Figura 1. Caroserie neportantă de automobil: 1. caroserie, 2. șasiu, 3. element elastic, 4. fixare cu șurub.

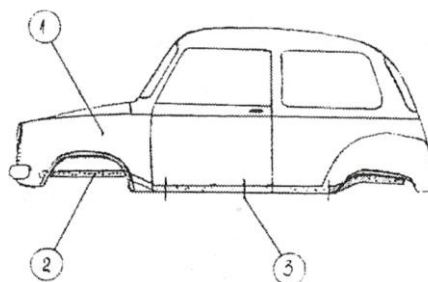


Figura 2. Caroserie semiportantă de automobil: 1. caroserie, 2. cadru, 3. fixare prin buloane, nituri sau sudură.

- ✓ caroserie semiportantă, care preia parțial eforturile datorate forțelor provenite din mișcarea automobilului; podeaua caroseriei este fixată de cadru prin buloane, nituri sau sudură (figura 2);
- ✓ caroserie autoportantă, care preia forțele provenite din mișcarea automobilului, în acest caz cadrul nu mai există (figura 3).

După *formă*:

- a) Caroserii închise - în general sunt caroserii autoportante, care pot fi clasificate după numărul de volume (figura 4) în: monovolum; două volume; trei volume.
- b) Caroserii deschise (în serii mici și la comandă): sport (figura 5.a), cu pavilion și părți laterale din pânză de prelată, 2 sau 4 locuri; automobile de curse (figura 5.b).

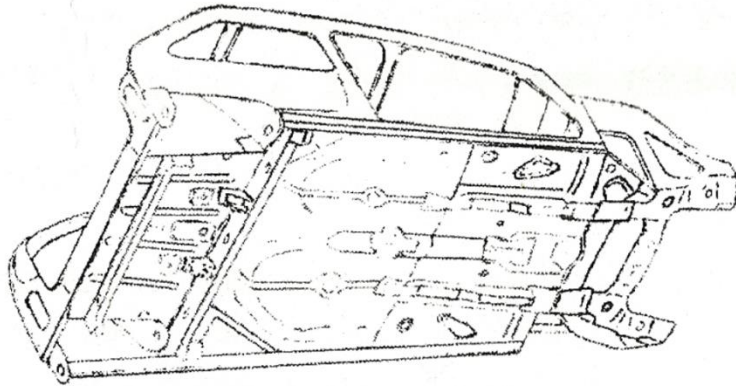


Figura 3. Caroserie autoportantă de automobil

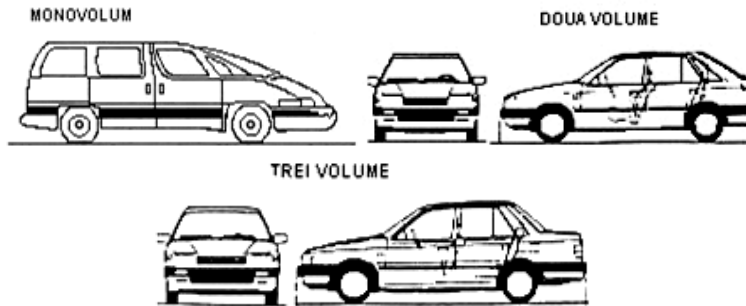


Figura 4. Clasificarea după numărul de volume

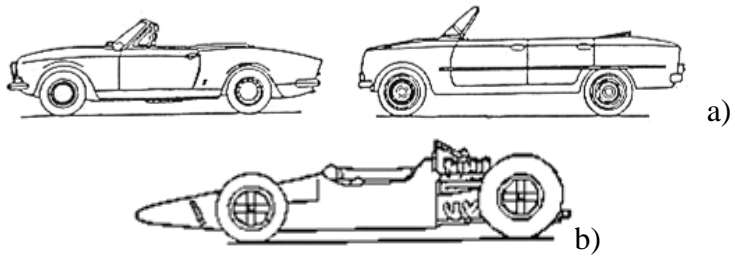


Figura 5. Caroserii deschise de automobil

c) Caroserii transformabile (figura 6): cabrioleta; torpedo; autoturisme de agrement.



Figura 6. Caroserii transformabile de autoturisme

Problemele principale în construcția unei caroserii sunt următoarele:

- stabilirea dimensiunilor utile ale acesteia funcție de segmentul de piață care se intenționează să se realizeze;
- stabilirea formei optime;
- alegerea și amplasarea Grupului Motor-propulsor (GMP);
- fixarea poziției și dimensiunilor bazei rulante (ampatament, ecartament, consola față-spate, garda la sol, poziția punților, mărimea pneurilor);
- stabilirea echipamentelor auxiliare și a amenajărilor interioare (definirea postului de conducere).

3. Materiale pentru caroserii

3.1. Materiale feroase

A. Table de oțel

Caroseriile autoturismelor autoportante se realizează, în general prin presare la rece din tablă de oțel. Pentru caroserii auto se folosesc, conform STAS 10318-80, table și benzi de oțel laminate la rece, de grosimi cuprinse între 0,5-3 mm.

Tipuri de table din oțeluri convenționale:

După domeniul de utilizare mărcile de oțel cele mai întâlnite sunt:

1. Table laminate pentru caroserii auto:

A4 - tablă folosită la ambutisare adâncă;

A5 - tablă pentru ambutisare foarte adâncă.

- După aspectul suprafeței acestea pot fi: grupa 0,3 - table și benzi cu suprafață curată fără oxizi, recopt alb; grupa 0,4 - table cu suprafață curată, fără zgârieturi și pori (pentru piese de aspect).
- După starea de prelucrare tablele și benzile pot fi recoapte (r) și degresate după recoacere (d).

2. Tablă comercială, TC, care corespunde unei fabricații curente, fără exigențe deosebite și se folosește la infrastructuri.

3. Table cu indice de ambutisare: E - pentru ambutisare adâncă și ES pentru ambutisare foarte adâncă. Aceste table corespund unei fabricații îngrijite și răspund unor exigențe combinate aspect - aptitudini de ambutisare. Ele sunt definite printr-un indice de aspect X sau Z.

Ex: XE - tablă mată pentru dubluri panouri laterale, pasaje roți;

ZES - tablă lucioasă pentru aripi, pavilion, panou exterior ușă.

La recepția de la furnizori, calitatea tablelor de caroserii auto este verificată printr-o serie de metode de încercare și control metalografic și

chimic, al proprietăților fizice și tehnologice. Deoarece proprietățile mecanice ale tablelor subțiri se determină greu prin probe de tracțiune, se utilizează, mai ales, probe tehnologice de maleabilitate: încercări la ambutisare după metodele Erichsen, Engelhardt sau Guzyot; indicele de ecrusare; încercări la îndoire, îndoire alternantă și la dublă îndoire.

În prezent se utilizează pentru caroserii table de înaltă rezistență ("Soldur") și table precoperite, zincate sau galvanizate.

B. Tablele de înaltă rezistență, tip Soldur

Aceste table sunt realizate din oțel aliat cu: Nb, Ti, Va, Cs; elemente ce conferă tablelor o limită de elasticitate superioară și o bună ambutisare. Prin utilizarea acestor table de grosimi mai mici, comparativ cu tablele clasice, se obține o reducere importantă a masei proprii a automobilului.

C. Table precoperite

Tablele de oțel zincat tip "Durastel" se disting printr-un tratament dublu constând în aplicarea unei pelicule fine de rășină organică sub un strat de aliaj ZnNi. Se asigură astfel o protecție bună împotriva coroziunii metalului dar și facilități de formare și proprietăți mecanice bune, ceea ce recomandă aceste table pentru construcția de caroserii.

Tablele de oțel galvanizate pe o față sau pe ambele fețe asigură o bună protecție anticorozivă. Stratul galvanizat are și proprietăți de "cicatrizare" în cazul unor mici spărturi, prin acțiunea electro-chimică a zincului adiacent rupturii, când zincul se distribuie pe metalul descoperit.

3.2. Aliaje de aluminiu

În afara oțelului, pentru construcția caroseriilor se utilizează și diferite aliaje de aluminiu. Principalele avantaje ale acestor aliaje, în raport cu soluția clasică, sunt date de rezistența ridicată la coroziune și de greutatea specifică mult mai mică decât a oțelurilor.

Unul dintre cele mai cunoscute aliaje de aluminiu este duraluminiul, care conține 4% Cu și 0,5-1% Mg, precum și 0,6% Mn, 0,6% Si. În stare călită și îmbătrănită, duraluminiul are proprietăți asemănătoare cu cele ale oțelurilor moi, dar este mult mai ușor.

De exemplu, aliajul AA5754 (denumit și AlMg3), realizat de firma Alcal Internațional Ltd., a fost utilizat în construcția părții din față a caroseriei autoturismului "Jaguar Sport 220" și pentru realizarea unor elemente de caroserie pentru autoturismul "Volvo 960". Acest aliaj se remarcă prin deosebita sa rezistență la coroziune, bunele proprietăți de

deformare plastică, duritate medie, din el putându-se obține ușor foi de tablă cu grosime de până la 3 mm. Aliajul prezintă și avantajul de a se preta asamblării prin lipire cu adezivi epoxidici a diferitelor elemente componente ale caroseriei.

Pentru elementele de caroserie de suprafață mare, care trebuie să aibă o rigiditate ridicată (de tipul capotelor, panourilor exterioare ale ușilor etc.), aceeași firmă a elaborat un aliaj de aluminiu, AA6111-T4, care conține 0,6% Si, 0,5-0,9% Cu, 0,5-1% Mg, 0,1-0,45% Mn, 0,4% Fe, 0,1%Ti și Cr.

3.3. Mase plastice

În ultimele decenii, chimia a pus la dispoziția tehnicii un mare număr de mase plastice a căror dezvoltare în industria automobilelor s-a axat, în special, pe armarea cu fibră de sticlă și carbon.

Materialele termoplastice, precum: polipropilena, polietilena, ABS - ul și poliamida, armate sau nu cu fibră de sticlă, s-au impus definitiv în realizarea unor piese exterioare ce echipează caroseria: grile de radiator, deflectoare, piese de faruri, elemente decorative, trape de alimentare, capace de roți, etc.

Masele plastice prezintă o serie de avantaje: greutate specifică mică, în raport cu oțelul; rezistență mare la coroziune; izolare fonică bună; conținut energetic mai mic decât oțelul; prelucrabilitate ușoară; se pretează la procese tehnologice de înaltă productivitate;

Dintre avantajele folosirii maselor plastice în construcția de caroserii auto pot fi enumerate următoarele: se permite simplificarea unui ansamblu care poate fi realizat dintr-un singur produs de presare; timpul de asamblare este redus, grație unor tehnici simplificate cum ar fi sudarea cu ultrasunete și alipirea; operațiile de finisare pot fi suprimate în majoritatea cazurilor datorită preciziei cu care pot fi turnate piesele din mase plastice; durata de viață utilă este prelungită în funcție de rezistența materialelor la uzură și la atacul agenților chimici și termici din exterior; piesele sunt reciclabile cu consum minim de energie.

Introducerea maselor plastice pentru caroserie permite noi soluții privind eliminarea vopsirii prin producerea pieselor direct colorate (exemplu: calandru, aeratoarele de exterior, parașocurile etc.

Aliajele de poliamide (amestecuri de polimeri) au cunoscut în ultimii ani o dezvoltare explozivă prezentând următoarele avantaje:

- ✓ elaborarea unui nou aliaj, care să răspundă unor noi cerințe, se poate realiza într-un timp mult mai scurt decât un nou polimer;
- ✓ alierea permite obținerea unor produse cu performanțe ridicate la prețuri deseori inferioare tehnopolimerilor;
- ✓ competitivitatea atât față de metale cât și față de multe materiale plastice;
- ✓ se reduc efectele nedorite ale umidității asupra rigidității poliamidei 6, scăzând puterea de absorbție a apei de către polimer;
- ✓ reducerea deformărilor remanente.

3.4. Materialele compozite

O tendință de modernizare manifestată în ultimele decenii, în fabricarea automobilelor, o constituie folosirea materialelor compozite.

Utilizarea acestora aduce o serie de avantaje printre care: reducerea greutateii, creșterea rezistenței la coroziune, formarea și prelucrarea simplă, posibilități de tipizare, eficiență economică.

Materialele compozite se remarcă prin rezistență la tracțiune, rezistență la șoc și la abraziune ridicată, precum și o greutate mult mai mică față de materialele feroase pe care le înlocuiesc. Aceste materiale aduc o serie de avantaje specifice construcției de automobile:

- ✓ un plus de suplețe și o libertate stilistică în concepția caroseriei;
- ✓ accelerarea lucrărilor pregătitoare pentru fabricarea unor mașini de tip nou;
- ✓ facilități de obținere a unor piese complexe;
- ✓ posibilitatea de a construi repere dintr-o singură piesă, conducând la reducerea numărului de piese

În producția de automobile de serie mică și mijlocie, o serie de elemente de caroserie: aripi, uși, pavilioane etc. se realizează în mod curent din mase plastice termorigide ranforsate de tip Sfeet Moldig Compound (SMC). În schimb în producția de serie mare, înlocuirea tablelor de oțel cu materiale compozite se confundă cu numeroase probleme legate de optimizarea procesului de producție.

4. Mod de lucru: studenții vor primi spre analiză câte un tip de element de caroserie, în cazul căruia vor trebui să analizeze solicitările pe care le suportă în utilizarea curentă și să facă recomandări referitoare la materialele ce pot fi utilizate pentru realizarea acestuia.

3. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru cazane energetice

1. Scop.

În cadrul acestei lucrări se vor discuta criteriile care stau la baza alegerii materialelor metalice utilizate în industria constructoare, la realizarea cazanelor energetice.

2. Noțiuni introductive.

Instalațiile de cazane reprezintă un complex de utilaje, destinate transformării energiei chimice a combustibilului în energie termică cu scopul producerii apei fierbinți sau a aburului.

Instalația de cazane este compusă din:

- *agregatul de cazane* ce include în sine: focarul, sistemul format din țevile vaporizatoare și tambur, supraîncălzitorul de aer, economizor, preîncălzitor de aer, precum și cadrul metalic al cazanului cu scări și podeste, înzidire, canale de gaze și armatură;
- *utilajul auxiliar* ce include gospodăria de combustibil, instalațiile de tratare chimică a apei, de ventilare și tiraj, pompele, sistemele de automatizare și protecție, instalațiile de captare a cenușii.

Instalațiile de cazane sunt clasificate după cum urmează:

a) în funcție de destinație în:

1) *cazane energetice* – produc abur pentru turbinele cu abur (de presiuni mai mari de 100 bar și temperaturi de peste 500 °C) la centralele termoelectrice. Aceste instalații sunt de obicei de putere mare sau medie, având productivitatea de abur mai mare de 50 t/h. Cazanele energetice pot fi cazane de abur sau cazane de apă fierbinte de vârf;

2) *cazane tehnologice* – produc abur atât pentru necesități tehnologice, cât și pentru încălzire, ventilare și prepararea apei calde menajere. De regulă aceste cazane sunt de medie și mică putere;

3) *de încălzire* – cazanele destinate pentru deservirea sistemelor de încălzire și alimentare cu apă caldă menajeră. De regulă sunt cazane de apă fierbinte de puteri ce variază între 0,01 și 5 MW;

b) în funcție de tipul agentului termic produs în cazane:

1) *de abur* – cazanele care produc abur;

2) *de apă fierbinte* – cazanele care produc apă fierbinte. La rândul lor

aceste cazane se împart în cazane de apă fierbinte (temperatura apei la ieșire din cazan fiind mai mare de 100 °C) și cazane de apă caldă (temperatura apei la ieșire din cazan fiind mai mică de 100 °C);

c) în funcție de nivelul de termoficare (instalațiile de cazane din cadrul centralelor termice):

1) *centralizate (orășenești)* – alimentează cu căldură localități întregi;

2) *de cartier sau locale* – alimentează cu căldură grupuri mari de clădiri;

3) *autonome* – alimentează cu căldură o clădire sau un consumator;

4) *individuale* – alimentează cu căldură un singur consumator;

Instalațiile de cazane autonome și individuale sunt lipsite de rețele termice.

d) în funcție de locul de instalare:

1) *de podea*;

2) *de perete (murale)*;

3) *de acoperiș*;

e) în funcție de sursa primară de energie:

1) *combustibili organici*;

2) *gaze evacuate din alte instalații*;

3) *electrice*;

4) *nucleare – reactoarele la centralele termonucleare*;

5) *heliocazane*;

6) *geotermale*.

O instalație de cazane modernă reprezintă o construcție complicată, care constă dintr-o multitudine de diverse utilaje, care sunt legate între ele într-o schemă tehnologică de producere a aburului sau a apei fierbinți.

În figura 1 sunt prezentate câteva elemente componente ale unui cazan energetic: serpentine economizoare, zone trecere, serpentine PIP-uri (Preincalzitoare de Inalta Presiune), colectori, supraîncălzitori, preîncălzitori, conducte și instalații aferente cazanelor energetice.

În figura 2 sunt prezentate elementele componente ale unei instalații cu cazan energetic cu aburi modernizat.



Figura 1. Elemente componente ale unui cazan energetic

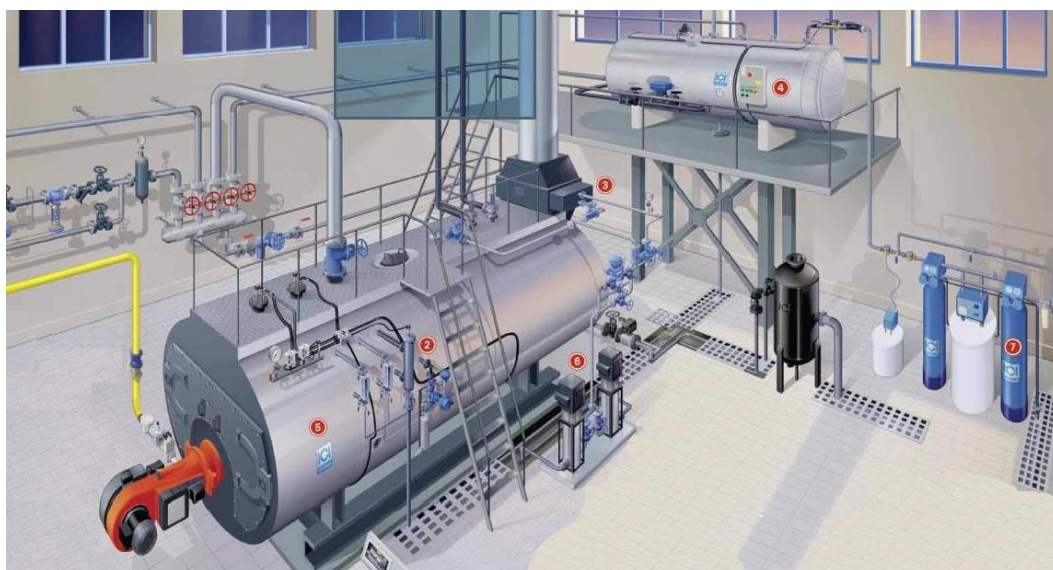


Figura 2. Elemente componente ale unei instalații cu cazan energetic cu aburi: 1) control arzător; 2) control automat TDS (reduce concentrația de săruri în interiorul generatorului); 3) recuperator de căldură (preîncălzitor de aer comburant); 4) degazor (izolație termică de grosime și densitate mare); 5) izolația cazanului (grosime și densitate mare); 6) controlul apei de alimentare; 7) baterii pentru tratamentul apei.

Transferul de căldură de la produsele de ardere la apă, amestecul apă-abur, abur și aer, care se mișcă în elementele cazanului, are loc prin pereții metalici. Transferul de căldură se realizează concomitent prin conducție, convecție și radiație. Transferul de căldură de la gazele de ardere la suprafața încălzită are loc prin convecție și radiație. Prin peretele metalic și prin depunerile care îl acoperă (atât din partea produselor de ardere, cât și din partea mediului încălzit) transferul de căldură are loc prin conducția termică, iar de la perete la mediul care-l spală – prin convecție și conducție.

În procesul de transfer de căldură de la gazele de ardere la suprafețele de transfer de căldură, raportul dintre convecție și radiație se schimbă.

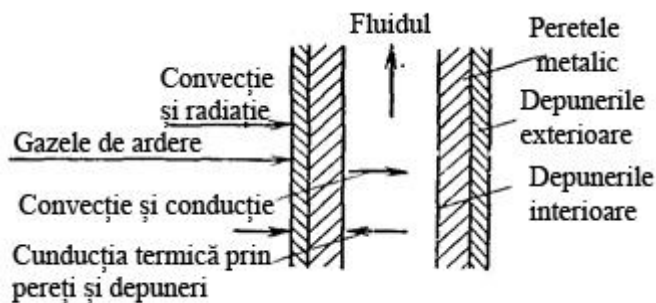


Figura 3. Schema transferului de căldură de la produsele de ardere la corpul de lucru.

La ecranele din focarele cu ardere în strat și cu flacără, aflate în zona temperaturilor mai înalte, transferul de căldură prin radiație constituie 90 %, iar din focarele cu strat fluidizat – 70–80%. La suprafețele de transfer de căldură de tip paravan, situate la ieșirea din focar, transferul de căldură prin radiație constituie 60–70%. Pe măsura scăderii temperaturii gazelor de ardere, cota parte a transferului de căldură prin convecție crește, astfel că în supraîncălzitorul de abur ea constituie 70–80 %, iar în preîncălzitorul de aer – 95 %.

Suprafețele de transfer de căldură, convențional sunt divizate în:

| | Convecție | Radiație | Temperatura |
|---|-----------|-----------|---------------|
| 1. Zona de radiație: ecranele, festoanele, supraîncălzitoarele aflate în focar; | 2 – 5 % | 95 – 98 % | 800 – 2000 °C |
| 2. Zona de semiradiație: suprafețele de transfer de căldură de tip paravan aflate după focar; | 20 – 40 % | 60 – 80 % | 1400 – 700 °C |

| | | | |
|--|-----------|-----------|---------------|
| 3. Zona convectivă de înaltă temperatură: vaporizatoare și supraîncălzitoare; | 70 – 80 % | 20 – 30 % | 1000 – 500 °C |
| 4. Zona convectivă de joasă temperatură: economizoare și preîncălzitoarele de aer. | 90 – 95 % | 5 – 10 % | 500 – 70 °C |

3. Criterii de alegere a materialelor metalice pentru cazane energetice.

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:

- 2/3 din limita de curgere tehnică la temperatura de lucru;
- 5/12 din rezistența 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. Alegerea va fi orientată spre oțeluri cu rezistență la curgere superioară (700 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.

Pentru *recipientele utilizate la temperaturi de peste 400°C* se face după criteriile de rezistență la fluj sau refractaritatea. La dimensionarea acestor recipiente, tensiunea maximă admisă va fi cea mai mică dintre valorile:

- 2/3 din rezistența tehnică de durată la temperatura de lucru;
- limita tehnică de fluj pentru o deformație 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, este prezentat modul de descreștere în timp după 160 000 h la 510°C, a caracteristicilor de rezistență la rupere, ductilitate și rezistență la fluj a oțelului termorezistent 14 MoCr 10.

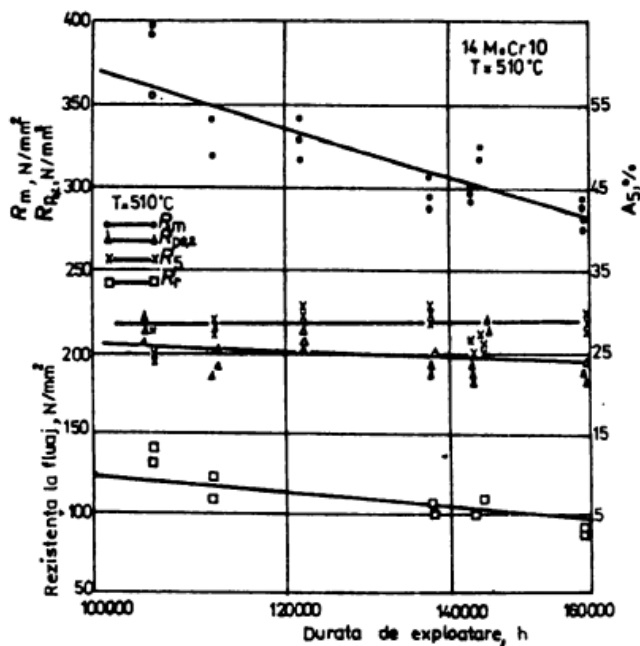


Figura. 4. Influența duratei de exploatare în condiții de fluaj asupra caracteristicilor mecanice ale unui oțel aliat termorezistent.

Principalele caracteristici de utilizare ale oțelurilor pentru cazane energetice sunt rezistența mecanică și tenacitatea. De mare importanță pentru aceste oțeluri este influența pe care o au asupra caracteristicilor de utilizare principale, acțiunea mediilor agresive, tensiunile mecanice, temperatura și timpul.

Rezistența mecanică depinde în principal de gradul de aliere cu crom și molibden și de tratamentul termic aplicat. Creșterea rezistenței mecanice este posibilă prin alierea feritei, prin prezența carburilor fine disperse, în special Mo_2C precipitate la 450...600°C și prin micșorarea cantității de ferită din structură. Rezistența la rupere a acestor oțeluri este cuprinsă între 400 și 640 N/mm².

Limita la curgere de 175...590 N/mm² la temperatura ambiantă scade la 100...200N/mm² cu creșterea temperaturii de încercare până la 450...500°C.

La temperaturi sau durate de exploatare mai mari, când intervine fluajul, păstrarea rezistenței și limitei de curgere la valori de utilizare depinde de stabilitatea structurală a oțelurilor dată în special de rezistența opusă la coalescența carburilor de molibden, crom-molibden sau crom-molibden-vanadiu-wolfram.

Tenacitatea acestor oțeluri are valori mari pentru a se evita ruperea fragilă în timpul exploatarei de durată și la temperaturi înalte (370...600°C).

Fragilizarea la cald a oțelurilor aliate cu molibden sau crom-molibden este cauzată de durificarea matricei metalice prin precipitare cu carburi de tipul M_2C și se manifestă în special în zona influențată termic a cordoanelor sudate sau la limita foștilor grăunți de austenită, unde precipită compuși bogați în crom și molibden sau segregă impurități. Fragilizarea se poate produce la temperaturi inferioare celor de apariție a fluajului, când se numește fragilizare de revenire și determină micșorarea rezilienței cu până la 25% și la temperaturi de apariție a fluajului (fragilizarea de fluaj), când produce atât micșorarea rezilienței, cât și a alungirii la rupere la fluaj.

Oțelurile aliate au rezistența la oxidare la cald până la 600...610°C, superioară celor nealiate, care rezistă doar până la 410°C. Oxidarea intensă la oțelurile aliate cu crom, crom-molibden intervine la 620°C, iar la cele nealiate la 540°C.

De asemenea, rezistența la coroziune generală, în puncte sau în cavernă, cauzată de compușii sulfuroși din mediul chimic de lucru, este mai mare la oțelurile aliate. Toate oțelurile feritice din această categorie sunt susceptibile la coroziune sub tensiune, în medii umede care conțin compuși de sulf, clor sau azot. Structura de echilibru obținută prin recoacere este cea mai favorabilă sub aspectul rezistenței la coroziune fisurantă sau sub tensiune.

Sudabilitatea acestor oțeluri depinde de gradul lor de aliere. În cazul oțelurilor aliate, se iau măsuri suplimentare privind controlul regimului termic la sudare și la tratamentul ulterior de detensionare. Detensionarea termică după sudare poate activa procesele de fragilizare sau de fisurare în zonele de influență termică ale cordoanelor de sudură.

4. Materiale metalice utilizate pentru cazane energetice.

În domeniul temperaturilor -50°C...+400°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. Dacă 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 domeniul temperaturilor mai mari de +400°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. 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, măbind limita de fluaj.

Oțelurile folosite pentru recipiente sub presiune la temperatură înaltă trebuie să posede o structură inițială neafectată de ecrusare 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.

În tabelul 1 sunt prezentate exemple de oțeluri utilizate pentru cazane energetice.

| <i>Material</i> | <i>Standard</i> | <i>Utilizare</i> |
|--------------------|--------------------|---|
| 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. |
| 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. |
| 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. |
| 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 VMoCr 10 | 8184-87 | Constructii și instalatii 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. |
| 20VNiMoCr120 20VNiMoWCr120 | 8184-87 | Țevi, 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. |
| Oțeluri inoxidabile și refractare | 11523-87 | Table, benzi și țevi laminate la cald pentru instalații care lucrează la temperatura ambiantă și înaltă în medii oxidante și corosive: recipiente sub presiune, schimbătoare de căldură. |
| Oțeluri turnate aliate | 12404-85 | Piese turnate din 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. |

5. Mod de lucru: studenții vor primi spre analiză 2 tipuri de elemente ale unui cazan energetic, le vor încadra în clasificările puse la dispoziție, vor face observații proprii referitoare la condițiile de lucru și uzura acestora și recomandări referitoare la materialele ce pot fi utilizate pentru realizarea reperelor discutate.

4. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru roți dințate

1. Scop.

În cadrul acestei lucrări se vor discuta criteriile care stau la baza alegerii materialelor metalice utilizate în industria constructoare de mașini, la realizarea roților dințate.

2. Noțiuni introductive.

Roțile dințate reprezintă organe de mașini care au rolul de a prelua și transmite mișcarea de rotație prin intermediul unor dinți dispuși pe suprafața activă a acestora, cu dimensiuni ce variază de la fracțiuni de milimetru până la diametre de strunjire mai mari de 10m.

Roțile dințate sunt utilizate majoritar în cadrul mecanismelor numite *angrenaje*, care sunt formate dintr-o pereche de roți dințate caracterizate de același modul. Angrenajele au rolul de a transmite prin intermediul dinților aflați continuu și succesiv în contact mișcarea de rotație și momentul de torsiune între cei doi arbori. În figura 1 sunt prezentate pentru exemplificare angrenaje cu axe paralele.

Angrenajele au o largă utilizare în transmisiile mecanice, datorită avantajelor pe care le prezintă: raport de transmitere constant; siguranță în exploatare; durabilitate ridicată; randament ridicat; gabarit redus; posibilitatea utilizării pentru un domeniu larg de puteri, viteze și rapoarte de transmitere. Ca dezavantaje, se pot menționa: precizii mari de execuție și montaj; tehnologie complicată; zgomot și vibrații în funcționare.

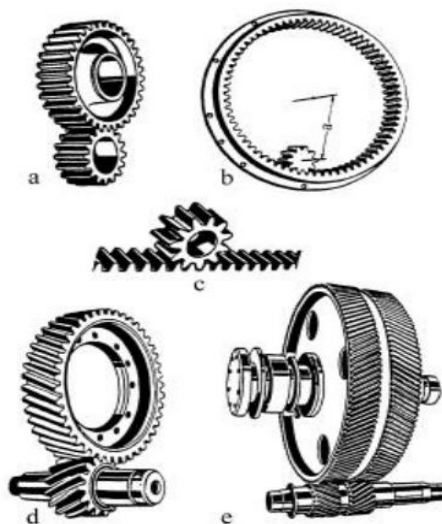


Figura 1. Angrenaje cu axe paralele

Clasificarea roților dințate se realizează după mai multe criterii:

- după forma suprafeței danturate: roți dințate cilindrice; roți dințate conice; roți dințate melcate (figura 2, figura 3);

- după orientarea dinților: roți dințate cu dinți drepecți; roți dințate cu dinți înclinați; roți dințate cu dinți în V sau W; roți dințate cu dinți curbi;
- după poziția suprafeței danturate: roți dințate cu dantură exterioară; roți dințate cu dantură interioară
- după forma curbei flancurilor: roți dințate cu profil evolventic; roți dințate cu profil neevolventic (cicloidă, în arc de cerc).



Figura 2. Roți dințate cilindrice

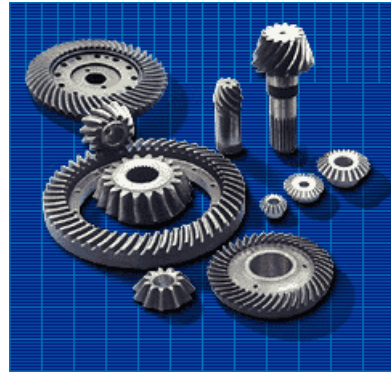


Figura 3. Roți dințate conice

Dintele unei roți dințate este definit prin capul dintelui și piciorul dintelui, cele două zone fiind despărțite de cilindrul de rostogolire. Astfel, capul dintelui este porțiunea de dinte dintre cilindrul de cap și cel de rostogolire, iar piciorul dintelui este porțiunea de dinte dintre cilindrul de rostogolire și cel de picior. Suprafața laterală între vârful dintelui și fundul golului dintre doi dinți este cunoscută sub denumirea de flancul dintelui și este partea principală, funcțională, a unui dinte.

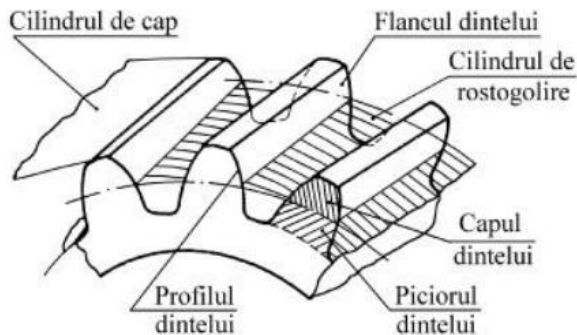


Figura 4. Elementele unui dinte.

Prelucrarea danturii roților dințate cilindrice se realizează prin frezare (prin copiere) sau prin rulare (rostogolire). Frezarea prin copiere se

realizează cu scule profilate după forma golului dintre dinți: freză disc (fig. 5, a) sau freză deget (fig. 5, b). Productivitatea redusă și erorile de execuție, caracteristice acestui procedeu, au determinat utilizarea sa pe scară redusă. Prelucrarea prin rulare a danturii se realizează prin frezare cu: freză melc (fig.5, c) sau prin mortezare cu cuțit pieptene (fig.5, d) sau cuțit roată (fig.5, e) – pentru danturi exterioare și prin mortezare cu cuțit roată (fig.5, f) – pentru danturi interioare.

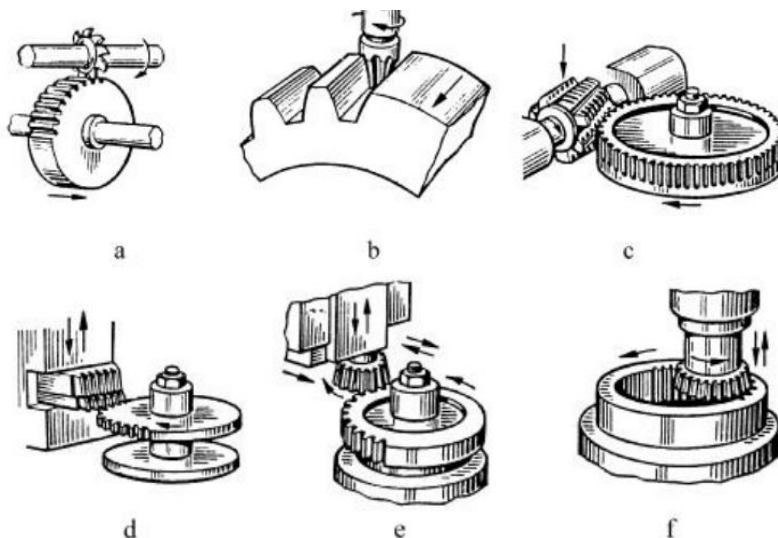


Figura 5. Tehnologii de prelucrare a danturii roților

3. Materiale utilizate în construcția roților dințate.

- La alegerea materialului trebuie să se țină seama de o serie de factori:
- sarcina care încarcă angrenajul;
 - durata de funcționare impusă;
 - caracteristicile mecanice ale materialelor;
 - modul de obținere a semifabricatului;
 - tehnologia de execuție;
 - eficiența economică;
 - condițiile de funcționare.

1. Fontele asigură angrenajelor o amortizare bună la vibrații și calități antifricțiune. Se folosesc la construcția roților melcate și a roților dințate de dimensiuni mari, încărcate cu sarcini mici și care funcționează la viteze reduse.

Se pot folosi fontele cenușii cu grafit lamelar (Fc 200, Fc 400), fontele cu grafit nodular (Fgn 600-2, Fgn 700-2), fontele maleabile (Fmp 700-2) și fontele aliate.

2. *Bronzurile* se folosesc în construcția roților melcate, datorită calităților antifricțiune foarte bune. Fiind deficitare și foarte scumpe, bronzurile se folosesc numai pentru confecționarea coroanei roții melcate, corpul acesteia fiind executat din fontă sau oțel. De exemplu: bronzuri cu staniu turnat în piese - CuSn 14, CuSn 12Ni, STAS 197/2-76 – sunt utilizate pentru realizarea de roți melcate, pentru viteze de alunecare > 5 m/s.

3. *Oțelurile* sunt materialele cele mai utilizate în construcția roților dințate. Oțelurile, în funcție de proprietățile lor mecanice și de prelucrabilitate, se împart în oțeluri moi (cu duritate superficială < 350 HB) și oțeluri dure (cu duritate superficială > 350 HB). În tabelele 1 și 2 sunt prezentate diverse exemple de oțeluri utilizate pentru realizarea roților dințate și unele caracteristici ale acestora.

Oțelurile de uz general pentru construcții și oțelurile turnate în piese nu se tratează termic, fiind utilizate la angrenajele încărcate cu sarcini mici și/sau la care nu se impun restricții de gabarit, vitezele de funcționare fiind mici (OL 50, OL 60, OL 70 și, respectiv, OT 50, OT 60 etc.).

Oțelurile de îmbunătățire au conținutul de carbon > 0,25%, fiind folosite în construcția roților dințate încărcate cu sarcini mici sau medii. Îmbunătățirea este tratamentul termic care constă într-o călire urmată de revenire înaltă. Prin acest tratament se obține o duritate medie a suprafețelor active și se asigură o bună structură a materialului, caracteristicile mecanice obținute fiind dependente de dimensiunile roții. Îmbunătățirea se realizează înainte de danturare, obținându-se, după tratament, durități mai mici de 350 HB. Cele mai utilizate oțeluri de îmbunătățire sunt: OLC 45, OLC 55, 40 Cr10, 33 MoCr 11 etc.).

Oțelurile de cementare au conținutul de carbon < 0,25%. Cementarea este un tratament termochimic, care constă în îmbogățirea în carbon a stratului superficial al flancului dinților, fiind urmată de călire și revenire joasă. În urma călirii, se obține o duritate mare a stratului superficial (52...62 HRC) și un miez care își păstrează tenacitatea. Prin cementare se obține o creștere semnificativă a rezistenței la contact a flancului dinților și o creștere, într-o măsură mai mică, a rezistenței la încovoiere. Danturarea se execută

Înainte de tratament, după tratament dantura trebuind rectificată, pentru eliminarea deformațiilor mari care apar în urma tratamentului. Cele mai utilizate oțeluri de cementare sunt: OLC 15, OLC 20, 15 Cr 08, 18 MoCr 10 etc.). Oțelurile de cementare se recomandă la angrenajele puternic solícitate și când se impun restricții de gabarit.

4. *Materialele plastice* au elasticitate mărită dar caracteristici mecanice reduse, utilizându-se în construcția roților dințate puțin solícitate. Se folosesc la realizarea angrenajelor mai puțin precise, dar care necesită o funcționare silențioasă – datorită elasticității mari, se asigură compensarea erorilor de execuție și montaj – la roțile care lucrează în medii corosive și la roțile la care ungerea cu uleiuri minerale nu este posibilă (industria alimentară, textilă, aparate de birou și de uz casnic). *Alte materiale:* textolit, ebonită, cauciuc vulcanizat, lemn de esență tare. În tabelul 3 sunt prezentate câteva caracteristici ale materialelor nemetalice utilizate pentru realizarea roților dințate.

Tabel 1.

| <i>Materiale pentru roți dințate</i> | | <i>Recomandări de folosire</i> | |
|--|----------------------------|--------------------------------|--|
| <i>Felul materialului</i> | <i>Marca</i> | <i>STAS</i> | <i>Tipul angrenajului. Condiții de folosire.</i> |
| Oțeluri de uz general pentru construcții | OL 50 | 500/ 2-80 | Roți dințate foarte puțin solícitate, la viteze periferice mici sau moderate. |
| | OL 60 | | |
| | OL 70 | | |
| Oțeluri carbon de calitate pentru tratament termic, destinate construcției de mașini | OLC10 | 880- 80 | Roți dințate puțin solícitate, la viteze periferice moderate (6.12 m/s) și sarcini cu șoc. |
| | OLC 15 | | |
| | OLC 45 | | Roți dințate puțin solícitate, la viteze periferice mici (< 6 m/s). Mărcile de calitate superioară și conținut controlat de sulf pot fi folosite pentru roți dințate mediu solícitate, la viteze periferice moderate (6.12 m/s) și sarcini cu șoc. |
| | OLC 50 OLC 55 OLC 60 | | |
| Oțeluri aliate | 15 Cr 8 | 791- | Melci. Roți dințate puternic |

| | | | |
|---|--------------------------|--------------|--|
| pentru tratament termic, destinate construcției de mașini | | 80 | solicitate, la viteze periferice mari și sarcini cu șoc. |
| | 18 MnCr 10 21 MoMnCr | | Roți dințate puternic solicitate, la viteze periferice mari (> 12 m/s) și sarcini cu șoc. Melci. |
| | 21TiMnCr12 28TiMnCr12 | | Roți dințate pentru mașini grele, la viteze periferice mari (> 12 m/s) și sarcini cu șoc. |
| | 40 Cr 10 33 MoCr 11 | | Roți dințate mediu solicitate, la viteze periferice mici-medii (4. 12 m/s). |
| Oțel carbon turnat în piese | OT 40-3 OT 50-3 | | Roți dințate de dimensiuni mari, foarte puțin solicitate. |
| Oțel aliat turnat în piese | T35Mn14 T30SiMn12 | 1773-76 | Roți dințate de dimensiuni mari, mediu solicitate. |
| Bronz cu staniu turnat în piese | CuSn 14 CuSn 12Ni | 197/ 2-76 | Roți melcate, pentru viteze de alunecare > 5 m/s. |

Tabel 2.

| Marca otelului | Diametrul probei de tratament termic | Felul tratamentului | Limita de curgere | Rezistența la tractiune | Alungirea la rupere | Reziliența | Duritatea Brinell în stare recoaptă |
|----------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|------------|-------------------------------------|
| OLC 45 | - 16 | N CR | 360 480 | 610 700 - 840 | 18 14 | - 40 | 207 |
| OLC 60 | - 16 | N CR | 400 570 | 700 830 - 980 | 14 11 | - - | 241 |
| 15 Cr 08 | 11 | Cr | 460 | 790 - 1030 | 10 | - | 174 |
| 18 MoCrNi 13 | 11 | Cr | 830 | 1080 - 1420 | 9 | - | 217 |

| | | | | | | | |
|--------------|----|----|-----|-------------------|----|----|-----|
| 21 MoMnCo12 | 11 | Cr | 880 | 1180 - 1520 | 9 | - | 217 |
| 38 MoCrAl 09 | 16 | Cr | 790 | 980 - 1180 | 10 | 39 | 229 |
| 33 MoCr 11 | - | I | 800 | 1000 | 12 | 90 | 285 |

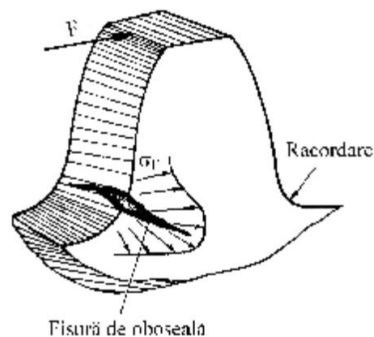
Tabel 3.

| Materialul | Greutatea specifică | Rezistența la tracțiune | Rezistența la încovoiere | Rezistența la compresiune | Modulul de elasticitate | Duritate Brinell | Absorbția de apă în 24 de ore |
|------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------------|
| Textolit | 1,3-1,4 | 500-800 | 1000-1300 | 2000 | 10^3 (50-90) | 15-20 | 1,5-2,4 |
| Pertinax | 1,35-1,45 | 700-1000 | 1000 | 1400 | 10^3 (40-80) | 13 | 2,5-4,0 |
| Lemn stratificat | 1,3 | 1100-1400 | 1000 | 1200 | - | 15 | 1-1,1 |
| Fibră vulcan | 1,3 | 800 | - | 2000 | $50 \cdot 10^3$ | 12 | - |

4. Formele și cauzele deteriorării angrenajelor

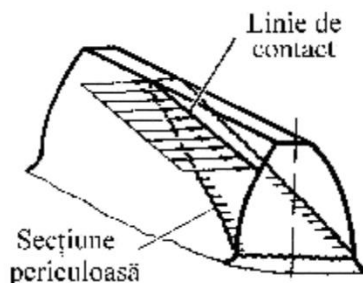
1. Ruperea dinților

a. *Ruperea dinților prin oboseală* este forma principală de deteriorare a angrenajelor din oțel, cu duritatea flancurilor active > 45 HRC, precum și a angrenajelor din fontă sau din materiale plastice. Ruperea se produce datorită solicitării de încovoiere a dintelui, solicitare variabilă în timp, care determină oboseala materialului și apariția, la baza dintelui, a unor microfisuri, care se dezvoltă în timp, provocând, în final,



ruperea dintelui. Fisura de oboseală (fig.6) apare în zona de racordare a dintelui la corpul roții, pe partea fibrelor întinse, unde concentrarea tensiunilor de încovoiere este maximă.

b. Ruperea statică a dinților este cauzată de suprasarcini sau șocuri mari, care apar în timpul funcționării angrenajului, ca urmare a condițiilor de funcționare. La roțile cu dantură dreaptă, ruperea se produce la baza dintelui, iar la roțile cu dantură înclinată, dinții înclinați intrând progresiv în angrenare, se rup porțiuni de dinte (fig.7)



2. Deteriorarea flancurilor active ale dinților

a. Pittingul (apariția de ciupituri pe flancurile active ale dinților) se datorește oboselii de contact a stratului superficial al flancurilor active, constituind principala formă de deteriorare a angrenajelor cu durități superficiale < 45 HRC. Ciupirea este un fenomen de oboseală a straturilor superficiale ale flancurilor active ale dinților, determinat de tensiunile de contact variabile în timp.

b. Exfolierea stratului superficial al flancurilor dinților este o formă de deteriorare prin oboseală a materialului și apare la angrenajele la care dantura a fost supusă unui tratament termic sau termochimic de durificare superficială (călire superficială, cementare, nitrurare).

Exfolierea se manifestă prin desprinderea unor porțiuni ale stratului superficial al flancului dintelui, ca urmare a unor microfisuri de oboseală apărute la granița dintre stratul durificat și cel de bază. Evitarea deteriorării prin exfoliere a angrenajului se face prin adoptarea unor tehnologii de tratament adecvate.

c. Griparea este o formă a uzării de adeziune și apare la angrenajele puternic încărcate, care lucrează la viteze periferice mari. Datorită alunecărilor mari dintre dinți, a concentrărilor mari de sarcini, a rugozităților mari ale flancurilor, uleiul poate fi expulzat dintre suprafețele aflate în contact. Datorită contactului direct, a sarcinilor locale mari și a temperaturii ridicate

din zona de contact, apar microsuduri care, în timp, se rup și se refac continuu, datorită mișcării relative a flancurilor. Punctele de sudură produc pe flancul dintelui conjugat zgârieturi și benzi de gripare, orientate în direcția alunecării.

d. Uzarea abrazivă este forma de deteriorare a angrenajelor care lucrează la viteze mici (când nu sunt create condițiile unei ungeri fluide), a angrenajelor deschise și a angrenajelor din componența transmisiilor cu deficiențe la sistemul de ungere și/sau etanșare. Deteriorarea flancurilor dinților se produce printr-un proces mecanic de îndepărtare a unor particule fine de material de pe flancul dintelui, ca urmare a acțiunii unor particule abrazive, existente între suprafețele în contact. Particulele abrazive pot proveni din exterior (când sistemul de etanșare este defectuos), din forfecarea punctelor de sudură (apărute în urma gripării) sau din desprinderea materialului (în urma apariției pittingului).

e. Alte forme de deteriorare a angrenajelor pot fi uzarea corosivă, deformarea plastică sau fisurarea.

5. Mod de lucru: studenții vor primi spre analiză un tip de roata dințată și vor face observații proprii referitoare la condițiile de lucru și uzura acestora și recomandări referitoare la materialele ce pot fi utilizate pentru realizarea reperelor discutate.

5. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru rulmenți

1. Scop

În cadrul acestei lucrări se vor discuta criteriile care stau la baza alegerii materialelor metalice utilizate în industria constructoare de mașini, la realizarea lagărelor de rostogolire.

2. Noțiuni introductive

Lagărele sunt organe de mașini complexe care asigură simultan sprijinirea și rotația arborilor sau osiilor, respectiv preluarea sarcinilor în timpul funcționării. În funcție de tipul frecării din interior, lagărele se împart în două mari categorii: *lagăre cu alunecare* cărora le este caracteristică frecarea de alunecare între suprafețele active fus – cuzinet, separate sau nu de un strat de lubrifianț și *lagăre cu rostogolire* cărora le este caracteristică frecarea de rostogolire.

Lagărele sunt definite ca organe de mașini utilizate pentru susținerea arborilor sau a altor piese cu mișcare de rotație, servind pentru preluarea sarcinilor care acționează asupra acestora. Dacă frecarea din interiorul *lagărului este* frecare cu rostogolire, lagărele se numesc lagăre cu rostogolire.

Rulmentul este elementul principal al lagărului cu rostogolire. Alături de rulment, în componența lagărului cu rostogolire intră fusul arborelui, carcasa, elementele de fixare axială, sistemele de ungere și de etanșare.

Rulmenții (vezi figura 1) sunt ansambluri independente, formate din: inel exterior (1), cu cale de rulare la interior; inel interior (2), cu cale de rulare la exterior; corpuri de rostogolire (3) și colivie (4), care împiedică contactul dintre corpurile de rostogolire prin dispunerea echiunghiulară a acestora.

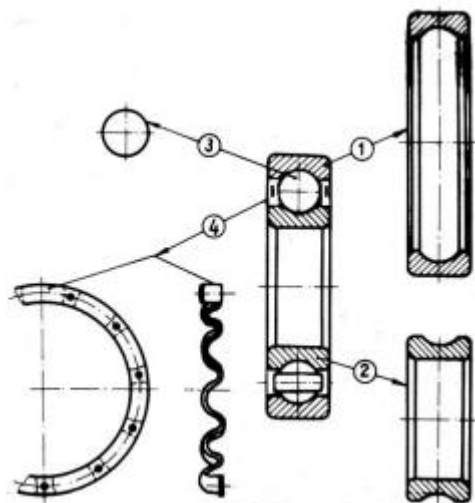


Figura 1. Părțile componente ale unui rulment

Principalele *avantaje* ale lagărelor cu rostogolire sunt:

- randament ridicat
- capacitate mare de încărcare pe unitatea de lungime, deci gabarit axial redus;
- consum redus de lubrifiant;
- întreținere ușoară;
- interschimbabilitate, datorită standardizării internaționale.

Dezavantajele lagărelor cu rostogolire sunt:

- gabarit radial relativ ridicat;
- durabilitate scăzută la funcționarea cu turații foarte mari sau în prezența șocurilor și vibrațiilor.

În prezent, lagărele cu rostogolire constituie principalul tip de lagăr utilizat în construcția de mașini, domeniile de folosire fiind limitate doar de necesitatea realizării unor turații foarte mari sau de prezența șocurilor și vibrațiilor.

Clasificarea rulmenților se face după o serie de criterii:

- forma corpurilor de rostogolire: se deosebesc rulmenți cu bile, rulmenți cu role cilindrice, rulmenți cu ace, rulmenți cu role conice, rulmenți cu role butoi simetrice sau asimetrice;
- numărul de rânduri de dispunere a corpurilor de rostogolire îi împarte în rulmenți cu corpurile de rostogolire dispuse pe un rând, pe două sau pe mai multe rânduri;
- capacitatea de preluare a deformațiilor unghiulare: se deosebesc rulmenții obișnuiți (care pot prelua abateri unghiulare foarte mici) și rulmenții oscilanți (cu capacitate ridicată de preluare a abaterilor unghiulare);
- direcția sarcinii principale preluate ce împarte rulmenții în: rulmenți radiali (preiau sarcini radiale și, eventual, sarcini axiale mici), rulmenți axiali (preiau sarcini axiale), rulmenți radial-axiali (preiau, în principal, sarcini radiale, dar și sarcini axiale), rulmenți axial-radiali (preiau, în principal, sarcini axiale, dar și sarcini radiale);
- construcția și materialul coliviei: se deosebesc rulmenți cu colivie ștanțată (din tablă de oțel) sau cu colivie masivă (din textolit, alamă etc.);
- elementele de etanșare cuprinse în construcția rulmentului: rulmenții pot fi neetanșați (fără sisteme de etanșare proprii), etanșați (umpluți cu unsoare consistentă și prevăzuți, între inele, pe ambele fețe, cu discuri din materiale nemetalice), protejați (umpluți cu unsoare consistentă și prevăzuți, între inele, pe ambele fețe, cu discuri din materiale metalice);

- valoarea jocului radial: rulmenți cu joc radial normal, mărit sau micșorat, joc determinat de precizia de execuție care poate fi normală sau ridicată.
- dimensiunile de gabarit: conform standardelor, se deosebesc serii de diametre (cu diferențe pe direcție radială) și serii de lățimi (cu diferențe pe direcție axială – numai la rulmenții cu role), acestea influențând capacitatea de încărcare a rulmenților.

3. Materiale utilizate la fabricarea rulmenților

Regimul sever al solicitărilor și caracterul deosebit de complex al fenomenelor de deteriorare nu au făcut posibilă stabilirea unei legături directe între proprietățile mecanice standard și calitatea oțelului utilizat pentru fabricarea rulmenților. Pentru aprecierea calității materialele destinate inelelor și corpurilor de rostogolire trebuie să luăm în considerare o serie de proprietăți mecanice și fizice: durabilitate la solicitarea de oboseală de contact, duritate la temperatura ambiantă și la temperatura ridicată, coeficientul de dilatare, tenacitatea, rezistența la coroziune, caracteristicile transformărilor metalurgice. Pentru utilizari și condiții de lucru normale, primele două proprietăți trebuie luate în considerare.

Oțelurile utilizate de regula pentru fabricarea *inelelor și corpurilor de rostogolire* sunt oțelurile cu conținut ridicat de carbon (pentru călire integrală), utilizându-se totuși de către unele firme și oțelurile de cementare, deoarece acestea se comportă bine la solicitări cu șocuri. Pentru rezistență la temperaturi ridicate sau pentru rezistență la coroziune, se utilizează oțeluri speciale înalt aliate, respectiv oțeluri anticorozive, aliate cu crom. Indiferent de tipul oțelului, duritatea minimă nu trebuie să depășească 58 HRC.

În ceea ce privește categoria oțelurilor de călire integrală, cele care îndeplinesc cel mai bine aceste condiții sunt oțelurile aliate cu crom, care conțin aproximativ 1% carbon și 1,3...1,65% crom. Alte elemente de aliere sunt manganul și siliciul. Viteza de călire și adâncimea de călire sunt direct dependente de conținutul de mangan. Tratamentul termic de durificare este de călire (încălzire la 800°C, menținere 1 oră, răcire în ulei) urmată de revenire joasă (încălzire la 170°C, menținere 3 ore, răcire în ulei preîncălzit la 70°C). După tratamentul termic, duritatea inelelor și a corpurilor de rostogolire este de 63±3 HRC.

Pornind de la necesitatea existenței unor rulmenți cu fiabilitate ridicată la temperaturi înalte (circa 1100°C) în domeniul tehnologiilor

aerospațiale, s-au făcut cercetări în domeniul materialelor ceramice, ajungându-se la performanța de a se produce în prezent rulmenți ceramici hibridi sau complet ceramici din oxid de zirconiu și nitrură de siliciu.

Inelele rulmenților se execută prin strunjire, urmată de rectificare. Semifabricatele utilizate sunt de tip țeavă laminată, pentru diametre exterioare mai mici de 20 mm și obținute prin forjare, pentru diametre exterioare mai mari de 20 mm.

Forjarea se efectuează pe mașini automate. Ulterior semifabricatele forjate se supun unui tratament termic de recoacere de globulizare (în cuptoare electrice) și operațiunii de sablare cu alicie din fontă pentru îndepărtarea țunderului și a eventualelor bavuri. Strunjirea se face pe mașini automate. Înaintea operației de strunjire a căilor de rulare se rectifică plan bilateral inelele, pentru asigurarea bazelor tehnologice. După strunjire se aplică tratamentul de durificare și abia apoi se execută, în ordine, rectificarea suprafețelor laterale, a suprafețelor cilindrice, a căilor de rulare și superfinisarea căilor de rulare (rugozitatea suprafețelor funcționale este de 0,4 μm).

