

ADRIANA POPESCU

UTILAJUL ȘI TEHNOLOGIA PRELUCRĂRILOR LA CALD



Manual pentru școli profesionale, profilul mecanic, anul II



EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ

Noțiuni generale de turnătorie

1. TURNAREA

1.1. Introducere

1.1.1. Definiții. Organele de mașini se obțin prin prelucrări la cald și la rece. Prelucrările la cald sunt: turnarea, deformarea plastică, sudarea și lipirea. Prelucrările la rece sunt: așchiera și deformarea plastică la rece.

Turnarea este procedeul tehnologic de obținere a pieselor prin introducerea metalului topit într-o cavitate care are conturul și dimensiunile identice cu cele ale piesei finale.

Pereții exteriori ai cavității reprezintă configurația exterioară a piesei, iar miezurile reprezintă configurația interioară a acesteia. Turnarea unei piese implică o serie de operații principale și secundare.

Operațiile principale, pentru obținerea pieselor turnate, sunt:

- executarea modelelor, a formelor și a miezurilor;
- elaborarea metalului topit;
- turnarea metalului pentru umplerea cavității formei;
- solidificarea și răcirea metalului în formă.

Operațiile auxiliare din turnătorie sunt:

- pregătirea materialelor pentru executarea formelor și a miezurilor;
- pregătirea materialelor de încărcare pentru topire;
- curățirea pieselor turnate prin tăierea rețelelor de turnare, a maselotelor și a bavurilor;
- controlul pieselor turnate;
- tratamentul termic al pieselor turnate.

Prin turnare se obțin lingouri și piese.

Lingourile sunt semifabricate de forme simple, destinate prelucrării prin deformare plastică (laminare, forjare, presare etc.) sau retopirii (lingouri mici, numite blocuri), pentru elaborarea de aliaje. Lingourile se toarnă în forme metalice numite lingotiere.

Piesa finită este un organ de mașină care nu necesită prelucrări ulterioare. Exemple de piese finite obținute prin turnare: țevi, cilindri de laminare, roți de vagoane, pistoane etc.

Piesa brută turnată este produsul cu un anumit grad de prelucrare, care nu este supus unor modificări de formă și dimensiuni, ci numai unor prelucrări prin așchiere pe anumite suprafețe.

Piesele sunt turnate în:

- forme de turnare *temporare*, folosite la o singură turnare (forme executate din nisip și argilă);
- forme de turnare *semipermanente*, folosite la un număr limitat de turnări și care sunt reparate după fiecare turnare;
- forme de turnare *permanente*, numite cochilii, folosite la mii de turnări fără să fie reparate.

Forma de turnare este un ansamblu constituit din cavitatea realizată în amestecul de formare, împreună cu miezurile, rețeaua de turnare și maselotele, în care urmează să se toarne un aliaj pentru a se reproduce piesa proiectată.

Garnitura de model reprezintă totalitatea elementelor tehnologice care contribuie la realizarea cavității pentru turnarea metalului lichid. Ea este alcătuită din: modelul piesei turnate, modelul rețelei de turnare, cutia de miez, plăcile de model, modelul maselotei.

1.1.2. Importanța producției de piese turnate în industria constructoare de mașini. Semifabricatele utilizate în construcția de mașini sunt:

- semifabricate turnate din fontă, oțel și materiale neferoase;
- semifabricate forjate liber;
- semifabricate matrițate;
- semifabricate laminate;
- semifabricate din mase plastice;
- semifabricate obținute prin deformare plastică la rece (refulare, trefilare);
- semifabricate obținute prin sudare;
- semifabricate executate din tablă sau bandă (prin ștanțare, îndoire, ambutisare).

Piese turnate reprezintă aproximativ 50–75% din masa mașinilor și 30–40% din costul acestora.

În ultimii ani, producția de piese turnate s-a dezvoltat continuu, mai ales pe linii mecanizate și automatizate. Se pot turna piese de la câteva grame la câteva sute de tone.

Avantajele turnării pieselor metalice sunt:

- obținerea unor piese cu forme complexe;
- executarea unor piese care nu necesită prelucrări mecanice ulterioare sau necesită un volum mic de prelucrare;
- nu necesită instalații complexe;
- prețul de cost al pieselor turnate este mai mic decât al celor prelucrate prin alte procedee de prelucrare.

Dezavantajele pieselor turnate sunt:

- dificultatea obținerii proprietăților mecanice comparabile cu cele ale pieselor obținute prin deformare plastică;
- precizie mică și adaos de turnare mare, ceea ce duce la un consum mare de metal și mult timp de prelucrare;
- productivitate redusă.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Precizați care sunt elementele tehnologice ale unei garnituri de model.
2. Enumerați avantajele turnării pieselor metalice.
3. Cum se explică frecvența turnătorilor în majoritatea întreprinderilor constructoare de mașini?
4. Pistonul de la o pompă este prelucrat prin:
 - a) strunjire;
 - b) turnare;
 - c) matrițare
5. Piesa brută turnată este supusă:
 - a) prelucrării prin așchiere;
 - b) modificării formei;
 - c) modificării dimensiunilor.

1.2. Etape de proiectare și realizare a piesei turnate

Piesa turnată se obține din piesa finită prin adăugarea adaosului de prelucrare.

Dimensiunile piesei turnate se stabilesc după ce s-au aplicat adaosurile pereților piesei atât din punct de vedere mecanic, privind prelucrarea prin așchiere, cât și din punct de vedere al tehnologiei de obținere a pieselor prin turnare. Desenul piesei turnate este modificat față de cel al piesei finite prin adaosuri care au ca scop: să se poată executa tehnologic piesa; să se asigure compactitatea ei printr-o solidificare dirijată; să se evite crăpăturile și să se creeze posibilitatea ca piesa să fie prelucrată pe suprafețele indicate. Modificarea constă în aplicarea unor adaosuri de prelucrare și tehnologice.

În figura 1.1, *a* este reprezentată o piesă finită, iar în figura 1.1, *b* o piesă turnată care are adaos de prelucrare pe suprafețele frontale și pe alezaj. Suprafețele care nu vor avea contact cu alte piese nu sunt prevăzute cu adaos de prelucrare.

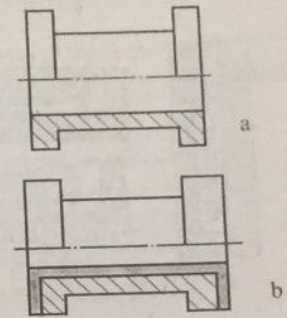


Fig. 1.1. Piesă finită (*a*) și piesă turnată (*b*).

Adaosul de prelucrare este diferența dintre dimensiunea semifabricatului și dimensiunea piesei finite.

El se înlătură prin așchiere și depinde de:

- materialul turnat (la piesele din oțel, adaosul este cu 50% mai mare decât la cele din fontă);
- dimensiunile piesei (adaosurile cresc cu dimensiunea piesei întrucât piesele mari suferă deformații mai pronunțate);
- metoda de formare (la formarea manuală, adaosurile sunt mai mari decât la formarea mecanică);
- poziția suprafeței pe care este adaosul (suprafețele pieselor turnate, care se află la partea superioară, trebuie să aibă o îngroșare mai mare, deoarece aici se ridică particulele de zgură și de nisip);
- clasa de precizie (piesele din fontă sau oțel se împart în cinci clase: clasa I are adaosurile cele mai mici, iar clasa a V-a are adaosurile cele mai mari).

Adaosul tehnologic este surplusul de material pe unele porțiuni sau suprafețe ale piesei turnate, care rezultă din aplicarea tehnologiei de turnare.

Scopul adaosului tehnologic constă în obținerea pieselor turnate fără defecte interne și în realizarea unei fixări ușoare în mașinile-unelte.

Poziția de turnare a piesei este poziția pe care o au planele ce trec prin axa longitudinală a acesteia față de direcția verticală de turnare a aliajului topit în formă. Poziția la turnare a unei piese, față de dimensiunea cea mai mare a ei, poate fi: verticală (fig. 1.2, *a*), orizontală (fig. 1.2, *b*) și înclinată (fig. 1.2, *c*).

Datorită incluziunilor nemetalice solide și gazoase ce apar la elaborarea și turnarea aliajului, precum și a răcirii aliajului care se realizează cu micșorarea volumului, la stabilirea poziției de turnare a pieselor este necesar să se aibă în vedere următoarele:

- suprafețele pieselor care au rugozitate mică trebuie așezate la partea de jos, pentru că incluziunile nemetalice, fiind mai ușoare decât aliajul, se ridică în părțile superioare și se obține o suprafață netedă la partea de jos a pieselor (fig. 1.3, a);
- aliajul se contractă în timpul solidificării (trecerea din stare lichidă în stare solidă) și drept consecință apar goluri în părțile superioare ale pereților pentru că nu se mai alimentează cu aliaj lichid (fig. 1.3, b).

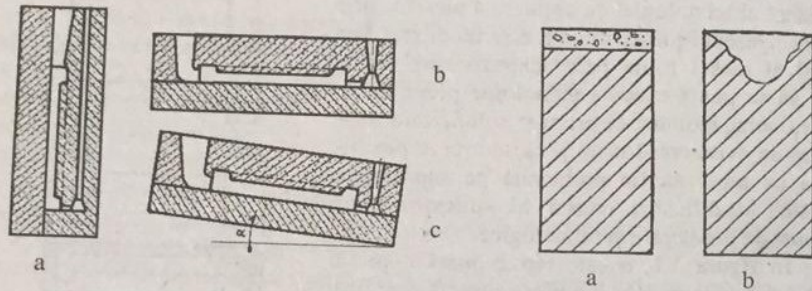


Fig. 1.2 Poziția piesei la turnare:
a - verticală; b - orizontală; c - înclinată.

Fig. 1.3 Alegerea poziției la turnare:
a - incluziuni la partea superioară a piesei; b - formarea golului de contracție la răcirea aliajului.

Formarea reprezintă totalitatea operațiilor de executare a formei de turnare.

Forma este un ansamblu cu una sau mai multe cavități destinate turnării pieselor. La producția de unicat și serie mică, forma se obține prin îndesarea manuală a amestecului de forme în rame cu unelte manuale. La producția în serie sau în masă se utilizează formarea mecanică, la care îndesarea amestecului de formare se execută cu mașini.

O dată cu forma se execută și rețeaua de turnare care este un ansamblu alcătuit din: pâlnia de turnare, piciorul pâlniei, canale de distribuție și canale de alimentare. Rețeaua de turnare servește la introducerea materialului lichid în forme. Pâlnia de alimentare preia aliajul lichid din oala de turnare și îl trimite cu viteză mai mică în cavitatea formei. Piciorul pâlniei este un canal vertical care asigură trecerea materialului lichid din pâlnia de turnare în canalul de colectare. Acesta conduce aliajul lichid spre cavitatea formei. Canalele colectoare sunt trapezoidale pentru a reține zgura și impuritățile existente în aliajul lichid. Canalul de alimentare face legătura între canalul de distribuție și cavitatea formei. Acest canal asigură reducerea vitezei de curgere a materialului lichid.

Activitate independentă

Răspundeți la următoarele întrebări:

1. Precizați rolul adaosului tehnologic.
2. Numiți elementele rețelilor de turnare.

1.3. Executarea garniturii de model

1.3.1. Materiale folosite pentru garnitura de model. Modelul reprezintă elementul tehnologic cu configurația apropiată de cea a piesei finite, cu care se realizează cavitatea în forma de turnare.

În afară de modelul piesei turnate mai există și modelul rețelei de turnare.

Modelul poate fi:

- permanent, executat din metal (aliaje de aluminiu, fontă, bronz, alame), lemn (pin, tei, fag, stejar, mesteacăn), rășini, mase plastice (policlorură de vinil, rășini epoxice, polistiren expandat);
- temporar, executat din materiale speciale: gips, ipsos, ceară, ciment;
- evacuable, executat din materiale fuzibile pentru modele mici și mijlocii.

1.3.2. Întocmirea desenului tehnologic pentru model și cutie de miez. Modelul și cutia de miez se execută numai după ce:

- s-au stabilit suprafețele de separație;
- s-au prevăzut mărcile pentru montarea miezurilor în formă;
- s-au luat în considerație contracția metalului la solidificare, adaosul de prelucrare și adaosul tehnologic;
- s-au prevăzut rotunjirile la colțurile și intersecțiile bruște;
- s-au prevăzut înclinările necesare (0,5-2%) ale pereților modelului, pentru ca acesta să fie scos ușor din formă.

Suprafața de separație reprezintă suprafața de contact dintre părțile formei, impusă de posibilitățile de extragere a modelului din formă. Forma de turnare reprezintă ansamblul de elemente realizat din amestec de formare, care cuprinde o cavitate în care urmează să se toarne un aliaj în scopul de a se reproduce piesa proiectată. Se urmărește ca forma de turnare să aibă o singură suprafață de separație.

Modelul reprezintă elementul tehnologic cu configurația apropiată de cea a piesei finite, cu care se realizează cavitatea în forma de turnare. Suprafața de separație poate să fie:

- axa de simetrie a piesei (fig. 1.4, a);
- suprafața piesei la partea superioară (fig. 1.4, b) sau inferioară (fig. 1.4, c);
- suprafața intermediară față de înălțimea piesei (fig. 1.4, d).

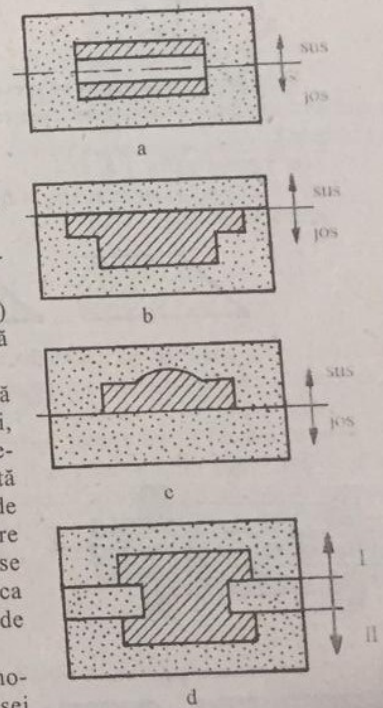


Fig. 1.4. Posibilități de stabilire a suprafeței de separație:
a - la formă prin axa de simetrie a piesei; b - la suprafața superioară a piesei; c - la suprafața inferioară a piesei; d - suprafața intermediară față de înălțimea piesei.

adaugă mărimea contracției metalului și adaosul de prelucrare. Contractia este de: 1% pentru fontă cenușie, 1-1,5% pentru fontă maleabilă, 1,5-2% pentru oțel carbon, 1,25-1,5% pentru bronz, 1-1,5% pentru aliaje de aluminiu etc.

Sporurile de contracție sunt surplusuri dimensionale care compensează contracția pieselor turnate. Aceste surplusuri se adaugă cotelor modelelor, precum și cotelor interioare ale cutiilor de miez. Sporurile de contracție sunt de: 1% pentru fontă cenușie, 1,5% pentru fontă maleabilă, 2% pentru oțel carbon, 1,25-1,5% pentru bronz etc.

Construcția modelului trebuie să asigure scoaterea lui mai ușor din formă. Suprafețele lui sunt netede și curate, pentru ca să se desprindă mai ușor din amestecul de formare. Suprafețele modelelor și cutiei de miez sunt rotunjite ca să nu apară discontinuități și tensiuni interne (fig. 1.5).

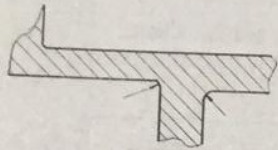


Fig. 1.5. Raze de racordare.

Înclinările constructive se prevăd pentru a ușura extragerea modelului din formă, operația numindu-se *demulare*. Aceste înclinări ale modelului sau ale cutiei de miez se realizează:

- prin îngroșare (fig. 1.6, a);
- prin îngroșare și subțiere (fig. 1.6, b);
- prin subțiere (fig. 1.6, c).

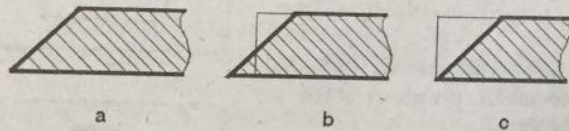


Fig. 1.6. Înclinări constructive.

1.3.3. Executarea garniturii de model din lemn prin prelucrare manuală și mecanică. Operațiile pentru executarea garniturii de model din lemn, alcătuită din model și cutie de miez, sunt: trasare; executare; asamblare; control; vopsire (în diferite culori: oțelul în albastru, fonta în roșu, metalele neferoase în galben); lăcuire (cu lac pentru ca amestecul de formare să nu adere la suprafața modelului) pentru protejarea împotriva umidității atmosferice (fig. 1.7). Prețul de cost al modelului și al miezului este ridicat pentru producția în serie și în masă.

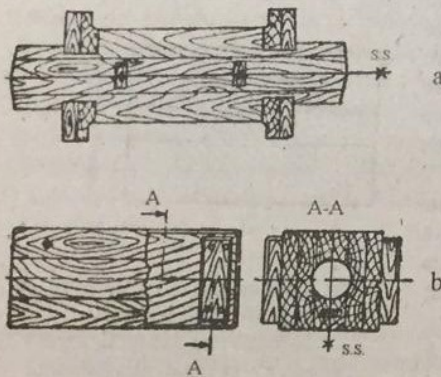


Fig. 1.7. Garnitură de model: a - model din lemn pentru piesa din figura 1.1, b - cutie de miez.

Garnitura de model poate fi executată prin prelucrare manuală și prin prelucrare mecanică.

Prelucrarea manuală se face cu ciocane, dălți, rindele etc.

Prelucrarea mecanică se execută cu mașini-unelte alese în funcție de forma piesei.

• **Ferăstrăul mecanic cu pânză circulară** (fig. 1.8) este utilizat pentru tăierea lemnului la diferite dimensiuni. Acest tip de ferăstrău este alcătuit din următoarele părți componente: batiu 1, masă de lucru 2, pânză circulară 3 acționată de un motor electric printr-o curea, pană 4 pentru menținerea dimensiunii tăieturii, su-port 5 pentru sprijinirea și orientarea materialului de tăiat.

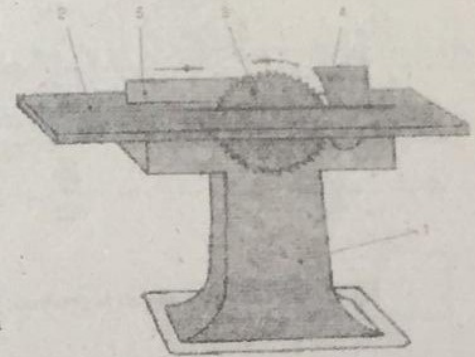
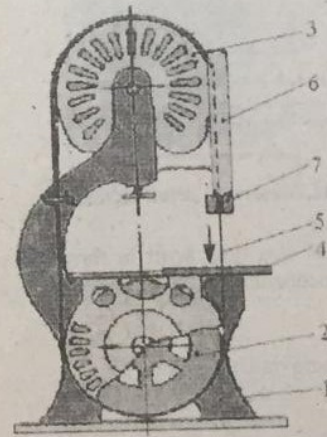


Fig. 1.8. Ferăstrău mecanic cu pânză circulară.



• **Ferăstrăul cu panglică** (fig. 1.9) este utilizat la operațiile de tăiere și este alcătuit din: batiu 1, disc 2 (antrenat de un motor electric) ce pune în mișcare pânza, disc 3 montat liber pe ax, masă plană 4 pe care se așază materialul de tăiat, pânză continuă 5, apărătoare 6, bacuri de atenuare a vibrațiilor 7.

Fig. 1.9. Ferăstrău cu panglică.

• **Mașina de rindeluit la grosime** (fig. 1.10) este utilizată pentru obținerea unei grosimi constante de material și are următoarele părți componente: masă 1, cap port-sculă 2, cilindru striat 3 pentru împingerea materialului, cilindru neted 4 pentru ghidarea materialului după prelucrare, arcuri 5, role 6 pe care se sprijină materialul când se deplasează, clichet dințat 7 care nu lasă materialul să se deplaseze în sens contrar înaintării, apărătoare 8 pentru dirijarea talașului rezultat către exterior, material pentru prelucrat 9, șuruburi 10 pentru reglarea roților.

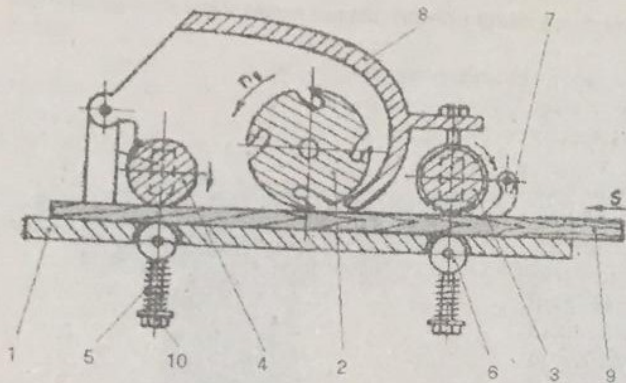


Fig. 1.10. Mașină de rindeluit la grosime.