Bilele se obțin prin presare la rece (în prese speciale), urmată de pilire și eventual rectificare. Se continuă cu tratamentul termic de durificare, urmat de rectificare, lepuire și sortare. Rectificarea și lepuirea se execută cu discuri din fontă specială, cu soluții abrazive de Al_2O_3 , Cr_2O_3 și, în final, motorină (rugozitate de 0,04 μm)

În ceea ce privește *colivia rulmentului*, aceasta are ca funcție principală împiedicarea contactului direct între corpurile de rostogolire. În cazul rulmenților cu role, colivia realizează și ghidarea rolor, iar la rulmenții cu inele separabile, colivia reține elementele de rostogolire astfel încât acestea nu pot cădea când se realizează montarea sau demontarea rulmentului.

Din acest motiv, rulmenții de dimensiuni mici și medii sunt echipați cu colivii matrițate din oțeluri cu conținut scăzut de carbon sau din alama, dar și cu colivii din mase plastice caracterizate de o serie de proprietăți favorabile (densitate redusă, elasticitate ridicată, uzura redusă la miscarea de alunecare). Rulmenții de dimensiuni mari folosesc colivii din alama, fontă cu grafit nodular, oțel sau aliaje ușoare obținute prin prelucrare mecanică de așchiere.

4. Fenomene specifice de uzură

Tipul și evoluția deteriorărilor lagărelor depinde de următorii factori:

- factori de material (omogenitatea structurală și compoziția chimică);
- factori constructivi (forma și dimensiunile);
- factori tehnologici (operațiile/regimurile tehnologice, precizia de execuție, condițiile de control);
- factori de montaj (ajustajul și condițiile de montaj);
- factori de exploatare (sarcina, viteza, ungerea, temperatura, etanșarea etc).

După natura factorilor care provoacă uzura, putem face următoare clasificare:

➤ *uzura prin oboseala de contact*: în condiții normale de lucru (sarcini, viteze și temperaturi moderate, ungere abundentă cu lubrifianți recomandați necontaminați) se apreciază că deteriorarea prin oboseală a suprafețelor de contact este deteriorarea caracteristică a rulmenților.

Punctul de inițiere îl constituie existența inevitabilă în material a unor microdefecte (incluziuni nemetalice, goluri, neregularități structurale etc) care sub o sarcină dinamică generează microconcentrări de tensiuni. Acestea, sub sarcină variabilă, în corelație cu geometria și distribuția în material, cu caracteristicile elastice și plastice ale materialului, determină evoluția defectului într-o microfisură, ce crește și se propagă către suprafață, finalizându-se cu îndepărtarea tipică de material prin efecte mecanice și hidrostatice (figura 2).

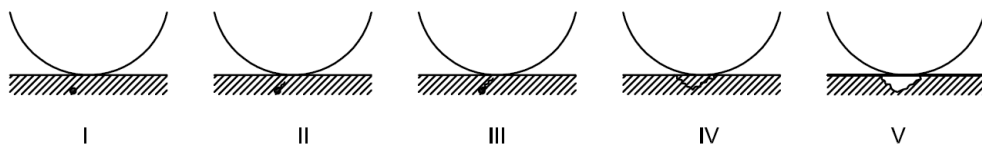


Figura 2. Evoluția unui microdefect

Conform observațiilor de mai sus, deteriorarea se va produce cu predilecție în zonele suprafețelor de contact cu tensiuni de contact maxime, descrise în figura 3: localizarea normală pe zona cu tensiuni de contact maxime la rulmenții cu bile (a) și respectiv cu role (d); localizarea deplasată pe inelul interior (b) sau pe inelul exterior (c) în cazul rulmenților cu bile; localizarea în zonele marginale de contact la inelul interior la rulmenții radiali cu role cilindrice pentru sarcini superioare sarcinii de optimizare (e);

localizare deplasată către o zonă marginală la inelul interior de rulment cu role cilindrice dezaxat în raport cu inelul exterior (f).

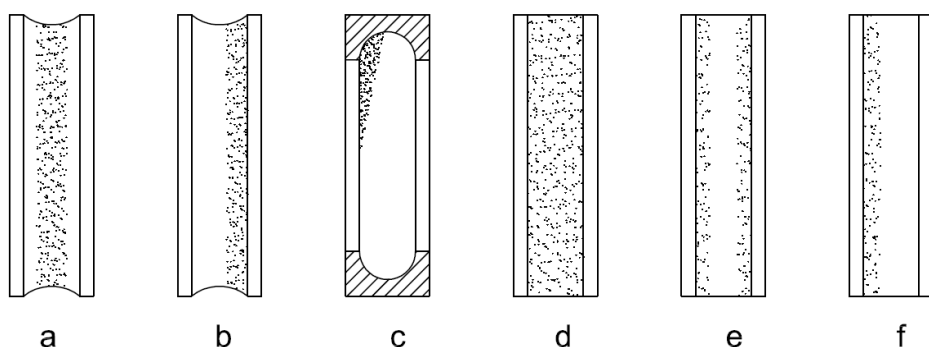


Figura 3. Zone în care se produc cu predilecție deteriorările

Forma exterioară inițială a defectării prin oboseală de contact se manifestă prin dezvoltarea unor mici gropițe sau ciupituri (circa 0.1 mm adâncime) cunoscute sub denumirea de *pitting* – figura 4 a, b; dacă deteriorarea nu este depistată se va extinde pe zone mai mari, cu suprafețe cojite (*spalling, flaking* - figura 4 c, d).

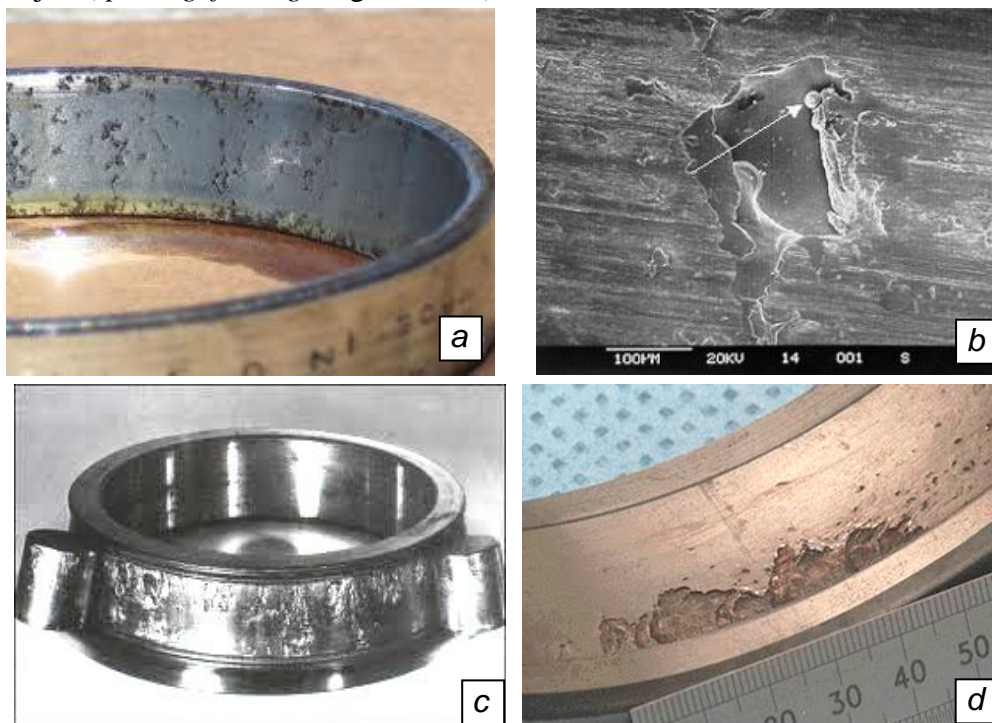


Figura 4. Defecte cauzate de oboseala de contact: a,b – *pitting*; c,d – *flaking, spalling*

Pe lângă microconcentratorii de tensiuni, deteriorarea prin oboseală mai poate fi influențată și de alți factori: ungerea insuficientă pe suprafața de contact; existența strângerii în rulment în funcționare; abaterile de la coaxialitate în montaj; precizia necorespunzătoare a arborelui sau carcasei de montaj; existența unor zone cu uzură de tip abraziv sau de coroziune de contact ce pot fi puncte de plecare pentru uzura prin oboseală de contact.

➤ *uzura abrazivă*: presupune fie contactul direct între suprafețe sub sarcină redusă sau moderată și în mișcare relativă, cu ungere insuficientă, fie prezența în lubrifianț, între suprafețe a unor particule dure, abrazive, de contaminare din exterior sau ca produse de uzură. Acest tip de uzură se manifestă atât pe suprafețele de contact cât și pe cele de contact pentru ghidare.

Evoluția în timp este relativ lentă, depinde de sarcină, viteză, dimensiunile, caracteristicile și numărul particulelor abrazive în lubrifianț, fiind caracterizată prin modificări ale calității și aspectului suprafeței, creșterea jocului de lucru, a zgomotului și vibrațiilor, reducerea durabilității prin modificarea distribuției de sarcini, iar în final duce la o uzură superficială prin cojire.

➤ *uzura adezivă*: se produce atunci când suprafețele cu mișcare relativă sunt în contact direct, cu ungere și răcire insuficientă, în condiții de sarcină și viteză ridicate și are ca rezultat apariția unor microdeformații plastice, microsuduri și ruperi locale. Un fenomen foarte des întâlnit este *griparea*, caracterizată prin formarea unor microsuduri locale la contactul corpurilor de rostogolire cu inelele sau cu coliviile.

Evoluția deteriorării este rapidă și se manifestă prin creșterea bruscă a frecărilor, încălzirea suprafețelor afectate și în final blocarea rulmentului, cu consecințe grave. Dacă regimul de funcționare este mai puțin sever, cu întreruperi ale peliculei de lubrifianț pe durate scurte, la sarcini și viteze moderate, uzura este localizată și încetinită, pe suprafețele afectate fiind constatate pete, pierderi locale de luciu sau zgârieturi multiple.

➤ *fisurarea*: se produce pe suprafețele de contact, de montaj sau pe alte suprafețe ale rulmentului prin: lovirea rulmentului cu ciocanul la montaj; aplicarea unor sarcini mari cu șoc; strângere excesivă de montaj; blocarea prin corpuri străine; forma necorespunzătoare a suprafețelor de montaj; încălziri locale prin alunecări; ungere insuficientă etc.

➤ *știrbirea și amprente plastice*: știrbirea apare în zonele de capăt ale inelelor, mai ales la rulmenții cu role conice sau cu role butoi și este

provocată de sarcini axiale excesive sau prin batere la montaj. Ampretele plastice apar în urma unei sarcini cu șoc sau unei lovituri la montaj, putând fi cauzată și de particulele dure aflate între suprafețe. Sunt caracterizate printr-un aspect fără luciu, cu rugozitate mai mare, dar nu au consecințe majore asupra bunei funcționări a rulmentului.

➤ *oxidarea, coroziunea și trecerea curentului electric:* atunci când mediul de lucru este foarte umed sau înregistrează schimbări bruște de temperatură, din cauza fenomenului de condensare pot apărea pe suprafețe picături de apă ce duc la oxidarea și/sau corodarea rulmentului.

Coroziunea se poate produce din cauza unor reacții chimice ce se produc la nivelul suprafețelor metalice în medii cu urme de acid sau alcaline, sau sub acțiunea sulfurilor și clorurilor din aditivii lubrifianților. Deși coroziunea sau oxidarea nu sunt legate direct de fenomenul de oboseală, prezența acestora, mai ales pe adâncime, conduce la cojiri rapide și premature.

Trecerea curentului electric prin zona contactelor provoacă pe suprafețe deteriorări specifice, asemănătoare inițial cu deteriorarea prin oboseala de contact (pitting “electric” pe bilele de rulment sau pe calea de rulare a inelului exterior).

➤ *deteriorarea coliviei, a inelelor sau a corpurilor de rostogolire* sunt forme de deteriorare întâmplătoare, datorate erorilor, impreciziilor de execuție și montaj sau exploatarea necorespunzătoare a rulmenților. Cea mai periculoasă este ruperea coliviei, la rulmenții care funcționează la turații ridicate și la cei montați cu prestrângere. Ruperea coliviei apare în dreptul corpurilor de rostogolire, după o uzare prealabilă a locașurilor acestora, sau în zona de asamblare prin nituri. La inelele rulmenților se poate produce fisurarea gulerelelor.

5. Mod de lucru: studenții vor primi spre analiză câteva tipuri de rulment uzat, în cazul cărora vor trebui să analizeze toate solicitările la care au fost supuși și să facă observații referitoare la uzura produsă și recomandări referitoare la materialele ce au fost utilizate pentru realizarea acestora.

6. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru organe de asamblare (șurub – piuliță)

1. Scop.

În cadrul acestei lucrări se vor discuta criteriile care stau la baza alegerii materialelor utilizate în industria constructoare de mașini, la realizarea organelor de asamblare (șurub – piuliță).

2. Noțiuni introductive.

În practică se întâlnesc două mari tipuri de asamblări:

1. *Asamblări demontabile* – care în urma desfacerii pieselor asamblate nu are loc nicio deteriorare a vreuneia dintre piese. Din această categorie amintim:

- asamblări filetate (șurub - piuliță);
- asamblări prin formă (pene, caneluri, profile poligonale);
- asamblări prin frecare (pe con, cu strângere);
- asamblări elastice.

2. *Asamblări nedemontabile* – care în urma desfacerii pieselor asamblate are loc deteriorarea a cel puțin uneia dintre ele;

- asamblări sudate;
- asamblări prin lipire;
- asamblări prin încheiere;
- asamblări nituite.

Asamblările filetate sunt asamblări demontabile, realizate prin intermediul a două piese filetate, conjugate, una filetată la exterior (șurub), iar piesa conjugată, filetată la interior, poate fi o piuliță sau o altă piesă cu rol funcțional de piuliță.

Asamblările prin șuruburi fac parte dintre cele mai răspândite asamblări demontabile. Ele au în componere cel puțin două piese cu filet și cea de-a treia cu/sau fără filet. Într-o asamblare filetată a două piese (A și B) pot exista două variante constructive (figura 1). Învârtind piulița 2 (figura 1.a) – șurubul 1 fiind ținut pe loc – ea alunecă pe spire și înaintează în direcția axială, similar împingerii unui corp pe plan înclinat. În figura 1.b este prezentată asamblarea a două piese prin strângerea directă a șurubului în gaura filetată executată în una din piese (B), care ia rolul piuliței.

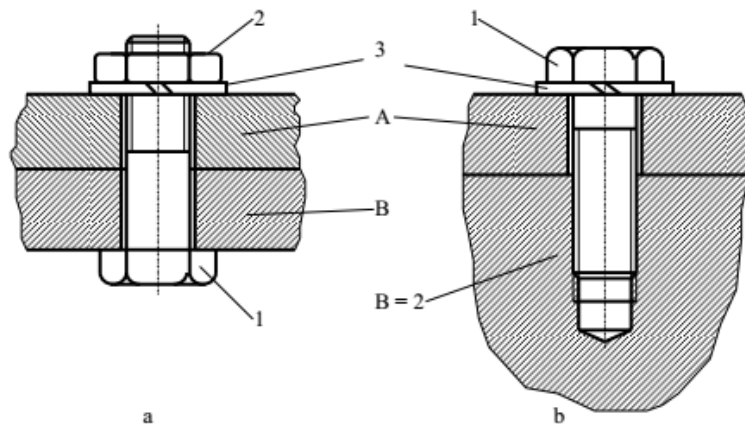


Figura 1. Variante constructive ale unei asamblări filetate

Rolul funcțional al șurubului este:

- *de strângere* – cu rol de a crea tensiuni între piese și deci de a etanșa diferite medii, de a transmite diferite forțe sau momente. Exemple: • asamblări demontabile (șuruburi de fixare), • crearea de tensiune (asamblarea capetelor de tiranți), • închidere etanșă (dopuri filetate);
- *de reglaj* – pentru fixarea poziției relative sau strângerea ulterioară în scopul eliminării jocurilor după uzură. Exemple: • cuzineți, • șuruburile de reglare ale penelor săniilor mici;
- *transformarea mișcării rotative în mișcare axială sau invers*. Exemple: șurubul central la strunguri, deplasarea mesei la strungurile normale, paralele;
- *transformare de forțe periferice mici în forțe axiale mari*. Exemple: prese, organe de închidere, menghine;
- *măsurare*. Exemple: • micrometrul.

Avantaje:

- gabarit redus (datorită spirei care se înfășoară pe un cilindru se poate obține o suprafață mai mare de contact – prin mărimea lungimii de înfășurare;
- posibilitatea adaptării formei capului șurubului și piuliței la forma pieselor de asamblat și la condițiile de acces;
- execuție relativ ușoară.

Dezavantaje:

- filetul este un concentrator de tensiuni (datorită formei), periclitând rezistența la oboseală;
- necunoașterea precisă a forței de strângere a piuliței (poate duce la suprasolicitări periculoase) – necesită utilizarea cheilor dinamometrice pentru

cunoașterea forței de strângere;

- asigurarea contra desfacerii;
- randamentul scăzut (la șuruburile de mișcare);
- uzura flancurilor (care pot introduce jocuri în cazul șuruburilor de mișcare);
- lipsa de autocentrare.

Filetul constituie partea caracteristică a șurubului, și poate fi clasificat după:

✓ forma și rolul funcțional:

- a) de fixare, respectiv de strângere de obicei filetul triunghiular;
- b) de strângere și etanșare, pentru țevi (filetul triunghiular fără joc la vârfuri, filetul conic);
- c) de mișcare (filetul dreptunghiular, trapezoidal în formă de ferăstrău, rotund;

✓ sensul de înfășurare:

- a) spre dreapta;
- b) spre stânga (pentru reglarea coincidenței sensului strângerii piuliței și cel al rotației unui arbore spre a nu se slăbi în timpul exploatării, filetul de la buteliile de aragaz, etc.);

✓ numărul de începuturi:

- a) cu un singur început;
- b) cu mai multe începuturi (la șuruburile de mișcare pentru îmbunătățirea randamentului);

✓ forma lui :

- a) triunghiular cu unghiul la vârf 60° (filete metrice) sau de 55° (la șuruburile în țoli) (fig.2.a);
- b) pătrat sau dreptunghiular (fig.2.b);
- c) trapezoidal (fig. 2.c);
- d) fierăstrău (fig. 2.d);
- e) rotund (fig. 2.e).

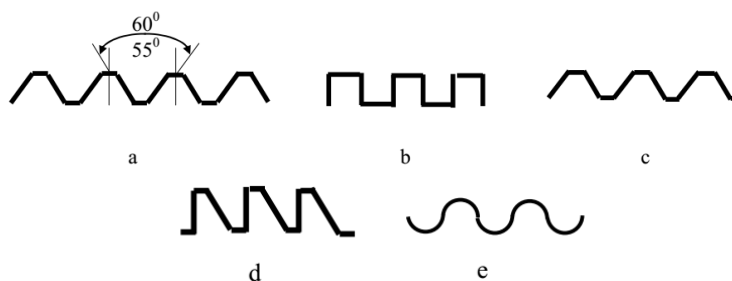


Figura 2. Tipuri de filet

Aceste asamblări sunt folosite pe scară largă în construcția de mașini, datorită avantajelor pe care le prezintă:

- realizează forțe de strângere mari;
- sunt sigure în exploatare;
- sunt ieftine, deoarece se execută de firme specializate, în producție de masă;
- sunt interschimbabile;
- asigură condiția de autofixare.

Dezavantajele acestor tipuri de asamblări se referă, în principal, la:

- filetul, prin forma sa, este un puternic concentrator de tensiuni;
- nu se pot stabili cu precizie mărimile forțelor de strângere realizate;
- necesită asigurări suplimentare împotriva autodesfacerii.

Asamblările filetate dintre două sau mai multe piese se pot realiza în următoarele variante:

- cu șurub, montat cu joc, și piuliță (fig.3, a);
- cu șurub, montat fără joc, și piuliță (fig.3, b);
- cu șurub înșurubat în una din piese (fig.3, c);
- cu prezon și piuliță (fig.3, d).

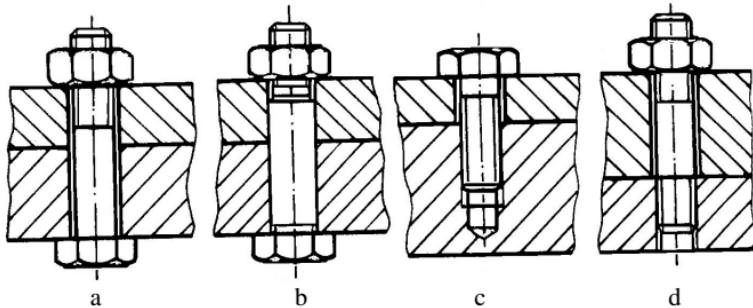


Figura 3. Variante de asamblări filetate

3. Materiale pentru asamblări filetate

Alegerea materialului organelor de ansamblare filetate se face pe baza criteriilor care privesc îndeplinirea funcțiunii, tehnologia de fabricație și costul.

Pentru șuruburi se folosesc:

- oțeluri laminate OL37, OL42, OL50, OL60 (STAS 500/2) cu capacitate bună de deformare plastică la rece;
- oțeluri de calitate OLC35, OLC45 (STAS 880) pentru solicitări medii;

- oțeluri aliate 41C10, 33MoC11 (STAS 791) pentru șuruburi supuse la condiții severe de solicitare

- materiale și aliaje neferoase:

- Al și Cu pentru condiții care cer materiale cu o bună conductibilitate electrică și termică;

- titan pentru șuruburi solificate în condiții de temperaturi ridicate și mediu corosiv;

- materiale plastice (poliamide, nylon, teflon) pentru cerințe de rezistență la coroziune, izolare termică și electrică.

Pentru piulițe se folosesc :

- oțel fosforos OLF (STAS 3400);

- fontă;

- bronz.

Alegerea unuia sau altuia dintre materiale se face în funcție de temperatura de lucru a asamblării:

- $T < 230^{\circ}\text{C}$ – oțeluri normale de înaltă rezistență;

- $T = 230^{\circ}\text{C} \div 480^{\circ}\text{C}$ – oțeluri aliate cu Cr, Mo, V;

- $T = 480^{\circ}\text{C} \div 650^{\circ}\text{C}$ – aliaje de Fe, Ni și Cr;

- $T = 650^{\circ}\text{C} \div 880^{\circ}\text{C}$ – aliaje pe bază de Ni;

- $T = 880^{\circ}\text{C} \div 1100^{\circ}\text{C}$ – aliaje Ni – Co.

Ca procedee tehnologice de prelucrare, alegerea depinde de seria de fabricație:

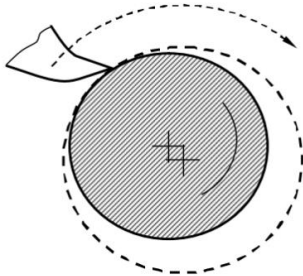
- execuție manuală: tarod pentru piuliță, filier- pentru șurub;

- filetare pe strung – cuțite normale sau cuțite-disc-circulare care pot avea unul sau mai multe vârfuri active. Dezavantajul metodei este dat de uzura sculei care alterează, la prelucrări multiple, geometria filetului;

- filetarea prin frezare – cu freze disc sau freze pieptene. Fiind foarte productivă, se folosește pentru degroșarea filetelor adânci la care urmează finisarea pe strung. Pe mașina de frezat, finisarea ar fi imprecisă datorită vibrațiilor;

- filetarea prin vârtej utilizează mașini speciale cu scule rotitoare cu turații de 1000 - 3000 rot/min, piesa - semifabricatul rotindu-se cu 100 - 300 rot/min. Deoarece centrul de rotație al cuțitului nu coincide cu cel al piesei (figura 4), nu se detașează o așchie continuă ci așchii scurte, subțiri. Din acest motiv nu se produce încălzirea excesivă a sculei, iar precizia este ridicată și productivitatea la fel. Filetele se pot rectifica (pentru cele de mișcare) creându-se o stare favorabilă a tensiunii remanente;

- rectificarea filetului – în special la filete cu profil înalt – filete de mișcare sau pentru șuruburile motoarelor de avion. Rectificarea se face cu pietre abrazive disc sau pieptene.
- filetarea prin rulare – filetul este imprimat prin refularea parțială a materialului semifabricatului. Se folosesc role de oțel care au ca profil negativul filetului. Șurubul astfel rulat are o rezistență mai mare la oboseală, „fibrajul” lui nefiind secționat ca la strunjire (figura 5).



Filet strunjit



Filet rulat

Figura 4. Filetarea prin vârtej

Figura 5. Fibrajul filetului în funcție de procedeul de prelucrare

4. Mod de lucru: studenții vor primi spre analiză câte un tip de organ de asamblare, în cazul căruia vor trebui să analizeze solicitările pe care le suportă în utilizarea curentă și să facă recomandări referitoare la materialele ce pot fi utilizate pentru realizarea acestuia.

7. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru elementele tăietoare ale excavatoarelor

1. Scop.

În cadrul acestei lucrări se vor discuta criteriile care stau la baza alegerii materialelor metalice utilizate în industria constructoare de mașini, la realizarea unor organe de mașini utilizate în industria minieră sau a construcțiilor civile - elementele tăietoare (dinții) ale excavatoarelor.

2. Noțiuni introductive.

Excavatoarele sunt echipamente tehnologice prevazute cu organ activ tip cupă destinate săpării și încărcării pământurilor, care pot fi clasificate după următoarele criterii:

- 1) După modul de deplasare:
 - a) excavatoare pe roți cu pneuri;
 - b) excavatoare pe șenile;
 - c) excavatoare pășitoare;

- 2) După tipul acționării:
 - a) excavatoare cu acționare hidraulică;
 - b) excavatoare cu acționare electromecanică;
 - c) excavatoare cu acționare hidrostatică;

Excavatoarele cu acționare electromecanică sunt utilaje de mare capacitate cu sistem de rulare pe șenile sau pășitoare și folosesc ca sursă de energie rețeaua electrică. Excavatoarele cu acționare mecanică nu mai sunt fabricate.

Cea mai mare utilizare o are acționarea hidrostatică, care poate fi întâlnită de la excavatoare cele mai mici (compacte) până la excavatoarele gigant destinate lucrărilor în carieră.

- 3) După tipul echipamentului de lucru excavatoarele pot fi:
 - a) cu echipament cupă întoarsă;
 - b) cu echipament cupă dreaptă;
 - c) cu echipament de draglină;
 - d) cu echipament telescopic.

4) După gradul de universalitate:

- a) universale prevăzute cu un număr de la 10 la 15 echipamente;
- b) semiuniversale prevăzute cu un număr de la 5 la 7 echipamente;
- c) specializate prevăzute cu un singur echipament de lucru, ele sunt utilizate în special la volum de lucru mare, motiv pentru care aceste utilaje sunt automatizate.

5) După masa caracteristică:

- a) *mici* (multifuncționale) care au masa între 0.5 t și 10 t;
- b) *medii* care au masa între 11 t și 17 t;
- c) *mari* care au masa între 18 t și 28 t;
- d) *foarte grele* care au masa între 28 t și 528 t.

Din punct de vedere al gabaritului, aceste utilaje se împart în două mari categorii:

- a) utilaje de talie mică: buldozere, scrapere, autogredere, excavatoare, încărcătoare frontale;
- b) utilaje de talie mare, utilizate de obicei în industria mineritului pentru operațiile de excavare și transport continuu al minereurilor: dragline, excavatoare cu cabluri, excavatoare hidraulice de talie mare, camioane rigide de talie mare, excavatoare cu rotor de mare capacitate.

Dinții de excavator sunt elementele care intră în contact direct cu solul și sunt supuse unor uzări intense combinate cu solicitări la șoc mecanic. Din această cauză, dinții de excavator au o fiabilitate variabilă, dependentă în special de caracteristicile rocilor tăiate, astfel încât proiectarea și mentenanța lor trebuie să țină cont de aceste aspecte.

În funcție de tipul minereului excavat și de utilajul pe care sunt montați, pentru dinții de excavator se poate stabili un număr de ore de funcționare optim în scopul exprimării fiabilității acestora în condiții de solicitări de abraziune mecanică de mare agresivitate a părții active.

Comportamentul ideal pe toată durata de exploatare al unui dinte de excavator ar fi ca acesta să rămână ascuțit, iar partea activă să aibă o rezistență mare la uzură în același timp cu o reziliență și o elasticitate bună în întreaga masă a materialului.

Un astfel de comportament permite secționarea progresivă prin așchieră materialului de excavat, asigurând în același timp:

- rezistența la solicitările dinamice cu șoc întâlnite în situațiile excavării maselor miniere ce prezintă incluziuni dure;

- ghidarea materialului excavat către interiorul cupei pe care sunt montați;
- diminuarea la maximum a eforturilor rezistente la tăiere care necesită un consum de energie direct proporțional cu mărimea acestora;
- proiectarea unei scheme de montaj a dinților care să asigure atât rigiditate și stabilitate în funcționare cât și o operare simplă și rapidă la schimbarea acestora.