Mașina de rindeluit efectuează în mod mecanic operații cu rindeaua, la care cuțitele au o mișcare de rotație, prelucrarea asemănându-se cu frezarea. Se obțin piese cu fețe netede, plane sau profilate.

• **Strungul pentru prelucrat lemn** este utilizat la prelucrarea modelelor și diferă de strungul normal prin simplitatea cutiei de viteze și a căruciorului.

• **Mașina de șlefuit cu discuri** (fig. 1.11) este utilizată la șlefuirea diferitelor suprafețe și funcționează ca un polizor obișnuit. Mașina de șlefuit cu discuri este alcătuită din: batiu 1, discuri abrazive 2 acționate de un motor electric, masă 3 pe care se așază piesa, șurub 4 pentru reglarea mesei.

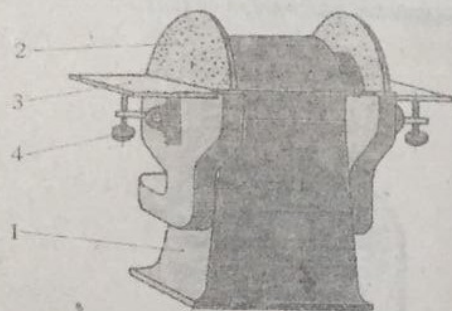


Fig. 1.11. Mașină de șlefuit cu discuri.

Garnitura de model trebuie să nu fie lovită, să stea timp scurt în forme, după extragere să fie ștearsă cu o perie moale, să fie depozitată la 20°C în condiții de umiditate scăzută.

Reparațiile garniturii de model sunt:

- curente, prin care se netezesc suprafețele și se repară muchiile rupte;
- mijlocii, prin care se repară îmbinările;
- capitale, care se folosesc numai pentru unicate.

1.3.4. NTSM- PSI la prelucrarea, lemnului. În atelierul de modelărie trebuie respectate următoarele măsuri:

- fumatul este permis numai în locuri special amenajate;
- atelierul de modelărie trebuie să fie separat de cel de prelucrări prin așchiere;
- mașinile să fie prevăzute cu apărători de protecție pentru organele în mișcare și cu instalații pentru captarea prafului;
- ungerea și curățenia se fac numai când mașina este oprită;
- mașinile să fie legate la pământ;
- ciocanele, dălțile și rindelele să fie în perfectă stare de funcționare;

- încăperile în care se execută vopsirea să fie aerisite și ventilate;
- în ateliere nu se introduc substanțe inflamabile;
- muncitorul să se spele cât mai des pe mâini cu apă caldă și săpun.

Activitate independentă

1. Reprezentați desenele modelelor pentru piese finite din figura 1.12.
2. Precizați materialele din care se execută garniturile de model ale pieselor din figura 1.12.
3. Care sunt mașinile-unelte utilizate pentru prelucrarea mecanică a modelelor din lemn pentru piesele din figura 1.12?

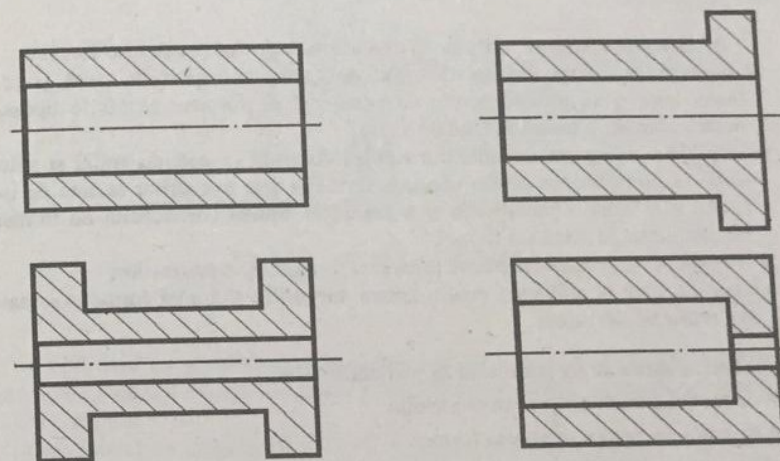


Fig. 1.12.

1.4. Materiale și amestecuri de formare

1.4.1. Componentele amestecurilor de formare. Amestecurile de formare pentru executarea formelor și a miezurilor sunt alcătuite din: nisipuri de turnătorie, lianți și materiale auxiliare.

Nisipurile de turnătorie sunt constituite din grăunți de cuarț cu mărimea de 0,002–3 mm. În funcție de granulație au diferite utilizări și anume:

- cu granulație fină (nisip de Aghireș, Doclin) pentru turnarea fontei;
- cu granulație mare (nisip de Vălenii de Munte, Budinic) pentru turnarea oțelului.

Nisipul de turnătorie este utilizat în amestecul de formare pentru a executa o formă rezistentă acțiunii metalului lichid.

Lianții sunt folosiți pentru legarea granulelor de nisip, obținându-se o peliculă fină care se solidifică ulterior.

Aceștia pot fi:

- anorganici:
 - argila, care este o rocă sedimentară formată din silicați de aluminiu;
 - bentonita, care este o argilă cu plasticitate mare;
 - cimentul, utilizat pentru a obține o rezistență mare a formelor și a miezurilor;
- organici:
 - hidrofobi: - insolubili în apă, ca: uleiul de cânepă, bumbacul, meiul, înlocuitori (gudronul, bitumul, colofoniul);
 - hidrofilii (solubili în apă) ca: melasa, dextrina.

Cel mai folosit liant este argila în care se adaugă apă care îi asigură plasticitatea. Nisipul și liantul pentru miezuri trebuie să aibă calitate bună, pentru că ele sunt înconjurate de metal lichid.

Materialele auxiliare, utilizate la executarea formelor și a miezurilor, sunt:

- pudrele, care sunt formate din praf de grafit, talc, praf de cuarț și praf de lycopodium și se presară pentru ca amestecul de formare să nu se lipească de model, precum și metalul lichid de formă;
- vopselele, care sunt alcătuite din emulsii de grafit în apă, cu argilă și silicat de sodiu și sunt utilizate pentru vopsirea formelor și a miezurilor înainte de uscare, pentru a le mări refractaritatea și a împiedica lipirea amestecului de formare de metalul turnat în cavitatea formei;
- chiturile, care se folosesc pentru repararea formelor și a miezurilor;
- cleiurile, care se utilizează pentru lipirea miezurilor și a unor forme executate din mai multe bucăți rupte.

Amestecurile de formare sunt de mai multe feluri:

- de model, pentru acoperirea modelului;
- de umplere, pentru umplerea formei;
- unice, pentru producția de serie și masă;
- sintetice, în care lianții sunt tratați chimic;
- de miez, alcătuit din nisip de cuarț și lianți organici.

1.4.2. Pregătirea componentelor amestecului de formare pentru forme și miezuri. Amestecul de formare este preparat din nisip de turnătorie, lianți, materiale auxiliare și amestec de formare care a mai fost folosit, respectându-se anumite proporții.

Operațiile de pregătire a componentelor de formare sunt: uscarea, sfărâmarea, măcinarea și cernerea.

1. Uscarea nisipului se execută în cuptoare orizontale și verticale sau în uscătoare (fig. 1.13). Nisipul umed se introduce prin jgheabul de alimentare 1 în corpul 9 al uscătorului și ajunge pe discul rotativ 2, de unde cu paletetele 4 este dirijat pe un alt disc, până la evacuarea din uscător prin gura de evacuare 8. Nisipul este uscat de gazele arse, provenite din camera de ardere 5, care urcă și sunt evacuate prin conducta 6 de ventilatorul 7. Discurile primesc mișcarea de rotație de la arborele 3, reductorul 10, motorul electric 11. Aerul proaspăt intră prin conducta 12.

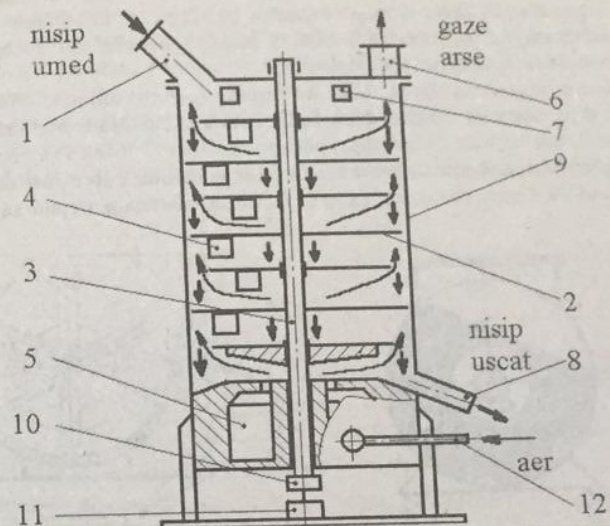


Fig. 1.13. Uscător pentru nisipuri.

2. Sfărâmarea și măcinarea se aplică nisipului uscat și materialelor provenite din scoaterea pieselor din formă, pentru a se obține granulația necesară. Se execută în concasoare și mori.

Concasorul cu cilindri (fig. 1.14) se utilizează pentru sfărâmarea materialului introdus prin pâlnia 5 între doi cilindri 1, care se rotesc în sens contrar. Distanța dintre cilindri se reglează cu șurubul 3, prin deplasarea suportului 2 pe ghidajele batiului 4.

Concasorul cu role (fig. 1.15) se utilizează pentru sfărâmarea materialului, introdus în cuva 3 și măcinat de rolele masive de fontă 1 și 2. Cuvă primește mișcarea de rotație de la mecanismul de acționare 4.

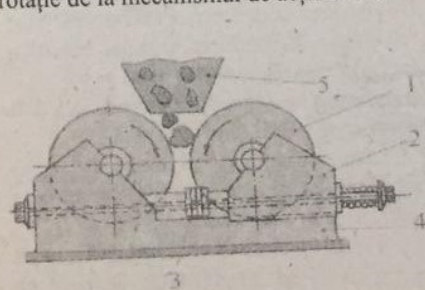


Fig. 1.14. Concasor cu cilindri.

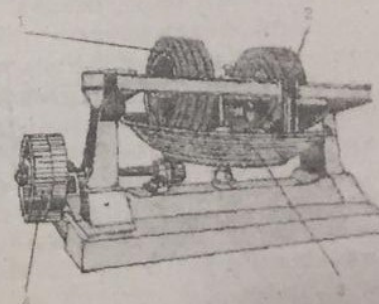


Fig. 1.15. Concasor cu role.

Moara cu role sau cu bile (fig. 1.16, a). Materialul este introdus în toba 1 prin gura de alimentare 3. Toba primește mișcarea de rotație de la arborele cu excentric 5, aflat în tubul central 4. Materialul, aflat în moară, este sfărâmat de bilele de oțel 2. Moara se reazemă pe arcurile elicoïdale 6.

Moara cu ciocane (fig. 1.16, b). În carcasa 1 se află arborele 4 care are mișcare de rotație și pe care sunt montate discurile 5 și ciocanele 6. Materialul intră prin gura de alimentare 8, este aruncat de ciocane 6 pe placa de lovire 7, până se ajunge la granulația care permite căderea printre barele metalice 3 ale grătarului 2 spre gura de evacuare 9 și transportorul 10. Pentru ca măcinarea să se facă ușor, materialul trebuie să fie bine uscat.

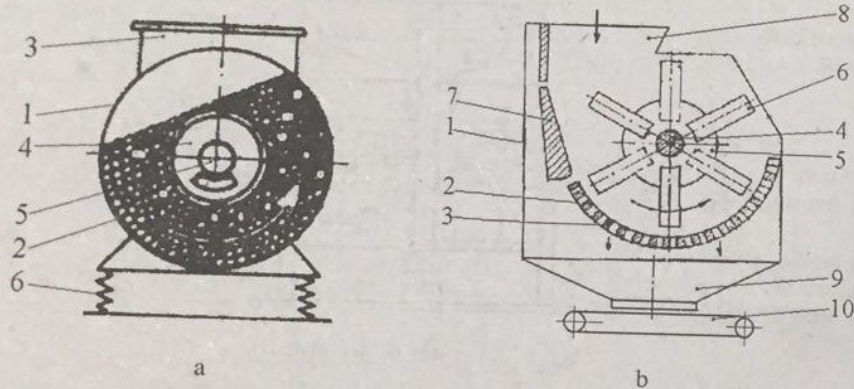


Fig. 1.16. Mori: a - cu bile; b - cu ciocane.

3. Cernerea se execută cu site.

Sita rotativă (fig. 1.17). Materialul este introdus prin gura de alimentare 3 și ajunge în sita 1 cu secțiune hexagonală. Sita primește mișcarea de rotație de la motorul 5 prin reductorul 6. Granulele mai mari, care nu trec prin sită, sunt evacuate prin gura de evacuare 4, iar cele care trec, ajung în rezervorul 2.

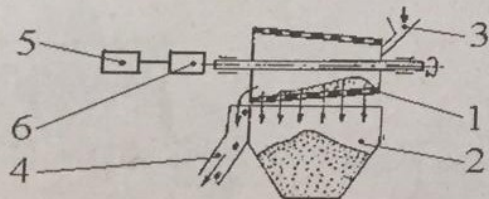


Fig. 1.17. Sita rotativă.

Sita vibratoare (fig 1.18). Materialul 1 intră prin gura de alimentare 5 în rama 7. Sita 8 primește mișcarea de vibrație de la vibratorul 2 prin lamelele elastice 6. Datorită vibrației, materialele cu granulația mică 3 trec prin sită și se separă de bulgării 4.

Particulele feroase, care au trecut la cernere în material, se separă cu o instalație magnetică (fig. 1.19) prevăzută cu toba cilindrică 1, care are mișcare de rotație și în care este magnetul 2. Nisipul 5, transportat de banda 3, se desprinde de aceasta în dreptul diametrului orizontal al tobei, în timp ce resturile feroase 4 cad în dreptul diametrului vertical. Operația se numește *separare magnetică*.

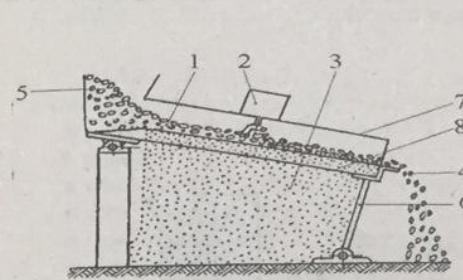


Fig. 1.18. Sita vibratoare.

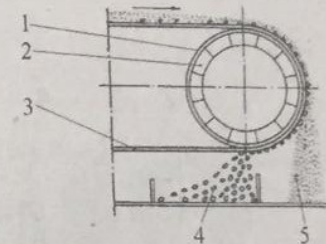


Fig. 1.19. Instalație de separare magnetică.

1.4.3. Proprietățile amestecurilor de formare. Dintre proprietățile amestecurilor de formare amintim câteva.

1. **Rezistența mecanică** este proprietatea amestecului de formare de a rezista la solicitări exterioare fără a se distruge în timpul turnării metalului topit sau în timpul manipulărilor.

2. **Permeabilitatea** este proprietatea amestecului de formare de a lăsa gazele ce se formează la turnare să iasă din cavitate prin pereții formei. Permeabilitatea amestecurilor de formare depinde de: forma, dimensiunile și uniformitatea granulelor de nisip, cantitatea de apă din amestec și gradul de îndesare al formei.

3. **Plasticitatea** este proprietatea amestecului de formare de a lua și păstra forma modelului sau a cutiei de miez. Această proprietate depinde de o serie de factori dintre care cei mai importanți sunt: cantitatea de apă din amestec, forma granulelor de nisip și mărimea acestora, uniformitatea peliculei de liant care acoperă granulele de nisip.

4. **Compresibilitatea** este proprietatea amestecului de formare de a se comprima fără a se distruge sub acțiunea unor forțe exterioare.

5. **Refractaritatea** este proprietatea amestecului de formare de a nu se înmuia și de a nu adera la materialul topit. Principalii factori care determină refractaritatea amestecurilor de formare sunt: granulația nisipurilor și compoziția chimică.

6. **Durabilitatea** este proprietatea amestecului de formare de a fi folosit la turnări repetate, păstrându-și caracteristicile fizice și tehnologice. În timpul turnării, granulele de nisip se fărâmițează, își pierd apa de cristalizare și deci proprietatea de liant. De aceea, după un număr de turnări, amestecurilor de formare li se adaugă o anumită cantitate de nisip și liant proaspăt.

1.4.4. Aparate, mașini, utilaje și instalații folosite la prepararea amestecurilor de formare. Materialele folosite la prepararea amestecurilor de formare suportă unele operații pregătitoare:

- pentru nisip proaspăt: depozitare, uscare, măcinare, cernere, depozitare;
- pentru nisip folosit: dezbateră, măcinare, cernere, separare magnetică, depozitare.

După operațiile pregătitoare, materialele se amestecă pentru obținerea amestecului de formare, după schema reprezentată în figura 1.20.

Nisipul proaspăt împreună cu amestecul de formare folosit și liantul se introduc, în anumite proporții, în cuva amestecătorului. În timpul amestecării se adaugă o anumită cantitate de apă pentru a asigura umiditatea amestecului.

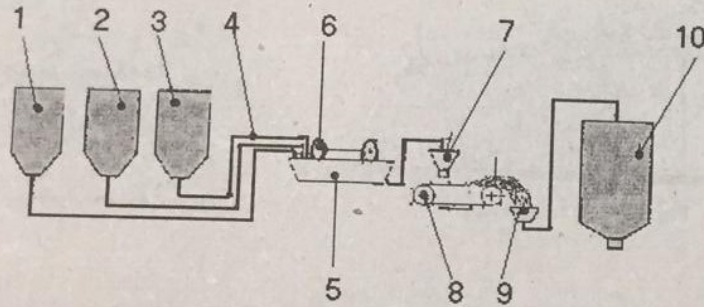


Fig. 1.20. Schema preparării amestecului de formare:

- 1 - depozit de nisip proaspăt pregătit; 2 - depozit de amestec pregătit; 3 - depozit de liant pregătit; 4 - conducte; 5 - amestecător; 6 - role pentru amestecare; 7 - rezervor; 8 - afănător; 9 - rezervor; 10 - depozit de amestec de formare pregătit.

Amestecătorul are o cuvă fixă în care se rotesc două role în jurul unui ax. După amestecare, materialul omogen este evacuat printr-un orificiu, care este deschis de un mecanism comandat de o pârghie. Amestecarea se poate face și în amestecătoare cu palete sau cu melc.

Afănarea este mărirea spațiului liber dintre granule.

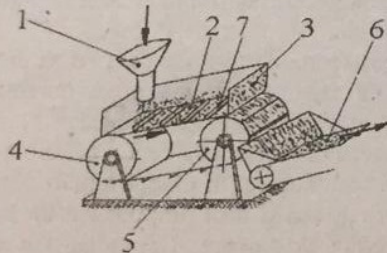


Fig. 1.21. Dispozitiv de afănare.

Dispozitivul de afănare (fig. 1.21) este alcătuit din: pâlnie de alimentare 1, bandă 2, sită 3 prin care trece numai amestecul afănat, role 4 și 5, transportor 6 și raclete 7.

1.4.5. Exploatarea, întreținerea și repararea utilajelor și instalațiilor folosite la pregătirea și prepararea amestecurilor de formare. Utilajele și instalațiile trebuie unse, curățite și întreținute numai în timpul când nu lucrează. Repararea este efectuată de echipe speciale. Depozitele nu trebuie să aibă crăpături și fisuri. Lagărele se ung periodic. Când se blochează rolele de amestec se scoate capacul rolei, se desface piulița de fixare, se scoate rola de pe rulment, se înlocuiesc rulmenții care vor fi etanșați cu garnituri de cauciuc, se fixează capacul și se verifică modul de funcționare. Dacă clapeta de eliminare a amestecului de formare nu se deschide, se verifică și se repară distribuitorul. La uscătoare se verifică paletele și se schimbă dacă sunt uzate. Dacă apar jocuri în lagăre se înlocuiesc cuzineții și rulmenții uzați.

1.4.6. NTSM-PSI la pregătirea materialelor și prepararea amestecurilor de formare. Pentru evitarea accidentelor trebuie respectate următoarele măsuri:

- instalațiile care degajă praf trebuie să fie echipate cu ventilatoare și învelitoare pentru a împiedica răspândirea prafului;
- separatorul magnetic trebuie să aibă conductoarele izolate și să fie legat la pământ;
- depozitele să fie prevăzute cu scări de acces;
- morile și concasoarele să aibă sisteme de izolare fonică;
- instalațiile să fie echipate cu sisteme de semnalizare acustice și optice care să arate că sunt în funcțiune.

Activitate independentă

- 1 Care sunt materialele și amestecurile de formare?
- 2 Care sunt operațiile de pregătire a amestecurilor de formare?
3. Cum se clasifică amestecurile de formare?
4. Stabiliți corespondența dintre elementele celor două coloane:

a) sfărâmare	a) site
b) măcinare	b) concasoare
c) cernere	c) mori
5. Care este rolul bilelor și al ciocanelor din mori?
6. Care este rolul instalației de separare magnetică?
7. Precizați proprietățile amestecurilor de formare.
8. Definiți plasticitatea.
9. Numiți proprietatea amestecului de formare de a lăsa gazele ce se formează la turnare să iasă din cavitate prin pereții formei?
10. De ce se adaugă apă în timpul amestecării compoziției formate din nisip proaspăt, amestec de formare folosit și liant?
11. Cine execută operațiile de reparare a utilajelor și instalațiilor folosite la pregătirea și prepararea amestecurilor de formare?
12. Descrieți principiul de funcționare a dispozitivului de afănare.
13. Enumerați câteva norme de protecția muncii la pregătirea materialelor și prepararea amestecurilor de formare.

2. EXECUTAREA FORMELOR ȘI MIEZURILOR

2.1. Executarea manuală a formelor și a miezurilor

2.1.1. Scule și dispozitive folosite la executarea și repararea formelor și miezurilor. Sculele folosite de formator sunt:

- bătătoare manuale pentru îndesarea amestecului (fig. 2.1, a);
- șurub pentru scoaterea modelului (fig. 2.1, b);
- mistrii (fig. 2.1, c);
- lanțete pentru netezire (fig. 2.1, d);
- croșete pentru scoaterea corpurilor străine căzute în formă (fig. 2.1, e);
- netezitoare pentru netezirea suprafețelor curbe și a unghiurilor (fig. 2.1, f);
- vergele pentru găurire (fig. 2.1, g).

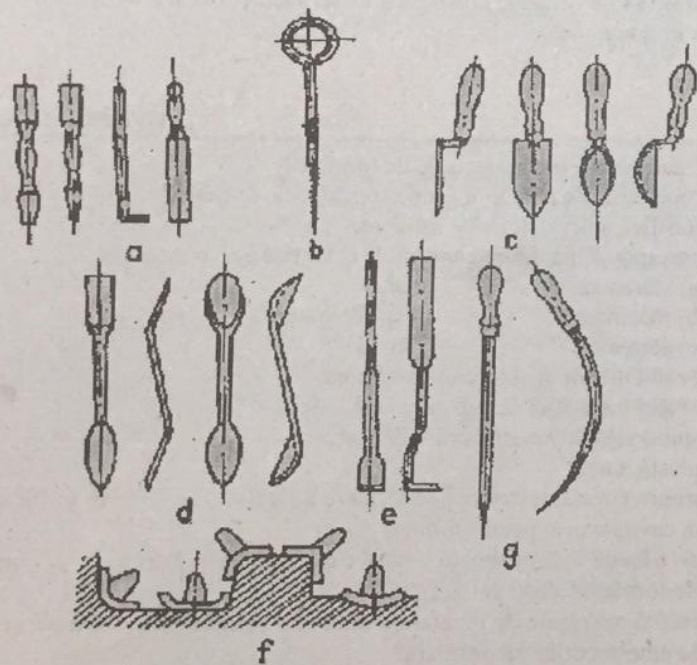


Fig. 2.1. Scule folosite la formarea manuală.

2.1.2. Executarea manuală a formelor cu model în rame de formare. Formarea se poate executa în rame de formare, în solul turnătoriei și cu șablonul. După numărul planșetelor de separație, formarea se poate executa în două sau în mai multe rame de formare. Ramele de formare 4 sunt cutii metalice fără fund, din lemn, fontă, oțel sau

aluminii (fig. 2.2). Ele se assemblează prin bolțurile 1 care intră în urechile de ghidare 2. Ramele sunt manevrate cu mânerul 3.

Procesul tehnologic de formare pentru bucașa reprezentată în figura 2.3 împreună cu modelul ei din figura 2.4 cuprinde următoarele operații:

- se așază jumătate din model 2 pe o planșetă din lemn 3 (fig. 2.5, a);
- se pune rama de formare 1 pe planșetă;
- se presară praf de lycopodium sau nisip pe model și pe suprafața de separație a formei;
- se introduce amestec de formare (sau de model) 5;
- se completează cu amestec de umplere 6 (fig. 2.5, b);

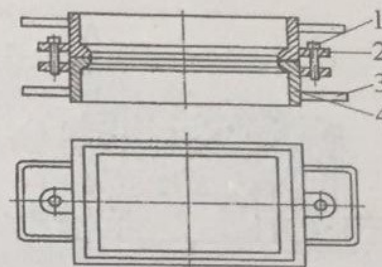


Fig. 2.2. Rame de formare.

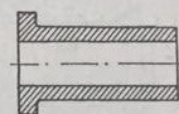


Fig. 2.3. Bucșă.

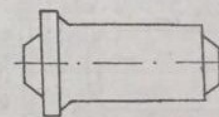


Fig. 2.4. Modelul buceșei.

- se îndeasă amestecul de formare cu bătătorul 7;
- se înlătură surplusul de amestec de umplere;
- se execută canale de aerisire 9 cu paleta 8 (fig. 2.5, c);
- se întoarce rama 1 cu 180°;
- se montează cea de-a doua jumătate a modelului (fig. 2.5, d);
- se montează rama a doua 10 cu bolțurile de centrare 11 în urechile de ghidare 4;
- se presară praf de lycopodium pe model și pe suprafața de separație a formei;
- se introduce amestec de formare;
- se montează modelul pâlniei de turnare 12 și al răsuflătorii 13;
- se completează cu amestec de umplere;
- se bate cu bătătorul 14;
- se înlătură surplusul de amestec de umplere (fig. 2.5, e);
- se fac canale 15 de evacuare a gazelor cu paleta 16;
- se desfac formele;
- se scoate modelul;
- se finisează forma;
- se montează miezul 17 din figura 2.5, f;
- se assemblează ramele la loc;

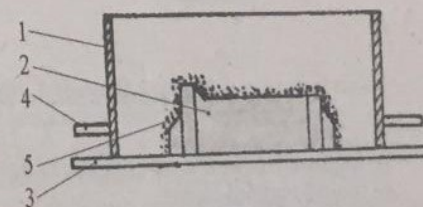


Fig. 2.5, a.

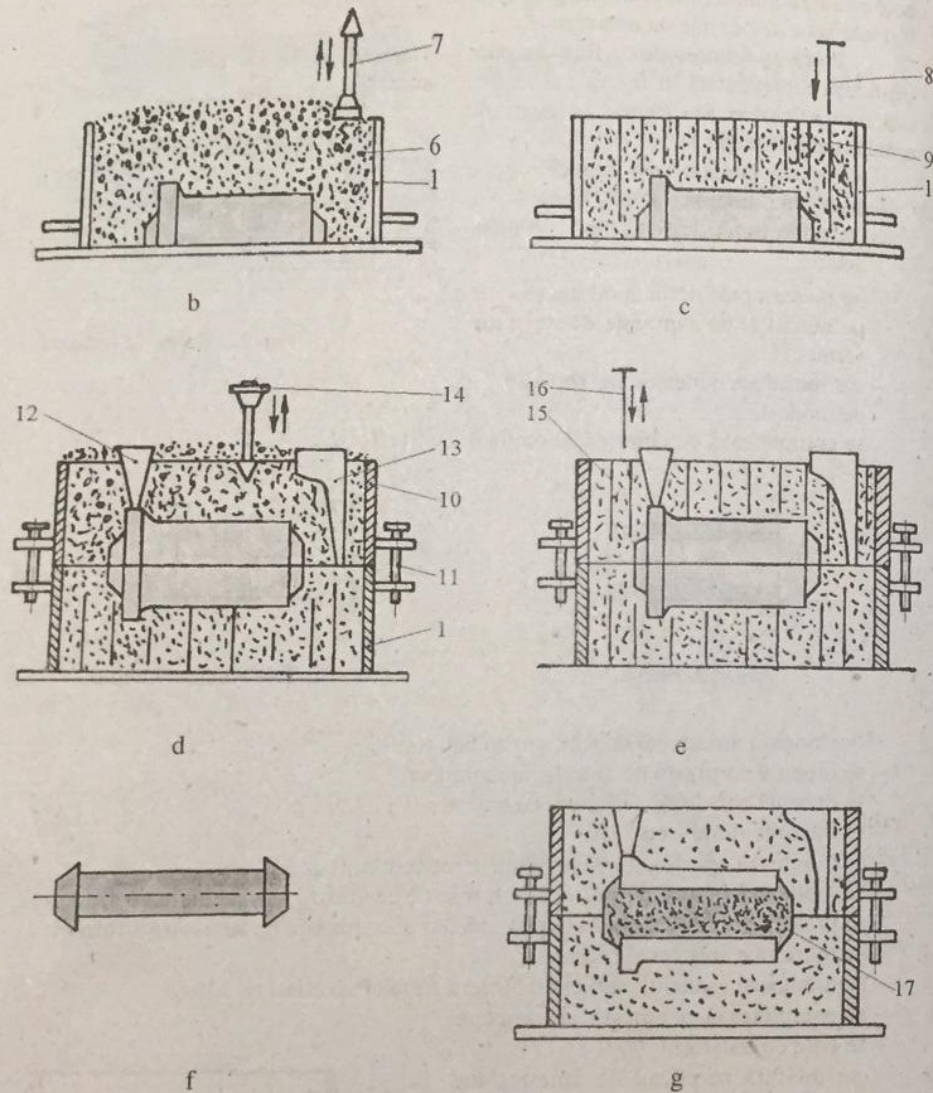


Fig. 2.5. Executarea formei pentru turnarea unei buçe.

- se montează pâlnia și răsuflătoarea (fig. 2.5, g);
- se toarnă metalul lichid;
- metalul se solidifică și se răcește;
- se desfac formele și se scoate bucea.

2.1.3. Formarea în solul turnătoriei. Piesele unicate foarte mari se toarnă în solul turnătoriei în forme închise pe pat tare sau în forme deschise pe pat moale.

1. **Formarea închisă în sol pe pat tare** (fig. 2.6) se utilizează pentru piese înalte. În solul turnătoriei se sapă o groapă 3 în care se aștern cocs 6 și paie 7, apoi se umple cu amestec de formare 5. O jumătate de model se introduce în sol, iar a doua jumătate deasupra. În acest caz se utilizează numai o ramă de formare 2, așezată deasupra solului. Gazele ies prin răsuflătoarea 9 și prin canalele 4, care ajung la stratul de cocs. După ce se montează miezul 8 și pâlnia 10, se toarnă metalul topit. În final se obține bucea 1.

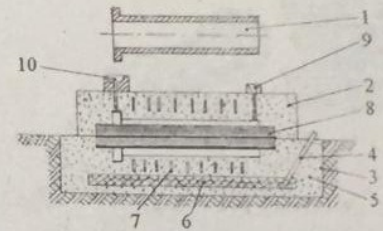


Fig. 2.6. Formare pe pat tare.

2. **Formarea deschisă în sol pe pat moale** (fig. 2.7) se utilizează pentru piese cu înălțime mică. În solul turnătoriei se sapă o groapă 1 care se umple cu amestec de formare afânat 2. Deasupra se apasă modelul 3 cu care se obține cavitatea piesei. Metalul topit se toarnă prin pâlnia 5 și trece prin canalul 7. Surplusul de metal se strânge în canalul 6. Gazele sunt evacuate prin canalele 4. Nivelul 8 verifică orizontalitatea piesei care se scoate din formă cu extractorul 9.

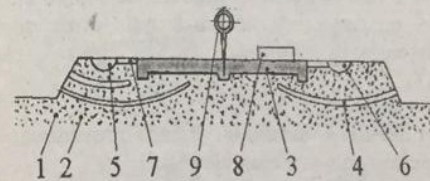


Fig. 2.7. Formare pe pat moale.

2.1.4. **Executarea manuală a formelor cu șabloane de rotație și de translație.** Formarea cu șablonul se utilizează pentru piese mari de revoluție, la producția de unicate. Profilul piesei se obține cu un șablon care se rotește în jurul unui ax (fig. 2.8).

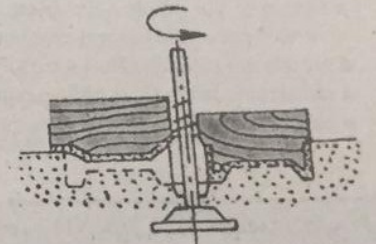


Fig. 2.8. Formare cu șablonul.

2.1.5. **Executarea manuală a miezurilor. Miezurile sunt părțile formei cu care se obțin goluri în piesă.** Ele se execută manual și mecanic la fel ca formele.

În jurul miezului se toarnă metal lichid, de aceea el trebuie să aibă rezistență mecanică mare, permeabilitate mare la gaze, compresibilitate și refractaritate ridicată. În figura 2.9 este reprezentată bucea 3, obținută prin turnare. Ea are un gol care a rezultat ca urmare a folosirii miezului 2. Acesta s-a executat manual cu ajutorul cutiei de miez 1, ce are o cavitate de forma și dimensiunile miezului.

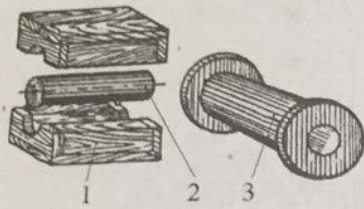


Fig. 2.9. Executarea miezului.

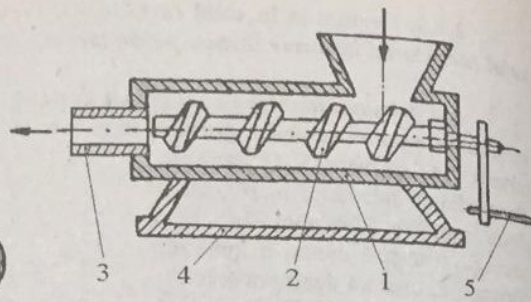


Fig. 2.10. Mașină de format miezuri cu melc.

Miezul se obține prin îndesarea amestecului în cavitatea cutiei de miez cu ajutorul unei mașini de format miezuri cu melc (fig. 2.10). Mașina funcționează pe principiul împingerii amestecului de miez. Acesta este introdus în corpul mașinii 1, care se sprijină pe suportul 4. Prin rotirea manivelei 5, melcul 2 este antrenat în mișcare de rotație și împinge amestecul de miez spre ajutorul 3 pe unde este evacuat sub forma și dimensiunile miezului. Ajutajul poate fi circular sau de o altă formă.

2.1.6. NTSM – PSI la formarea și miezuirea manuală. Pentru prevenirea accidentelor, în secțiile de turnătorie trebuie să se respecte următoarele reguli:

- ramele de formare trebuie să fie prevăzute cu urechi pentru ridicat și transportat;
- lucrările de formare nu se execută când forma este suspendată în macara;
- la mașina de format miezuri nu se introduce mâna în gura de alimentare;
- ramele se vor umple cu amestec de formare cu lopata și nu cu mâna, pentru că în amestec pot exista corpuri care pot răni;
- gropile din solul turnătoriei trebuie îngrădite;
- ramele, modelele și mașinile pentru formare trebuie manipulate cu atenție;
- piesele calde trebuie manevrate cu dispozitive speciale.

Activitate independentă

1. Precizați piesele din figura 2.11 și enumerați operațiile de formare și de executare a miezului.
2. Explicați ordinea operațiilor pentru formarea manuală în două rame cu model dintr-o bucată (fig. 2.12), în care reperatele au următoarea semnificație: 1 – ramă de formare inferioară; 2 – model; 3 – canale de aerisire; 4 – urechi de ghidare; 5 – planșetă; 6 – bolt; 7 – ramă de formare superioară; 8 – model răsuflătoare; 9 – model pâlnie; 10 – model; 11 – canale de aerisire; 12 – pâlnie de turnare; 13 – răsuflătoare; 14 – cârlig; 15 – greutate; 16 – amestec de model; 17 – amestec de umplere.
3. Precizați reperatele din figura 2.13.

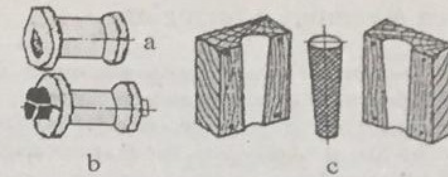


Fig. 2.11.

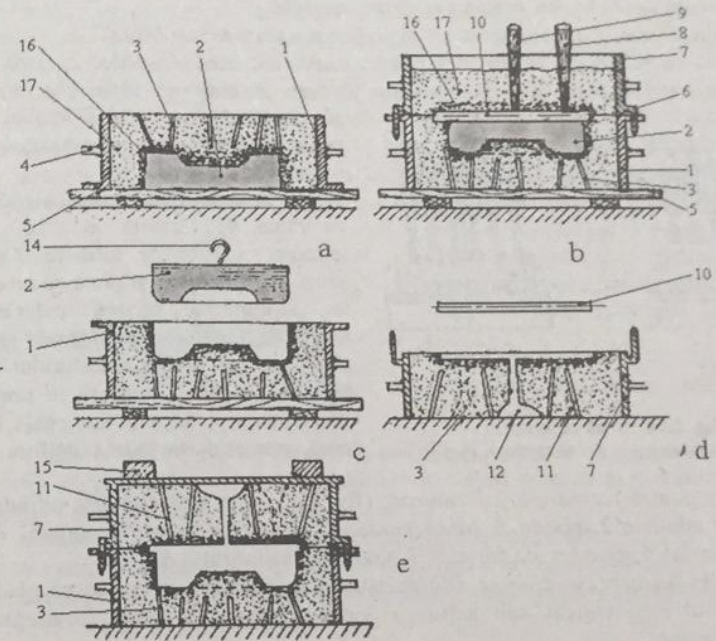


Fig. 2.12. Formarea manuală cu model dintr-o bucată.

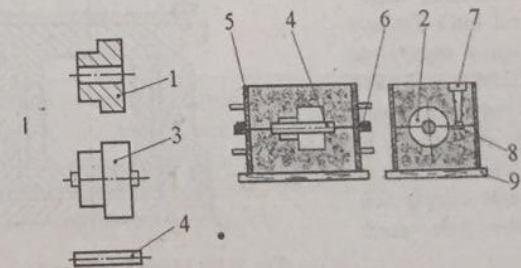


Fig. 2.13.

2.2. Executarea mecanică a formelor

2.2.1. Mașini pentru formare. Formarea mecanică constă în executarea formelor la care amestecul de formare se îndesă cu ajutorul mașinilor.

Avantajele formării mecanice sunt: creșterea productivității, îndesarea uniformă a amestecului, reducerea efortului fizic al muncitorului. Formarea mecanică se utilizează pentru producția de serie mare și de masă.

Îndesarea mecanică în ramele de formare se poate executa:

- pneumatic, hidraulic, mecanic și electromagnetic;
- prin presare, scuturare, scuturare și presare sau aruncare centrifugă.

Presă cu saboți din figura 2.14 este alcătuită din: masă 1, model 2, ramă de formare cu amestec neîndesat 3, ramă de formare suplimentară 5, cilindri hidraulici 6, pistoane de presare a amestecului de formare 7.

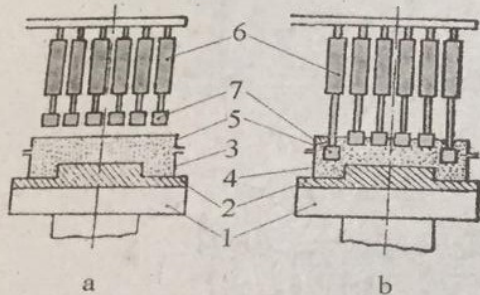


Fig. 2.14. Presă cu saboți:

a - înainte de presare; b - în timpul presării.

Mașina pentru formare prin scuturare (fig. 2.15) este alcătuită din: cilindru 1, supapă de admisie 2, piston 3, placă model 4, ramă de formare 5, supapă de evacuare a aerului 6, amestec de formare 7, marginea cilindrului 8.

Rama de formare, în care se află amestecul de formare, se așază pe placa model. Pistonul este ridicat sub acțiunea aerului comprimat până în dreptul supapei de evacuare.

Tot sistemul cade brusc pe marginea cilindrului la evacuarea aerului, producând îndesarea amestecului. Aerul intră din nou în cilindru prin supapa de admisie și ciclul se reia până la îndesarea corespunzătoare a amestecului de formare în rama de formare. Cursa pistonului este egală cu distanța dintre cele două supape.

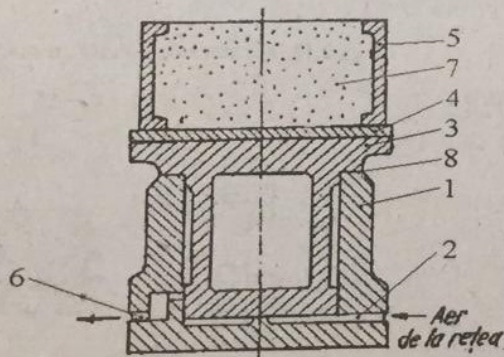


Fig. 2.15. Mașină pentru formare prin scuturare.