3. Caracteristici de material ale dinților de excavator

Elementele active tăietoare ale excavatoarelor în general sunt realizate din materiale metalice a căror compoziție chimică, structură și geometrie constructivă asigură o uzare minimă și o rezistență satisfăcătoare la solicitările la care sunt supuse în exploatare, pentru o durată de funcționare corespunzătoare unei mentenanțe cu costuri cât mai reduse.

În general, dinții pentru excavatoarele cu rotor de mare capacitate sunt realizați prin turnare, atât partea de prindere cât și partea activă fiind confecționate din același material.

În literatura de specialitate se regasesc numeroase date referitoare la caracteristicile fizico-mecanice și structurale ale materialelor destinate sculelor de dizlocare a rocilor, care au fost sintetizate în tabelul 1.

Tabel 1. Caracteristici fizico-mecanice și structurale impuse aliajelor feroase destinate utilizării la execuția sculelor de dizlocare a rocilor

| Nr. crt. | Zona | Tipul aliajului | Compoziția chimică | Caracteristici mecanice | Conductivitate termică | Caracteristici structurale |
|----------|--|----------------------------------|---|--|---------------------------|--|
| 1 | Structura de bază | Oțel pentru construcții metalice | C = 0,2 – 0,4 Si = 1,0 – 1,6 Mn=1,0 – 1,8 Mo=0,1– 0,25 Ni = 0,3 – 0,5 | R _{p 0,2} = 600-800 MPa Tratat termic Duritate min 230 HB | 40-45 W/m ² °C | Structură perlito-feritică Structură sorbitică (ferită + carburi uniform distribuite) |
| 2 | Structura de bază și zonele active rezistente la șoc | Oțel manganos | C = 0,9 – 1,2 Si = 0,5 – 1,0 Mn=11,5–4,5 Ni = max. 0,5 | R _{p 0,2} = 600-800 MPa Duritate între 180 - 220 HB | 50,2 W/m ² °C | Structură austenitică și sorbitică |
| 3 | Zonele active | Fonte înalt | C = 2,5 – 3,6 | Duritate | 50 W/m ² °C | Ledeburită, |

| | | | | | | |
|---|--|-------------------------------------|--|------------------------------|------------------------|--|
| | rezistente la șoc și uzură | aliante cu Ni și Cr | Ni= 3,0 – 6,5 Cr = 1,5 – 10 | între 520 – 800 HV | | perlită și grafit |
| | | Fonte înalt aliante cu Cr și Mo | C = 2,4 – 3,1 Cr=14,0–18,0 Mo= 2,5 – 3,0 | Duritate aproximativă 550 HV | 55 W/m ² °C | Ledeburită, perlită, ferită și grafit |
| 4 | Zonele active rezistente la șoc, uzură și temperaturi ridicate | Fonte înalt aliante cu Cr, Ni și Mo | C = 1,8 – 3,6 Cr=11,0–28,0 Ni = 2,0 Mo = 3,0 Cu = 1,0 | Duritate minimă de 600 HV | 63 W/m ² °C | Ledeburită, perlită, ferită și grafit |
| 5 | Zonele active rezistente la șoc, uzură și temperaturi ridicate | Oțel rapid | C=0,75 – 1,35 Cr=3,8 – 4,5 Mo= 0,5 – 0,8 V=3,2 – 3,9 W = 1,4 – 3,5 Co=9,0 – 18,5 Co=4,5 – 10,5 | Duritate de 64 HRC | 26 W/m ² °C | Martensită aciculară fină, carburi uniform distribuite în structură feritică. Ledeburită aliată, martensită și austenită pentru structuri prefabricate |
| 6 | Zonele active cu o rezistență ridicată la uzură | Aliaje prefabricate dure | C= 0,8 – 1,5 Cr = 4,25 Mo=3,0– 5,85 V = 3,2 – 5,0 W = 6,3 – 12 Co = 5,0 – 10 | Duritate de 75 - 80 HRC | 32 W/m ² °C | Carburi distribuite în matrice eutectică |

Materialul uzual utilizat la executarea corpului de bază al dinților de excavator este oțelul carbon aliat cu Si și Mn, care prezintă o structură de tip ferito-perlitică, de rezistență medie. În aceste caz, o creștere a rezistenței materialului are loc sub influența elementelor de aliere din soluție.

La execuția dinților de excavator mai sunt utilizate și alte materiale, de tipul:

- oțeluri de scule, oțeluri rapide cu tenacitate ridicată;
- oțeluri manganoase caracterizate de capacitate mare de ecruisare;
- diverse aliaje dure turnate – fonte albe;
- carburile diverselor materiale – wofram, titan etc.

În tabelul 2 sunt prezentate compozițiile chimice a două dintre cele mai des utilizate categorii de aliaj utilizate la execuția dinților de excavator.

*Tabel 2. Compoziția chimică impusă a oțelurilor destinate utilizării
la execuția dinților de excavator*

| Nr crt | Tipul aliajului | Destinație | Simbol | C [%] | Si [%] | Mn [%] | Cr [%] | Mo [%] | Ni [%] | Alte [%] | Caract. mecanice |
|--------|----------------------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|-----------|---------|----------------------|-----------------------------------|
| 1 | Oțel de îmbunătățire | Structura dinților | 26MnSi17 | 0,23-0,29 | 0,2-1,6 | 0,2-1,6 | 0,30 | 0,15-0,25 | 0,3-0,5 | P < 0,03 | Duritate de 300 HB |
| | | | 40Mo10 | 0,37-0,45 | 0,17-0,37 | 0,7-1,0 | < 0,30 | 1,0 | < 0,30 | S, P < 0,035 | R _{p 0,2} = min. 360 MPa |
| 2 | Oțel manganos | Structura dinților și a zonelor active rezistente la șoc mecanic | T105Mn120 | 0,9-1,2 | 0,5-1,0 | 11,5-13,5 | - | - | < 0,5 | S = 0,05 P < 0,11 | R _{p 0,2} = min. 250 MPa |
| | | | T130Mn135 | 1,25-1,4 | 0,5-1,0 | 12,5-14,5 | - | - | < 0,5 | S < 0,05 P < 0,11 | R _{p 0,2} = min. 240 MPa |

De exemplu, unul dintre cele mai utilizate materiale la producerea dinților pentru excavatoarele cu rotor de mare capacitate este oțelul manganos marca G28Mn6 + QT2 conform SREN 100293/2005 trebuie să prezinte următoarele performanțe:

- stabilitatea formei pe întreaga perioadă de exploatare, fără deformări, ruperi sau îndoiri;
- rezistență la curgere $R_{p0,2} = \text{min } 610 \text{ N/mm}^2$;
- rezistența la rupere $R = 700 - 850 \text{ N/mm}^2$;
- alungirea specifică $A = \text{min } 10\%$;
- reziliență $KCU (-20) = \text{min } 31 \text{ J/cm}^2$.

4. Caracteristici geometrice ale dinților de excavator

Din punct de vedere al geometriei, există mai multe tipuri de dinți de excavator, proiectați diferit în funcție de modul de prindere pe cupa excavatorului și de materialul din care sunt realizați, prezentați în diverse cercetări din literatura de specialitate.

În figura 1 sunt prezentate geometriile dinților tip 1300 și 1400 împreună cu cotele de uzură ale acestora.

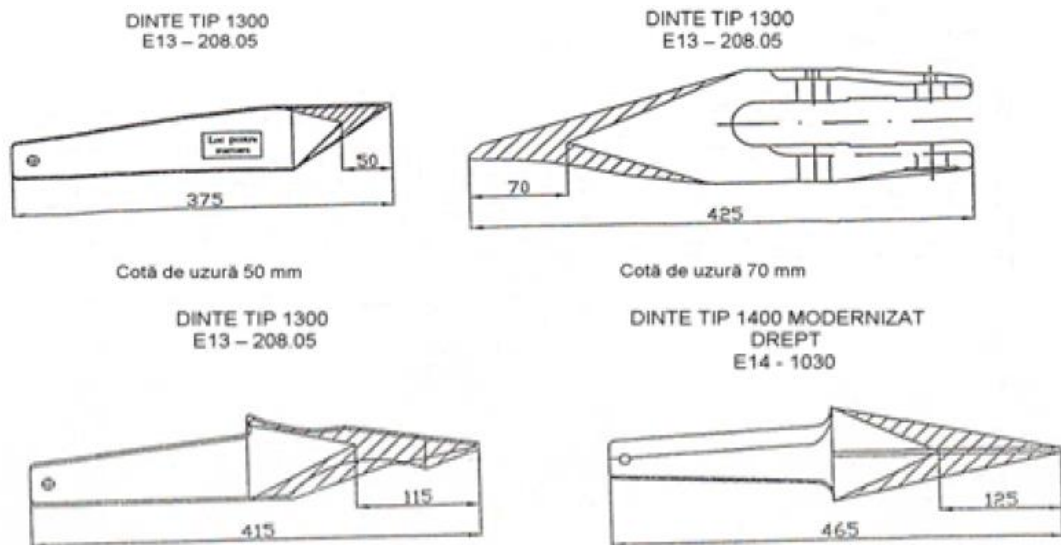


Figura 1. Tipuri de dinți de excavator utilizați în exploatarea din România.

În figurile 2 și 3 sunt prezentate geometria și schema de montaj a unui dinte utilizat în cariera Jilț (România) într-un front de lucru în mixt din cărbune și steril, care este poate fi montat la cele mai importante categorii de excavatoare cu rotor din România și anume SRs 1300 și EsRc 1400.

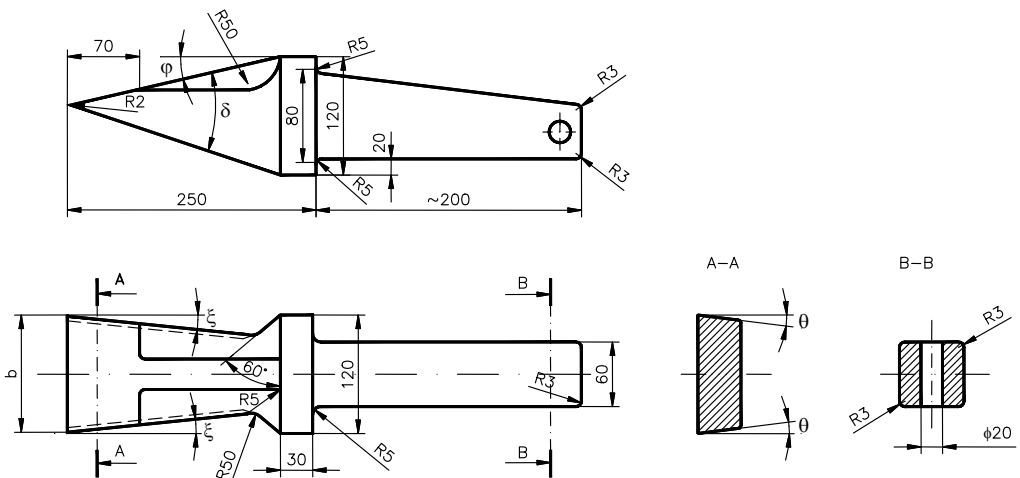


Figura 2. Forma și parametrii geometrice ai dintelui utilizat

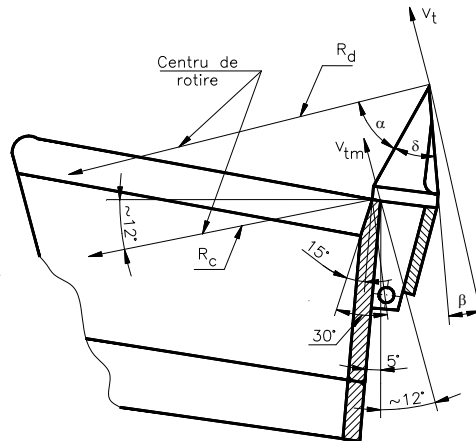


Figura 3. Schema de montaj a dintelui pe cupă, α - unghiul de degajare, β - unghiul de așezare, δ - unghiul de ascuțire.

O altă soluție este cea prin care dinte este format din partea de uzură detașabilă (vezi figura 4a și o parte de fixare de formă rectangulară din oțel. În figura 4b este prezentată și o simulare cu element finit a stării de tensiuni pentru un dinte realizat din oțel AISI 1040.

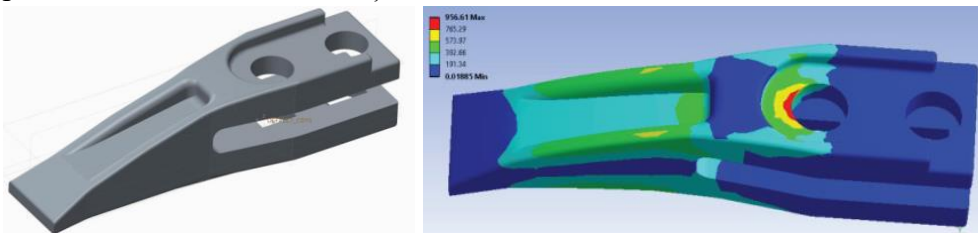


Figura 4. a) model 3D al unui dinte de excavator cu rotor; b) analiză FEM.

5. Aspecte ale uzurii dinților de excavator

Atunci când luăm în discuție cazul particular al uzurii unei părți a elementului tăietor al unui excavator cu rotor și influența acesteia asupra procesului de tăierea solului, vorbim despre consum de material în două zone caracteristice. Prima zonă este fața de uzură a dintelui de excavator ca o consecință a acțiunii materialului excavat asupra acesteia, iar a doua este suprafața dorsală de uzură care apare datorită interacțiunii dintre partea dorsală a dintelui și partea frontală a blocului de material excavat. În general, modelul de uzură a dintelui prezentat în figura 5 poate fi asumat aproximativ, în anumite ipoteze de lucru.

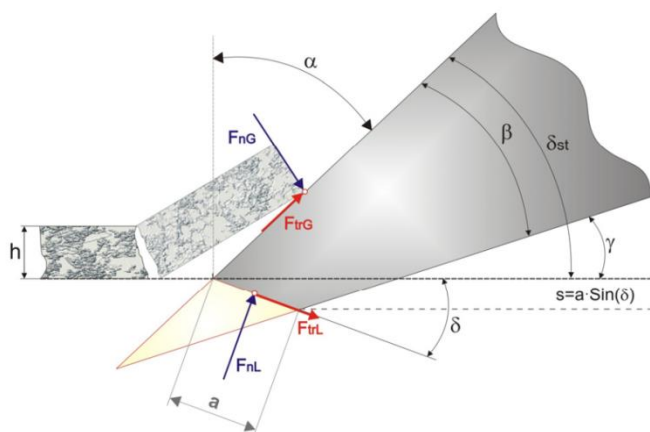


Figura 5. Modelul de uzură a elementului tăietor. α – unghiul de tăiere, β – unghiul penei, γ – unghiul de dizlocare, δ – unghiul de uzură a dintelui, F_{trL} – forța de frecare pe suprafața dorsală a dintelui, F_{nl} – componenta normală a

forței de frecare pe suprafața dorsală a dintelui, F_{trG} – forța de frecare pe fața dintelui, F_{nG} – componenta normală a forței de frecare pe fața dintelui, a – lungimea uzurii, s – lungimea frecării

În figura 6 este prezentat modul de descompunere a forțelor ce acționează în timpul exploataării, iar în figura 7 este prezentat un exemplu de uzură după simulare.

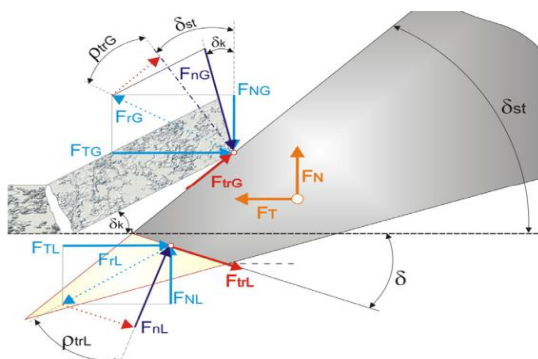


Figura 6. Exemplu de descompunere a forțelor

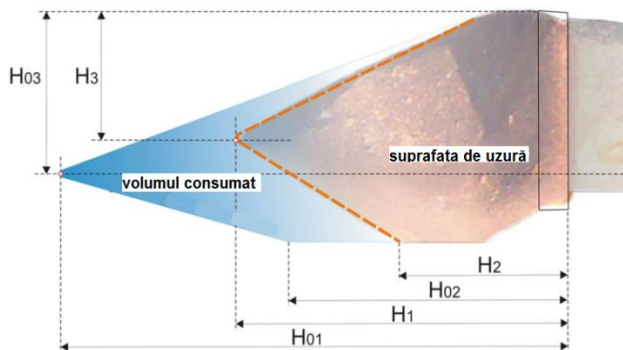


Figura 7. Exemplu de valori parametrice pentru uzura elementului tăietor.

În literatura de specialitate există diverse studii referitoare la modul de durificare superficială prin sudură a elementelor active care trebuie să reziste la solicitările combinate la care sunt supuse în exploatarea utilajelor din industria extractivă.

În unul dintre acestea sunt prezentate geometriile ce pot fi realizate pe suprafețele elementelor tăietoare:

- depuneri sub formă de caroiaj rombic pe fața activă și câteva rânduri de depunere pe muchia tăietoare (fig.8.a.), fiind obținută astfel o muchie cu auto-ascuțire;
- depuneri sub formă de rânduri alternative în sensul solicitării, pe suprafețele active supuse la compresiune, la înaintarea în materialul excavat și la abraziune și câteva rânduri de depunere pe muchia tăietoare (fig.8.b), fiind obținută astfel o muchie tăietoare cu protecție;
- depuneri sub formă de caroiaj rombic pe fața activă, linii drepte pe muchiile acesteia și câteva rânduri de depunere pe muchia tăietoare (fig.8.c).

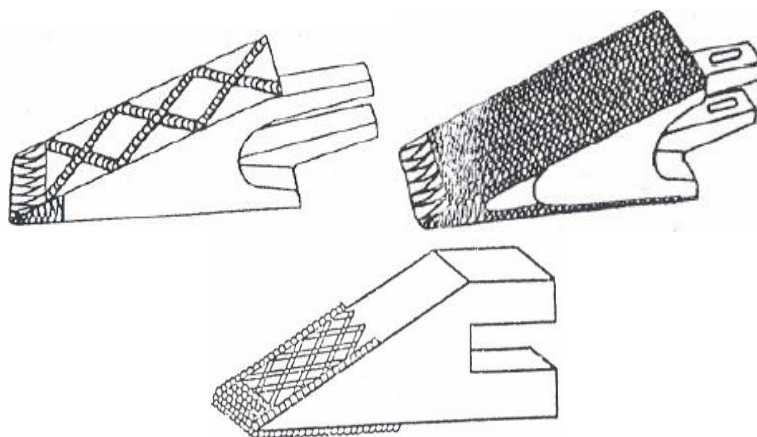


Figura 8. Element activ cu muchie tăietoare cu sudură prin: a) caroiaj rombic; b) depuneri de rânduri alternative; c) caroiaj rombic și rânduri alternative

6. Mod de lucru: studenții vor primi spre analiză un tip de dinte de excavator, în cazul căruia vor trebui să analizeze solicitările pe care le suportă în utilizarea curentă și să facă recomandări referitoare la materialele ce pot fi utilizate pentru realizarea acestuia.

8. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru supapele motoarelor cu ardere internă

1. Scop

În cadrul acestei lucrări se vor discuta condițiile care stau la baza alegerii materialelor metalice utilizate în industria constructoare de mașini, la realizarea talerelor de supapă utilizate la funcționarea motoarelor cu ardere internă.

2. Noțiuni introductive

Supapele sunt organe ale sistemului de distribuție cu ajutorul cărora se deschid și se închid orificiile de intrare a gazelor proaspete și de ieșire a gazelor de ardere. Supapele sunt folosite la aproape toate motoarele cu ardere internă în patru timpi.

Deschiderea supapei se face prin intermediul camelor, prin apăsarea în partea de sus a tijei acestora. Închiderea se face sub presiunea arculuiș aplicată pe supapă, care este transmisă de arc pe talerul pentru fixarea arcului, montat prin siguranțe pe tija supapei. Pentru că supapa se deschide spre camera de ardere a motorului, efectul de închidere al acesteia crește prin presiunea combustiei.

În figura 1 este prezentat un ansamblu de supapă cu toate elementele aferente în timpul funcționării. În figura 2 este reprezentată o secțiune a distribuției în care se observă modul de amplasare al ansamblului în blocul motor.

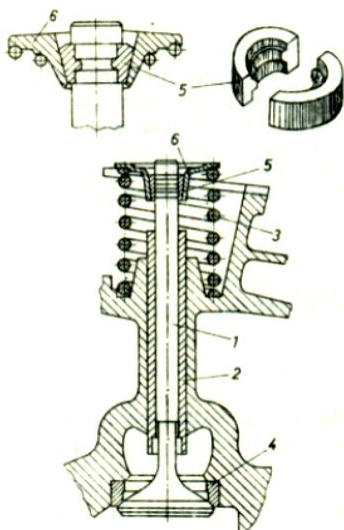


Figura 1. Supapă în stare montată.

- 1 – supapă,
- 2 – ghidul supapei,
- 3 – arc,
- 4 – scaunul supapei,
- 5 – semiconuri,
- 6 – disc (taler) de fixare.

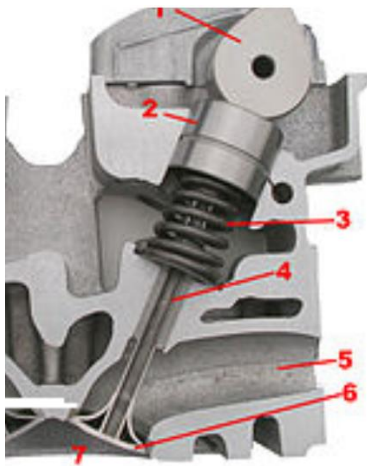


Figura 2. Secțiune prin distribuție:

- 1 – arbore cu came,
- 2 – tchet,
- 3 – arcul supapei,
- 4 – tija supapei,
- 5 – canalul de gaze,
- 6 – talerul supapei ,
- 7 – camera de ardere.

Supapa este alcatuită din două părți, după cum se poate observa din figura 3: talerul supapei (1), care obturează orificiul din chiulasă și tija supapei sau coada (2) care primește mișcarea, servește pentru ghidare și evacuează o parte din căldura primită de taler.

Tija supapei are o formă de cilindru lung și subțire și este fix legată de taler, având la partea superioară canale pentru elementele de fixare a arcului. Tija supapei are rolul de ghidare a mișcării supapei, culisând cu frecare ușoară, într-un locaș 5 numit ghidul supapei, realizând astfel mișcarea axială a supapei în locașul său.

Talerul este prevăzut cu o fațetă tronconică 2 cu înclinația α de 30 sau 45°, care constituie o suprafață de reazem cu care se așează pe scaunul supapei. Suprafața de așezare a supapei pe scaun este tronconică pentru creșterea secțiunii de curgere a fluidului și pentru micșorarea rezistențelor gazodinamice. Forma talerului la supape poate fi plană, convexă sau concavă. Talerul convex se utilizează în general pentru supapele de admisie cu diametru mare. Cea mai răspândită formă constructivă o are supapa cu taler plat deoarece se prelucrează ușor iar rigiditatea este satisfăcătoare.

Supapa cu taler convex se folosește în mod uzual ca supapă de evacuare deoarece prezintă o rigiditate sporită și intervine în realizarea unei mișcări turbionare în camera de ardere. La motoarele supuse la sarcini mari, supapele de evacuare se pot supraîncălzi. Pentru îndepărtarea acestui pericol, supapele sunt executate cu cavități în tija și în taler (figura 3.c) care se umplu parțial cu sodiu sau cu alte substanțe cu punct de topire scăzut pentru a transporta (în stare lichidă) căldura de la talerul fierbinte la tija.

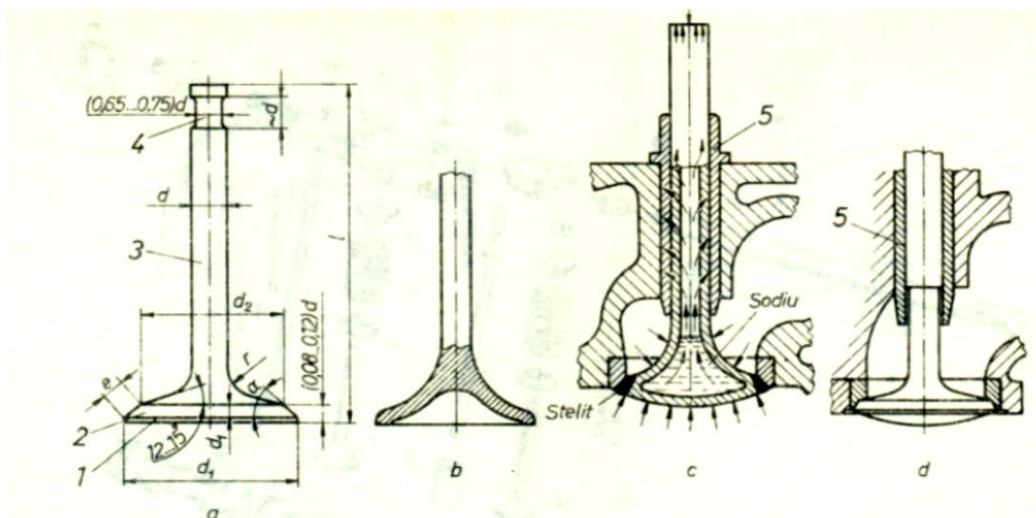


Figura 3. Tipuri de supape: a – cu taler plan, b – cu taler concav (în formă de lălea), c – cu taler răcire cu sodiu, c și d – cu taler convex

Talerul supapei de admisie are de obicei un diametru mai mare decât cel al supapei de evacuare, pentru că, în acest fel randamentul combustiei este mai mare (figura 4). Deoarece supapa trebuie să realizeze etanșeitarea atât cu scaunul cât și cu ghidajul supapei, suprafața de așezare și cea a cozii se prelucrează foarte fin prin rectificare.

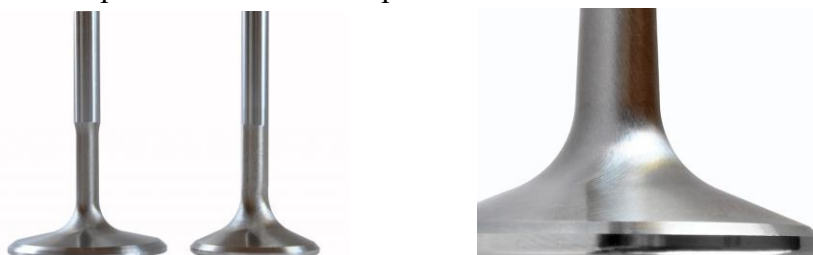


Figura 4. Supape de admisie (a) și evacuare (b), cu detaliu al supapei de evacuare (c)

3. Analiza și rolul funcțional al supapelor

În timpul funcționării, asupra talerului supapei acționează concomitent forța de presiune a gazelor și tensiunea arcului. Solicitățile induse de acestea sunt distribuite neuniform și produc eforturi unitare ridicate atât în fibra exterioară cât și în fibra interioară a materialului supapei (figura 5 a,b).

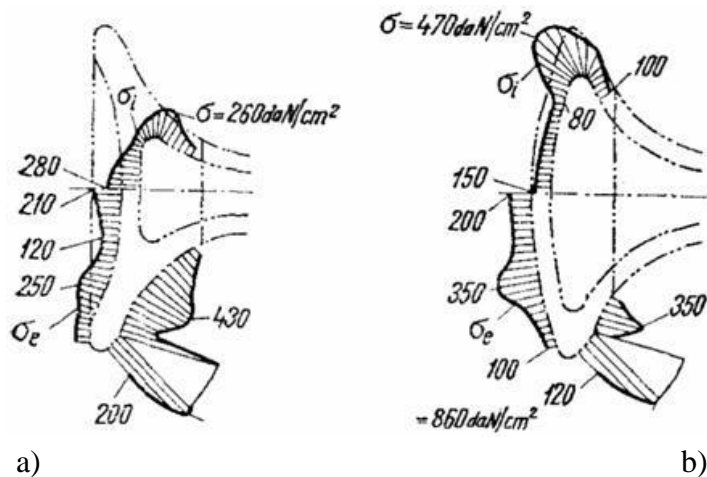


Figura 5. Distribuția eforturilor unitare și a temperaturii în talerul de supapă concav (a) și convex (b).