Mașina de formare prin aruncare centrifugă (fig. 2.16) este alcătuită din: rotor 1, carcasă 2, paletă 3 pentru dozarea amestecului de formare, transportor cu bandă 4 care alimentează mașina, model 5, ramă de formare 6.

Rotorul are o mișcare de rotație în carcasa care se poate deplasa pentru îndesarea amestecului de formare pe întreaga suprafață a ramei. Un transportor cu bandă alimentează mașina. Pe rotor este fixată o paletă pentru dozarea amestecului de formare adus de transportor. Asupra modelului aflat în rama de formare se aruncă amestec de formare, care este îndesat până se umple toată rama.

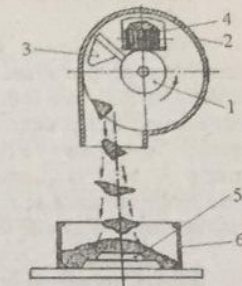


Fig. 2.16. Mașină de formare prin aruncare centrifugă.

Mașina pentru miezuit cu piston (fig. 2.17) este alcătuită din: buncăr de alimentare 1, ajutor 2, piston pentru îndesarea amestecului 3, canal de aerisire 4, mecanism bielă-manivelă 5, amestec de formare 6.

Buncărul este alimentat cu amestec de formare. Pistonul este acționat de un mecanism bielă-manivelă care-i imprimă o mișcare rectilinie-alternativă. Amestecul de formare îndesat de piston iese printr-un ajutor cu aceeași secțiune cu a miezului de executat. Prin canalul de aerisire ies gazele din amestecul îndesat. Miezul astfel obținut se taie la diferite lungimi și se usucă.

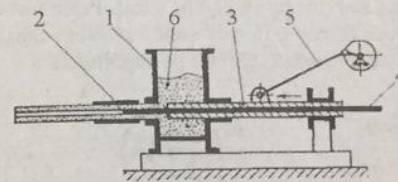


Fig. 2.17. Mașină pentru miezuit.

2.2.2. NTSM-PSI la formarea mecanică. Respectarea normelor de protecție a muncii contribuie la asigurarea condițiilor de muncă normale și la înlăturarea cauzelor care pot provoca accidente de muncă. Astfel:

- mașinile trebuie să fie echipate cu instrucțiuni de folosire;
- mașinile acționate electric trebuie să fie legate la pământ și la nul;
- mașinile de format trebuie să fie prevăzute pentru pornire cu butoane îngropate sau cu manete cu piedică de siguranță;
- nu se introduce mâna sub pistoane;
- nu se execută lucrări de întreținere în timpul funcționării mașinii;
- nu se folosesc rame de formare defecte, crăpate și deformate;
- se verifică legăturile și dispozitivele de prindere la manevrarea ramelor de formare și a cutiilor de miez.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Indicați părțile componente ale mașinilor de miezuit și arătați principiul de funcționare.
2. Enumerați câteva reguli de protecția muncii ce trebuie respectate la formarea mecanică.
3. În ce constă superioritatea formării mecanice față de cea manuală?
4. Formarea mecanică se utilizează pentru producția de:
 - a) unicate;
 - b) serie mică;
 - c) serie mare.

2.3. Uscarea formelor și a miezurilor

Uscarea formelor și a miezurilor se face înainte de turnare, pentru a mări rezistența și permeabilitatea la gaze și a reduce capacitatea de a genera gaze în timpul turnării. Factorii care influențează regimul de uscare sunt: temperatura și timpul de uscare, materialul și dimensiunea formelor și a miezurilor, grosimea pereților și tipul liantului. Temperatura de uscare este de aproximativ 200–300°C și durează 6–40 ore la forme și 3–15 ore la miezuri, în funcție de liant. La piesele mari și la piesele cu pereți foarte subțiri, formele se folosesc în stare uscată, iar la piesele mici se întrebuițează forme neuscate. Miezurile se assemblează în forme uscate.

2.3.1. Cuptoare și instalații pentru uscare. Uscarea se execută în cuptoare.

Cuptorul cu gaze arse sau cu flacără de la un arzător este utilizat pentru uscarea formelor mari.

Uscătorul dulap (fig. 2.18) este prevăzut cu sertare în care sunt așezate formele sau miezurile pentru uscat.

Uscătorul mobil (fig. 2.19) este prevăzut cu un ventilator mobil 1 care suflă aerul cald în cavitatea formei 4, unde se află formele sau miezurile pentru uscat. Peste formă este așezată rama suplimentară 2, cu amestec de formare, în care sunt prevăzute canale pentru evacuarea aerului din cavitatea formei. Ventilatorul este fixat pe suportul 3.

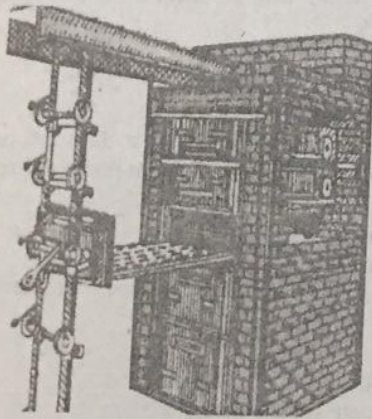


Fig. 2.18. Uscător dulap.

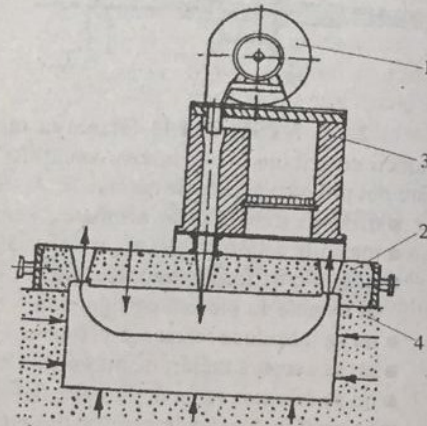


Fig. 2.19. Uscător mobil.

Uscător cu elemente de încălzire din sârmă sau cu lămpi infraroșii.

Uscătorul-turn utilizează rațional spațiul de producție și se folosește la uscarea miezurilor și a formelor mici. El are următoarele părți componente (fig. 2.20): polițe 1 pe care se așază miezurile și formele, ușa de încărcare 2, rolă motoare 3, perete 4, focar 5, ventilator 6, ușa de încărcare 7, conductă de evacuare a gazelor 8, rolă antrenată 9, lanț 10, arzător 11. Miezurile sau formele sunt introduse în uscător prin ușa de încărcare 2 și așezate pe polițele 1, antrenate în mișcare de rola motoare 3.

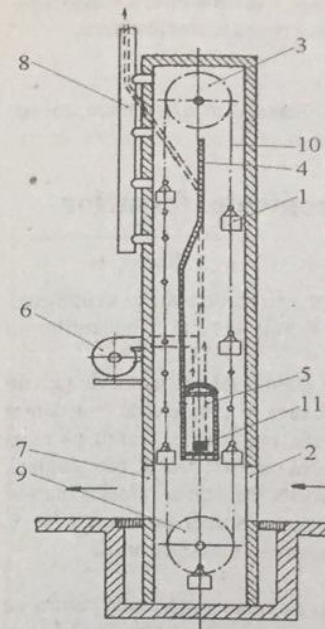


Fig. 2.20. Uscător-turn.

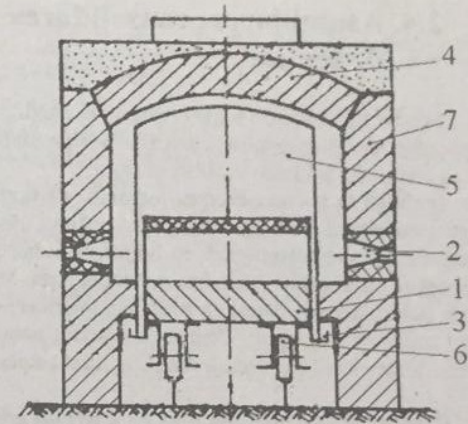


Fig. 2.21. Cuptor cu vatră mobilă.

Gazele calde sunt produse în focarul 5 de arzătorul 11 și pătrund prin bolta găurită a acestuia în interiorul cuptorului, unde realizează uscarea. Peretele 4 este fixat între polițele care urcă și cele care coboară și are rolul de dirijare a gazelor calde. Ventilatorul 6 furnizează aerul necesar arderii și evacuării gazelor arse prin conducta de evacuare 8. Miezurile sau formele uscate sunt evacuate prin ușa de descărcare 7. Rola antrenată 9 întinde lanțul 10 și reglează distanța dintre role.

Cuptorul cu vatră mobilă se utilizează la încălzirea și uscarea formelor și a miezurilor. El se compune din (fig. 2.21): vatră mobilă 1, arzătoare 2, sistem de etanșare cu jgheaburi de nisip 3, boltă 4, ușa 5, role pentru deplasarea vetrei 6, corpul cuptorului căptușit cu cărămidă refractară 7.

Formele și miezurile sunt așezate pe vatra mobilă 1, în afara cuptorului. Vatra se deplasează pe roțile 6, fiind trasă de un trolie sau un pod rulant. Arzătoarele 2 produc gazele calde care intră în cuptor. Corpul 7 al cuptorului este căptușit cu cărămidă refractară și are o boltă 4 și o ușa 5 pentru încărcare-descărcare. Etanșarea între vatră și interiorul cuptorului este realizată prin sistemul de etanșare cu jgheaburi de nisip 3. După trecerea prin cuptor, gazele arse sunt evacuate la coș prin canale de ardere.

2.3.2. NTSM-PSI la uscarea formelor și a miezurilor. La încălzirea formelor și a miezurilor se prevăd o serie de măsuri pentru evitarea exploziilor și a arsurilor și diminuarea radiațiilor termice. La exploatarea cuptoarelor se vor respecta următoarele măsuri de protecție a muncii:

- înainte de pornirea cuptorului se verifică starea zidăriei, a arzătoarelor, a conductelor etc. și se ventilează pentru a se evacua gazele care au mai rămas nearse în cuptor;
- muncitorul trebuie să poarte haine de protecție;
- cuptoarele trebuie să fie protejate cu paravane;
- locul de muncă va avea mijloace pentru stingerea incendiilor: extingtoare, lopeți, lăzi cu nisip, găleți.

2.4. Asamblarea, consolidarea și controlul formelor de turnare

Miezul se montează după controlul cavității forme. Miezurile mari se assemblează pe suporturi metalice pentru a avea o poziție stabilă. Poziția corectă a miezurilor se verifică cu nivele, șabloane, calibre și rigle.

Închiderea și consolidarea formelor de turnare. Elementele formelor de turnare care se assemblează sunt: ramele, miezul, pâlnia, răsuflătoarea și canalele de evacuare a gazelor. Ramele se assemblează cu bolțuri, șuruburi, cleme sau scoabe, pentru ca rama superioară să nu se ridice din cauza metalului topit. Montarea ramelor mici se face manual, cu grijă, pentru a nu se deteriora suprafața interioară a ramelor. Montarea ramelor mari se face cu mijloace de ridicat. Pentru ca metalul lichid să nu se scurgă prin suprafața de separație dintre rame, se execută canale în jurul cavității în care se introduce argilă.

Balastarea este operația prin care se pun greutatea pe rama superioară pentru ca aceasta să nu se ridice din cauza metalului topit care își mărește volumul (v. fig. 2.12, e).

Greutățile sunt de 2–5 ori mai mari decât greutatea piesei turnate.

Metalul topit se toarnă prin pâlnie cu oale de turnare care se manevrează manual și mecanizat. Oalele au o capacitate de 0,5–22 l. Metalul topit se elaborează în cuptoare.

NTSM-PSI la asamblarea și consolidarea formelor de turnare. Pentru evitarea accidentelor de muncă, la operațiile de asamblare și consolidare a formelor de turnare trebuie respectate următoarele măsuri de tehnică a securității muncii:

- ramele de formare se stivuiesc și se transportă cu multă atenție;
- deservirea utilajelor de ridicat se face numai de personal autorizat;
- înainte de începerea lucrului se verifică starea echipamentelor, dispozitivelor și cablurilor de ridicat;
- executarea reviziilor sau a reparațiilor utilajelor se face numai de către echipe specializate, după scoaterea de sub tensiune;
- se interzice staționarea persoanelor sub macara atunci când se transportă metal topit.

Autocontrolul și controlul de calitate după fiecare operație. Autocontrolul este exercitat de muncitor după fiecare operație. La turnarea pieselor se utilizează trei feluri de control tehnic.

- **Controlul primar** se aplică materiei prime și materialelor auxiliare.
- **Controlul intermediar** se efectuează între operații pentru verificarea dispozitivelor, calității materiei prime, amestecului de model și de umplutură, ramelor de

formare, cutiilor de miez, executării formelor și a miezurilor, elaborării aliajelor și tratamentului termic aplicat pieselor.

• **Controlul final** se aplică la sfârșitul procesului tehnologic. El constă în verificarea vizuală a aspectului exterior, măsurarea dimensiunilor, analiza compoziției chimice și structurale, verificarea proprietăților fizico-chimice, respectarea documentației tehnice și a tehnologiei de fabricație.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. De ce este necesară uscarea formelor și a miezurilor și cum se realizează aceasta?
2. Precizați factorii care influențează regimul de uscare.
3. Descrieți principiul de funcționare a cuptorului cu vatră mobilă.
4. Formele se folosesc în stare uscată la:
 - a) piese mici;
 - b) piese mari și piese cu pereți foarte subțiri;
 - c) piese cu pereți groși.
5. Uscătorul-turn se utilizează pentru uscarea formelor:
 - a) mici;
 - b) mari;
 - c) foarte mari.
6. Temperatura de uscare a formelor și a miezurilor se alege funcție de tipul:
 - a) nisipului de turnătorie;
 - b) lianților;
 - c) materialelor auxiliare.
7. Cum se assemblează miezurile mari?
8. Poziția corectă a miezurilor se verifică cu:
 - a) nivele, șabloane, calibre, rigle;
 - b) șublere, micrometre;
 - c) microscop.
9. În ce constă închiderea și consolidarea formelor de turnare?
10. De ce se assemblează ramele cu bolțuri, șuruburi, cleme sau scoabe?
11. Precizați rolul argilei care se introduce în canalele din jurul cavității.
12. Enumerați câteva reguli de protecție a muncii care trebuie respectate la uscarea formelor și a miezurilor.
13. Definiți operația de balastare.
14. Stabiliți corespondența dintre elementele celor două coloane:

a) control primar	a) între operații
b) control intermediar	b) sfârșitul procesului tehnologic
c) control final	c) materie primă
15. Enumerați câteva reguli de protecția muncii care trebuie respectate la asamblarea și consolidarea formelor de turnare.

3. ELABORAREA ȘI TURNAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR

3.1. Elaborarea metalelor și aliajelor pentru turnare

Piese se toarnă din fontă, oțel de turnare, bronz, alamă, aliaje de aluminiu și aliaje de magneziu. Operațiile pregătitoare la care sunt supuse metalele în vederea topirii sunt:

- sfărâmarea materialului brut cu ciocane, foarfece, aparate de tăiat cu flacără de gaz etc.;
- aglomerarea materialelor mărunte (așchii, sârme) cu prese de brichetă.

– **Fonta brută** este alcătuită din: carbon, mangan, siliciu, fosfor, sulf și se elaborează în: cubilouri, furnale, cuptoare rotative, cuptoare cu flacără, cuptoare cu creuzet, cuptoare electrice.

– **Oțelul** este un aliaj fier-carbon de compoziție: carbon, mangan, siliciu, fosfor, sulf și se elaborează în: cuptoare Martin, cuptoare electrice, cuptoare cu arc, cuptoare cu inducție. Oțelul se obține din fontă prin scăderea elementelor însoțitoare.

– **Aliajele neferoase** se elaborează în: cuptoare cu creuzet, cuptoare cu flacără, cuptoare electrice, cuptoare cu inducție.

3.1.1. Cuptoare de topire.

Furnalul este un cuptor înalt în formă de turn, folosit pentru elaborarea fontei brute din minereuri de fier, utilizând combustibili, de obicei solizi și fondanți.

Este alcătuit din (fig. 3.1): fundație de beton 1, vatră 2 pe care se așază produsele de tratat, creuzet 3, etalaj (con inferior) 4, parte centrală cilindrică 5, blindaj (înveliș protector) 6, con superior 7, gură de alimentare a cuptorului 8, guri de evacuare gaze spre cauper (aparat pentru preîncălzirea gazelor) 9 și 11, gură de încărcare automată cu minereu, cocs și fondanți 10, rezervor rotativ de alimentare 12, con superior de alimentare 13, cameră 14 între cele două conuri, con inferior 15 prin care materialul cade în cuptor, inel metalic 16, care permite dilatarea și contractia funcție de temperatură, căptușeală din cărămidă refractară 17, conductă circulară 18 prin care intră

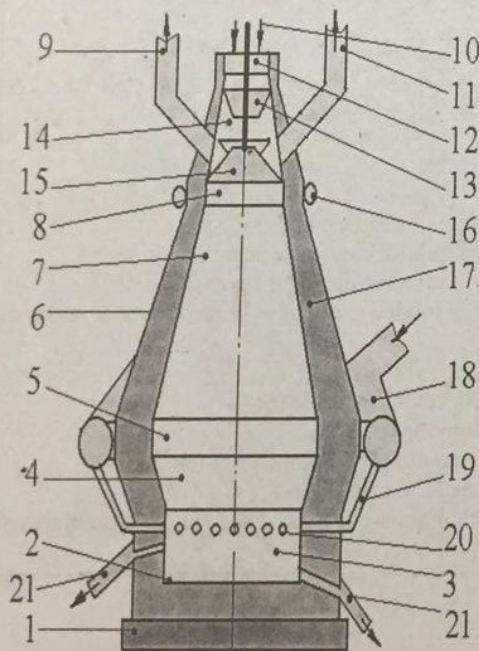


Fig. 3.1. Furnal.

aer cald de la cauper, conductă de legătură 19, guri de vânt 20 prin care intră aer încălzit de la conducta circulară, guri de evacuare 21 pentru zgură (deasupra) și pentru fontă (dedesubt).

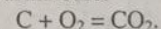
Fonta se obține printr-un procedeu de reducere, iar oțelul printr-un proces de oxidare.

Cubiloul este un cuptor cilindric vertical cu funcționare continuă care elaborează:

- fonte cenușii cu grafit nodular pentru segmenti, cilindri de laminare, arbori cotiți;
- fonte maleabile pentru bușe, roți dințate, arbori cotiți, lagăre;
- fonte cenușii și fonte albe pentru lagăre.

Pentru obținerea fontei se utilizează următoarele materiale: fontă brută, deșeuri de fontă, deșeuri de oțel, cocs, **fondanți** (substanțe care dizolvă sterilul și materialele neutile, care sunt trecute apoi în zgură), feroaliaje pentru aliere și dezoxidare. Corpul cubiloului este construit din tablă de oțel și căptușit cu cărămidă refractară. Părțile componente ale cubiloului sunt (fig. 3.2): fundație 1, patru picioare metalice 2, placă de fund 3, dispozitiv de închidere 4, vatră 5, creuzet 6, canal de scurgere 7 a fontei, antecreuzet 8, jgheab de scurgere 9, conductă pentru suflarea aerului 10, cutie de aer 11, gură de intrare aer 12, gură de încărcare 13, platformă de încărcare 14, coș 15, parascânteie 16, colector de cenușă 17, conductă 18 pentru evacuarea cenușii, coș de protecție 19, căptușeală 20 din cărămidă refractară uscată, manta de oțel 21, ventilator 22, strat de fontă 23, strat de cocs 24, strat de fondant 25.

Înainte de a porni cubiloul, acesta se repară, iar căptușeala se usucă la interior. Pentru a porni cubiloul se aprinde un foc de lemne pe vatră, iar deasupra se toarnă un strat de cocs până la 500 mm deasupra gurilor de aer. Se introduc alternativ straturi de cocs, fontă și fondant. Cocsul se aprinde conform reacției următoare:



Se închide ușa, se suflă aer, cocsul arde, temperatura crește, materialele din cubilou se topesc. Se obține fonta lichidă care curge în creuzet. Zgura care se formează, mai ușoară decât fonta, se ridică deasupra metalului. Antecreuzetul are rolul de a omogeniza compoziția chimică a fontei.

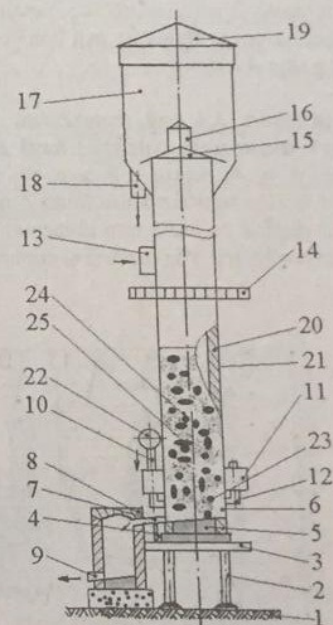


Fig. 3.2. Cubilou.

Cuptorul electric cu arc elaborează oțel și se bazează pe efectul termic al arcului electric produs între doi electrozi.

Arclul se produce la suprafața metalului topit (fig. 3.3). Căldura necesară la elaborare este dată de arclul electric, cu temperatura de 3 000°C, care se produce între electrozii 1, din grafit sau cărbune grafitizat și baia de metal topit 6, iar după topire, între electrozii și suprafața zgurii lichide 8. Electrozii sunt fixați în bolta 2 a cuptorului și alimentați cu curent alternativ trifazic de la un transformator. Materialele se încălesc în

cupator prin gura de încărcare 4. Metalul topit se evacuează din cupator prin gura de evacuare 3, situată în partea opusă gurii de încărcare, prin bascularea acestuia cu ajutorul mecanismului 7. Pe măsură ce electrozii se consumă, aceștia pot fi deplasați pe verticală cu motoare hidraulice sau cu trolii acționate electric. Cupatorul are o cuvă cilindrică, un fund sferic și o boltă fixă sau reglabilă, executate din tablă și căptușite cu material refractar 5. Cupatorul are capacitatea de 0,5-200 t și se încărcă cu fier vechi și fontă solidă, care nu depășește 20%.

Avantajele cupatorului cu arc sunt: compoziția chimică a metalelor și aliajelor poate fi ușor controlată; metalul lichid obținut are o fluiditate mai bună ca urmare a supraîncălzirii.

În figura 3.4 este reprezentată o *instalație pentru elaborarea oțelului* care utilizează următoarele materiale: fontă brută, fier vechi, fondanți, oxidanți, fluidizanți (fluidizează zgura pentru a fi ușor eliminată). Instalația este alcătuită din oțelăria cu oxigen 1 în care sunt introduse fonta 7, provenită de la furnalele înalte și fierul vechi 8. Cupatorul electric cu arc 2 este alimentat cu fier vechi 8 și minereuri 12. Oxigenul este adus prin conductele 9 la oțelărie și cupator.

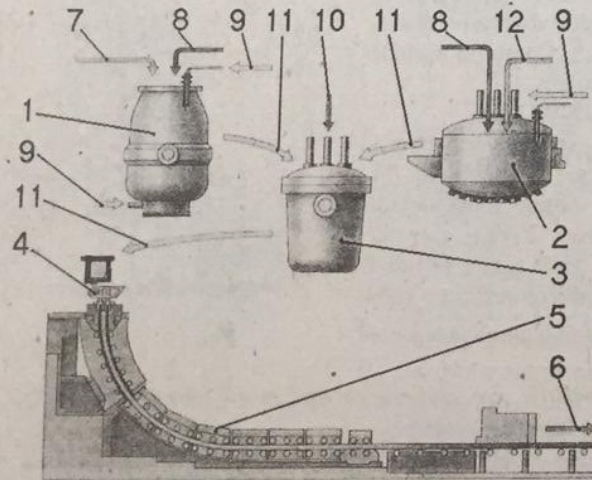


Fig. 3.4. Instalație pentru elaborarea oțelului.

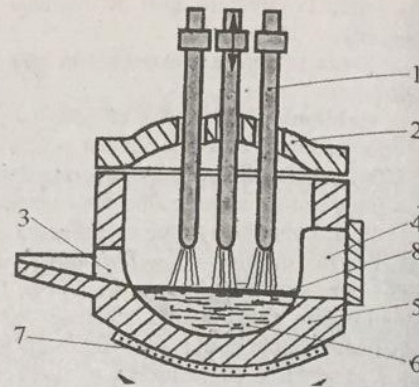


Fig. 3.3. Cupator electric cu arc.

Oțelul lichid obținut este condus spre cupatorul pentru tratament sub vid 3, care este alimentat cu energie electrică 10. După ce este tratat termic, oțelul lichid 11 este condus spre laminorul 5. Cantitatea de material cu care este aprovizionat laminorul este dozată cu dispozitivul 4. Metalul topit curge continuu prin laminor. Se obțin produsele laminate 6 cu secțiune pătrată și circulară utilizate ca materie primă la forjare sau laminare.

Cupatorul electric cu inducție elaborează fonte, oțeluri și aliaje neferoase și funcționează după principiul transformatoarelor electrice.

Metalul topit este introdus în circuitul secundar și topit de căldura dezvoltată la trecerea curentului electric.

Cuptoarele electrice cu inducție se împart în două grupe.

I. *Cupatorul cu miez de oțel* (fig. 3.5) este alcătuit din: baie metalică 1, căptușeală refractară 2, înfășurare secundară 3 sub forma unui canal închis, înfășurare primară 4, miez din tole de oțel 5, carcasă metalică 6.

Înfășurarea primară creează un câmp magnetic care induce în canal un curent care degajă energie termică.

II. *Cupatorul fără miez* (fig. 3.6) elaborează oțel și aliaje neferoase. Este alcătuit din: baie metalică 1, căptușeală refractară 2, inductor 3 din țevă de cupru prin care circulă apa de răcire, ecran magnetic 4 format din tole de transformator. Cupatorul electric cu inducție prezintă avantajul că obține o puritate mare a oțelului pentru că metalul lichid nu are contact cu gazele de combustie.

Avantajele cupatoarelor prin inducție în comparație cu cubul sunt: pierderile de metal prin ardere sunt mai mici, proporția de incluțiuni nemetalice se micșorează, conținutul de sulf și de fosfor poate fi redus, folosindu-se fierul vechi care este mai ieftin, consumul de energie electrică este mai scăzut.

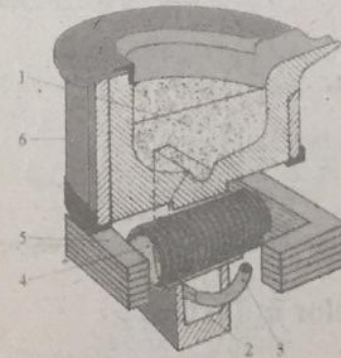


Fig. 3.5. Cupator cu miez de oțel.

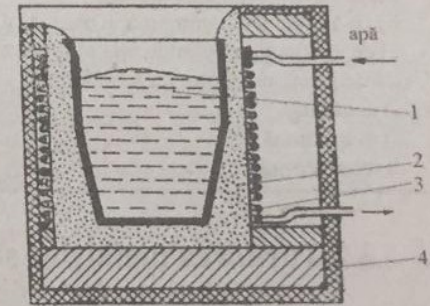


Fig. 3.6. Cupator fără miez de oțel.

3.1.2. *NTSM-PSI la elaborarea metalelor și aliajelor.* Pentru evitarea accidentelor în timpul elaborării metalelor și aliajelor pentru turnătorie trebuie respectate următoarele reguli de protecție a muncii:

- muncitorul trebuie să poarte echipament de protecție;

- în cuptor se privește numai cu: ochelari de protecție intens colorați sau viziere cu filtru de lumină;
- înainte de începerea lucrului se verifică zidăria, conductele și instalația de răcire;
- cuptoarele trebuie să fie protejate cu paravane;
- se interzice răcirea cu apă a zonelor înroșite de la cubilou - se va folosi în acest scop aerul comprimat;
- mantaua metalică a cuptoarelor trebuie să fie perfect etanșă, pentru a nu permite ieșirea gazelor vătămătoare în aerul turnătoriei;
- tabloul de comandă al instalației trebuie montat într-o încăpere separată de cea a turnătoriei și deservit de personal autorizat;
- toate părțile metalice ale cuptoarelor trebuie să aibă legături la pământ pentru evitarea electrocutărilor;
- locul de muncă va avea mijloace pentru stingerea incendiilor: extincitoare, lopeți, lăzi cu nisip, găleți.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Care sunt metalele și aliajele care se toarnă în piese?
2. Explicați principiul de funcționare a cubiloului.
3. Explicați caracteristicile de bază ale procedeele de elaborare a oțelului în cuptoarele electrice cu arc și cu inducție.
4. Prezentați principalele norme de tehnică a securității muncii la elaborarea metalelor și aliajelor.
5. Fonta se elaborează în:
 - a) cuptoare cu inducție;
 - b) cuptoare Martin;
 - c) cubilouri.
6. Care este rolul antecreuzetului?
 - a) de a separa fonta de zgură;
 - b) de a îmbunătăți compoziția chimică a fontei;
 - c) de a omogeniza compoziția chimică a fontei.
7. Cubiloul este un cuptor cu funcționare:
 - a) continuă;
 - b) discontinuă;
 - c) intermitentă.

3.2. Turnarea metalelor și aliajelor în forme

3.2.1. Proprietățile metalelor și aliajelor în stare lichidă. Metalele pure se toarnă cu greutate. Din această cauză, pentru turnare se folosesc aliajele metalice. Dintre proprietățile metalelor și aliajelor, cu importanță pentru turnarea pieselor, amintim:

- **fuzibilitatea**, care este proprietatea metalelor și aliajelor de a trece din stare solidă în stare lichidă, sub acțiunea căldurii. Metalul poate fi topit mai ușor la temperaturi de topire scăzute;
- **fluiditatea**, care este proprietatea metalului de a curge bine în stare lichidă și de a umple în bune condiții forma de turnare. Fluiditatea oțelurilor este mai redusă decât

a fontelor, deoarece conțin mai puțin carbon și siliciu, ca urmare capacitatea de turnare a oțelului este inferioară fontelor;

- **contractia**, care este proprietatea metalelor și aliajelor de a-și micșora volumul și dimensiunile liniare în timpul răcirii și solidificării. Ea trebuie să fie cât mai mică, pentru ca piesa turnată să nu prezinte, goluri, pori sau tensiuni interne.

Contractia oțelului este relativ mare. De aceea el are tendința de a forma crăpături în timpul solidificării pieselor turnate. Oțelul absoarbe gazele determinate de temperaturile înalte de supraîncălzirea necesară turnării.

Contractia fontelor este relativ mică.

Metalele și aliajele trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- în stare lichidă nu trebuie să dizolve gazele;
- după turnare să aibă structura cât mai omogenă;
- după solidificare să aibă o structură cristalină fină.

3.2.2. Utilaje de turnare. Turnarea metalului lichid în forme se realizează cu oale speciale de turnare, căptușite cu material refractar. Ele sunt manevrate manual de unul sau mai mulți muncitori sau cu instalații de ridicat (fig. 3.7). Lopățița 1 împiedică zgura să curgă în cavitatea formei.

Rețeaua de turnare are rolul de a umple forma cu metal lichid și de a completa golurile provocate de contractia metalului la solidificare. O rețea de turnare este alcătuită din: pâlnie de turnare, canale de alimentare, canale de distribuție și maselote.

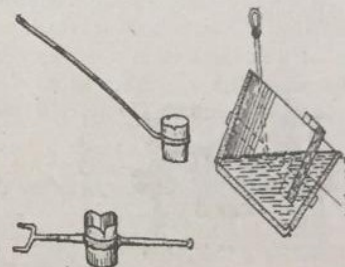


Fig. 3.7. Oale de turnare.

Maselota este un element tehnologic sub formă de prelungire (rezervor) a piesei turnate în care metalul lichid se răcește cu viteză mai mică.

Maselotele se folosesc pentru a evita retaturile și a ușura eliminarea gazelor și se aplică, în general, la piese turnate din oțel, fontă și unele metale neferoase. Ele se clasifică în:

- maselote deschise în exteriorul formei;
- maselote închise în interiorul formei, în dreptul nodurilor termice.

Sistemul de alimentare a piesei turnate prin maselote este reprezentat în figura 3.8.

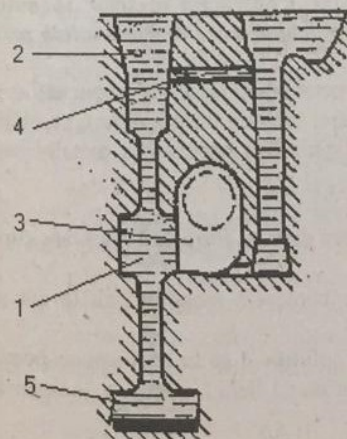


Fig. 3.8. Sistem de alimentare prin maselote:
1 - piesă turnată; 2 - maselotă superioară deschisă;
3 - maselotă inferioară închisă; 4 - sistem de introducere suplimentară a metalului în maselotă;
5 - răcitor exterior.

După rețeaua folosită, turnarea se clasifică, în:

- **turnare directă** (fig. 3.9, a) – metalul se toarnă direct în formă cu oala;
- **turnare laterală** (fig. 3.9, b) – metalul ajunge în formă prin canale laterale;
- **turnare în ploaie** – metalul intră în formă prin orificii laterale sub formă de ploaie;
- **turnare în sifon** (fig. 3.9, c) – metalul ajunge în formă prin partea inferioară;
- **turnare în trepte** – metalul ajunge în formă prin canale laterale aflate la mai multe niveluri.

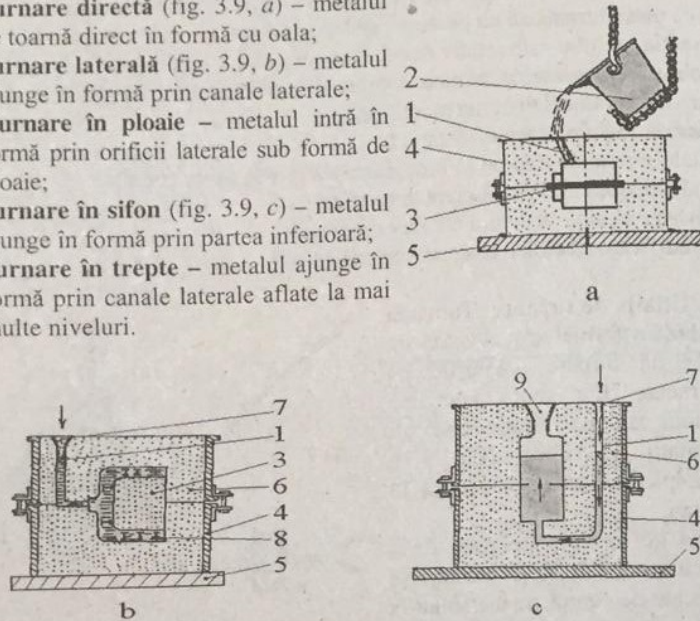


Fig. 3.9. Metode de turnare:

1 – rețea de turnare; 2 – oală de turnare; 3 – miez; 4 – rame de turnare; 5 – planșetă; 6 – amestec de umplere; 7 – pâlnie de turnare; 8 – suport de miez; 9 – maselotă.

3.2.3. Solidificarea și răcirea aliajului turnat. Con tracția pieselor turnate. Solidificarea este operația prin care un aliaj în stare lichidă trece în stare solidă prin răcire sub temperatura de topire.

Solidificarea este influențată de: proprietățile metalului și aliajului, impuritățile și condițiile de turnare (temperatura și viteza de turnare, metoda de umplere a cavității formei și viteza de răcire). Pentru realizarea solidificării este necesar ca metalul sau aliajul să fie răcit.

Solidificarea este:

- **simultană** – solidificarea începe din câteva centre care se formează spontan, care cresc și care se îmbină;
- **succesivă** – procesul începe de la suprafața de contact a metalului cu forma și continuă de la periferie spre centrul piesei.

În centrul piesei, volumele de metal care s-au solidificat se îmbină sau se poate forma un gol, numit **retasură**, dacă nu există suficient metal lichid, pentru a compensa contracția.

Retasurile pot fi principale sau secundare.

- Retasura principală este concentrată la partea superioară a piesei și poate fi prevenită prin alimentarea cu metal lichid în timpul solidificării piesei cu o maselotă deschisă amplasată la partea superioară a piesei.
- Retasura secundară (sub formă de pori) se formează la aglomerările locale de metal, numite **noduri termice**. Ea poate fi prevenită printr-o alimentare suplimentară cu metal lichid, cu maselote închise atașate lateral sau cu răcitoare.

Răcirea aliajului turnat este urmată de **con tracția** materialului.

Con tracția metalelor este:

- **volumică**, atunci când are loc cu reducerea volumului metalului, de la temperatura de turnare, până la temperatura obișnuită;
- **liniară**, când are loc cu reducerea dimensiunilor liniare ale piesei cilindrice, de la temperatura de turnare, până la temperatura obișnuită.

Pentru compensarea con tracției liniare, dimensiunile formei se iau mai mari decât cele ale piesei turnate în stare rece. Adaosul la dimensiunile formei este egal cu valoarea con tracției metalului sau aliajului turnat. Solidificarea materialelor în formă este însoțită de con tracția volumică și liniară care determină apariția în piesele turnate a unor retasuri. Pentru a evita formarea retasurilor se toarnă în formă o cantitate suplimentară de metal sau se prevăd maselote. Metalul din maselotă pătrunde continuu în piesa turnată. Solidificarea piesei are loc spre maselotă.

3.2.4. NTSM-PSI. Dintre măsurile de protecție a muncii la turnarea metalelor și aliajelor în forme amintim:

- manevrarea oalelor de turnare se face cu multă atenție;
- piesele calde trebuie manevrate numai cu dispozitive speciale;
- nu este permisă staționarea sub utilajele de ridicat când se transportă metal topit;
- muncitorul trebuie să poarte echipament corespunzător.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Care sunt proprietățile tehnologice de turnare a metalelor și aliajelor? Ce s-ar întâmpla dacă un metal sau aliaj n-ar avea fluiditate bună?
2. Pe ce proprietate a materialelor metalice se bazează procedeul de obținere a pieselor turnate?
3. Explicați ce se întâmplă când metalul topit al unei piese turnate are o con tracție de solidificare mare.
4. Retasurile sunt:
 - a) goluri între volumele de metal care s-au solidificat;
 - b) goluri care nu se formează în nodurile termice;
 - c) incluziuni care au intrat în metalul lichid.
5. Maselota se folosește pentru:
 - a) mărirea vitezei de răcire a metalului topit;
 - b) evitarea retasurilor și ușurarea eliminării gazelor;
 - c) oprirea alimentării cu metal lichid în timpul solidificării piesei.
6. Fluiditatea este proprietatea de:
 - a) a curge;
 - b) a se înmuia;
 - c) a fi vâscos.

7. Identificați sistemele de introducere a metalului în cavitatea formei din figura 3.10.

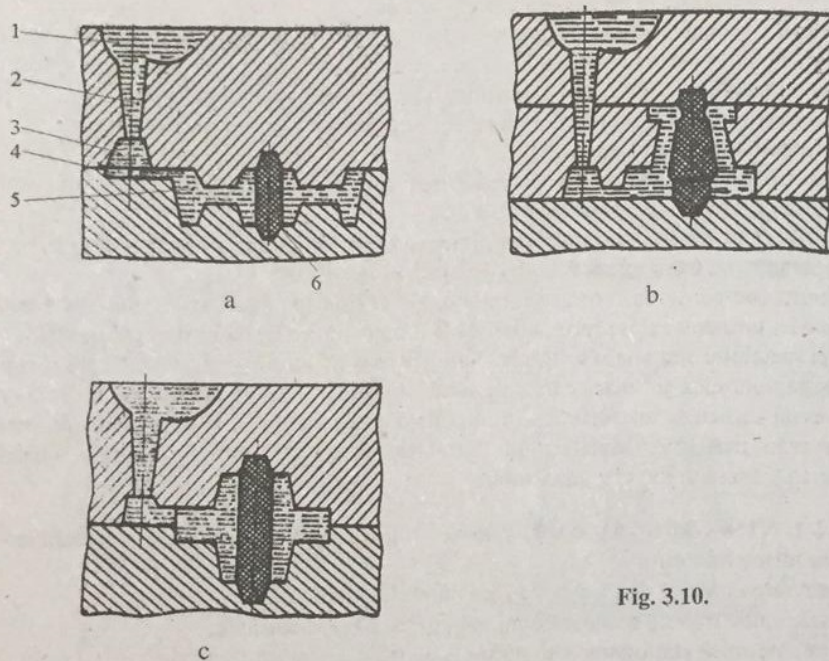


Fig. 3.10.

3.3. Dezbaterea și curățirea pieselor turnate

3.3.1. Dezbaterea pieselor turnate. *Dezbaterea este scoaterea pieselor din formă după solidificare și răcire, precum și scoaterea miezurilor din piesă.*

Dezbaterea se execută:

- manual cu ciocane și răngi;
- mecanic - prin vibrație cu grătare vibratoare;
- cu inerție pe mese cu șoc;
- prin presare.

Grătarul vibrator (fig. 3.11) este alcătuit din formele de turnare 1 așezate pe partea mobilă 2, care se reazemă pe arcurile elicoidale 4. Axul 3 este pus în mișcare de un motor electric prin curele trapezoidale. Mașina trepidează, amestecul de formare se sfărâmă în bucăți, se desprinde de pe formele de turnare și trece printr-o sită la instalația de preparare a amestecului, iar piesa este trecută în continuare la operația de curățire. Pe această mașină se poate dezbată și miezul din piesa turnată. Datorită șocului, miezul se sfărâmă și se desprinde din golul formei.