La așezarea supapei pe sediu apare o solicitare dinamică de șoc pe fața conică, iar la acționarea supapei apare o solicitare dinamică de șoc pe capătul tijei, ambele reprezentând o solicitare mecanică suplimentară produsă de forța arcului și de forța de inerție. Din aceste motive, suprafețele de reazem și de acționare necesită o duritate superficială sporită. În cazul în care se produce o deformare a supapei, contactul acesteia pe sediu devine imperfect și compromite etanșarea. Un astfel de defect poate fi prevenit prin asigurarea unei rezistențe mecanice înalte însoțită de o rigiditate superioară a supapei.

În timpul funcționării, temperaturile înregistrate, prin măsurători cu termocuple, la nivelul supapelor de admisie respectiv de evacuare au o distribuție neuniformă, cea mai mare încălzire fiind înregistrată la supapa de evacuare. Distribuția temperaturii este dependentă de tipul supapei (admisie sau evacuare), de forma și modul de racire a supapei (figura 6).

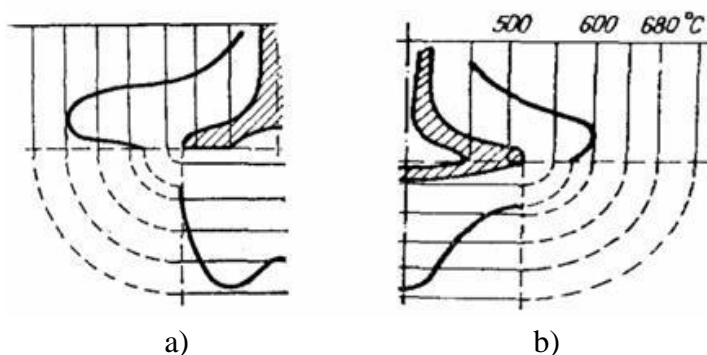


Figura 6. Distribuția temperaturii: a) taler lealea; b) taler bombat.

Temperatura maximă a supapei de evacuare, udată de gazele fierbinți ajunge la 750-800°C, iar a supapei de admisie la 300-400°C și variază cu regimul de funcționare (sarcină, turație), cu tipul motorului (m.a.s – motor cu ardere prin scânteie, m.a.c. – motor cu ardere prin compresie), cu procedeul de răcire (lichid, aer).

Temperatura ridicată a supapei de evacuare reduce rezistența mecanică și duritatea materialului, sporește dilatarea talerului. Câmpul de temperatură produce deformarea talerului. Se compromite astfel contactul perfect pe sediu și se intensifică uzura corozivă a supapei.

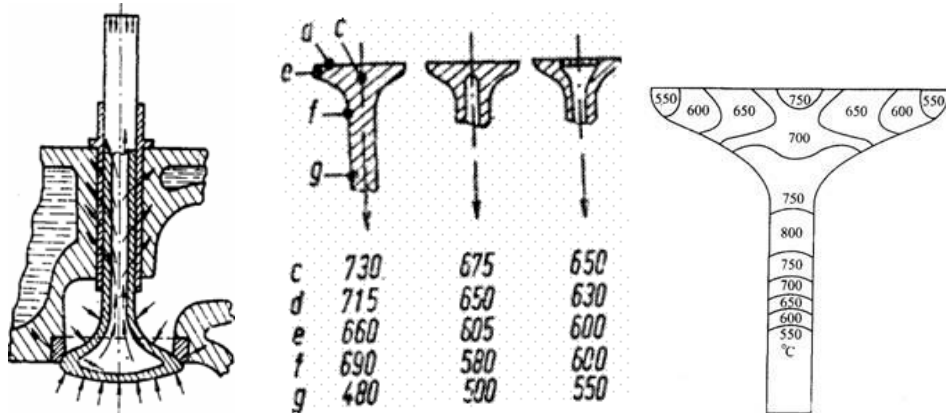


Figura 7. Câmpul de temperaturi în interiorul unei supape de exhaustare.
a) evacuarea fluxului de căldură; b) repartizarea temperaturii.

În ceea ce privește influența temperaturii asupra rezistenței materialului din care este confecționată o supapă, s-a observat că atunci când se produce o creștere a temperaturii supapei de evacuare cu numai 20° (de la 730 la 750°C) se înregistrează o pierdere de masă dublă din cauza uzării corozive, iar o creștere cu încă 10° devine de patru ori mai mare.

Fluxul de căldură primit de talerul supapei se evacuează prin fața conică a talerului și prin tija supapei (figura 7. a). În figura 7. b sunt prezentate temperaturile în anumite zone ale unor tipuri constructive de supape.

4. Materiale utilizate în construcția supapele motoarelor cu ardere internă

Deoarece sunt montate în camera de ardere, regimul termic în exploatare a supapelor este foarte ridicat, fiind înregistrată o temperatură

medie de 300 – 400 °C la supapele de admisie și de 500 – 900 °C la supapele de evacuare (la m.a.s. temperaturile sunt mai ridicate decât la m.a.c. nesupraalimentate).

O altă solicitare care trebuie luată în considerare la alegerea materialelor pentru supape este solicitarea mecanică datorată vitezelor foarte mari de deplasare pe timpul funcționării, care pot ajunge la 600 m/s.

De asemenea, regimul termic ridicat combinat cu compoziția gazelor de evacuare duce la apariția solicitării la coroziune, care favorizează formarea de acizi și la uzare, atât abrazivă datorită particulelor mecanice dure antrenate de fluidul de lucru, cât și adezivă, datorită frecării dintre tijă și ghid, favorizată de dilatarea termică.

Având în vedere condițiile de lucru, la alegerea materialelor pentru construcția supapelor se impun următoarele cerințe:

- rezistență mecanică la solicitări dinamice,
- rezistență și duritate ridicate la temperaturi înalte pentru a nu se rupe în funcționare,
- rezistență sub sarcină prelungită pentru a nu se deforma în funcționare,
- rezistența superioară la acțiunea oxidantă a gazelor,
- rezistență la coroziune în diferite medii,
- conductibilitate termică ridicată,
- menținerea durității la temperatura de regim.

În plus materialul trebuie să aibă bune proprietăți de alunecare (tija în ghidul supapei), coeficient redus de dilatare, bună conductibilitate termică și cost mic.

Din aceste motive, pentru supape se utilizează oțeluri speciale termorezistente și anticorozive ce au ca element principal de aliere cromul, pentru rezistența sa ridicată la oxidare și coroziune (tabelul 1).

În cazul supapelor de admisie unde condițiile de lucru sunt mai puțin severe se utilizează oțeluri martensitice Cr sau Cr – Ni obișnuite (de exemplu 40 C 10 X, 41 CN 12 X, STAS 791 – 79). O bună utilizare o au oțelurile Cr-Si, denumite și locrom (3,75% Si și 9% Cr).

Pentru supapele de evacuare se folosesc oțeluri Cr-Ni austenitice (12...15% Cr, 12...15% Ni, 2...3,5% W) care au bune proprietăți anticorozive și de rezistență mecanică la temperaturi ridicate.

Tabelul 1. Oțeluri pentru supape

| Material | C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | alte | Domeniu de utilizare |
|--------------------------------|-----------|-----------|---------|---------|---------|----------|------------|---|
| 40C 10X | 0,36-0,44 | 0,17-0,37 | 0,5-0,8 | 0,8-1,1 | - | - | - | Supape de admisie pentru m.a.s. |
| 34MoCN15X | 0,30-0,38 | 0,17-0,37 | 0,4-0,7 | 1,4-1,7 | 1,4-1,7 | 0,15-0,3 | - | Supape de admisie și evacuare m.a.s. și m.a.c. |
| Oțel special pt. supape SR 211 | 0,85-1,0 | 2,75-3,5 | 0,7 | 17-19 | 1,5-2,5 | - | 0,3-0,6% V | Supape de admisie și evacuare m.a.s. și m.a.c. |
| Oțel Cr.Si X45CrSi9 | 0,48 | 3,10 | 0,45 | 9 | - | - | - | Supape de admisie și evacuare solicitări mici m.a.s. și m.a.c. |
| X85CrMoV182 | 0,85 | - | 1,25 | 17,5 | - | 2,36 | 0,5% V | Supape de admisie și evacuare solicitări medii m.a.c. și m.a.s. |
| Cr-Ni austenitic | 0,45 | 2,5 | 1,2 | 18 | 9 | - | 1% W | Supape de admisie și evacuare solicitări mari m.a.c. |
| SUH1 (martensitic) | 0,4-0,5 | 3-3,5 | 0,6 | 7,5-9,5 | | | | Supapă admisie |
| SUH11 (martensitic) | 0,45-0,55 | 1-2 | 0,6 | 7,5-9,5 | | | | Supapă admisie |
| SUH3 (martensitic) | 0,3-0,45 | 1,8-2,5 | 0,6 | 10-12 | 0,6 | 0,7-1,3 | 0,3% Cu | Supapă admisie, evacuare, |

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------------|--|-------------------|------------------------------|
| | | | | | | | | scaun |
| SUH4 (martensitic) | 0,75- 0,85 | 1,75- 2,25 | 0,2- 0,6 | 19- 20,5 | 1,15 - 1,65 | | 0,3% Cu | Supapă evacuare, scaun |
| SUH31 (austenitic) | 0,3- 0,45 | 1,5- 2,5 | 0,6 | 14- 16 | 13- 15 | | 0,3% Cu 2-3% W | Supapă evacuare, scaun |
| SUH36 (21- 4N, austenitic) | 0,47- 0,57 | 0,25 | 8- 10 | 20- 22 | 3,25 -4,5 | | 0,3% Cu | Supapă evacuare |
| SUH37 (21- 12N, austenitic) | 0,15- 0,25 | 0,75- 1 | 1- 1,5 | 20- 22 | 10,5 - 12,5 | | 0,3% Cu | Supapă evacuare |

În cazul supapelor se mai aplică un tratament de îmbunătățire:

- călire la 830° cu răcire în ulei.
- revenire la 600° cu răcire în aer.

Alte materiale utilizate sunt: titan, Inconel, Triballoy, Nimonic 80A, bimetalice - sunt cele realizate prin îmbinarea folosind sudură prin frecare a două tipuri diferite de materiale, aceasată tehnică fiind în special utilizată pentru supapele de evacuare. În acest caz este vorba despre combinația dintre oțelul austenitic (ce prezintă rezistență la temperaturi ridicate și coroziune) și cel martensitic (ce prezintă rezistență la rupere ridicată împreună cu rezistența la uzură abrazivă).

Pentru a mări rezistența la uzură a fațetei și a capătului tijeii supapei, în unele cazuri, acestea se acoperă cu un strat de material dur din categoria stelit (aliaj anticoroziv de cobalt, wolfram, crom etc), eatonit, nicrom cu conținut ridicat de Cr, Ni, Co, W (tabelul 2) pe grosimea de 1,5...2,5 mm pe fațeta conică a talerului și la extremitatea tijeii, iar tijele se nitrurează sau se cromează dur.

În vederea îmbunătățirii calităților de alunecare a supapelor din oțeluri austenitice cât și pentru evitarea tendinței spre gripare, tija supapei se cromează cu un strat în grosime de 10...20 μm.

Tabelul 2. Materiale pentru acoperiri dure la supapă și scaune de supapă

| Materialul | Stelit SR-211 | Stelit 6 P 65 | Stelit F P 37 | Eatonite | Nicrom | H 50 |
|------------------------------------|---------------|--------------------|----------------------|----------|--------|----------------------|
| Compoziția chimică % | | | | | | |
| C | 2 | 1,25 | 1,75 | 2,4 | 0,2 | 2,60 |
| Si | - | 2,00 | 1,20 | 1,0 | 0,3 | 1,75 |
| Mn | - | - | - | - | 0,8 | 0,7 |
| Cr | 27 | 27 | 25 | 25 | 20 | 27,0 |
| Ni | 34 | - | 22 | 39 | Rest | - |
| Co | 16 | 65 | 37 | 15 | - | - |
| W | 17 | 4,5 | 12 | 10 | - | - |
| Fe | 4 | rest | 1,5 max | 8 | 1,0 | rest |
| Duritatea HRC | 40-45 | 40 | 40 | - | - | 50 min |
| Densitatea [g/cm ²] | - | 8,4 | 8,5 | - | - | 7,6 |
| Coeficient mediu de dilatare [1/K] | - | $15 \cdot 10^{-6}$ | $14,5 \cdot 10^{-6}$ | - | - | $13,5 \cdot 10^{-6}$ |

5. Mod de lucru: studenții vor analiza la microscop 4 probe prelevate din diverse tipuri de supape uzate de la motoare cu ardere internă (2 probe de la supape de admisie, 2 probe de la supape de evacuare), vor recunoaște și evalua microstructura specifică a acestora, pe care o vor corela ulterior cu compoziția chimică a fiecărei probe ce le va fi pusă la dispoziție.

9. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru scule așchietoare

1. Scop

În cadrul acestei lucrări se vor discuta criteriile care stau la baza alegerii materialelor metalice utilizate la realizarea sculelor așchietoare.

2. Noțiuni introductive

Scula așchietoare este un organ de mașină de execuție, respectiv o unealtă de mână sau un organ activ al unei mașini unelte care îndepărtează adaosul de prelucrare sub formă de așchii, în scopul obținerii unor suprafețe cu anumite configurații, într-un câmp de toleranță determinat, cu o rugozitate impusă.

Pentru procedeele de prelucrare prin așchiere, piesa inițială, delimitată în spațiu de suprafețele inițiale care se află într-o anumită combinație, poartă numele de semifabricat. Semifabricatele destinate prelucrărilor prin așchiere pot fi obținute prin toate grupele de procedee tehnologice frecvent folosite: turnare, deformare plastica și sudare.

Suprafața semifabricatului, adică suprafața piesei înainte de prelucrare, poartă denumirea de *suprafață inițială*, iar cea obținută după prelucrare se numește *suprafață finală* sau suprafață prelucrată. Suprafața piesei care se află în contact cu taișul sculei în timpul prelucrării sau urma lasată pe piesă de către muchia așchietoare a sculei, într-un ciclu de prelucrare, poartă denumirea de *suprafață de așchiere* (fig. 1), iar materialul îndepărtat se numește adaos de prelucrare (fig. 2).

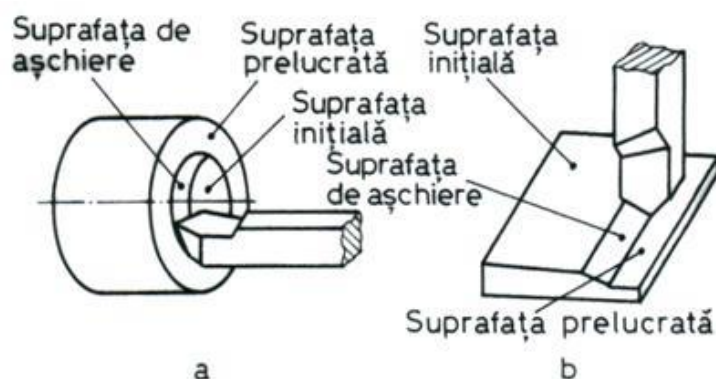


Figura 1. Suprafețele piesei: a - la stunjirea frontală; b - la rabotare.

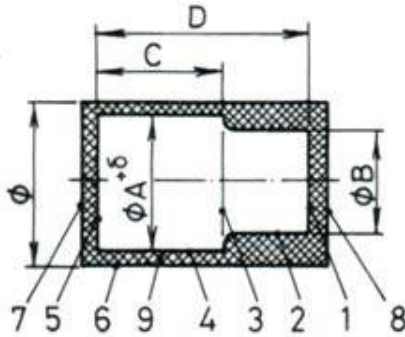


Figura 2. Semifabricatul și piesa finită:
 1, 2, 3, 4, 5 - suprafețe prelucrate;
 6, 7, 8 - suprafețe inițiale;
 9 - adaos de prelucrare.

În general, o sculă așchietoare se compune din 3 părți distincte (fig.3): partea activă, de așchiere 1; corpul sculei 2; partea de fixare sau de prindere 3. Partea activă a sculei este cea parte care contribuie la formarea așchiei ca urmare a mișcării relative între sculă și piesa de prelucrat, participând în mod direct la desprinderea așchiei, la generarea suprafeței prelucrate, la îndepărtarea, la dirijarea și la evacuarea așchiei și în anumite cazuri, la ghidarea sculei în procesul de așchiere.

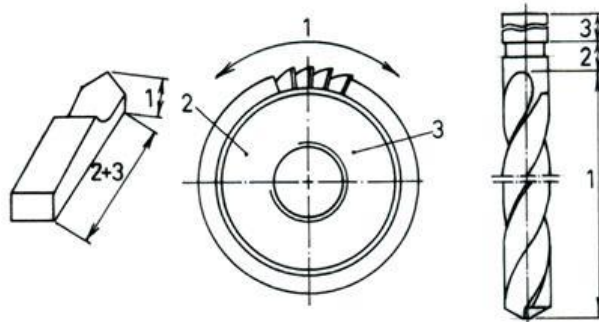


Figura 3. Părțile componente ale sculei: 1 - partea activă; 2 - corpul; 3 - partea de fixare.

Principalele procedee de prelucrare prin așchiere prezentate schematizat în tabelul 1 sunt următoarele:

1. *Strunjire*: prelucrarea prin așchiere, executată cu cuțitul de strung, la care semifabricatul efectuează mișcarea principală de rotație *I*, iar scula efectuează mișcări de avans rectilini și curvilini *II*. Uneori strunjirea se execută cu o sculă în mișcare de rotație, semifabricatul rămânând imobil.
2. *Burghiere* (găurire cu burghiul): prelucrarea prin așchiere executată cu burghiul, la care în general semifabricatul rămâne imobil, iar scula efectuează

mișcarea principală de rotație I și de avans II, sau la care semifabricatul se rotește, iar scula efectuează numai mișcare de avans.

3. *Frezare*: prelucrarea prin așchiere executată cu scula numita freză, care efectuează mișcarea principală de rotație I, mișcările de avans II putând fi efectuate de către semifabricat sau sculă.

4. *Rabotare*: prelucrarea prin așchiere, executată cu cuțitul de rabotat, la care mișcarea principală I rectilinie alternativă într-un plan orizontal, se efectuează astfel:

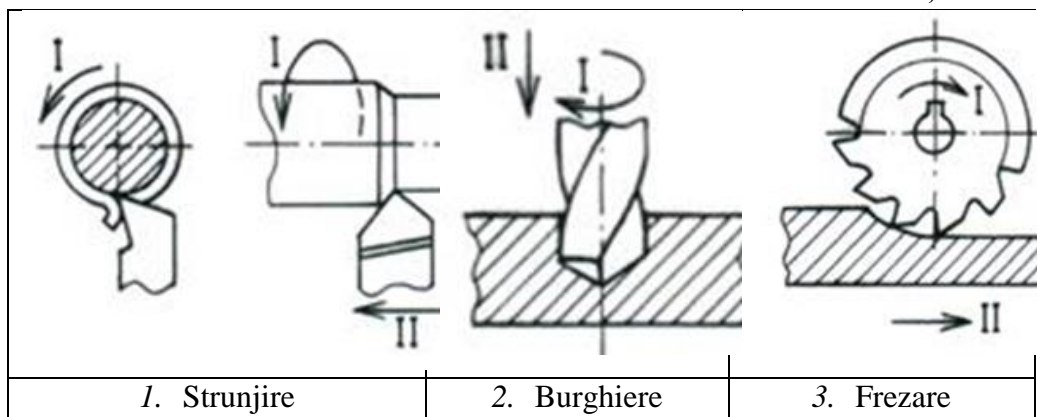
- de către semifabricat (fig.4 a) scula efectuând mișcarea intermitentă de avans II, la mașina de rabotat cu masă mobilă (raboteza);
- de către sculă (fig.4 b), semifabricatul efectuând numai mișcarea de avans II, la mașina de rabotat cu cuțit mobil (seping);
- de către sculă, care efectuează atât mișcarea principală cât și mișcarea de avans la mașini de rabotat muchii;

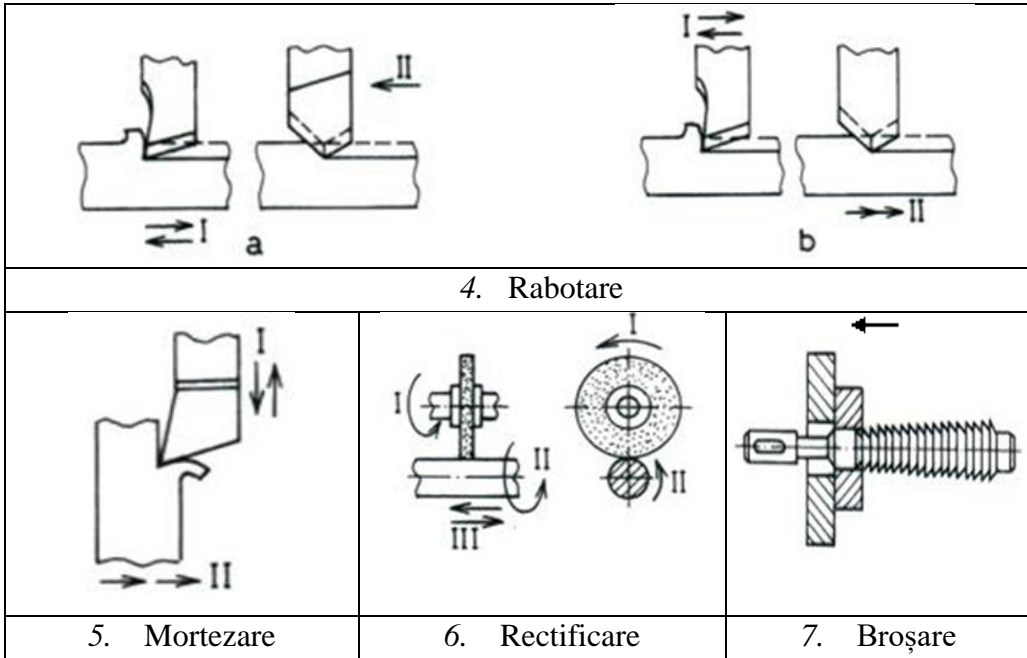
5. *Mortezare*: prelucrarea prin așchiere la care mișcarea principală I, rectilinie alternativă într-un plan vertical se efectuează de către sculă (cuțit), iar mișcarea de avans II, de către semifabricat.

6. *Rectificare*: prelucrarea prin așchiere, executată cu corpuri abrazive la care scula (corpul abraziv) execută mișcarea principală de rotație I, eventual și mișcările de avans, iar semifabricatul numai mișcările de avans sau rămâne imobil.

7. *Broșare*: prelucrarea prin așchiere, executată cu scula numită broșă care, de regulă, execută la o singură trecere o mișcare rectilinie, de rotație sau elicoidală (în funcție de forma suprafeței prelucrate), semifabricatul rămânând în general imobil.

Tabel 1. Schemele de așchiere ale principalelor procedee de prelucrare prin așchiere





Observatie : *I* - mișcarea principală de așchiere; *II*, *III* . - mișcari de avans.

3. Clasificarea sculelor așchietoare

A. După felul tehnologic de prelucrare cu scule:

Clasa I. Cuțite: - simple; profilate.

Clasa II. Broșe: - pentru exterior; pentru interior; cu directoare rectilinie; cu directoare elicoidală; cu directoare circulară.

Clasa III. Pile: - manuale; mecanice.

Clasa IV. Scule pentru prelucrarea găurilor:

- din plin (burghie); preexistente: lărgitoare, alezoare.

Clasa V. Freze: - cu dinți frezați; cu dinți detalonați.

Clasa VI. Scule abrazive: corpuri abrazive (discuri, segmenti); pânze, hârtii și lanțuri abrazive; pulberi și paste abrazive.

Clasa VII. Scule pentru filetare: cuțite pentru filetare simple și pieptene; scule cu piepteni multipli pentru strunjire (tarozi, filiere); freze pentru filetare; scule abrazive (discuri, melci).

Clasa VIII. Scule pentru danturare:

1. Scule pentru roți dințate cilindrice;
2. Scule pentru roți dințate conice;
3. Scule pentru melci și roți melcate;

4. Scule pentru profile neevolventice.

Clasa IX. Scule pentru retezare: cuțite; freze; panglici (pânze de fierăstrău).

B. După tehnologia de execuție:

Clasa 1. Scule plate (scule cu corp prismatic: cuțite, broșe, piepteni).

Clasa 2. Scule cu alezaj (freze, adâncitoare, toate în general de dimensiuni mari).

Clasa 3. Scule cu coadă (freze, scule pentru executarea găurilor).

C. După construcție:

a. Scule monobloc: - dintr-un singur material; sudate din două materiale; cu plăcuțe lipite sau sudate.

b. Scule asamblate: - cu plăcuțe fixate mecanic; cu elemente intermediare fixate mecanic; cu corp asamblat din mai multe elemente.

D. După materialul părții active:

a. Scule din oțeluri de scule.

b. Scule cu partea activă din carburi metalice.

c. Scule cu partea activă din materiale mineralo-ceramice.

d. Scule cu materiale extradure (inclusiv materiale abrazive).

4. Materiale utilizate în construcția sculelor așchietoare

Criteriile de bază care sunt luate în considerare la alegerea materialelor pentru scule așchietoare sunt determinate de solicitările concrete la care acestea sunt supuse, fiind următoarele:

- duritatea;
- călibilitatea;
- temperatura dezvoltată în timpul procesului de așchiere;
- prețul de cost.

1. Oțelurile carbon pentru scule au un conținut de 0,6 - 1,4% C și nu conțin elemente de aliere. Mărcile de oțel și principalele domenii de utilizare a acestora sunt prezentate în STAS 1700. Se utilizează următoarele mărci: *OSC7, OSC8, OSC8M, OSC10, OSC11, OSC13*.

Aceste mărci de oțeluri își păstrează stabilitatea termică până la temperaturi de 200 - 250°C, dar vitezele de așchiere nu trebuie să depășească 10 - 15 m/min. Datorită acestor condiții, oțelurile carbon pentru scule sunt destinate fabricării cuțitelor de strunjit, de rabotat și de mortezat, burghiilor,

tarozilor, filierelor, frezelor simple, alezoarelor etc., utilizate la prelucrarea semifabricatelor cu rezistență mică la deformare și duritate redusă.

2. *Oțelurile aliate pentru scule* (STAS 3611) au un conținut de 0,9 - 1,4% C și conțin elemente de aliere care măresc călibilitatea (*W, V, Mo, Cr, Mn, Co*) conducând la formarea în procesul de călire a unor carburi ale acestor metale, dure și stabile la temperaturi ridicate. Această categorie de oțeluri este folosită la confecționarea sculelor așchietoare cu profil complicat și dimensiuni mari, care pot lucra la viteze de așchiere care nu trebuie să depășească 15 - 20 m/min, până la temperaturi de 300 - 350°C. Mărcile cele mai utilizate sunt: *90VMn20; 105MnCrW11; 117VCrB; 165VWMoCr115; 155MoVCr115* (STAS 3611-88). Oțelurile aliate pentru scule conțin de regulă elemente deficitare ceea ce face ca prețul acestora să fie mai mare în comparație cu al oțelurilor carbon pentru scule .

În cazul sculelor realizate prin construcție sudată, corpul sculei se execută din oțel carbon marca *OLC 45*.

3. *Oțelurile rapide pentru scule* (STAS 7382-88) constituie o categorie specială de oțeluri înalt aliate cu *W, Co, Mo și V*, ceea ce conduce la obținerea unor carburi dure, stabile la temperaturi ridicate (550 - 600°C), specifice așchierii metalelor cu viteze relativ mari (50 - 120 m/min).

Oțelurile rapide pentru scule sunt utilizate la fabricarea părților active ale principalelor scule așchietoare: cuțite pentru strunjit, alezat, rabotat, mortezat, freze, burghie, pânze de fierastrău, scule pentru filetat și pentru danturat, broșe, role pentru rularea filetelor etc.

Sunt standardizate următoarele mărci: *Rp1 - Rp5, Rp9 - Rp11* (conțin 0,70 - 1,27% C; max.0,5% *Mn*; max.0,50% *Si*; 3,50 - 4,50% *Cr*; 0,50 - 9,20% *Mo*; 1,50 - 18,50% *W*; 1,00 - 3,20% *V*; 4,5 - 6,0% *Co*).

Proprietățile superioare ale oțelurilor rapide sunt urmare atât a compoziției lor chimice, cât și a tratamentelor termice complicate care se impun a fi aplicate acestor oțeluri (călire și revenire) cu două reveniri succesive imediat după calire. Aceste oțeluri au tendință de decarburare la suprafață, fapt ce impune rectificarea pentru înlăturarea stratului decarburat.

4. *Carburile metalice sinterizate (CMS)* sunt carburi metalice dure și refractare de *W*, de tipul *WC* (și uneori în plus *W₂C*) sinterizate de regulă în cobalt, acesta din urmă având rol de liant, sau carburi de *W* și *Ti* și eventual

tantal, sinterizate în cobalt. Acestea au o duritate 80 – 88 *HRC*, cu stabilitate termică la 800 - 1000°C, fiind însă sensibile la șocuri mecanice.

CMS utilizabile în construcția sculelor așchietoare sunt clasificate prin STAS 6374 în trei grupe principale în funcție de proprietăți, notate prin simbolurile *P, M* și *K* (proprietățile depind de compoziția chimică, de granulație și de tehnologia de fabricație).

Grupa principală P conține materiale sinterizate din carburi de *W, Ti* și *Ta* în *Co*, având duritate ridicată, rezistență la uzare mare, dar tenacitate mică. Plăcuțele din această categorie sunt recomandate pentru așchiera oțelurilor, în special a oțelurilor cu așchii de curgere și eventual a fontelor maleabile. Această grupă principală conține următoarele grupe de utilizare: *P01; P10; P20; P30; P40*.

Grupa principală M conține grupele de utilizare *M05, M10, M15, M20, M30, M40* și se utilizează pentru prelucrarea materialelor feroase cu așchii lungi sau scurte, fonte și aliaje neferoase.

Grupa principală K cuprinde grupele de utilizare *K01, K10, K20, K30, K40* și se utilizează pentru așchiera materialelor feroase cu așchii scurte, metale neferoase și materiale nemetalice.

În afara celor trei grupe principale amintite este standardizată și *grupa principală G*, cu cinci grupe de utilizare (*G10 - G50*) utilizată la alte tipuri de scule decât cele așchietoare (de exemplu: role pentru rulare la rece).

5. *Materiale mineralo-ceramice*. Materialele clasice din această categorie se prezintă sub formă de plăcuțe sinterizate din oxid de *Al* (Al_2O_3) pur sau în amestec cu oxid de zirconiu.

În ultimul timp s-au diversificat sorturile de plăcuțe realizate din Al_2O_3 în combinație cu carburi de titan, cu nitruri sau carbonitruri de titan, precum și în combinație cu Si_3N_4 (nitrură de siliciu) și SiC (carbură de siliciu) sub formă de monocristale filiforme, în scopul obținerii unei tenacități cât mai mari, simultan cu refractaritate și rezistență mecanică ridicate, superioare plăcuțelor din carburi metalice.

Sunt indicate la prelucrările de finisare și semifinisare a materialelor ce produc uzura abrazivă a sculelor, la regimuri fără vibrații și șocuri. Se folosesc la strunjire și mai rar la frezare, asigurând durabilități relativ mari la viteze superioare celor din carburi. Prezintă stabilitate termică până la 1100°C.

6. *Diamantul*, existent în stare naturală sau sintetică sub formă de monocristal, policristal sau pulbere, este utilizat la armarea sculelor aşchietoare destinate aşchierii cu viteze foarte mari (200 - 400 m/min.), vitezele limită fiind determinate de apariția vibrațiilor sub efectul cărora se sparge.

La temperatura de 800 - 900°C diamantul grafitizează și se combină cu metalele din grupa fierului, rezultând carburi; prin oxidare rezultă oxizi, instabili la aceste temperaturi. Aceste fenomene produc uzura bruscă a sculelor diamantate în zona de contact cu aliajele feroase prelucrate, limitându-se utilizarea rațională numai la prelucrarea materialelor neferoase și a celor nemetalice.

7. *Nitrura cubică de bor* constituie o formă alotropică sintetică a nitrurii hexagonale de bor. Proprietățile acestei nitruri (simbolizată *NCB*, *CBN* sau *ACB*) depășesc proprietățile similare ale diamantului, mai ales în ceea ce privește stabilitatea termică și rezistența la șocuri termice, fiind utilizabil la viteze mari nu numai la prelucrarea materialelor nemetalice și a celor neferoase, dar și a aliajelor feroase.

Se prezintă sub formă de monocristale, policristale sau plăcuțe sinterizate, având ca suport carburi de *W* acoperite cu un strat de *ACB* de 0,5 - 1,5 mm grosime.

Aceste plăcuțe se utilizează la aşchiera continuă sau discontinuă a oțelurilor de scule îmbunătățite, a oțelurilor refractare și a fontelor de mare duritate, a aliajelor dure de tipul stelitelor și a materialelor neferoase și nemetalice.

8. *Materialele abrazive* sunt granule foarte dure, cu muchii ascuțite, folosite la executarea discurilor abrazive, a pânelor și hârtiilor abrazive sau utilizate sub formă de pulberi, respectiv paste abrazive. Granulele dure sunt legate între ele printr-un liant formând corpuri de diverse forme geometrice. Se utilizează la executarea discurilor abrazive pentru prelucrarea prin rectificare, dar și sub formă prismatică pentru scule de honuit, pentru vibronetezire etc.

Materialele abrazive utilizate sunt:

- Naturale : *Diamantul*; *Corindonul* (cu max. 95% Al_2O_3 , restul impurități); *Smirghelul* (25 - 30% $Al_2O_3 + Fe_2O_3$ + silicati) aparține familiei corindonului dar are cantități importante de impurități, motiv pentru care

duritatea este mai scăzută; *Cuartul* (SiO_2) prezintă duritate mai scăzută fiind utilizat la prelucrarea lemnului.

- Sintetice: *Electrocorindonul*; *Carbura de siliciu*; *Carbura de bor*; *Diamantul sintetic*.

Lianții pot fi anorganici (ceramici - *C*, silicați - *S* ori magnezieni - *M*) sau organici (lacuri - *B*, rășini sintetice ori pe bază de cauciuc - *V*, natural sau sintetic). Aceștia trebuie să asigure rezistență mecanică pentru corpul abraziv format, proprietăți termice corespunzătoare și rezistență la solicitări mecanice.

5. Mod de lucru: studenții vor primi spre analiză 4 tipuri de scule așchietoare grupate în seturi de scule noi / uzate (de exemplu: cuțit simplu, burghiu, pilă, tarod), le vor încadra în clasificările puse la dispoziție și vor face observații proprii referitoare la uzura acestora. Vor asista și observa de asemenea comportamentul uneia dintre aceste scule la prelucrarea a trei tipuri de materiale cu caracteristici mecanice diferite. De exemplu, utilizarea unui burghiu pentru găurirea: 1) unei probe de oțel înalt aliat; 2) unei probe de aliaj de aluminiu; 3) unei probe din PVC.

10. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru ustensile de bucătărie

1. Scop

În cadrul acestei lucrări se vor discuta criteriile care stau la baza alegerii materialelor metalice utilizate la realizarea ustensilelor de bucătărie.

2. Noțiuni introductive

Deși toate materialele utilizate în contact cu alimentele nu par a ridica multe probleme și ne sunt foarte familiare deoarece fac parte din rutina noastră zilnică, categoria ustensilelor de gătit este una foarte largă și este formată din mai multe subcategorii:

- accesorii clasice din bucătărie: vase de gătit (oale, tigăi, cratițe etc), tacâmuri, veselă și farfurii de bucătărie, pahare, căni, polonice, clești, spatule, ustensile pentru copt etc;
- ustensile pentru tăiat și curățat: cuțite, răzătoare alimente, feliatoare, desfăcătoare conserve;
- ustensile pentru băuturi: fierbătoare, shakere, aparate de filtrare a apei, tirbușoane etc;
- ustensile pentru măsurat și cântărit: cântare de bucătărie, vase pentru măsurat;
- accesorii pentru depozitarea alimentelor: cutii, învelitori pentru protecție, aparate vidare etc;
- suporturi pentru ustensilele de bucătărie;
- aparate și ustensile manuale: tocătoare, mixere, storcătoare fructe, zdrobitoare etc;
- electrocasnice de bucătărie: roboți de bucătărie, friteuze, tocătoare, râșnițe etc.

Deoarece diversitatea materialelor utilizate în domeniul alimentar este extrem de mare, ne vom axa în cadrul acestei lucrări de laborator asupra materialelor metalice utilizate în acest scop. Criteriile de alegere a materialelor metalice utilizate în domeniul alimentar sunt determinate în principal de rezistența la temperaturi ridicate (nu în toate cazurile) și mai ales de susceptibilitatea acestora la atacul coroziv.

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 industria alimentară, materialele metalice vin permanent în contact cu electroliți (apa, acizi, baze, săruri sau soluții care conțin ioni de metal), din acest motiv, coroziunea întâlnește frecvent este de natură electrochimică (fig.1), bazată pe formarea de elemente galvanice locale și pe reacții anodice, care sunt reacții de oxidare și care transformă metalul în stare ionică distrugându-l.

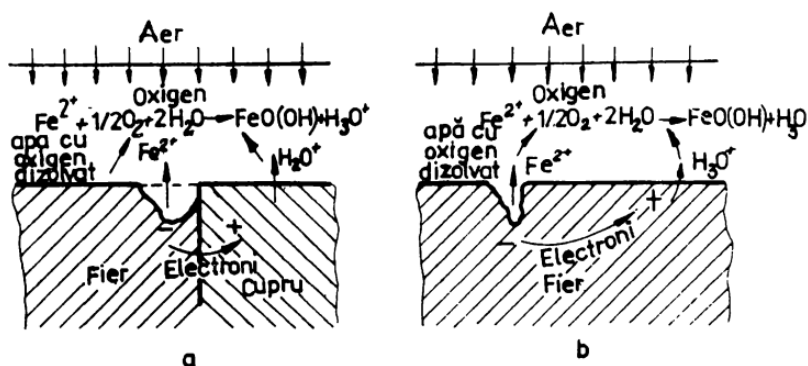


Figura 1. Coroziunea electrochimică:

a) 2 metale în contact cu aerul; b) un metal în contact cu aerul.

Tendința unui metal de a-și elibera electronii printr-o reacție anodică (de exemplu, pentru un metal bivalent $Me \rightarrow Me^{2+} + 2e$) se numește potențial de electrod și poate avea valori pozitive sau negative.

Coroziunea întâlnită frecvent la materialele metalice folosite în instalațiile și echipamentele din industria alimentară se poate prezenta în următoarele forme:

- *coroziunea generală de suprafață* (vezi figura 2.a) 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.). 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;
- *coroziunea punctiformă (ciupituri - pitting)* (vezi figura 2.b) care determină degradarea materialului în puncte sau striuri cu obținerea unei suprafețe din ce în ce mai rugoasă;

- *coroziunea intercristalină* (vezi figura 2.c) care determină distrugerea în profunzime a materialului, de-a lungul limitelor de grăunte, fără a se produce modificări vizibile ale suprafeței materialului și cu efecte dezastruoase asupra proprietăților mecanice ale acestuia.

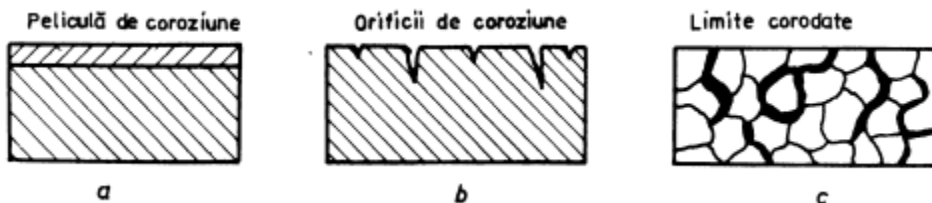


Figura 2. Tipurile principale de coroziune ale unui material metallic: a) uniformă; b) punctiformă; c) intercristalină

Alte tipuri de coroziune întâlnite în cazul materialelor metalice utilizate în industria alimentară sunt: *coroziunea selectivă* (un metal sau un constituent dintr-un aliaj este atacat și distrus), *coroziunea fisurantă* sau *fisurarea corosivă sub tensiune* (este cauzată de prezența în metal a unor tensiuni statice remanente inferioare limitei de curgere a metalului), *oboseala prin coroziune* (se produce sub acțiunea unor eforturi dinamice altemante sau ciclice, sau prin acțiunea prin șoc a mediilor corosive), *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).

La proiectarea ustensilelor utilizate în domeniul alimentar, 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 asamblarea de metale diferite în prezența unui electrolit (apa, soluții, acizi, baze, săruri, atmosfera umedă, impurificarea cu gaze industriale);
- evitarea operațiilor finale de deformare plastică la rece, care introduc zone tensionate anodice, iar când nu este posibil, se vor aplica tratamente de detensionare;
- evitarea prezenței 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 permita circulația liberă a aerului uscat;

- plasticitatea, maleabilitatea și ductilitatea materialelor metalice alese atunci când produsele se execută prin ambutisare, extrudare, tragere, ștanțare, matrițare;

- de destinația produsului și de condițiile de lucru, care determină măsuri de protecție anticorozivă prin zincare, cromare, nichelare, metalizare, acoperiri cu straturi de email (borosilicați de Ca, K, Na, Co, Ni., Ti), ceramice (oxizi, silicați), lacuri, vopsele, materiale plastice, bitum etc. Frecvent, se folosesc protecții catodice sau inhibitori de coroziune.

3. Materiale metalice utilizate la realizarea ustensilelor de bucătărie

Aceste materiale metalice și aliaje utilizate în industria alimentară sunt reglementate prin Directiva Comisiei Europene emisă în februarie 2002 în documentul de referință ”Guidelines on metals and alloys used as food contact materials”.

În acest document sunt făcute o serie de precizări referitoare la materialele considerate implicate în industria alimentară: *„Metalele și aliajele sunt folosite ca materiale care intră în contact cu alimentele, în special în echipamente de procesare, recipiente și ustensile de uz casnic, dar și în folii pentru ambalarea produselor alimentare. Ele joaca un rol de barieră de siguranță între mâncare și mediul exterior. Acestea sunt adesea acoperite, ceea ce reduce migrația ionilor de metal în produsele alimentare. Când nu sunt acoperite, migrarea ionilor metalici ar putea periclita sănătatea umană dacă conținutul total al metalelor depășește nivelul admis, determina o modificare inacceptabilă în compoziția produselor alimentare sau deteriorarea caracteristicilor lor organoleptice.”*

Materialele reglementate sunt următoarele:

1. *Aluminiul:* principala sursă de aluminiu este dată de prezența naturală a acestuia în alimentele neprocesate, care conțin între 0,1 mg Al/kg (ouă, mere, varză crudă, castraveți) și 4,5 mg/kg în ceai, dar pot ajunge pînă la 20 mg/kg. Aluminiul și aliajele sale sunt utilizate pe scară largă la producerea ustensilelor de bucătărie (oale, tigăi, tacâmuri, ibrice de cafea), a foliilor de acoperire a produselor alimentare dar și a unor pigmenți de colorare.

Aluminiul și aliajele sale prezintă o rezistență ridicată la coroziune deoarece prin expunere la aer se formează cu viteză foarte mare un film foarte subțire de Al_2O_3 , incolor, inodor și foarte aderent ce împiedică oxidarea în continuare a suprafeței expuse. Trebuie luat în considerare însă

faptul că aluminiul interacționează cu soluțiile acide și eliberează ioni în acestea, motiv pentru care nu este recomandată păstrarea lor în recipiente care nu au fost acoperite cu straturi de protecție (de exemplu sucurile de fructe sau soluțiile foarte sărate). Expunerea la aluminiu nu este considerată dăunătoare deoarece acesta este excretat de rinichi, doar o mică fracțiune fiind absorbită de organism.

Elementele de aliere sunt reglementate prin Standardele Europene 601 și 602, fiind acceptate: Mg, Si, Fe, Mn, Cu și Zn, după cum poate fi observat în tabelul 1.

Tabel 1. Elemente de aliere reglementate în aluminiu/aliaje de Al utilizate în industria alimentară

| Material | Conținut maxim de elemente chimice (%) | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--|----|------------------------|-----|-----------------|------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----------------------------|
| | Si | Fe | Cu | Mn | Mg | Cr | Ni | Zn | Sb | Sn | Sr | Zr | Ti | Altele |
| Aluminiu | 1% | | 0,1 – 0,2 ¹ | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | - | - | - | - | - | - |
| Aliaje de Al | 13,5 | 2 | 0,6 | 4 | 11 ² | 0,35 | 3 | 0,25 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,05 (fiecare) ³ |

Obs: ¹ 0,1%Cu (dacă Cr / Mn \geq 0,05%), 0,2%Cu (dacă Cr \leq 0,05% și Mn \leq 0,05%)

² aliajele ce conțin mai mult de 5%Mg nu vor fi utilizate pentru producția elementelor ce necesită rezistență la presiune, la vasele de gătit sub presiune

³ unele elemente de aliere sunt limitate la max.0,05% deoarece nu este încă cunoscută acțiunea acestora în contact cu alimentele.

2. *Cromul*: este prezent în mediul înconjurător în formă trivalentă Cr(III) și joacă un rol esențial pozitiv în organismul uman. Principalele surse de Cr sunt cerealele, carnea, vegetalele și zahărul nerafinat, în concentrație maximă de 0,1mg Cr(III)/kg. Cromul este prezent în industria alimentară în principal în compoziția oțelului inoxidabil, dar și ca element de placare (acoperire) a altor metale deoarece le pasivizează prin formarea un film foarte rezistent la coroziune care blochează orice transfer între suprafața acoperită și mediul exterior.

Deoarece posibilitățile de migrare a cromului în alimente sunt foarte mici, iar acest lucru se produce doar prin eliberare de crom trivalent, acesta

nu este considerat periculos la utilizarea în industria alimentară, mai ales că absorbția acestuia este foarte mică (cca 0,5%). Singura problemă este dată de existența cromului tetravalent Cr(IV) care este foarte toxic deoarece este absorbit în cantitate foarte mare de organismul uman, pătrunde cu ușurință prin membrana celulară și are efect genotoxic și oxidant.

3. *Cuprul*: este prezent în scoarța Pământului în procent de cca. 70%, sub două forme de oxidare: Cu(I) și Cu(II), iar uneori în stare trivalentă datorită reacțiilor chimice specifice. Cuprul este prezent în mod natural în majoritatea alimentelor sub formă de ioni sau săruri de cupru și este un element esențial pentru organismul uman, având și proprietăți antibacteriene. În general, este prezent în concentrații de circa 2mg Cu/kg în carne, pește, semințe, ciocolată cu lapte și legumele verzi și poate ajunge până la 39mg/kg în ficat și cacao. Se consideră că aportul de cupru din dieta zilnică trebuie să fie cuprins între 0,9-2,2 mg, fără să depășească ocazional 5mg/zi.

Cuprul este ușor atacat de acizii hidroclic și sulfuric diluați, de detergenți, este solubil în soluție de amoniac și este atacat de alimentele acide atunci când este utilizat ca atare pentru ustensilele de bucătărie. Astfel, cuprul poate fi prezent în alimente din cauza migrării în zonele de contact (ustensile, țevi de apă etc). Se mai poate produce migrarea cuprului în ustensilele de patiserie supuse la temperaturi cuprinse între 125-140°C, la un pH de 5,1 – 6.

În prezent se consideră că un pericol mai ridicat pentru organism este reprezentat de deficitul de cupru și nu de supradozarea acestuia. Totuși, există cazuri rare de intoxicație prin ingestie accidentală de lichide cu conținut ridicat de săruri de Cu, ce a dus la toxicitate manifestată prin vomă, letargie, anemie acută hemolitică, afectare a rinichilor și ficatului, neurotoxicitate. Oxidarea cuprului poate determina formarea oxidului toxic Cu(II).

Vasele de cupru sunt utilizate tradițional în multe activități de procesare a alimentelor (vase de distilare, de obținere a ciocolatei, gemurilor, legumelor uscate, vase de gătit de uz casnic – tigăi, oale), nefiind recomandată însă utilizarea ustensilelor de bucătărie ca atare din cauza modificărilor organoleptice ale alimentelor. Din aceste motive este practică în prezent placarea vaselor de gătit din cupru cu Sn, Ni sau oțel inoxidabil

Cuprul este utilizat în general în stare nealiată (de exemplu pentru tigăi), dar și ca aliaj – alamă, bronz sau aliaj cu Ni. Alamele (60-70%Cu, 30-40%Zn) și bronzurile (80-95%Cu, 5-20%Sn) pot fi utilizate limitat în contact

cu lichide necarbonatate la presiune normală (ceai, apă, cafea) fiind obligatorie menținerea conținutului de Pb sub 8%. Aliajele Cu-Ni pot fi utilizate în contact cu lichide cu pH mai mare de 6. Exemple: CuAl9, CuAl11Fe6Ni6, CuSn5Zn5Pb5, CuSn7Zn2Pb3, CuZn16Si4 etc.

4. *Fierul*: reprezintă al patrulea element din scoarța pământului, fiind utilizat în principal pentru producția oțelurilor și fontelor. Fierul este esențial pentru organismul uman intervenind în sinteza sângelui – hemoglobina conține circa 67% din conținutul total de fier al corpului (~ 4g/kg corp). Fierul este prezent în în majoritatea alimentelor solide și lichide în concentrații cuprinse între 30-150mg Fe/kg: ficat, rinichi, carne roșie, gălbenuș de ou, boabe de soia. Deoarece este un element vital pentru buna funcționare a organismului uman, sunt raportate uzual deficiențe și nu excedent de fier, motiv pentru care nu este reglementată o limită superioară a concentrației acestuia în apa potabilă. Se consideră necesară ingestia zilnică de 10-15 mgFe/zi, existând totuși cazuri în care un consum mai mare de 0,5 g la copii poate determina leziuni severe ale tractului gastro-intestinal.

Contaminarea cu fier este rar întâlnită și poate fi proveni de la echipamentele industriale de procesare a alimentelor, recipiente sau alte ustensile. De exemplu, contaminarea cauzată de materialul folosit pentru conserve depinde de timpul și temperaturile de depozitare.

Fierul este utilizat pentru realizarea multor ustensile de bucătărie sub formă de *oțel* (conserve, capace, vase de gătit etc) acoperit cu diverse materiale (crom, ceramică, rășini etc), *oțel inoxidabil* (vase de gătit, recipiente, tacâmuri, ustensile de tăiat etc) sau *fontă* (vase de gătit).

Oțelul inoxidabil este oțelul aliat ce conține peste 12%Cr cu sau fără adaosuri de Ni, Mo, Al, V, Ti, Nb, care poate avea structură feritică, martensitică sau austenitică. Caracteristica principală a acestora este rezistența mare la coroziune, conferită de prezența elementului Cr și îmbunătățită de celelalte elemente de aliere precizate anterior. Tipurile de oțel inoxidabil utilizate în industria alimentară, conform reglementărilor în vigoare sunt cele din seriile AISI 200, AISI 300 sau AISI 400, fiind:

- *oțel martensitic*: are o rezistență bună la coroziune, duritate mare (43 – 60 HRC), este magnetic, are un conținut de 13 - 18%Cr, 0,1 – 0,9%C, max. 1%Si, max. 1%Mn, nu conține Ni fiind cel mai ieftin oțel inoxidabil utilizat în industria alimentară. De exemplu: 1,4125 (AISI 440C) este utilizat pentru pompe, 1,4021 (AISI 420) este utilizat pentru lame de cuțit, 1,4116 este

utilizat pentru cuțite de bucătărie de calitate superioară, 10Cr130 și 20Cr130 (STAS 3583) pentru articole de menaj;

- *oțel feritic*: are o rezistență bună la coroziune, este magnetic, nu poate fi durificat prin tratament termic, are un conținut de 13 - 30%Cr, max. 0,1%C, max. 1%Si, max. 1%Mn, max. 1,25%Ni, poate fi utilizat la oale de gătit, recipiente de refrigerare etc. De exemplu: 1,4510 (8TiCr170 cf.STAS 3583) pentru vasele de gătit uzuale, 1,4509 (AISI 441) pentru plăci de gătit și arzătoare, 8Cr170 (STAS 3583) pentru recipiente, tacâmuri, chiuvete, 2TiMoCr180 (STAS 3583) pentru piese deformate plastic la rece - țevi, recipiente pentru apă, vase de gătit (înlocuiește cu succes oțelurile austenitice);

- *oțel austenitic*: este cel mai performant din punctul de vedere al rezistenței la coroziune într-un domeniu foarte larg de temperaturi (1 - 1100°C), dar și cel mai scump; are o bună rezistență la rupere (480 – 830 N/mm²), este nemagnetic, se poate durifica prin deformare și are un conținut de 17 - 25%Cr, 8 – 27 %Ni, max. 0,12%C, max. 1%Si, max. 1%Mn, fiind utilizat pe scară largă în industria alimentară, mai ales la producerea alimentelor și băuturilor. De exemplu: 1,4301 (AISI 304, 5NiCr180 / STAS 3583) este utilizat pentru cisternele de prelucrare a băuturilor alcoolice sau laptelui și pentru vasele de gătit, 1,4401 (AISI 316) este utilizat pentru depozitarea vinurilor, a saramurilor, gemurilor sau altor medii agresive, 10TiNiCr180 (STAS 3583) pentru vase de gătit sau refrigerare, în medii corozive;

- *oțel duplex (feritic - austenitic)* are o matrice formată din ferită și austenită ce îl face mai rezistent la coroziunea prin oboseală decât cel austenitic în condițiile unei rezistențe la coroziune comparabilă, este magnetic și are un conținut de 21-24%Cr, 1 – 8 %Ni, max. 0,08%C, max. 1%Si, max. 2%Mn, 1 – 305%Mo. De exemplu: 1,4462 este folosit în contact cu alimente corozive (de exemplu, saramura fierbinte cu alimente sarate solide, în stagnare sau în mișcare lentă).

În tabelul 2 sunt prezentate sintetizat rezistențele chimice și fizice ale unor metale și aliaje utilizate frecvent în industria alimentară, la realizarea ustensilelor de bucătărie.

Tabel 2. Rezistența chimică și fizică a metalelor și aliajelor

| Materialul utilizat pentru ustensile de bucătărie | | Detergenți sau dezinfectanți | | | | | | | Substanțe alimentare | | | Factori fizici | | | |
|---|--------------------------|------------------------------|---------|------------------|-----------------|--|------------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|-------------------------|----------------|---------------|-------------------|------|
| | | Ușor alcalin | Alcalin | Puternic alcalin | Alcalin + NaOCl | Alcalin + NaOCl + inhibitor de coroziune | Ușor acid + inhibitor de coroziune | Ușor alcalin + dezinfectant | Apă sărată | Acid alimentar | Ulei vegetal și grăsimi | Abur la 125°C | Apă fierbinte | Mediu rece ≤ 25°C | Ozon |
| Metale | Zinc | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 3/2 | 1 | 2 | 3 | 0 |
| | Nichel | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3/2 |
| | Titan | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3/2 | 3 | 3 | 3/2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Plumb | 3/2 | 2/1 | 0 | 2/1 | 2/1 | 2/1 | 2/1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3/2 |
| | Cupru | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 2/1 | 1 | 3 | 3/2 | 3 | 3 | 3/2 |
| | Aluminiu | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2/1 | 3 | 1 | 2/1 | 3 | 3/2 | 3 | 3 | 3 |
| | Aluminiu anodizat | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3/2 | 3 | 3 | 3/2 |
| Aliaje feroase | Oțel carbon | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 3/2 | 3 | 3 | 2 | 2/1 |
| | Fontă | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 3/2 | 3/2 | 3/2 | 3 | 2 |
| | Oțel inoxidabil AISI 316 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Oțel inoxidabil AISI 304 | 3 | 3 | 3 | 3/2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | Oțel galvanizat | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2/1 | 1 | 3/2 | 3/2 | 3 | 3 | 1 |
| | Oțel placat cu nichel | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3/2 | 3 | 3 | 2/1 |
| | Oțel vopsit | 3 | 1 | 0 | 2/1 | 2/1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3/2 | 1 | 1 | 3/2 | 1 |
| Aliaje de Ni | Monel | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2/1 | 3 | 3 | 3/2 | 3 | 3/2 | 3 | 3 | 3 |
| | Hastelloy B | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| | Hastelloy C | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Aliaje de Cu | Bronz | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 3/2 | 1 | 3 | 3/2 | 3 | 3 | 3/2 |
| | Alamă | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3/2 | 3 | 3/2 |
| | Alamă placată cu nichel | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 3/2 | 3 | 3 | 3/2 |
| | Zinc vopsit | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3/2 | 0 |
| | Aluminiu vopsit | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3/2 | 1 | 1 | 3/2 | 1 |

| Punctaj | Nivelul de rezistență | Mediul de contact | Definiție |
|---------|-----------------------|---|--|
| 3 | rezistență ridicată | foarte potrivit pentru consum constant | neafectat mecanic și vizual |
| 2 | rezistență bună | constant, dar cu utilizare condiționată | neafectat mecanic, ușor afectat vizual |
| 1 | rezistență scăzută | utilizabil, dar nu continuu | afectat mecanic și vizual |
| 0 | fără rezistență | neutilizabil | deteriorat sever mecanic cât și vizual |

4. Mod de lucru: studenții se vor organiza câte doi și vor primi spre analiză un tip de ustensilă de bucătărie, în cazul căreia vor trebui să analizeze toate solicitările la care este supusă și să facă recomandări referitoare la materialele ce pot fi utilizate pentru realizarea reperului discutat.

11. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru instrumentarul medical

1. Scop

În cadrul acestei lucrări se vor discuta criteriile care stau la baza alegerii materialelor metalice utilizate la realizarea instrumentarului medical și de uz chirurgical.

2. Noțiuni introductive

Instrumentarul reprezintă totalitatea ustensilelor ce se folosesc în scopul examinărilor clinice și de laborator și în scopul tratamentului și îngrijirii bolnavului.

Instrumentarul medical trebuie să fie neted, pentru a nu leza țesuturile, bine șlefuit, cu marginile teșite pentru a nu provoca traumatisme.

În funcție de riscul de transmitere a infecțiilor pe care-l presupune utilizarea lor sunt instrumente:

- 1) critice = penetrează pielea sau mucoasele venind în contact cu sângele (bisturie, ace etc) necesită sterilizare între utilizări;
- 2) semicritice = vin în contact cu mucoasele sau cu soluții de continuitate a pielii-plagă (pensele, endoscoapele, termometrele etc) necesită sterilizare chimică sau cel puțin dezinfecție de nivel înalt;
- 3) non-critice = vin în contact doar cu pielea intactă (stetoscopul, plosca, garoul) necesită dezinfecție de nivel intermediar sau scăzut

O altă clasificare a instrumentelor medicale se face în funcție de scopul în care sunt folosite:

A. *instrumente necesare examinărilor clinice* (pentru diagnostic): stetoscopul biauricular (pentru auscultația zgomotelor produse în inimă, plămâni, artere), aparat de tensiune (cu mercur, electronic, cu manometru), stetoscopul monoauricular, ciocanul de reflexe, diapazon calibrat (pentru cercetarea sensibilității vibratorii), spatula linguală (examinarea cavității bucale), oglinda frontală, speculul nazal, cântar, deschizător de gură etc;

B. *instrumente pentru injecții și puncții*:

- seringi: folosite pentru injectarea soluțiilor medicamentoase sau aspirarea soluțiilor patologice din organism. Seringile sunt formate dintr-un corp de pompă și un piston. Corpul de pompă este confecționat dintr-un cilindru de

sticlă sau plastic, gradat cu zecimi de milimetru la seringile mici și jumătăți de milimetru la seringile mari. La una dintre extremități cilindrul rămâne deschis în zona în care se introduce pistonul, iar la cealaltă extremitate corpul de pompă este parțial închis, lumenul cilindrului continuându-se cu un tub scurt numit ambou, pe care se fixează acul de injecție. Pot fi de mai multe dimensiuni: 1, 2, 5, 10, 20, 50 și 60 ml.

- acele de injecție: sunt tuburi metalice fine și subțiri adaptabile la o extremitate de ambou seringilor, cealaltă extremitate folosindu-se pentru injectarea soluțiilor medicamentoase. Acele sunt de diferite grosimi și lungimi, calibrul lor se exprimă în unități de măsură G (gauge), iar diametrul exterior în milimetri și zecimi de milimetri. Acele de uz curent sunt de calibru 27-15 G.

C. Instrumente utilizate în tratamentul curent: pensa simplă (o pârghie de gradul trei care se folosește pentru prinderea și manipularea obiectelor și țesuturilor, formată din două brațe metalice sudate la una din extremități), pense anatomice (pentru scoaterea firelor, manipularea unor obiecte, tamponare, etc), pensa chirurgicală (pentru apucarea țesuturilor, pentru susținerea marginilor plăgii în timpul suturii, etc), pensele hemostatice, foarfecele (pot fi drepte, curbe sau frânte), prestuburile, bisturiul, lanțete de vaccinare, sondele (pentru explorarea conductelor și traiectelor), tăvița renală;

D. Instrumentar pentru îngrijiri și tratamente curente: mănuși de unică folosință, seringi, ace, truse de reanimare, tăvița renală, sonde urinare, bazine, irigator, termofor, vase colectoare din inox, casolete, trocare diferite, prestuburi – Mohr (clemă) / Hoffmann (cu șurub);

E. Instrumentar din cauciuc și material plastic: mănuși de cauciuc, sonde (uretrale, digestive, gastrice, esofagiane, de intubație, pentru administrarea oxigenului, de aspirație), tuburi de dren, de gaze, perfuzoare, canule, pungi colectoare, termofor, pungă de gheață;

F. Instrumentar metalic: spatulă linguală, pensă, specul, casolete, trusă chirurgicală (pense anatomice, chirurgicale, hemostatice, bisturiu, foarfece chirurgicale, sondă canelată, stilet butonat, portac, ace chirurgicale, agrafe chirurgicale, depărtătoare, valve abdominale), instrumente pentru intervenții pe oase (răzușe, retractor, ferăstraie chirurgicale, clește, trepan, daltă, ciocan, broșe chirurgicale, șuruburi), canulă, tăvița renală inox, vase colectoare din inox.

G. *Instrumentarul chirurgical* poate fi clasificat în funcție de destinație, în: instrumentar curent (utilizat în cea mai mare parte a intervențiilor din chirurgia generală) și instrumentar special, (propriu fiecărei specialități chirurgicale - chirurgie viscerală, oftalmologie, ortopedie, neuro-chirurgie, chirurgie estetică, etc.).

În cadrul instrumentarului curent, se poate vorbi de următoarele categorii:

1. *Instrumente tăioase* (figura 1): bisturiu (fig.1a, clasic – alcătuit din mâner și lamă fixă sau detașabilă, electric, ultrasonic), cuțitul de amputație, foarfecele chirurgicale drepte sau curbe (fig. 1b) cu vârful bont sau ascuțit, ferăstrăul tip lamă (fig.1c), costostomul (fig.1d) și dalta (fig.1e) utilizate pentru tăierea țesutului osos.

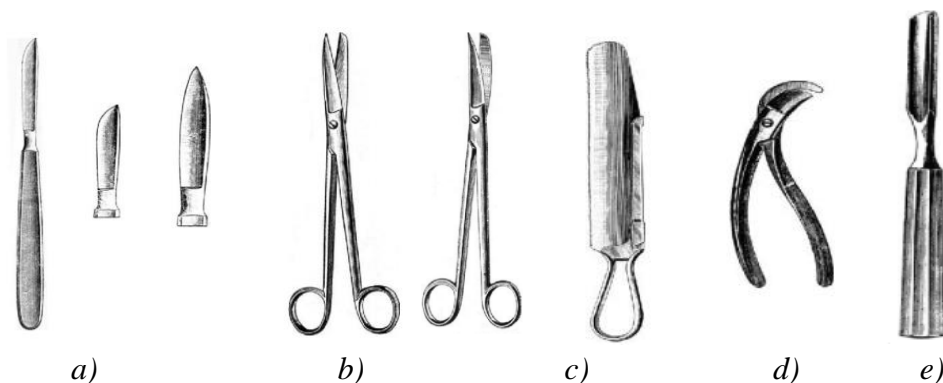


Figura 1. Instrumente tăioase.

2. *Instrumente de disecție și explorare* (figura 2): sonda canelată (fig.2a) și stiletul butonat (folosite pentru explorarea de traiecte, cum ar fi cele fistuloase, de sectionare a traiectului explorat cu canelura sa centrala, fara riscul de a leza formatiuni anatomice invecinate), pense chirurgicale în "L" (fig.2b), pense anatomice lungi și scurte (fig 2c).

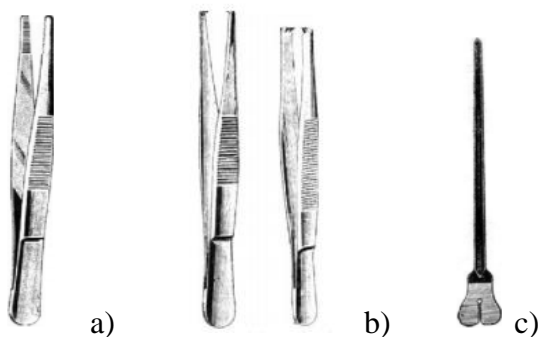


Figura 2. Instrumente de disecție și explorare

3. *Instrumente pentru hemostază* (figura 3): acest termen definește o întreagă serie de pense autostatice care, prin blocare la una din treptele de pe mâner, rămân închise și fixate pe țesut. Termenul de hemostatice se referă la cea mai frecventă utilizare a lor: hemostaza presupune ligaturarea sau cauterizarea vasului care sângerează obligatoriu în urma oricărei incizii operatorii, iar pentru a putea ligatura sau cauteriza un vas este necesară inițial pensarea lui.

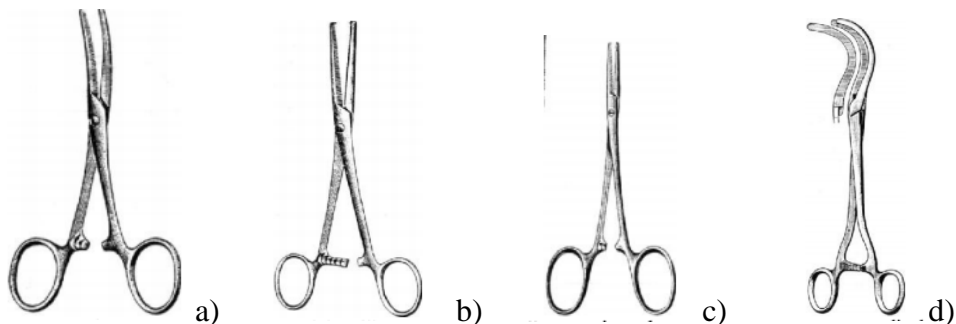


Figura 3. Instrumente pentru hemostază – pense:
a) Pean; b) Kocher; c) mosquito; d) Guyon.

4. *Instrumente de prehensiune (manevrarea țesuturilor)* (figura 4): pensele chirurgicale pot fi cu dinți sau fără dinți și vor fi folosite în funcție de calitatea țesuturilor apucate.

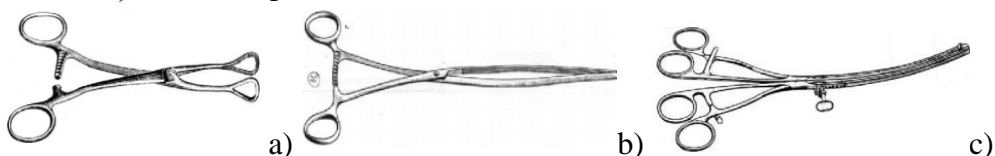


Figura 4. Instrumente de prehensiune - pensă:
a) "en coeur"; b) intestinală; c) stomacală (Lane).

5. *Instrumente pentru îndepărtarea planurilor incizate / depărtătoare* (figura 5): explorarea în profunzime a unei plăgi necesită anumite instrumente care să depărteze țesuturile, permițând vizualizarea elementelor profunde (organe, alte țesuturi). Aceste instrumente pot fi mobile și autostatice: depărtătoare Farabeuf (fig.5a), valve cu lame lungi sau scurte, înguste sau late, cu mâner (fig.5b), depărtătoare autostatice (fig.5c) pentru operații de profunzime.

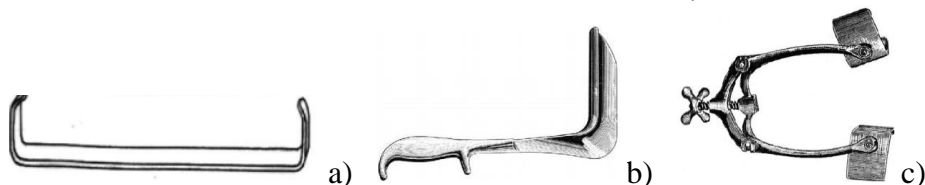


Figura 5. Depărtătoare: a) Farabeuf; b) valvă abdominală; c) depărtător de coaste.

6. *Instrumente pentru sutură* (figura 6): ace tip Hagerdon, rotunde sau triunghiulare (fig.6a); ace atraumatice cu fir montat de diferite dimensiuni; agrafe Michel metalice (fig.6c), fixate cu o pensă specială tip Michel (fig.6b); portace (instrument de tip pensă cu care este fixat și manevrat acul în timpul suturii) Mathieu pentru sutura în suprafață (fig.6d), Hegar pentru sutura în profunzime (fig.6e); instrumente pentru sutură mecanică (automată).

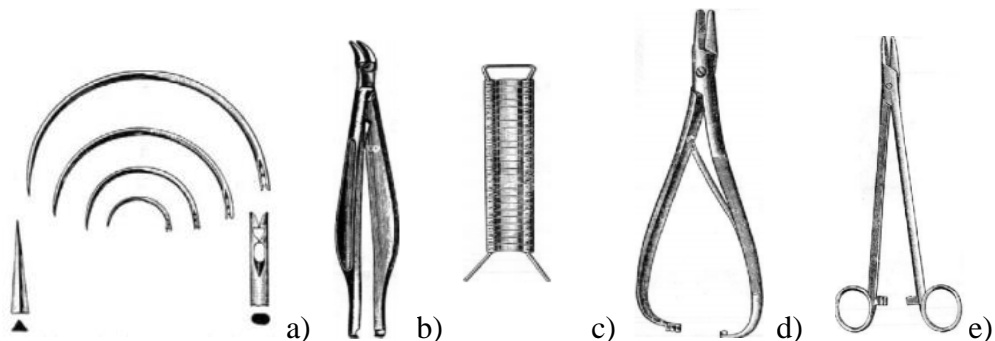


Figura 6. Instrumente pentru sutură

4. Materiale utilizate pentru fabricarea instrumentarului medical

La alegerea și utilizarea materialele pentru instrumentarul medical trebuie avute în vedere următoarele *criterii*:

- rezistența la coroziune chimică, electrochimică și biologică (în industria medicală nu sunt acceptați sub nici o formă produși de coroziune, care în toate cazurile sunt dăunători organismelor, motiv pentru care sunt utilizate pe scară largă materialele metalice cu stabilitate chimică mare: oțeluri inoxidabile, aliaje de aur, platină, titan etc);
- rezistență la temperaturi înalte sau joase;
- rezistență la presiuni ridicate sau joase;
- duritate, prelucrabilitate mecanică, biocompatibilitate etc.

Suplimentar, în domeniul aparaturii medicale trebuie avut în vedere pe lângă funcționalitate și designul produselor, fiind astfel alese materiale metalice care să satisfacă din punctde vedere al esteticului și ambientului.

În prezent există instrumente medicale realizate din materiale metalice, dar și din diferite materiale plastice, textile, lemn care nu se pot steriliza și sunt de unică folosință.

Aparatura și instrumentarul medical se fabrică cel mai des din oțeluri inoxidabile martensitice, feritice sau austenitice. Astfel, instrumentele

chirurgicale de tăiere și lovire se execută din oțeluri inoxidabile martensitice aliate cu Cr; Mo-Cr; V-Mo-Cr, acele de seringă se execută din oțeluri inoxidabile austenitice aliate cu Ni-Cr și Ni-Cr-Mo, iar clemele, sondele, pensetele, spatulele etc se execută din oțeluri feritice aliate cu Cr, Al-Cr, Ti-Cr.

Materialele pentru instrumentarul chirurgical sunt reglementate prin standardele:

- ISO 7151:1998 – Instrumente chirurgicale – Instrumente nearticulate, care nu taie – Cerințe generale și metode de testare;
- ISO 7153-1:2016 – Instrumente chirurgicale – Materiale – Partea 1: Metale;
- ISO 7740:1985 – Instrumente pentru chirurgie – Bisturie cu lame detașabile – Dimensiuni;
- ISO 7741:1986 - Instrumente pentru chirurgie – Foarfece – Cerințe generale și metode de testare;
- ISO 13402:1995 – Instrumente chirurgicale și din medicina dentară – Determinarea rezistenței la tratare în autoclavă, coroziune și expunere la temperaturi ridicate.

Exemple de instrumente medicale și materialele din care acestea sunt realizate

1. Ace pentru biopsie:

a) *oțel inoxidabil austenitic*: rezistență la coroziune excelentă într-o gamă largă de medii atmosferice și corozive; poate suferi coroziune prin pitting și crevase în medii clorurate calde și coroziune prin fisurare la temperaturi mai mari de 60°C; este considerat rezistent în apă potabilă cu max 200mg/l cloruri la temperaturi normale și max. 160mg/l cloruri la 60 °C.

| Material | | Compoziție chimică (%) | | | | | Proprietăți mecanice | | | | |
|-------------|------|------------------------|-------|------|------|----|----------------------|-------------------------|------|--------------|--------|
| EN | ASTM | C | Si | Mn | Cr | Ni | Rm (MPa) | R _{p0,2} (MPa) | A(%) | Duritatea HB | E(GPa) |
| X5CrNi18-10 | 304 | ≤0.07 | ≤0.75 | ≤2.0 | 18.5 | 9 | ≥ 515 | ≥ 205 | ≥40 | ≤ 201 | 193 |
| X2CrNi19-11 | 304L | ≤0.03 | ≤0.7 | ≤1.5 | 18.5 | 10 | ≥ 485 | ≥ 170 | ≥40 | ≤ 201 | 193 |

b) *oțel inoxidabil austenitic aliat cu Mo*: rezistență la coroziune excelentă într-o gamă largă de medii atmosferice și corozive; poate suferi coroziune prin pitting și crevase în medii clorurate calde și coroziune prin fisurare la temperaturi mai mari de 60°C; este considerat rezistent în apă potabilă cu

max 1000mg/l cloruri la temperaturi normale și max. 500mg/l cloruri la 60 °C.

| Material | | Compoziție chimică (%) | | | | | Proprietăți mecanice | | | | |
|-----------------|------|------------------------|------|------|----|------|----------------------|-------------------------|------|--------------|--------|
| EN | ASTM | C | Si | Mn | Cr | Ni | Rm (MPa) | R _{p0,2} (MPa) | A(%) | Duritatea HB | E(GPa) |
| X5CrNiMo17-12-2 | 316 | ≤0.06 | ≤0.7 | ≤1,8 | 17 | 11 | ≥ 515 | ≥ 205 | ≥40 | ≤ 217 | 193 |
| X2CrNiMo17-12-2 | 316L | ≤0.03 | ≤0.7 | ≤1,8 | 17 | 11,5 | ≥ 485 | ≥ 170 | ≥40 | ≤ 217 | 193 |

c) *oțel inoxidabil austenitic aliat cu Mo de înaltă rezistență, retopit în vid de puritate ridicată și omogenitate structurală*: rezistență foarte bună în medii fiziologice la coroziune generală și intergranulară datorită purității ridicate și a conținutului scăzut de ferită, la coroziune prin pitting și crevase datorită conținutului ridicat de Mo. Alte aplicații: implanturi de șold și femurale, șuruburi pentru prinderea oaselor, dispozitive interne de fixare, implanturi dentare, capse; în medicina cardiovasculară: fire de ghidaj, stenturi, instrumente de chirurgie cardiacă, stilette, trocare.

| Material | | Compoziție chimică (%) | | | | | | Proprietăți mecanice (tub normalizat) | | | | |
|-----------------|------------|------------------------|------|------|----------|----|-----|---------------------------------------|-------------------------|------|--------------|--------|
| EN | ASTM | C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | Rm (MPa) | R _{p0,2} (MPa) | A(%) | Duritatea HB | E(GPa) |
| X2CrNiMo18-15-3 | 316LV M | ≤0.025 | ≤0.6 | ≤1,7 | 17, 5 | 14 | 2,8 | 515-690 | ≥ 220 | ≥40 | 155-210 | 200 |

d) *oțel inoxidabil martensitic*: prezintă proprietăți foarte bune de călire și plasticitate la rece; după călire și revenire prezintă o rezistență foarte bună la coroziune. Alte aplicații: ace de sutură, freze, burghie și chiurete dentare.

| Material | | Compoziție chimică (%) | | | | | Proprietăți mecanice | | | | |
|----------|------|------------------------|-----|-----|------|----|----------------------|-------------------------|------|--------------|--------|
| DIN | ASTM | C | Si | Mn | Cr | Ni | Rm (MPa) | R _{p0,2} (MPa) | A(%) | Duritatea HB | E(GPa) |
| X35Cr14 | 420 | 0,32 | 0,2 | 0,3 | 13,5 | - | 730-900 | - | - | - | - |

e) *oțel inoxidabil aliat cu Mo*: prelucrabilitate, rezistență și rezistență la uzură foarte bune, rezistență foarte bună la coroziune datorită alierii cu Mo. Alte aplicații: componente pentru ceasuri de mână, instrumente de precizie în chirurgia dentară, freze, burghie și șuruburi dentare.

| Material | | Compoziție chimică (%) | | | | | | Proprietăți mecanice (fir normalizat, Φ 0,6-10mm) | | | | |
|------------------|----------|------------------------|-----|-----|----|-----|-----|---|-------------------------|------|--------------|--------|
| EN | ASTM | C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | Rm (MPa) | R _{p0,2} (MPa) | A(%) | Duritatea HB | E(GPa) |
| X22CrMoNiSi 13-1 | 420F Mod | 0,22 | 0,6 | 1,3 | 13 | 0,8 | 1,2 | ≤ 800 | 450 | 25 | - | - |

2. Agrafe:

a) oțel inoxidabil martensitic X35Cr14,

b) oțel inoxidabil aliat cu Mo X22CrMoNiSi13-1,

c) oțel inoxidabil cu călire prin precipitare: proiectat pentru aplicații ce necesită rezistență ridicată combinată cu o bună ductilitate a produsului finit. Caracteristicile sunt o combinație dată de cele ale unui oțel austenitic obișnuit și ale unui oțel slab aliat feritic: modulul de elasticitate, proprietățile mecanice și dilatarea termică sunt comparabile cu ale oțelurilor feritice, în timp ce rezistența la coroziune este comparabilă cu a oțelurilor inoxidabile austenitice. Dintre proprietățile acestor oțeluri pot fi enumerate: proprietăți mecanice excelente, posibilitatea obținerii unei rezistențe la tracțiune și durități ridicate, rezistență la coroziune comparabilă cu cea a ASTM 304L sau 316L, sudabilitate bună.

| Material | | Compoziție chimică (%) | | | | | | | | | Proprietăți mecanice (fir, prelucrat la rece) | | | | |
|----------|------|------------------------|------|------|----|----|----|----|-----|-----|---|-------------------------|------|----|--------|
| UNS | ASTM | C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | Cu | Ti | Al | Rm (MPa) | R _{p0,2} (MPa) | A(%) | HB | E(GPa) |
| S46910 | F899 | ≤0,02 | ≤0,5 | ≤0,5 | 12 | 9 | 4 | 2 | 0,9 | 0,4 | 950-2150 | 900-1800 | - | - | - |

3. Lame de bisturiu: a) oțel inoxidabil aliat cu Mo - X 22 CrMoNiS 13-1;

b) oțel inoxidabil de arc: combină rezistența mecanică ridicată cu microstructură nemagnetică în orice condiții; rezistența poate fi îmbunătățită prin revenire; limită elastică înaltă și capacitate bună de stocare a energiei după laminare la rece ce o recomandă și pentru realizarea arcurilor; temperatura de lucru optimă – max. 250°C; rezistență la coroziune comparabilă cu cea a ASTM 301-304 (susceptibil de coroziune prin rupere la oboseală în medii clorate), sudabilitate bună.

| Material | | Compoziție chimică (%) | | | | | | Proprietăți mecanice (laminat la rece și revenit) | | | | |
|--------------------|------|------------------------|-----|----|------|----|------|---|-------------------------|------|--------------|--------|
| EN | ASTM | C | Si | Mn | Cr | Ni | N | Rm (MPa) | R _{p0,2} (MPa) | A(%) | Duritatea HB | E(GPa) |
| X11CrNiMn N 19-8-6 | - | 0,11 | 0,8 | 6 | 18,5 | 7 | 0,25 | 1130-1800 | 1020-1630 | 11-1 | ≤ 201 | 190 |

c) *oțel inoxidabil martensitic*: după aplicarea tratamentelor termice prezintă duritate foarte mare, rezistență la coroziune și uzură foarte ridicate. Alte aplicații: lame de ras și diferite tipuri de cuțite.

| Material | | Compoziție chimică (%) | | | | | Proprietăți mecanice (călit și revenit) | | | | |
|----------|------|------------------------|-----|-----|----|----|---|-------------------------|------|-------|--------|
| DIN | ASTM | C | Si | Mn | Cr | Ni | Rm (MPa) | R _{p0,2} (MPa) | A(%) | HRC | E(GPa) |
| X65Cr13 | - | 0,68 | 0,4 | 0,7 | 13 | - | 1700-2000 | - | - | 52-57 | - |

4. Ace pentru sutură:

a) *oțel inoxidabil martensitic X35Cr14*;

b) *oțel inoxidabil aliat cu Mo X22CrMoNiSi13-1*,

c) *oțel inoxidabil cu călire prin precipitare S46910*;

d) *oțel inoxidabil austenitic (retopit în vid) aliat cu Mo*: rezistență la tracțiune și oboseală foarte bune, rezistență la coroziune superioară datorată alierii cu Mo, temperatura de lucru între -200 - 300°C. Alte aplicații: ace de curățare a canalelor dentare, alezoare dentare, agrafe, coroanțe dentare, ace de acupunctură.

| Material | | Compoziție chimică (%) | | | | | | Proprietăți mecanice (fir, Φ 1 – 1,25 mm) | | | | |
|---------------|-------|------------------------|-----|-----|----|-----|-----|---|-------------------------|------|--------------|--------|
| EN | ASTM | C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | Rm (MPa) | R _{p0,2} (MPa) | A(%) | Duritatea HB | E(GPa) |
| X10Cr Ni 18-8 | A 313 | 0,08 | 1,5 | 1,8 | 17 | 7,5 | 0,7 | 2150 | 1830 | - | - | 185 |

5. Mod de lucru: studenții vor primi spre analiză 4 tipuri de instrumente medicale, le vor încadra în clasificările puse la dispoziție, vor face observații proprii referitoare la condițiile de lucru și uzura acestora și recomandări referitoare la materialele ce pot fi utilizate pentru realizarea reperelor discutate.

12. Studiu de caz privind alegerea materialelor pentru aparatele dentare ortodontice fixe – arcurile dentare

1. Scop

În cadrul acestei lucrări se vor discuta criteriile care stau la baza alegerii materialelor metalice utilizate la realizarea aparatelor dentare ortodontice fixe – arcurile dentare.

2. Noțiuni introductive

Aparatul dentar ortodontic fix este un dispozitiv utilizat pentru corectarea poziției dinților atunci când aceștia sunt malpoziționați (au crescut incorect aliniați), strâmbi, sau s-a produs o malocluzie (mușcătura este greșită și trebuie corectată). Cu ajutorul acestui tip de aparat, medicul poate să miște dinții pe cele trei axe, astfel încât să corecteze poziția defectuoasă a acestora.

Există mai mulți factori în funcție de care se realizează alegerea tipului de aparat dentar: etapele ce sunt necesare în aplicarea tratamentului (cât de grav este afectată ocluzia, cât de malpoziționați sunt dinții, dacă este necesară o intervenție chirurgicală, cât timp trebuie purtat aparatul), preferințele medicului, bugetul disponibil, durata tratamentului și dorința pacientului. Aparatul ortodontic fix este cel mai utilizat, putând corecta poziția dinților cu o mai mare precizie și finețe decât aparatul mobil.

Elementele componente ale aparatelor fixe:

- I. Elemente de agregare: inele sau sisteme de colaj;
- II. Atașe sau atașamente: bracketuri, tubușoare sau alte atașe;
- III. Elemente care generează forța: arcuri, tracțiuni elastice.

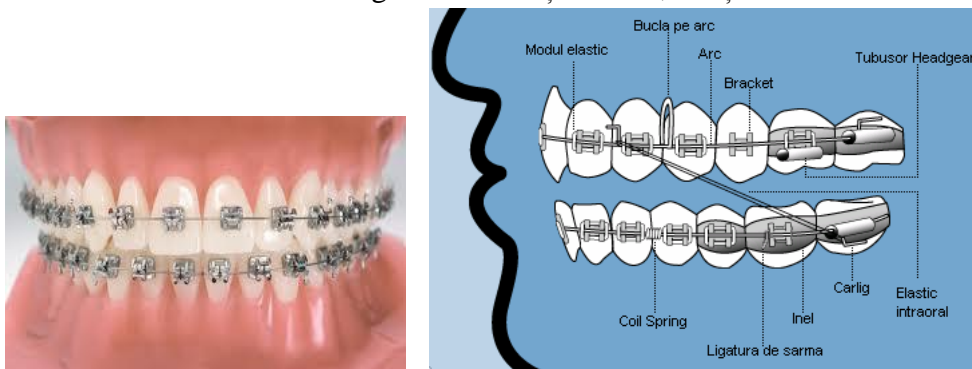


Figura 1. Aspectul și elementele componente ale aparatului ortodontic fix

Dinții se deplasează ca răspuns la forțele care se aplică asupra lor prin intermediul elementelor componente ale *aparaturii ortodontice*. În timpul deplasării dinților, arcurile și elasticele sunt elementele care de fapt mobilizează dinții.