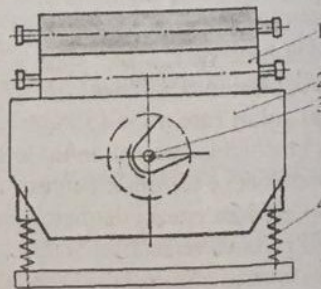


Fig. 3.11. Grătar vibrator.

3.3.2. Curățirea pieselor turnate. După dezbatere și înainte de curățire sunt tăiate: răsuflătoarea, bavurile, rețeaua de turnare și maselotele cu: dalta, ciocanul, ferăstrăul sau flacăra oxiacetilenică.

Curățirea este operația tehnologică de îndepărtare a oxizilor și a impurităților de pe suprafața pieselor turnate.

Curățirea se execută:

- manual cu perii de sârmă, dălți manuale și pneumatice, răzuitoare;
- mecanic cu tobe rotative sau cu aparate de sablat cu aer comprimat.

Toba rotativă din figura 3.12 este alcătuită din: corpul tobei 1, capace 2, coroană dințată 3, care antrenează toba în mișcare de rotație, conductă 4 pentru evacuarea prafului rezultat, motor electric 5, reductor 6, pinion 7, gură de alimentare 8, lagăr 9.

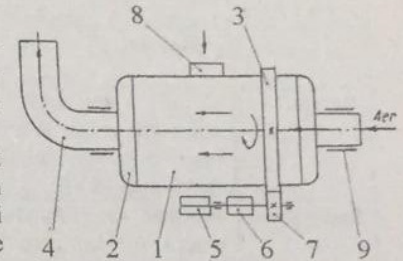


Fig. 3.12. Toba rotativă.

Piesele de curățat se introduc în toba împreună cu steluțe, alice, bile sau poliedre din fontă albă. Piesele se freacă de steluțe și de pereții tobei (care se rotește) și se curăță de amestecul de formare.

Aparatele de sablat cu aer comprimat curăță piesele prin frecare cu un jet de alicie sau de nisip. Aparatele pot avea o masă rotativă pentru piese mici sau un transportor pentru piese mijlocii.

3.3.3. NTSM-PSI. Normele de tehnica securității care trebuie respectate la dezbaterea și curățirea pieselor sunt:

- dezbaterea se execută după răcirea pieselor cu umezirea amestecului de formare;
- locul de muncă pentru dezbatere trebuie dotat cu ventilatoare pentru aspirarea prafului;
- la curățirea pieselor turnate, muncitorul trebuie să poarte ochelari din sticlă incasabilă, mănuși de cauciuc, șorț de cauciuc;
- locul de muncă pentru curățire trebuie dotat cu ventilatoare puternice;
- tobele de curățat și aparatele de sablat trebuie amplasate în încăperi separate, deoarece produc mult zgomot;
- piesele grele trebuie fixate sau sprijinite.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Dezbaterea este :
 - a) curățirea pieselor turnate după scoaterea lor din formă;
 - b) scoaterea pieselor din formă după solidificare și răcire;
 - c) turnarea pieselor din fontă în rame de formare.
2. De ce trebuie curățite piesele după turnare? Cum se execută această operație?
3. Care sunt utilajele pentru curățirea mecanică?

3.4. Controlul calității pieselor turnate

3.4.1. Defectele pieselor turnate. Clasificarea și depistarea lor. Defectele sunt abaterile piesei față de condițiile tehnice impuse de desen.

Defectele pieselor turnate		Modalități de evitare
Sulfuri	Goluri formate în piese turnate din cauza gazelor care nu au reușit să iasă în timpul solidificării.	Se folosesc oxidanți speciali care favorizează evacuarea gazelor din oțelul lichid. Metalul trebuie să fie suficient de fluid.
Retasuri	Goluri care apar din cauza contracțiilor la suprafețe foarte mari în timpul solidificării și a răcirii neuniforme.	Piesa este alimentată cu metal lichid pe măsură ce apare contracția de solidificare (cu maselote).
Incluziuni	Amestec de formare, rupt din pereții formei, care a intrat în metalul lichid.	Curățirea corespunzătoare a metalului în timpul turnării.
Crăpături	Plesnituri care apar din cauza tensiunilor interne, mai ales când piesa conține mai mult carbon.	Răcirea uniformă a piesei când pereții au diferență mare de grosime. Turnarea se face la temperaturi mai scăzute.
Reprize	Discontinuități în masa piesei din cauza stropilor care sar pe pereții lingotierei în timpul turnării directe și care se solidifică formând o crustă care crapă în diferite locuri.	Fluiditatea mai mare. Turnarea continuă.
Bavuri	Apar pentru că formele nu sunt așezate corespunzător.	Asamblarea corespunzătoare a ramelor de formare pentru a nu se deplasa pe orizontală sau pe verticală.
Deformații	Provin din cauza tensiunilor interne.	Răcirea uniformă a piesei.

Golurile sunt cele mai importante defecte cauzate de:

- construcția greșită a rețelei de tunare;
- conținutul necorespunzător de gaze și oxizi;
- întreruperile la turnare;
- permeabilitatea scăzută a amestecului de formare;
- umezirea exagerată a formei;
- uscarea insuficientă;
- vopselele neadecvate;
- forma necorespunzătoare a maselotei.

3.4.2. Controlul calității pieselor turnate. După curățire se controlează vizual: dimensiunile piesei turnate, starea suprafețelor și eventualele crăpături exterioare sau interioare.

Metodele de control sunt:

- *distructive* – rupere, secționare sau prelucrare mecanică;
- *nedistructive* – cu lichide penetrante, cu pulberi magnetice, cu ultrasunete, cu raze X, cu radiații gamma, prin atac chimic, cu presiune etc.

Controlul cu lichide penetrante. Procedul servește la detectarea defectelor de suprafață (fisuri, crăpături, goluri sau incluziuni) la toate tipurile de piese și din toate aliajele metalice și cuprinde următoarele operații (fig. 3.13):

- se curăță piesa cu degresant sau mecanic;
- se aplică lichidul penetrant pe zonele de control cu pensula (vopsea sau lichid fluorescent), prin imersiune sau prin pulverizare (cu spray defectoscopic);
- se lasă să penetreze 5–10 min. Penetrantul intră în fisuri datorită capilarității;
- după trecerea acestui timp, surplusul de lichid este îndepărtat cu degresant (folosind o cârpă) sau cu jet de apă;
- lichidul rămas în fisuri se pune în evidență prin acoperire cu un dezvoltant de culoare albă. Developantul nu trebuie să reacționeze cu penetrantul;
- controlul vizual. Prezența unei cantități de penetrant pe fondul dezvoltantului indică existența unui defect;
- curățirea piesei.

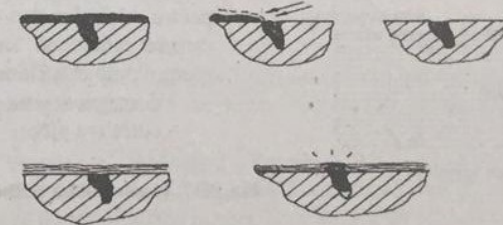


Fig. 3.13. Control cu lichide penetrante.

Controlul cu pulberi magnetice. Procedul servește la detectarea defectelor de suprafață (pentru aliaje metalice feromagnetice) până la adâncimea de 8 mm și perpendiculară pe direcția fluxului magnetic. Pulberea indică locul, forma și dimensiunea aproximativă a defectului. Controlul cu pulberi magnetice cuprinde operațiile:

- curățirea piesei;
- controlul operației de curățire;
- magnetizarea piesei, care se execută: *longitudinal* (cu magnet permanent (fig. 3.14, a), cu electromagnet (fig. 3.14, b) și cu solenoid (fig. 3.14, c)); *circular* (fig. 3.15); *mixt* (fig. 3.16);
- aplicarea pulberii magnetice (arsură de fier, oxid de fier, magnetită), la care liniile de câmp magnetic înconjoară defectul (fig. 3.17);

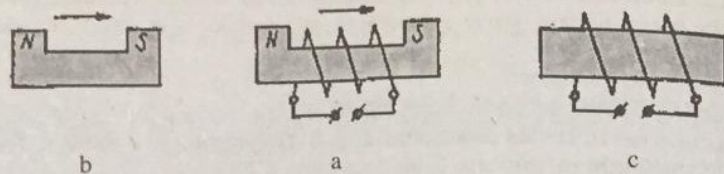


Fig. 3.14. Magnetizare longitudinală.

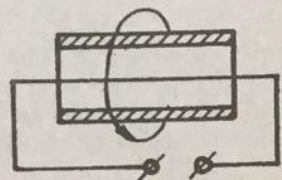


Fig. 3.15. Magnetizare circulară.

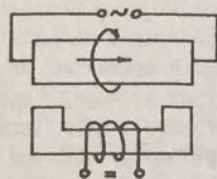


Fig. 3.16. Magnetizare mixtă.

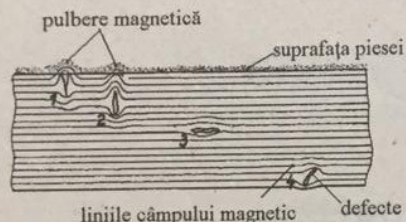


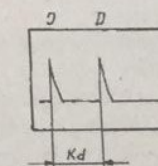
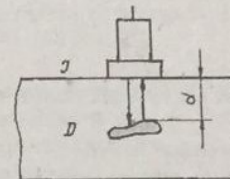
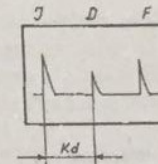
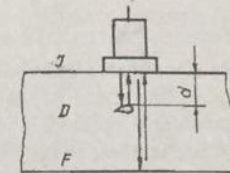
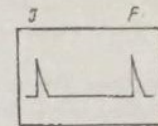
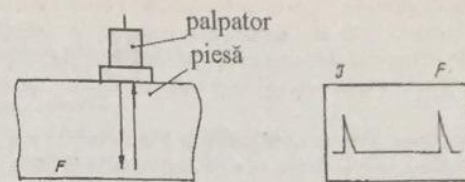
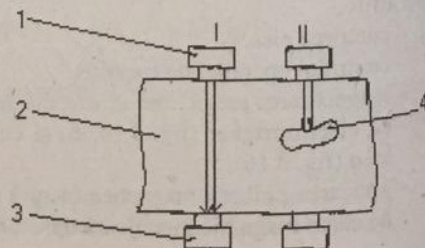
Fig. 3.17. Controlul cu pulberi magnetice.

vizualizarea defectelor cu lumină ultravioletă (care nu este periculoasă pentru ochii și pielea observatorului) în camere întunecate sau slab luminate, (pentru pulberile fluorescente);
 - demagnetizarea piesei;
 - curățirea piesei.

Controlul cu ultrasunete. Controlul se bazează pe proprietatea undelor de a se propaga prin solide sau de a se reflecta când întâlnesc un obstacol. Ultrasunetele sunt oscilații elastice cu frecvență ridicată, care nu pot fi percepute de urechea omului, dar care păstrează posibilitatea de propagare în lichide, solide și gaze. Ele sunt produse prin efectul piezoelectric, de cristalul de cuarț (SiO_2) sau titanatul de bariu (BaTiO_3).

Procedeul servește la detectarea defectelor indiferent de grosimea piesei (piese turnate din oțel carbon sau oțel aliat). Generatorul de ultrasunete trimite un fascicul spre piesa de controlat, prin palpator. Se pot folosi două palpatoare (fig. 3.18) sau numai unul (fig. 3.19).

Fig. 3.18. Control cu ultrasunete cu două palpatoare: 1 - palpator emitent; 2 - piesă de verificat; 3 - palpator receptor; 4 - defect.



a.

b.

Fig. 3.19. Control cu ultrasunete cu un palpator: a - transmiterea undelor ultrasonore; b - imaginea pe ecranul osciloscopului.

Controlul cu raze X (Roentgen). Razele X se formează prin frânarea bruscă a unui fascicul de electroni care se deplasează cu viteză foarte mare de la o sursă. Controlul se bazează pe proprietatea razelor X de a traversa corpurile solide.

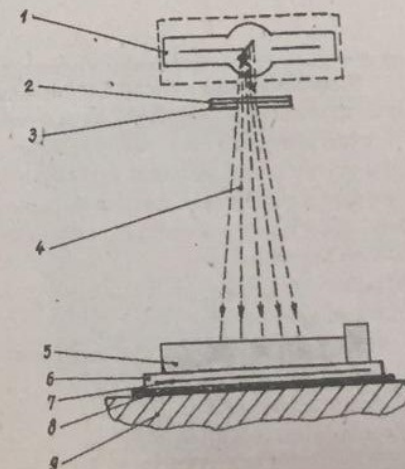
Procedeul permite descoperirea defectelor interioare prin imprimarea lor pe o placă fotografică, film roentgen sau ecran fluorescent (fig. 3.20).

După dezvoltare, pe film apare:
 - o pată deschisă pentru incluziune;
 - o pată întunecată pentru gol.

Datorită tensiunii ridicate de 200-250 kV, radiațiile X sunt nocive, de aceea aparatul se protejează cu o placă de plumb și se manevrează de la distanță.

Fig. 3.20. Control cu raze X:

- 1 - tub roentgen; 2 - filtru; 3 - diagramă;
- 4 - fascicul de raze X; 5 - piesă de verificat;
- 6 - casetă; 7 - film; 8 - folie de plumb;
- 9 - masă de verificat.



Controlul cu radiații gamma. Constă în transmiterea unor radiații penetrante în piesa metalică, iar prin fenomenele de absorbție și prin pătrunderea radiațiilor, în funcție de densitatea metalului, se determină defectul din piesa metalică. Radiațiile gamma sunt produse de uraniu, cobalt și sunt foarte nocive. Se pot detecta defecte de adâncime.

Controlul prin atac chimic. Procedeu se aplică la detectarea fisurilor pieselor turnate (din oțel carbon și oțel slab aliat). Decaparea se face cu acid sulfuric în băi de cauciuc sau cu acid clorhidric în băi de ceramică. După decapare piesele sunt spălate cu apă și uscate cu vată îmbibată cu acetonă sau alcool. Acidul rămâne în fisuri și poate fi vizualizat.

Controlul sub presiune. Procedeu se aplică pieselor turnate care trebuie să fie etanșe: cazane cu abur, elemente de radiator, corpuri de pompe. Încercarea se realizează cu: gaz (suprafața controlată se unge cu săpun și dacă piesa este mică se introduce în apă) sau cu apă colorată sau fluorescentă. Examinarea este vizuală și se face la atingerea presiunii maxime.

3.4.3. Remanierea defectelor. Procedeele de remaniere aplicate pieselor turnate din oțel, fontă și aliaje neferoase sunt:

1. remanierea mecanică:

- curățire cu daltă, ciocane pneumatice, polizor fix cu două discuri sau cu arbore flexibil, polizor pendular;
- îndreptare la rece sau la cald pentru conducte, carcase, batiuri;
- ștemuire - presarea sau lovirea materialului pentru înlăturarea infiltrațiilor;
- bușare - introducerea bușelor în zona defectă;
- știftuire - înlăturarea defectelor interioare prin găurirea și introducerea știfturilor sau a buloanelor filetate;
- placare - introducerea unor plăci pe locul defectelor;

2. remanierea metalurgică - sudare cu arc electric, sub strat de flux, în mediu protector de gaze, cu plasmă, semiautomată;

3. remanierea chimică - chitire cu chit pe bază de rășini epoxidice sau lianți minerali; - impregnare cu oxizi sau rășini epoxidice;

4. procedee speciale - metalizare (depunere prin pulverizare a metalului topit) sau lipire.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Indicați defectele întâlnite la piesele turnate din cauza nerespectării tehnologiei de formare și folosirii unor materiale necorespunzătoare.
2. Cum se controlează și cum pot fi remediate defectele pieselor turnate?
3. Care sunt metodele nedistructive de control?
4. Defectele aflate la o adâncime mai mare de 8 mm sunt detectate cu:
 - a) lichide penetrante;
 - b) pulberi magnetice;
 - c) ultrasunete.
5. Ce metodă de control nu este nocivă pentru om:
 - a) controlul cu ultrasunete;
 - b) controlul cu raze X;
 - c) controlul cu radiații gamma.

Test de evaluare

Tema: Noțiuni generale de turnătorie

1. Indică varianta corectă:

1.1. Amestecurile de formare sunt alcătuite din:

- a) nisipuri de turnătorie;
- b) oxidanți;
- c) fondanți.

1 punct

1.2. Piesele unicat foarte mari se toarnă în:

- a) rame de formare;
- b) solul turnătoriei pe pat tare;
- c) solul turnătoriei pe pat moale.

1 punct

1.3. Metodele de control distructiv sunt:

- a) prin secționare;
- b) cu ultrasunete;
- c) cu pulberi magnetice.

1 punct

2. Stabilește corespondența dintre elementele celor două coloane:

- | | |
|-----------------------|------------------------|
| a) remaniere mecanică | a) nisip de turnătorie |
| b) amestec de formare | b) cuptor |
| c) sfărâmare | c) concasor |
| d) uscare | d) bușare |

1 punct

3. Completează spațiile libere:

3.1. Solidificarea este.....prin care un aliaj în stare.....trece în stare.....prin.....sub temperatura de topire. 1 punct

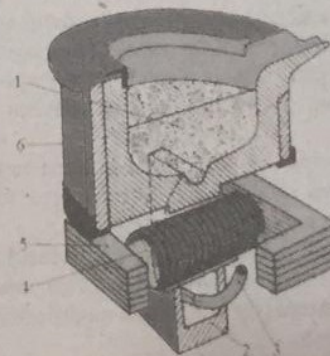
3.2. Balastarea este.....prin care se pun.....pe.....pentru ca aceasta să nu se ridice datorită metalului topit care își mărește..... 1 punct

4. Menționează:

4.1. Operațiile de pregătire a amestecurilor de formare. 1 punct

4.2. Metodele de turnare după rețeaua de turnare. 1 punct

5. Identifică cuptorul din figura de mai jos și precizează părțile componente. 1 punct



Se acordă un punct din oficiu.
Timpul de lucru este de 30 minute.

Deformarea plastică a metalelor și aliajelor

4. FORJAREA

4.1. Materiale forjabile

4.1.1. Deformarea elastică și plastică. Deformarea metalelor și aliajelor este schimbarea formei și dimensiunilor materialului datorită acțiunii unei forțe exterioare. După felul în care se produce, deformarea poate fi elastică sau plastică.

Deformarea elastică este tipul de deformare care se menține numai atâta timp cât asupra metalelor sau aliajelor acționează o forță exterioară. După înlăturarea forței exterioare, metalele sau aliajele revin la forma și dimensiunile inițiale.

Deformarea plastică este tipul de deformare menținută și după încetarea acțiunii forței exterioare. Un corp din material metalic solid este supus acțiunii unor forțe exterioare aplicate încet sau prin loviri repetate, pentru a i se modifica forma și dimensiunile.

Avantajele deformării plastice sunt:

- obținerea unei structuri omogene cu cristale fine;
- obținerea unor caracteristici fizico-mecanice superioare ale metalelor și aliajelor față de turnare;
- obținerea unor piese cu forme complexe;
- minimizarea consumului de metal în cazul pieselor matrițate și extrudate;
- mărirea preciziei de execuție a pieselor, mai ales la prelucrarea pe mașini specializate;
- ridicarea productivității muncii.

Dezavantajele deformării plastice sunt:

- aplicarea unor forțe mari pentru realizarea deformării plastice a materialelor metalice;
- utilizarea unor mașini și instalații costisitoare.

Procedeele de deformare plastică sunt:

- **laminarea** (fig. 4.1, a) este deformarea materialului (cu reducerea secțiunii) între doi cilindri cu axe paralele care se rotesc în sensuri opuse;
- **forjarea** (fig. 4.1, b) este deformarea prin lovire a materialului cu ciocane sau prese;
- **matrițarea** (fig. 4.1, c) este deformarea materialului după forma matriței;
- **tragerea** (fig. 4.1, d) este trecerea forțată a materialului printr-o matriță sub acțiunea unei forțe de tracțiune;
- **extrudarea** (fig. 4.1, e) este procedeul prin care materialul este obligat să curgă printr-o matriță care-i micșorează secțiunea;
- **ambutisarea** (fig. 4.1, f) este modificarea unui semifabricat de formă plană până la forma cavă.

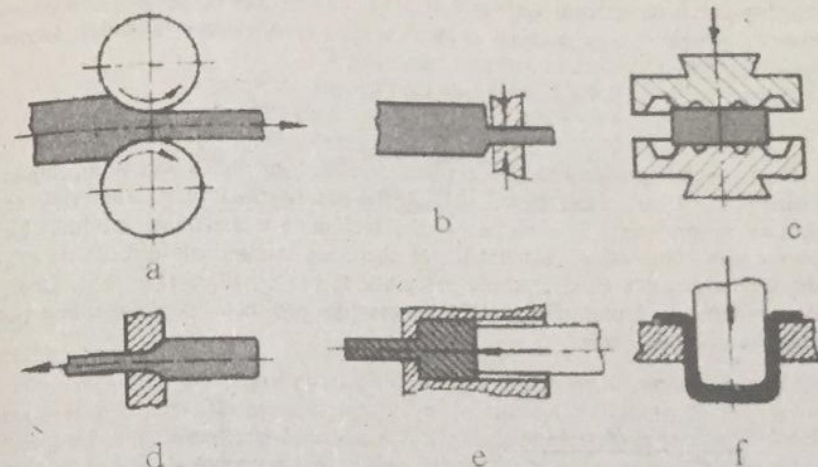


Fig. 4.1. Procedee de deformare plastică.