Controlul tridimensional asupra mișcării dinților este realizat prin intermediul bracket-urilor. Fixarea arcului la bracket-uri exercită presiune asupra dinților făcându-i să își modifice poziția. Important este ca această mișcare a dinților să fie făcută în timp, pentru că dinții sunt fixați în os. În timpul modificării poziției dintelui apar fenomene de apoziție - resorbție osoasă (osul “dispare” în partea în care se îndreaptă dinții, dar în același timp se formează os în partea lăsată liberă prin deplasare). Din acest motiv, un tratament ortodontic corect cu aparat dentar este unul de durată – între 9 luni – 1 an și jumătate – 2 ani, poate chiar și 2 ani și jumătate în funcție de prezența sau nu a extracțiilor dentare, de complexitatea cazului și de cât de mare este anomalia care se dorește remediată.

Inelele (figura 2a) sunt centuri metalice care se aplică pe dinți neșlefuiți, respectă parodontiul marginal și nu înalță ocluzia. Asigură o stabilitate foarte bună, protejează țesuturile dentare, înconjoară dintele ca o centură metalică și se adaptează intim în 1/3 mijlocie a coroanei, pot fi confecționate în cabinet sau în laborator din bandă de oțel inoxidabil (G:0,06-0,15mm) - inele prefabricate.

Bracket-urile (figura 2b) asigură punctele de atașament la nivelul coroanelor dentare, astfel încât arcurile și accesoriile să poată influența poziția dinților. Ele sunt confecționate din diferite materiale (oțel inoxidabil, aur platinat, diverse tipuri de ceramică sau compozit) și sunt fixate la nivelul suprafețelor dentare cu adezivi speciali. Bracket-urile sunt prinse de arc cu ligaturi elastice (gri, transparente sau colorate) sau cu ligaturi de sârmă și astfel se produc forțele necesare pentru a direcționa dinții înspre poziția lor corectă.

Arcurile (figura 2c) au dublă funcție de a ghida deplasarea dentară și de a produce astfel o mișcare, având o memorie elastică ce tinde, după deformare, să revină la forma inițială. Arcurile sunt confecționate din diverse materiale, au diferite forme și mărimi, pot fi de culoare metalică sau fizionomice.

Accesoriile – Ligaturile (elastice sau de sârmă) (figura d) păstrează arcul fixat în bracket-uri pentru ca dinții să se deplaseze. Ele reprezintă o

parte esențială a aparatelor ortodontice, dar pot reprezenta accesorii asortate cu stilul personal.

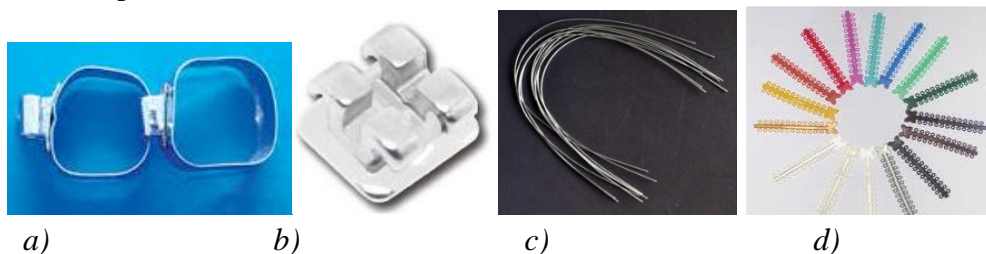


Figura 2. Elementele componente ale aparatelor fixe

Avantajele utilizării aparatelor ortodontice fixe:

- pot fi aplicate în dentiția permanentă până la o vârstă mai târzie;
- pot declanșa deplasări în cele 3 planuri ale spațiului;
- pot produce deplasări dentare specifice;
- tratamentul cu aparat dentar fix corectează chiar și malocluziile dentare grave;
- timpul maxim de acționare a dispozitivului fix este de circa 2 ani, mai scurt decât în cazul aparatelor dentare mobile;
- indiferent de colaborarea copilului, adolescentului sau a adultului, aparatul dentar fix este activ 24 de ore din 24, ceea ce-i mărește eficiența;
- tratamentele cu aparat dentar fix sunt mult mai economice decât cele cu aparat dentar mobil, lingual sau invizibil.

Dezavantajele utilizării aparatelor ortodontice fixe:

- necesită igienă riguroasă;
- favorizează apariția leziunilor carioase;
- pot apărea recesiuni gingivale;
- pot apărea deplasări dentare nedorite, consecința unor forțe secundare;
- pretind o tehnică laborioasă și un timp de lucru prelungit;
- sunt costisitoare;
- dureri dentare în primele zile de la montare, care, din fericire pot fi ameliorate cu ajutorul analgezicelor și care dispar imediat ce pacientul de obișnuiește;
- pacienții manifestă o predispoziție spre inflamații dentale și boli parodontale.

3. Materiale utilizate la realizarea arcurilor dentare ce compun aparatele ortodontice fixe

Arcurile ortodontice pot fi de două tipuri: fir "moale" (are capacitatea de a se plia ușor) și fir "dur" (fir care poate exercita o presiune elastică continuă) și au următoarele proprietăți:

1. duritatea, rigiditatea: rezistența pe care firul o opune la deformare și capacitatea de a exercita o presiune elastică continuă;
2. modul de elasticitate: raportul dintre intensitatea forței și deformarea rezultată;
3. limita de elasticitate: forța maximă care poate fi aplicată înaintea apariției unei deformări permanente. Firul prezintă o ușoară deformare de la linia dreaptă, dar revine la lungimea inițială, când forța încetează să acționeze;
4. performanța elastică: deflexiunea continuă a firului pentru testarea rezistenței la deformare și oboseală;
5. reziliența: tendința firului de a-și relua forma inițială după suprimarea încărcăturii;
6. forța de flexiune: forța la care firul prezintă o deformare permanentă;
7. flexibilitatea maximă: deformația produsă în fir la limita de elasticitate;
8. rezistența: încărcarea maximă tolerată înaintea deformării permanente;
9. stress: intensitatea forțelor produse la aplicarea unei încărcături;
10. limita proporțională: valoarea maximă pentru care oboseala este direct proporțională cu intensitatea forței;
11. rezistența la coroziune: capacitatea firului metalic de a-și conserva finisarea și dimensiunile inițiale în mediul acid;
12. fragilitate: pierderea flexibilității.

Factorii care influențează elasticitatea arcului sunt următorii:

- diametrul firului: dacă se dorește ca arcul să fie mai rigid atunci se folosesc diametre mai mari;
- forma pe secțiune:
 - rotunde: au o mai mare flexibilitate și se folosesc în faza de aliniere, când există malpoziții multiple, rotații dentare, denivelări verticale;
 - pătrate: urmează după cele rotunde;
 - dreptunghiulare: sunt mult mai rigide, se folosesc în fazele în care este nevoie de rezistență la tracțiuni elastice și de precizie în combinația arc-slot;

- lungimea firului folosit: intensitatea forței este direct proporțională cu grosimea firului și invers proporțională cu lungimea. Cu cât lungimea firului este mai mare crește și elasticitatea lui și se reduce forța de acțiune;

Arcurile ortodontice sunt elementele active principale care declanșează forța ortodontică și pot fi clasificate după cum urmează:

- arcuri: fără informații, plane (blank); cu informații: curbă Spee, bucle;
- arcuri: totale; segmentare;
- arcuri cu secțiune: rotundă (fig.3a), pătrată (fig.3b), dreptunghiulară (fig.3c);
- arcuri: dintr-un singur fir, din mai multe fire subțiri răsucite sau împletite, fire torsadate (Twistflex, Respond) (fig.3d,e)

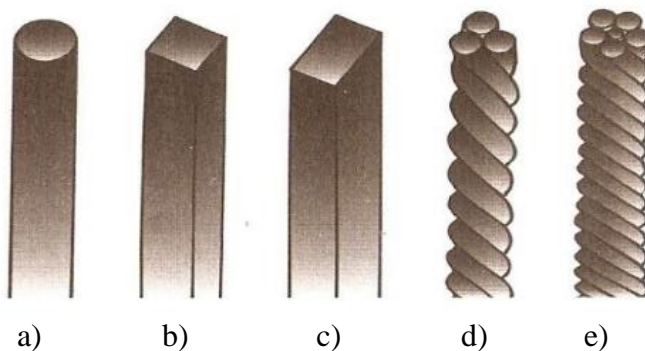


Figura 3. Aspecte în secțiune ale arcurilor

Arcurile sunt confecționate din următoarele materiale:

- *Oțeluri inoxidabile*: sunt încă frecvent folosite datorită rezistenței, prețului mai scăzut și a posibilităților de conformare. Pot suporta îndoituri de orice formă dorită fără a se fractura. Au fost introduse în medicina dentară în 1919.

Cele mai utilizate oțeluri în ortodonție sunt cele austenitice de tip 18-8 (mărcile 302 – 0,15%C, 8%Ni, 18%Cr și 304 – compoziție identică cu 302, cu excepția carbonului care are 0,08%, conform ASTM).

Oțelurile inoxidabile feritice își găsesc puține aplicații în ortodonție din cauza rezistenței scăzute, o excepție fiind aliajul ”super-feritic” ce conține 19 – 30%Cr și care poate fi utilizat pentru unii bracheteți la persoanele cu alergie la Ni. Oțelurile inoxidabile martensitice sunt caracterizate de o bună rezistență mecanică dar de rezistență la coroziune scăzută, ceea ce nu o recomandă a fi utilizată în mediile orale decât în contacte de scurtă durată.

Proprietățile oțelurilor inoxidabile austenitice ce le recomandă pentru utilizarea la realizarea dispozitivelor ortodontice sunt: biocompatibilitatea (care este ușor diminuată de eliberarea în timp, în cantități foarte reduse a ionilor de Ni), rezistență ridicată la coroziune, stabilitate chimică în mediile orale, proprietăți mecanice superioare – rezistența la curgere de 1100- 1759 MPa, rezistența maximă de rupere de 2200 MPa, modul de elasticitate de 170-200 GPa, densitate de 8,5g/cmc.

- *Aliaje Ni – Ti*: în 1962 a fost dezvoltat de către William Buehler, pentru programul spațial, aliajul Ni – Ti numit NITINOL (Nickel Titanium Naval Ordnance Laboratory), introdus ulterior în 1970 de dr. George Andreason în medicina dentară. În anii 1980 aliajul NiTi a fost obținut cu structură austenitică. Compoziția chimică a acestui aliaj este dată de un raport stoechiometric al elementelor Ni și Ti, care sunt în proporție de 55%Ni și 45%Ti; se adaugă 1,6%Co pentru obținerea proprietăților dorite. Aliajele NiTi pot exista în două forme cristaline: martensitică și austenitică.

Aliajele de nitinol prezintă două proprietăți unice și strâns legate: *memoria formei* și *superelasticitatea* (de asemenea, numită pseudo-elasticitate). Memoria formei este capacitatea nitinolului de a se deforma mecanic, supus la o anumită temperatură, numită „temperatură de transformare”, iar apoi de a-și recupera forma sa inițială, nedeformată, prin încălzire peste „temperatura de transformare”. Tratat astfel arcul poate fi aplicat în cavitatea orală, unde la temperatura corpului trece în forma austenitică și încearcă să revină la forma inițială. Explicația fenomenului de memorie a formei se bazează pe două caracteristici esențiale ale martensitei din aceste aliaje:

- caracterul termoelastic și reversibil al martensitei care constă în existența unor interfețe coerente și mobile la limita interfazică martensită – austenită;
- prezența de macles interne în substructura martensitei și nu dizlocații (ceea ce înseamnă că și interfețele din substructura sunt coerente și mobile).

În condițiile prezentate mai sus deformarea plastică aplicată în stare martensitică se realizează nu prin alunecări ale cristalelor și dizlocațiilor ci prin demaclarea maclelor interne din martensită. La transformarea inversă când martensita se transformă în austenită, regiunile demaclate își reiau orientarea pe care au avut-o în martensita inițială. În acest mod tensiunile interne înmagazinate în martensită la deformarea plastică a aliajului acționează provocând deformarea în sens invers și ca urmare, la revenirea în

stare austenitică, corpul își revine forma exterioară pe care a avut-o în starea austenitică inițială.

Superelasticitatea are loc la o temperatură într-un intervalul îngust chiar deasupra temperaturii de transformare, în acest caz, nu este necesară încălzirea pentru a determina recuperarea formei inițiale, materialul prezentând o elasticitate mare, de circa 10-30 ori mai mare decât a metalelor obișnuite.

- *Aliaje beta – Titan*: au fost dezvoltate de Burstone și Goldberg în anii 1980 și sunt cunoscute sub denumirea de TMA (Titanium – Molibdenum - Alloy). Sunt utilizate ca materiale pentru arcurile ortodontice, având următoarele proprietăți:

- modulul de elasticitate are o valoare mai mică decât jumătate din valoarea oțelului inoxidabil și este mai mare de aproape două ori decât cea a Nitinolului;

- prelucrabilitate bună, nefiind însă recomandată îndoirea foarte puternică cu riscul de rupere;

- sudabilitatea este bună, superioară celei a oțelului inoxidabil, dar nu se recomandă supraîncălzirea deoarece determină fragilizarea materialului;

- rezistența la coroziune este similară cu cea a firelor din aliaje de Co-Cr și oțel inoxidabil; aliajul prezintă însă sensibilitate la expunerea la agenți corozivi florurați, o durată mare de expunere determinând coroziunea superficială;

- aliajul este biocompatibil datorită absenței Ni.

- *Aliaje de Cobalt - Crom*: în anii 1950 a fost dezvoltat de către compania Elgin aliajul complex Co(40%)-Cr(20%)-Fe(16%)-Ni(15%), care a fost apoi introdus în medicina ortodontică ca aliajul Elgiloy care este foarte elastic, ușor de manipulat, ale cărui proprietăți fizice pot fi crescute prin tratament termic. Încălzirea îi crește rezistența așa încât un fir de Elgiloy moale, ușor de format, prin încălzire poate deveni la fel de dur ca un fir de oțel inoxidabil.

Compoziția chimică a aliajului Elgiloy este următoarea: 40%Co, 20%Cr, 15%Ni, 7%Mo, 2%Mn, 0,16%C, 0,04%Be, 15,8%Fe. Acest aliaj este produs în patru categorii de culoare:

- roșu – cel mai dur și rezilient dintre aliajele Elgiloy;

- verde – semi-rezilent, poate fi modelat cu cleștele înainte de aplicarea tratamentului termic;

- galben – mai puțin formabil dar ductil, creșterea rezilienței și a efectului de arc pot fi realizate prin tratament termic;
- albastru – moale și rezilient, poate fi îndoit cu ușurință prin apăsare cu degetele, rezistența la deformare poate fi ridicată prin tratament termic.

Alegerea arcurilor se face în funcție de obiectivele propuse în fiecare etapă de tratament. Există trei mari grupe de arcuri prefabricate:

1. Arcuri inițiale, arcuri de aliniere și nivelare, arcuri flexibile;
2. Arcuri de lucru pentru deplasări active;
3. Arcuri de finisare;
4. Arcuri accesorii: parțiale (segmentare) sau arcuri secundare de închidere sau deschidere de spațiu open coil spring, closed coil spring)

5. Mod de lucru: studenții vor primi spre analiză 2 tipuri de fire ortodontice, le vor încadra în clasificările puse la dispoziție, vor face observații proprii referitoare la condițiile de lucru și uzura acestora și recomandări referitoare la materialele ce pot fi utilizate pentru realizarea reperelor discutate.

BIBLIOGRAFIE

- L1
1. Ghid de proiectare hale metalice. Normativ hale. Sursa: <http://www.apcmr.ro>
 2. http://www.sudotim.ro/constructii_metalice_sudotim.html
 3. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997
- L2
1. R. Rosca, Caroserii și structuri portante. 146 pag., Ed. "Cutia Pandorei", 1998, Vaslui, ISBN 973-98620-4-7.
 2. R. Rosca, Caroserii și structuri portante - ed. a II-a. 181 pag., Ed. "Odeon", 1999, Vaslui, ISBN 973-98152-7-8.
 3. <https://www.uoradea.ro>
 4. Miștan T., Caroserii și structuri portante pentru autovehicule – note de curs, Oradea, 2006.
 5. Neagu N, Caroserii și structuri portante pentru autovehicule, vol.I și II, Ed.Politehnică, Timișoara, 2006.
 6. A. Șoica, A.Chiru, N.Ispas, A. Humnic, Caroserii și sisteme de siguranță pasivă, Ed. Univ. "Transilvania" Brașov, 2005.
 7. Țuică Al. , Caroserii și structuri auto, Univ. Craiova, Fac. Mecanică, 1994.
 8. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997
- L3
1. Curs: Teoria arderii și instalații de cazane, conf. univ. dr. ing. Aurel Guțu, AȘM, sursa: <https://gradu.ro>
 2. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997
- L4
1. http://webbut.unitbv.ro/Carti%20on-line/TM/Capitolul_1.pdf
 2. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997
- L5
1. M. Gafitanu, C. Racoccea, I. Bostan, Gh. Hagi, V. Dulgheru, A. Jula, E. Chisu, Gh. Moldovean, Organe de masini, vol II, Editura Tehnica, Bucuresti, 2002.
 2. Daniela Chicet, Teza de doctorat: "Studii asupra creșterii durabilității lagărelor prin utilizarea depunerilor de straturi subțiri prin pulverizare termică" Iași, 2011
 3. Ghe. Moldovean, Organe de Masini - Rulmenti, www.facultate.regielive.ro/cursuri
 4. M. Gafitanu, D. Nastase, Sp. Cretu, Gh. Coman, C. Racoccea, T.

- Nestor, D. Olaru, Rulmenti. Proiectare si tehnologie, vol II, Editura Tehnica, Bucuresti, 1985.
5. V. Constantinescu, A. Nica, M. Pascovici, Gh. Ceptureanu, St. Nedelcu, Lagare cu alunecare, Editura Tehnica, Bucuresti, 1980.
6. M. Gafitanu, D. Nastase, Sp. Cretu, D. Olaru, Rulment. Proiectare si tehnologie, vol. I, Editura Tehnica, Bucuresti, 1985.
7. Bearing Failure Brochure, [www. bardenbearings.com](http://www.bardenbearings.com).
8. www.skf.com
9. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997
- L6
1. Jula, Aurel, Lates, Mihai-Tiberiu. Organe de masini. [online]. Brasov: Editura Universitatii Transilvania, 2004, ISBN 978-973-635-218-8 sursa: http://webbut.unitbv.ro/Carti%20online/OM/Jula_Lates_2004/Cap2.pdf
 2. Drăghici, I., Jula, A., Rădulescu, C. D., Chișu, E. Organe de mașini, vol.I. Universitatea din Brașov, 1980.
 3. Gafițanu, M. ș.a. Organe de mașini, vol.I. București, Editura Tehnică, 1981.
 4. Gafițanu, M., Bostan, I., Racocea, C., Dulgheru, V., Hagi, Gh., Jula, A., Chișu, E., Moldovean, Gh. Organe de mașini, vol.I. București, Editura Tehnică, 1999.
 5. Jula, A., Chișu, E., Moldovean, Gh., Velicu, D., Achiriloaie, I., Vișa, I., Marin, Gh. Organe de mașini, vol.I. Universitatea din Brașov, 1986.
 6. Manea, Gh. Organe de mașini, vol.I. București, Editura Tehnică, 1970.
 7. Rădulescu, C. D. ș.a. Organe de mașini, vol.I. Universitatea din Brașov, 1981.
 8. Reșetov, D. N. Machine design. Moscova, Mir publishers, 1978.
 9. http://www.omtr.pub.ro/didactic/om_isb/om1/OM3_1.pdf, Facultatea de Ingineria Sistemelor Biotehnice, Prof.dr.ing. Andrei Tudor, Note de curs, Organe de masini I
 10. SR EN 1993-1-8
 11. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997
- L7
1. Constantin Paulin, Teza doctorat ”Studiul posibilităților de creștere ale caracteristicilor mecanice pentru elementele tăietoare de la excavatoarele cu rotor de mare capacitate”, Iași, 2017
 2. Jeffrey A. Hawk, R.D. Wilson, Modern Tribology handbook, Cap.35. Tribology of Earthmoving, Mining, and Minerals Processing,

CRC Press LLC, 2001

3. <http://www.bm-cat.ro/industria-miniera>

4. Florea Carmen, Nan Marin, Stănilă Sorina, Problematika Modelarii Structurale Si Materialele Pentru Fiabilizarea Dintilor De Excavator, Analele Universității “Constantin Brâncuși” din Târgu Jiu, Seria Inginerie, Nr. 2/2011, pp.235-240.

5. I.R. Sare, J.I. Mardel, A.J. Hill, “Wear-resistant metallic and elastomeric materials in the mining and mineral processing industries – an overview”, Wear, 2001, Vol 250, pp1-10

6. E. Olejnik, S. Sobula, T. Tokarski, G. Sikora, Composite Zones Obtained By In Situ Synthesis In Steel Castings, Archives Of Metallurgy And Materials, Volume 58 2013 Issue 3, DOI: 10.2478/amm-2013-0069, 769-773

7. Nan Marin Silviu, Kovacs Iosif, Mihăilescu Sorin, Andraș Andrei, Laboratory Research About The Forces For The Sterile Rocks Cutting Performed At Rosiuța Open Pit, Scientific Bulletin Series C, Fascicle Mechanics, Tribology, Machine Manufacturing Technology, Volume: XIX, Part: 1, 2005.

8. M.B. Cortie, J.J. McEwan, D.P. Enright, Materials selection in the mining industry: Old issues and new challenges, The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy, 145-157, 1996.

9. Kovacs Iosif, Iliș Nicolae, Nan Marin-Silviu, „Regimul de lucru al combinelor miniere”, Editura Universitas, Petroșani, 2000, ISBN 973-8035-55-4, 400p

10. Contract de grant GR 21/09.05.2007, cu titlul “Reducerea consumurilor electroenergetice și a cheltuielilor de exploatare a excavatoarelor de mare putere prin optimizarea parametrilor regimului de dislocare”.

11. Marin-Silviu Nan, Iosif Kovacs, Iosif Dumitrescu, Gabriel Dimirache, Daniel Burlan, Daniel Radu, Study Regarding The Possibilities To Improve The Parameters Of Teeth On The Rotor Excavators In Operation At Jilt Sud And Jilt Nord Open Casts, Annals of the University of Petroșani, Mechanical Engineering, 9 (2007), 63-72.

12. Kalpak. S. Dagwar, R.G. Telrandhe, Excavator Bucket Tooth Failure Analysis, IJRMET Vol. 5, Issue 2, pp.12-15, 2015.

13. Ing. Baitan Dimitrie – Cristian, Incarcarea Prin Sudare A Sculelor Din Industria Extractiva - Teză doctorat, Universitatea „Transilvania” Brașov, Facultatea de Stiinta și Ingineria Materialelor, Catedra Ingineria Materialelor și Sudării, Brașov 2010.

14. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997

15. <https://www.utilben.ro/blog/tot-ce-trebuie-sa-stii-despre-excavatoare/>
 16. <http://www.excavatoare.net>
 17. <http://pkdparts.ro/dinti-de-cupa.html>
 18. [http://imtuoradea.ro/auo.fmte/files-2006/MECANICA_files/Roxana%20Gabriela %20Popa%201.pdf](http://imtuoradea.ro/auo.fmte/files-2006/MECANICA_files/Roxana%20Gabriela%20Popa%201.pdf)
- L8
1. <http://www.newparts.info/2014/12/supapele-de-admisie-si-evacuare.html>
 2. <https://ro.scribd.com/document/130987405/Fra-Proiect>
 3. D. Abaitancei, D. Marincas, - Fabricare și repararea autovehiculelor rutiere Editura didactică și pedagogică București 1982
 4. D. Abaitancei, Gh. Bobescu - Motoare pentru automobile Editura didactică și pedagogică București 1982
 5. G. Bâlc – Fabricarea și repararea autovehiculelor Editura Risoprint Cluj – Napoca 2013
 6. Al. Epureanu, O. Pruteanu – Tehnologia construcțiilor de mașini Editura didactică și pedagogică București 1983
 7. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997
 8. http://peclindia.com/engine_valves.html
 9. <http://www.enginelabs.com/engine-tech/cam-valvetrain/ferrea-helps-explains-valve-flow-dynamics/>
 10. https://www.mhi-global.com/products/detail/hollow_head_engine_valve.html
 11. <http://www.howrah.org/valves.html>
 12. <http://gardentractorpullingtips.com/valvecam.htm>
 13. <http://www.leonardocentre.co.uk/research/industry/automotive/engine-valve-and-seat-insert-wear>
 14. <http://www.aalcar.com/library/ar1192.htm>
 15. http://ssvalves.net/Engine_Valve.aspx
- L9
1. https://www.academia.edu/21306234/Bazele_aschierii_si_generarii_suprafetelor
 2. <http://www.unitbv.ro/Portals/45/Admitere/Master/3%20DITU.pdf>
 3. <http://www.upm.ro/biblioteca/DG/Curs%20TCM%20II.pdf>
 4. <http://manualul.info/>
 5. <http://www.nuclearelectrica.ro/wp-content/uploads/2017/03/dunarea-de-jos.pdf>
 6. <https://www.ujmag.ro/economie/altele/teoria-aschierii/rasfoire/>
 7. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997

8. http://www.ing.ugal.ro/Resurse/MENUS/Studenti/Facultate/IFR/Scule_aschietoare.pdf
9. http://www.rocast.ro/content/cataloage/PDF/Cap_03.pdf
- L10
1. CE 2002, Council of Europe's policy statements concerning materials and articles intended to come into contact with foodstuffs, Policy statement concerning metals and alloys, Technical document guidelines on metals and alloys used as food contact materials
 2. Frank Moerman, Eric Partington, Materials of construction for food processing equipment and services: requirements, strengths and weaknesses, Journal of Hygienic Engineering and Design, UDC 664.013/.018:006.73, pp 10-37. sursa <http://www.jhed.mk/filemanager/JHED%20Vol%206/01.%20HED/02.%20Frank%20Moerman.pdf>
 3. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997
 4. www.staalcentrum.dk, Stainless steel in the food industry - an introduction, Guideline no.4
 5. BS EN 602:2004, Aluminium and aluminium alloys — Wrought products — Chemical composition of semi-finished products used for the fabrication of articles for use in contact with foodstuff
 6. ANSI/NSF 51–1997, Food Equipment Materials
- L11
1. <http://cursuri.amg.blogspot.ro/2012/07/instrumentar-medical-si-chirurgical.html>
 2. http://www.chirurgiagenerala.ro/02.005_Instrumentele_chirurgicale.htm
 3. <https://amgtratate.blogspot.ro/2016/04/tehnici-de-nursing-si-investigatii-16.html>
 4. CONSTANTIN, Iulian. Chirurgie : curs adresat asistentelor medicale. Iulian Constantin. Galați, Zigotto, 2014. 170 p. ISBN 978-606-669-066-9. III 22813 ; 616-089/C67.
 5. <https://www.iso.org/committee/53648/x/catalogue/> - ISO/TC 170 Surgical instruments
 6. <https://www.materials.sandvik/en/applications/medical-devices/surgical-tools-and-instruments/>
 7. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997
- L12
1. <http://orto-dentist.ro/aparate-ortodontice-fixe/>
 2. <http://clarodent.ro/tratamentul-ortodontic-la-adolescenti/>
 3. E.Ionescu, I. Duduca Milicescu, M. Popescu, O. Popoviciu, V.

- Milicescu, „Ortodonție și ortopedie dento-facială, Ghid clinic și terapeutic”, Ed. CERMA, 2001
4. V. Dorobăț, D. Stanciu, „Ortodonție și ortopedie dento-facială”, Ed. Medicală, 2011
 5. D. Bratu, N. Forna, L. Lascu, M. Păuna, S. Popșor, „Protetică dentară”, Vol.II, Ed. Enciclopedică, 2011
 6. Alexandru I et al., Alegerea și utilizarea materialelor metalice, Ed.Didactică și Pedagogică, București, 1997
 7. „Ghid de practică în protetica dentară”, 2010, Coordonatori: N.C.Forna, T.Traistaru, sursa: http://cmdr-cs.ro/documente/Corectii%20ghid_X.pdf
 8. C. Roman, „Compendiu de ortodonție. Curs universitar destinat studenților stomatologi”, Ovidius University Press, Constanța, 2003.