4.1.2. Mecanismul deformării plastice. Metalele și aliajele se deformează prin alunecare și maclare.

1. **Alunecarea** este deplasarea în întregime a unei părți de material, în raport cu altele, pe plane de maximă densitate atomică (plane de alunecare) (fig. 4.2).

2. **Maclarea** este deplasarea unei părți de material în raport cu un plan (planul de maclare), pe distanțe mai mici decât un spațiu interatomic (fig. 4.3).

Plasticitatea metalelor este determinată de capacitatea lor de a produce plane de maclare. Cu cât un metal are mai multe plane de maclare, cu atât plasticitatea lui este mai ridicată.

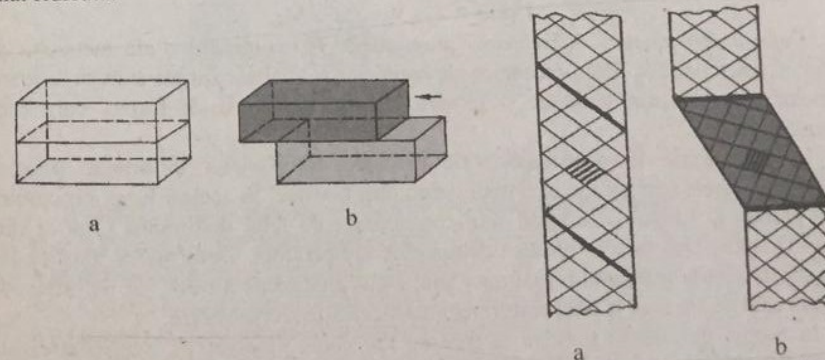


Fig. 4.2. Deformare plastică prin alunecare: a - înainte de deformare; b - după alunecare.

Fig. 4.3. Deformare plastică prin maclare: a - înainte de deformare; b - după maclare.

4.1.3. Legile deformării plastice. Influența deformării plastice asupra caracteristicilor fizico-mecanice ale metalelor și aliajelor. *Legea volumului constant.* Deformarea plastică a unui material se produce fără modificarea volumului. Legea volumului constant poate fi exprimată prin relația (fig. 4.4):

$$h_0 b_0 l_0 = h_1 b_1 l_1 = \dots = h_n b_n l_n = \dots = h_n b_n l_n$$

$$V_0 = h_0 b_0 l_0 \text{ și } V_1 = h_1 b_1 l_1$$

$$\dot{V}_0 = \dot{V}_1$$

Legea rezistenței minime. Dacă particulele dintr-un metal sau aliaj, supus deformării plastice, au posibilitatea de a se deplasa în diferite direcții, atunci ele se vor deplasa de preferință în direcția în care întâmpină o rezistență minimă. La deformarea prin compresiune a metalelor cu secțiunea transversală diferită de cea rotundă, secțiunea tinde să ia o formă apropiată de cea circulară (fig. 4.5). Deci, rezistența minimă la deplasarea materialului are loc în direcția perpendiculară pe laturile secțiunii transversale.

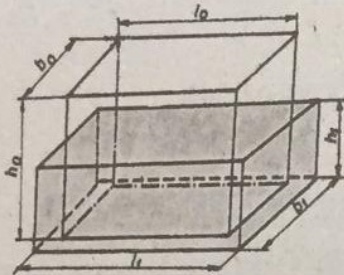


Fig. 4.4. Deformarea triaxială a unui cub elementar.

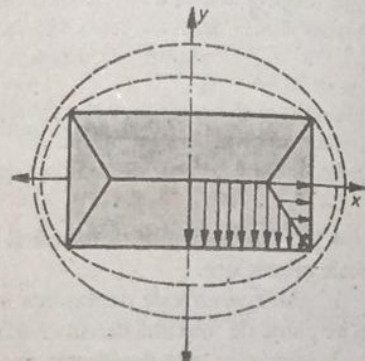


Fig. 4.5. Deformarea unui corp după legea rezistenței minime.

Legea similitudinii. Lucrul mecanic necesar schimbării formei corpurilor este proporțional cu volumul și cu masa lor.

$$L_1 / L_2 = V_1 / V_2 = M_1 / M_2$$

Deformarea plastică influențează proprietățile fizico-mecanice ale metalelor și aliajelor. Caracteristicile fizico-mecanice ale metalelor și aliajelor forjate sunt superioare produselor obținute prin laminare și turnare, datorită structurii de forjare care este omogenă și densă.

Caracteristicile fizico-mecanice ale metalelor și aliajelor deformate plastic depind de procesele care au loc în timpul deformării plastice. În același timp, procesele care se produc în timpul deformării sunt condiționate de felul deformării plastice (la rece sau la cald). Deformarea plastică depinde de temperatură. Deformarea plastică la rece se efectuează la temperaturi mai mici temperaturii de recrystalizare, iar deformarea plastică la cald se produce la temperaturi mai mari celei de recrystalizare.

În timpul deformării plastice la rece au loc unele procese, ca: reorientarea și alungirea grăunților, a incluziunilor și a defectelor de material, precum și compactizarea materialului prin închiderea unor defecte de turnare (microretasuri, sufluri etc.). Ecrusarea sau durificarea, proprietatea de creștere a rezistenței și durtății, este o consecință a deformării plastice la rece. Materialul este ecrusat când caracteristicile

meccanice de rezistență cresc, iar cele de plasticitate scad. Dacă deformarea plastică la rece este urmată de un tratament termic, caracteristicile mecanice de rezistență scad, iar cele de plasticitate cresc și grăunții își recapătă aspectul inițial (fig. 4.6).

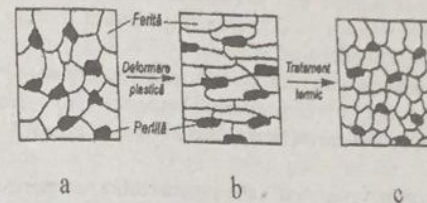


Fig. 4.6. Deformare plastică la rece.

În timpul deformării plastice la cald apar procesele de recrystalizare și difuzie, care asigură omogenizarea structurii și îmbunătățirea caracteristicilor mecanice. Caracteristicile mecanice de rezistență și plasticitate cresc la începutul deformării plastice în ambele direcții și apoi în direcție longitudinală continuă să crească mai puțin, iar în direcție transversală încep să scadă. Diferența dintre valoarea caracteristicilor mecanice în cele două direcții, longitudinală și transversală, se numește *anizotropie*. Ea este cu atât mai mare cu cât gradul de deformare este mai mare.

Peste $0,7 T_{top}$ o dată cu deformarea are loc și procesul de recrystalizare, când materialele au o structură fibroasă. Cristalele se lungesc în direcția de curgere, care nu poate fi distrusă nici prin tratamente termice și nici prin deformări plastice ulterioare. Exemplu de piese cu fibraj continuu: bară laminată (fig. 4.7, a) din care se execută un șurub (fig. 4.7, b) sau un arbore cotit (fig. 4.7, c).

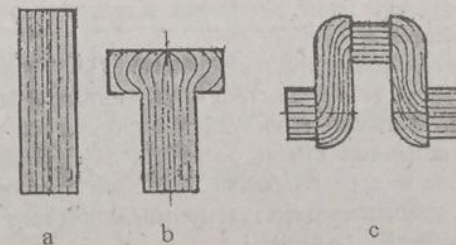


Fig. 4.7. Deformare plastică la cald.

Avantajele prelucrării la cald față de prelucrarea la rece sunt:

- se reduce energia necesară deformării;
- se diminuează neomogenitățile chimice;
- se elimină porozitățile și suflurile;
- se fărâmițează structura grosolană de la turnare.

Dezavantajele prelucrării la cald:

- se produc oxidarea și decarburarea metalului;
- structura și proprietățile mecanice sunt mai puțin uniforme pe secțiune transversală, decât la metalele prelucrate la rece și apoi recoapte.

4.1.4. Forjabilitatea metalelor și aliajelor. Rezistența la deformare. Materiale forjabile. Forjabilitatea metalelor și aliajelor este proprietatea de a se deforma plastic la cald sau la rece sub acțiunea unor forțe de lovire sau de presare. Forjabilitatea metalelor și aliajelor poate fi: mare, medie sau redusă în funcție de valorile plasticității și ale rezistenței de deformare. Pentru modificarea forjabilității trebuie modificate plasticitatea și rezistența la deformarea plastică.

Plasticitatea reprezintă capacitatea metalelor și aliajelor de a-și schimba forma și dimensiunile sub acțiunea unor forțe exterioare. Plasticitatea ține seama de gradul de deformare plastică, nu și de valoarea rezistenței la deformarea plastică.

Rezistența la deformare plastică este proprietatea corpurilor de a se opune forțelor care tind să le deformeze. Ea reprezintă raportul dintre forța totală pentru deformarea plastică în condiții date și suprafața de contact între scule și semifabricatul ce se deformează.

Plasticitatea și rezistența la deformare depind de natura materialului sau compoziția chimică a aliajului și condițiile de deformare plastică. Metalele sunt mai plastice și mai puțin rezistente la deformare decât aliajele pe care acestea le formează. Deci, forjabilitatea aliajelor este mai mică decât a metalelor din care provin datorită îngreunării deplasării atomilor prin alunecare și din cauza modificării rețelei cristaline.

Forjabilitatea este influențată de temperatură, de viteza de deformație și de starea de tensiune.

Temperatura de încălzire a metalului sau aliajului este direct proporțională cu plasticitatea și invers proporțională cu rezistența la deformare, până la atingerea temperaturii de topire a acestuia. Dacă temperatura de încălzire crește, valorile plasticității și ale rezistenței la deformare se modifică cu intensitate maximă la început, staționează la temperaturi mai înalte și din momentul în care materialul începe să se topească, plasticitatea scade brusc.

Dacă viteza de deformație crește, plasticitatea și rezistența la deformare pot să crească, să scadă sau să rămână constante.

Starea de tensiune modifică cel mai mult plasticitatea și rezistența la deformarea plastică. Plasticitatea metalelor și aliajelor crește la comprimare și scade la întindere. Rezistența la deformare este maximă când stările de tensiune sunt de același fel și minimă în cazul stărilor de tensiune diferite. Se recomandă ca deformarea plastică a metalelor și aliajelor să se facă pe cât posibil numai sub influența tensiunilor de comprimare. În acest caz plasticitatea crește, caracteristicile mecanice se îmbunătățesc și este favorizată sudarea defectelor de material.

Materialele forjabile sunt metalele și aliajele care pot fi deformate plastic prin lovire sau presare, fără a se distruge. După compoziția chimică, materialele forjabile sunt: feroase (oțelul și fierul tehnic pur) și neferoase (restul metalelor și aliajelor).

Oțelurile se livrează sub formă de lingouri sau sub formă de semifabricate turnate continuu sau deformate plastic în prealabil.

Lingourile sunt produsele neprelucrate, obținute după turnarea și solidificarea metalelor și aliajelor în lingotiere. Lingourile destinate forjării pot avea greutatea până la 135 t și secțiunea rotundă, pătrată, dreptunghiulară, poligonală sau cu secțiuni de forme speciale. Lingourile rotunde se fisurează și crapă repede, de aceea sunt numai din oțeluri aliate. Lingourile pătrate și dreptunghiulare se utilizează mai mult în secțiile de laminare și mai puțin în secțiile de forjă.

Lingourile pătrate se utilizează cel mai mult în secțiile de forjă. Ele au laturile curbate spre interior și colțurile rotunjite, pentru a reduce tendința de fisurare sau de crăpare. Lingourile speciale sunt: tubulare, alungite cu conicitate mărită, cu maselotă redusă etc. și se livrează numai pe baza înțelegerii între beneficiar și furnizor.

Semifabricatele sunt produse intermediare între lingouri și piesele forjate sau matrițate. Semifabricatele sunt: laminate și turnate continuu. În secțiile de forjă se utilizează următoarele semifabricate laminate: blumuri (secțiune pătrată cu latura de 150–400 mm), țagle (secțiune pătrată cu latura de 40–140 mm), profile ușoare (secțiune rotundă sau pătrată cu grosimea până la 40 mm) și profile de formă specială (secțiune semirodună, lată etc.).

Fierul tehnic pur, numit fier Armco, se utilizează mai rar în secțiile de forjă și se livrează sub formă de lingouri și semifabricate laminate.

Metalele pure se utilizează foarte rar în secțiile de forjă.

Aliajele neferoase reprezintă materia primă de bază în secțiile de forjă. Cele mai utilizate aliaje neferoase sunt:

1. aliajele de aluminiu (conțin ca elemente de aliere: Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni, Co etc.) se răcesc cu viteză redusă după forjare sau matrițare, deoarece se fisurează ușor în timpul răcirii;

2. aliajele de cupru, utilizate pentru deformarea plastică la rece sau la cald, sunt: alamele și bronzurile. Alamele sunt aliaje de cupru și zinc, care mai conțin: Al, Mn, Fe, Sn, Pb etc. Bronzurile sunt aliaje de cupru cu staniu, Al, Ni, Mn, Si etc.;

3. aliajele de magneziu conțin: Mg, Mn, Al, Zn etc.

În secțiile de forjă, aliajele neferoase se livrează fie sub formă de lingouri sau de blocuri turnate, fie sub formă de semifabricate.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Explicați mecanismul deformării plastice.
2. Care sunt avantajele prelucrării la cald față de prelucrarea la rece?
3. Definiți noțiunea de forjabilitate.
4. Indicați factorii care influențează forjabilitatea.
5. Care este deosebirea între:
 - forjare și laminare?
 - tragere și extrudare?
6. Deformarea metalelor și aliajelor datorită unei forțe exterioare reprezintă schimbarea:
 - a) dimensiunilor;
 - b) volumului;
 - c) greutății.
7. Piesele obținute prin forjare au:
 - a) structură cu goluri;
 - b) structură cu fibraj continuu;
 - c) structură mai puțin densă.

4.2. Operații auxiliare forjării

4.2.1. Debitarea. Debitarea este operația tehnologică de separare a unor materiale în bucăți cu dimensiuni și forme diferite bine stabilite și poate fi executată prin deformare plastică, așchiere, topire etc. Metodele de debitare sunt: debitare mecanică, debitare termică și debitare prin electroerodare.

1. *Debitarea mecanică* se realizează cu utilaje mecanice și poate fi:

- debitare prin forfecare - se realizează cu foarfece, clești și ștanțe;
- debitare prin așchiere - se realizează cu ferăstraie, mașini-unelte și cu pietre abrazive.

2. *Debitarea termică* se realizează cu flacără oxiacetilenică, cu arc electric, cu plasmă și cu laser. Se utilizează la materiale metalice de dimensiuni mari.

3. *Debitarea prin electroerodare* se realizează prin tăiere anodomecanică, prin scânteii etc. se utilizează la metalele greu de debitat prin alte metode și se bazează pe efectul combinat termic și electrochimic.

Mașini pentru debitat prin deformare plastică. Execută forfecarea semifabricatelor cu ajutorul lamelor paralele și înclinate, a fălcilor, a cuțitelor etc.

1. *Foarfecele ghilotină* (fig. 4.8) se utilizează pentru debitarea semifabricatelor din tablă sau platbandă, linia de tăiere fiind dreaptă și poate fi acționat mecanic, hidraulic sau hidromecanic. Acest tip de foarfece este alcătuit din: motor electric 1, roată de curea 2, arbore cotit 3, cuțit superior 4, cuțit inferior 5, angrenaj 6.

Tăierea se execută cu două cuțite, unul fix montat pe batiul mașinii și altul mobil, montat pe un suport mobil acționat de două manivele.

Foarfecele ghilotină are cea mai largă utilizare la debitarea tablelor cu grosimi de maximum 30 mm și dimensiuni mari în atelierele de construcții metalice și cazangerie.

Prin acest procedeu nu se pot tăia decât table.

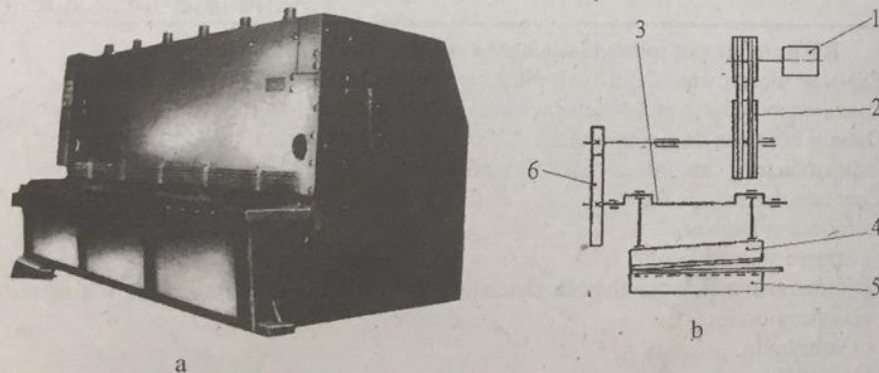


Fig. 4.8. Foarfecele ghilotină: a - vedere; b - schemă.

2. *Foarfecele combinat* (fig. 4.9) este alcătuit din: lamele 1 și 2 pentru debitarea tablelor, ferestre 3, 4 și 5, poanson 6, matriță pentru perforare 7, roți de curea 8, motor electric 9, roți dințate 10, pârghie 11, arc elicoidal 12.

Se utilizează la perforare, la debitarea tablelor și a profilelor laminate cu secțiune rotundă, pătrată și cornier.

La o rotație a axului excentric se realizează atât operații la foarfece, cât și la presă. Tablele se debitează cu lamele 1 și 2. Laminatale cu secțiune rotundă, pătrată și cornier se debitează în ferestrele 3, 4 și 5. Operațiile de perforare se realizează cu poansonul 6 și matrița 7.

Utilajul are un gabarit mai mare, dar poate prelucra o gamă mai largă de suprafețe.

3. *Foarfecele circular* (cu cuțite disc) (fig. 4.10) este alcătuit din două discuri care se rotesc în sens contrar. Distanța dintre discuri este reglabilă, funcție de grosimea tablelor.

Foarfecele circular se utilizează pentru tăierea tablelor cu grosime mai mică de 2 mm. El prezintă avantajul că se pot debita rapid table în fâșii, dacă se dispun în linie mai multe perechi de discuri și dezavantajul că nu se pot debita table mai groase de 2 mm.

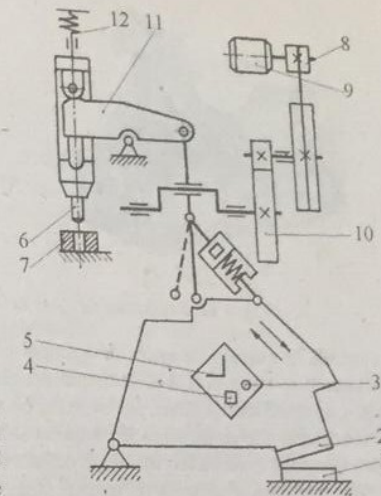


Fig. 4.9. Foarfecele combinat.

Mașini pentru debitat prin așchiere. Debitarea prin așchiere constă în îndepărtarea materialului sub formă de așchii și se realizează cu ferăstraie mecanice cu mișcare circulară și cu mișcare rectilinie-alternativă. Dezavantajul tuturor mașinilor pentru debitat prin așchiere constă în faptul că prin debitare se pierde material, dinții pânzelor se pot rupe, sunt necesare mașini speciale de ascutit, iar sculele au un cost ridicat.

1. *Ferăstrăul circular vertical* (fig. 4.11) se utilizează pentru debitarea barelor de oțel laminat, rotunde cu diametrul de 200 mm, pătrate cu latura maximă de 180 mm și a țevilor și este alcătuit din: batiu 1, coloane de ghidare 2, sanie 3, pânză disc 4, dispozitiv de fixare 5, instalație de răcire 6, motor electric 7, traversă fixă 8. Pânza disc 4 este fixată pe arborele principal și antrenată în mișcare de rotație de la motorul electric 7. Pe batiul 1 al mașinii este montat dispozitivul 5 de fixare al piesei. Pânza împreună cu arborele principal sunt fixate pe sania 3, care coboară

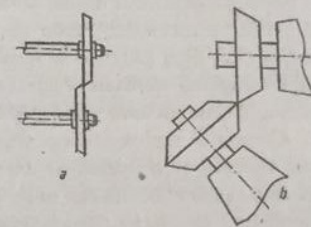


Fig. 4.10. Foarfecele cu cuțite disc: a - arborii cuțitelor sunt paraleli; b - arborii sunt înclinați sub un anumit unghi.

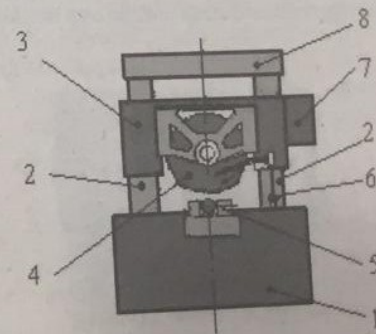


Fig. 4.11. Ferăstrău circular vertical.

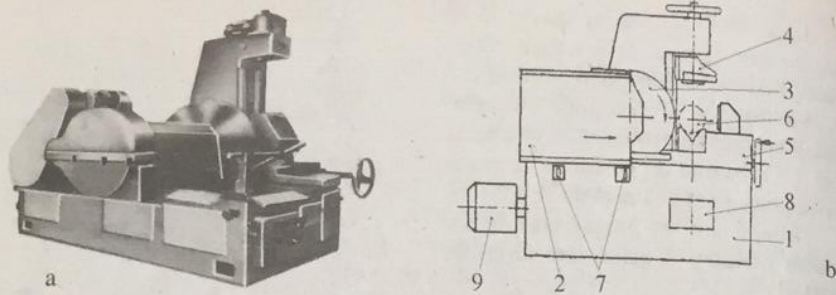


Fig. 4.12. Ferăstrău circular orizontal: a - vedere; b - schemă.

pe verticală în mișcare de avans de-a lungul coloanelor de ghidare 2, solidarizate la partea superioară prin traversa fixă 8. În timpul debitării, pânza este răcită cu lichid de răcire, care circulă prin instalația de răcire 6. Ferăstrăul circular vertical prezintă avantajul că este folosit cu precădere la tăierea pieselor de aluminiu și a metalelor scumpe și permite debitarea cu o singură tăietură a unui număr mai mare de bare prinse în pachet.

2. *Ferăstrăul circular orizontal* (fig. 4.12) se utilizează pentru debitarea materialului rotund și pătrat și este alcătuit din: batiu 1, păpușă portpânză 2, pânză 3, menghină verticală 4, menghină orizontală 5, semifabricat 6, came 7, fereastră 8, motor electric 9. Ferăstrăul circular orizontal are scula așchietoare sub formă de disc, prevăzută la periferie cu dinți așchietori. Pânza circulară 3 este fixată pe arborele principal al păpușii portpânză 2, fiind antrenată în mișcare de rotație de motorul electric 9. Pe batiul mașinii sunt menghina verticală 4 și menghina orizontală 5 pentru fixarea piesei. Semifabricatul 6 este debitat când păpușa portpânză se deplasează pe ghidajele batiului 1. Camele 7 reglează cursa păpușii portpânză. Așchiile rezultate în urma debitării sunt evacuate prin fereastra 8 din peretele batiului. Ferăstrul circular orizontal poate debita cu o singură tăietură mai multe piese fixate împreună.

3. *Ferăstrăul alternativ* (fig. 4.13) are pânza 1 asemănătoare cu a ferăstrăului manual, cu deosebirea că dinții și grosimea sunt mai mari. Pânza este fixată în cadrul, 5 care primește mișcarea alternativă de la biela 2 antrenată de manivela roții 3, care are o mișcare de rotație continuă primită de la motorul electric 7. Semifabricatul de tăiat 6 este fixat în menghina 4. Pânza taie într-un singur sens, de aceea la mișcarea de înapoiere ea este ridicată de pe material cu pompa cu piston 8, antrenată tot de roata 3. Ferăstrăul alternativ se utilizează la debitarea barelor cu diametrul până la 200 mm.

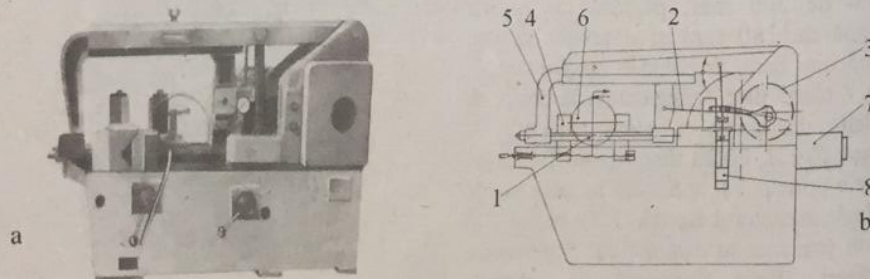


Fig. 4.13. Ferăstrău alternativ: a - vedere, b - schemă.

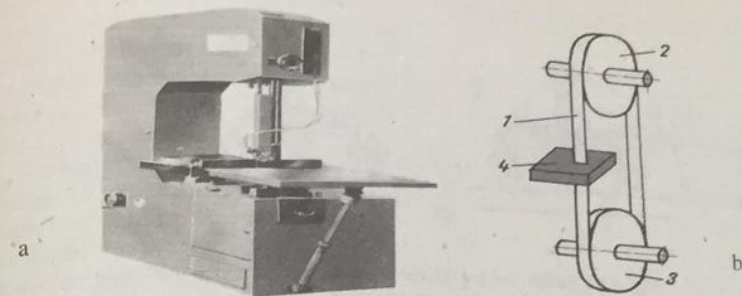


Fig. 4.14. Ferăstrăul cu bandă continuă: a - vedere; b - schemă.

4. *Ferăstrăul cu bandă continuă* (fig. 4.14) execută debitarea cu panglica continuă 1 care se înfășoară peste discurile 2 și 3 acționate de un motor electric. Piesele de debitat se așază pe masa 4. Se utilizează la debitarea materialelor scumpe, unde se pune accentul pe economia de material realizată printr-o tăietură îngustă.

Dezavantajul constă în pericolul ruperii benzii și ascuțirea dificilă a acesteia.

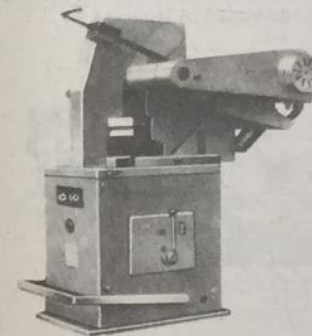


Fig. 4.15. Mașină de debitat cu pietre abrazive.

5. *Mașina de debitat cu pietre abrazive* (fig. 4.15) este utilizată la debitarea materialelor dure: oțeluri călite, oțeluri pentru scule și la debitarea semifabricatelor de dimensiuni mari și a pieselor cu contururi complicate. Discul abraziv prezintă o rezistență ridicată și este antrenat de un motor electric prin intermediul unei curele.

Mașini pentru debitare termică. Debitarea termică poate fi oxiacetilenică și cu jet de plasmă. Prin acest procedeu se debitează semifabricate cu dimensiuni mari și piese cu contururi complicate.

1. *Aparatul pentru tăiere cu flacără oxiacetilenică* (fig. 4.16) se utilizează la debitarea materialelor metalice de dimensiuni mari. Debitarea se execută cu ajutorul flăcării oxiacetilenice în care se trimite un jet de oxigen. Întâi se deschide robinetul de acetilenă 1, se aprinde flacăra, se reglează, cu robinetul 2, debitul de oxigen pentru flacăra de încălzire. După ce s-a oxidat metalul se deschide robinetul 3 prin care iese oxigenul. Pentru a putea fi folosite în diverse situații, suflaiurile obișnuite trebuie modificate fie prin mărirea becului interior, fie prin mărirea și căptușirea becurilor cu aliaje rezistente la uzură.

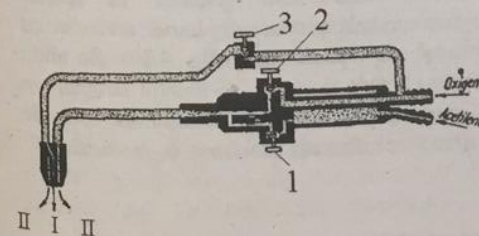


Fig. 4.16. Aparat pentru tăiere cu flacără oxiacetilenică: I - jet de oxigen care întreține arderea la locul de debitare; II - flacără pentru încălzirea oțelului.

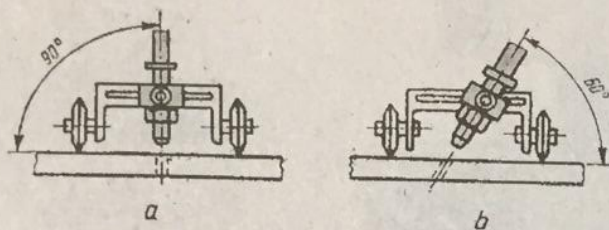


Fig. 4.17. Suflai cu vârf tăietor montat pe cărucior cu role:
a – poziția verticală; b – poziția înclinată.

Aparatul de tăiere, adaptat la un suflai, poate fi montat pe un cărucior cu role pentru a se deplasa uniform și pentru a menține distanța constantă față de suprafața piesei (fig. 4.17, a). Căruciorul permite și înclinarea suflaiului când este necesar (fig. 4.17, b).

Pentru tăierea conturilor circulare (fig. 4.18), suflaiul se montează pe un cărucior atașat la un dispozitiv-compass.

Tablele subțiri se pot tăia în pachet, după cum se poate vedea în figura 4.19.

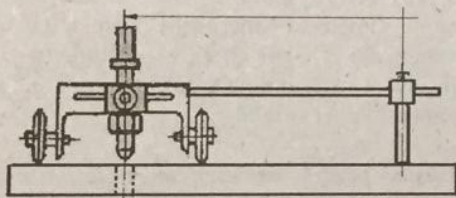


Fig. 4.18. Dispozitiv-compass.

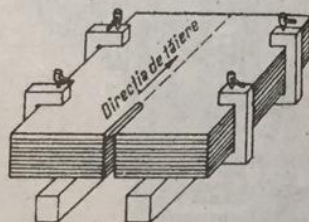


Fig. 4.19. Pachet de table.

gaz plasmogen

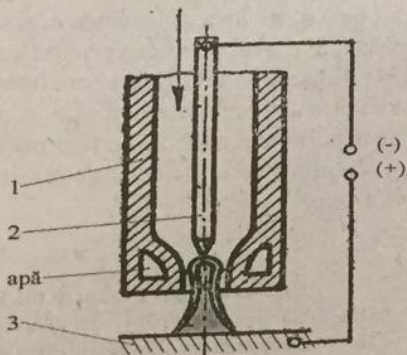


Fig. 4.20. Plasmatron: 1 – ajutoraj; 2 – electrod nefuzibil de wolfram legat la polul negativ;
3 – piesă de debitat legată la polul pozitiv al sursei.

2. Debitarea cu plasmă se utilizează pentru debitarea conturilor rectilinii și frânte la table din oțel carbon cu grosimea sub 50 mm și pentru tăierea oțelurilor înalt aliate și a metalelor neferoase. Pentru debitare se folosește energia calorică și efectul mecanic din plasma arcului electric. Plasma este generată în aparate speciale, numite pistoale cu plasmă, arzătoare cu plasmă sau plasmatroane (fig. 4.20). Se obțin tăieturi netede și curate, se mențin structura și compoziția chimică a metalului în zona de tăiere și se realizează economie de material.

3. Mașină de tăiat în coordonate (fig. 4.21) este utilizată pentru debitări rectilinii și după șablon, obținându-se o calitate bună a suprafețelor. Părțile componente ale unei mașini de tăiat în coordonate sunt: bara de legătură 1, aflată între suflai și dispozitivul de copiat 2, șablonul 3, suflaiul 4, care se deplasează după conturul piesei, masa de lucru 5 și piesa de tăiat 6.

Mașina de tăiat în coordonate asigură deplasarea suflaiului după conturul piesei, combinând cele două mișcări perpendiculare între ele, mișcări date de deplasarea longitudinală a căruciorului și deplasarea brațului care poartă mecanismul de tăiere și capul tăietor.

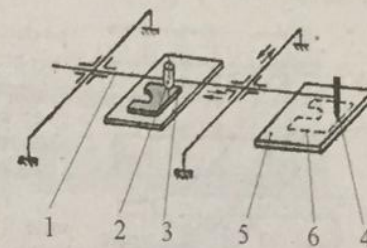


Fig. 4.21. Mașină de tăiat în coordonate.

4. Mașină de tăiat cu pantograf (fig. 4.22) se utilizează pentru tăierea simultană a mai multor piese identice dintr-un semifabricat. Mașina de tăiat cu pantograf este alcătuită dintr-un sistem de pârghii ce formează paralelograme articulate. Pe sistemul de pârghii se fixează dispozitivul de copiere și suflaiurile. Suflaiul se deplasează datorită dispozitivului de copiere ce urmărește conturul șablonului.

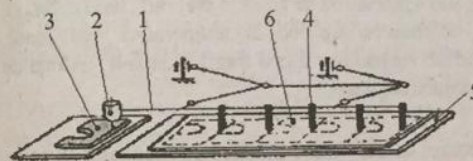


Fig. 4.22. Mașină de tăiat cu pantograf: 1 – pârghie; 2 – dispozitiv de copiere alcătuit dintr-un sistem de pârghii; 3 – șablon urmărit de dispozitivul de copiere; 4 – suflaiuri; 5 – masă de lucru; 6 – piese de tăiat.

NTSM-PSI la debitare. Regulile care trebuie să fie respectate sunt:

- foarfecele trebuie să fie prevăzute cu:
 - apărători de protecție pentru transmisiile de curele, roțile dințate, discurile de fricțiune, tablourile cu siguranțe electrice;
 - dispozitive de protecție pentru zona de tăiere și în dreptul pedalei de pomire;
- muncitorul trebuie să poarte mănuși sau palmare și șorțuri, deoarece materialele debitate au muchii ascuțite;
- dacă în timpul debitării sar așchii, muncitorul trebuie să poarte ochelari de protecție;
- se interzice debitarea la foarfecele ghilotină a mai multor table suprapuse;
- în timpul funcționării mașinilor de debitat se interzice îndepărtarea cu mâna a deșeurilor sau a pieselor tăiate;
- piesele nu se țin cu mâna în timpul debitării;
- mașinile de debitat trebuie legate la pământ.

4.2.2. Încălzirea metalelor în vederea forjării. Utilaje de încălzire. Deformarea plastică se execută mai ușor când metalele și aliajele sunt încălzite. Încălzirea metalelor și aliajelor, în vederea deformării plastice prin lovire sau presare, se face cu scopul de a mări plasticitatea și a micșora rezistența la deformarea plastică.

Temperatura de încălzire depinde de materialul piesei de încălzit, de proprietățile acestuia și este de $0,7 T_{top}$. Prin creșterea temperaturii, rezistența metalului scade de 10–12 ori și deformabilitatea se mărește.

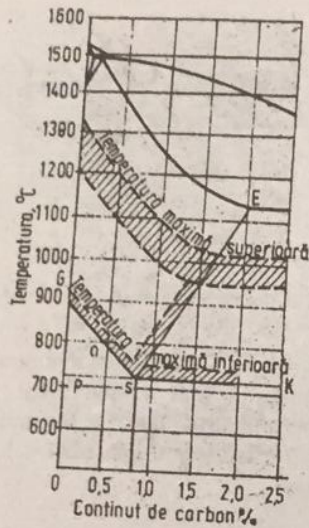


Fig. 4.23. Zona temperaturilor de deformare a oțelurilor.

Deformabilitatea este proprietatea de a produce o modificare a dimensiunilor și a formei unei piese sub influența unor eforturi interioare sau exterioare. Temperatura de deformare plastică se alege astfel încât materialul să aibă o plasticitate bună atât la începutul deformării, cât și la sfârșitul acesteia.

Plasticitatea este însușirea unui material care poate fi deformat fără a crăpa, păstrându-și forma și după încetarea acțiunii forțelor exterioare.

În cazul oțelului, temperatura de deformare se determină după diagrama fier-carbon. În figura 4.23 sunt hașurate zonele cu temperatură maximă superioară și temperatură maximă inferioară de deformare plastică. Se observă că, în funcție de conținutul de carbon, temperaturile admisibile de deformare sunt cuprinse între 720–1300°C. Pentru a evita supraîncălzirea, temperatura maximă de încălzire trebuie să fie cu circa 200°C sub temperatura de topire a oțelului (*linia solidus*). Dacă deformarea are loc la temperaturi mai joase, metalul devine mai dur și mai fragil, existând tendința de a se produce crăpături.

• Metalele și aliajele supuse operației de deformare plastică se încălzesc în forje sau cuptoare (cu flacără sau electrice).

Forjele sunt cuptoare deschise pentru încălzirea pieselor metalice în vederea forjării lor la cald. Forjele sunt compuse dintr-o vatră pe care arde combustibilul solid (cocsul), într-un curent de aer de la un ventilator. Pe vatră se așază metalul de încălzit și se acoperă cu cărbuni.

Cuptoarele cu flacără sunt folosite pentru încălzirea cu combustibili lichizi sau gazoși, au pierderi de căldură, iar randamentul este mai mic. Ele sunt cu funcționare discontinuă sau cu funcționare continuă.

1. **Cuptorul cu cameră** (fig. 4.24) poate fi folosit la nevoie, fiind un cuptor cu funcționare discontinuă. Piesele se introduc pe ușa 1, sunt așezate pe vatra 2 și încălzite prin arderea gazelor, provenite de la injectoarele 3. Cuptorul încălzește piese mici și mijlocii și are dezavantajul că gazele arse și atmosfera oxidantă a cuptorului influențează direct stratul superficial al piesei.

2. **Cuptorul cu vatră mobilă** (v. fig. 2.21) încălzește semifabricate mari sau lingouri. Este un cuptor cu funcționare continuă în care vatra se încarcă, în exterior, cu materialul care trebuie încălzit și apoi se introduce în cuptor.

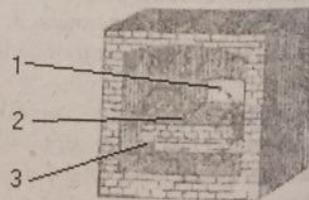


Fig. 4.24. Cuptor cu cameră.

3. **Cuptorul cu propulsie** (fig. 4.25) are spațiul de încălzire împărțit în trei zone: 1 – zona de preîncălzire, unde temperatura la intrare este de 500°C și crește la 1000°C; 2 – zona de încălzire propriu-zisă, unde temperatura ajunge la 1300°C; 3 – zona de egalizare a temperaturii. Este un cuptor cu funcționare continuă.

Deplasarea pieselor pe vatra cuptorului se realizează cu un sistem mecanic sau direct împreună cu vatra care este în formă de transportor. Încălzirea se face cu rezistențe fixate pe pereții laterali, pe boltă sau sub vatră. Încărcarea se face prin ușa 5, iar descărcarea prin ușa 4.

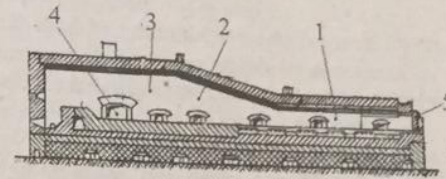


Fig. 4.25. Cuptor cu propulsie.

Cuptoarele electrice se folosesc pentru încălzirea oțelurilor aliate, a oțelurilor pentru scule și a aliajelor neferoase.

1. **Cuptorul cu rezistență** (fig. 4.26) se utilizează mai ales la încălzirea metalelor neferoase. Piesele se introduc pe ușa 2, se așază pe vatra 1 și se încălzesc prin căldura degajată de rezistențele electrice 3. Ele sunt fixate în suporturi de material refractar, montate pe pereții laterali, uneori și pe boltă și sub vatră.

2. **Cuptorul prin inducție** (fig. 4.27) este alcătuit din: generator 1, inductor 2, condensator 4, întrerupător 5. Piesa 3 este încălzită întâi la partea exterioară, de unde căldura se transmite spre partea interioară a acesteia. Viteza de încălzire este foarte mare, temperatura se poate regla exact, instalația poate fi automatizată.

3. **Încălzirea electrică prin contact** se utilizează la piese lungi și cu diametre până la 50 mm. Piesa este așezată între două contacte electrice și se încălzește datorită trecerii curentului electric.

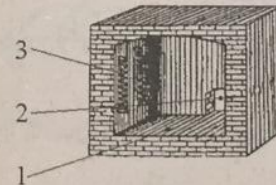


Fig. 4.26. Cuptor cu rezistență.

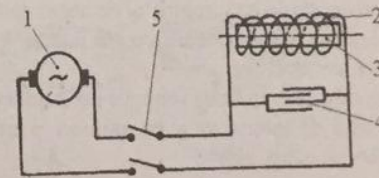


Fig. 4.27. Cuptor prin inducție.

Defectele care apar la încălzire sunt:

• **Oxidarea** este fenomenul de formare a oxizilor pe suprafața metalului la peste 700°C, determinând pierderi de metal în timpul încălzirii de 2–3% în cuptoarele cu flacără și 1% în cuptoarele electrice. Folosind în cuptor o atmosferă controlată sau neutră, se poate evita acest defect.

• **Decarburarea** constă în eliminarea carbonului de pe suprafața semifabricatului, pe o adâncime de 1,5–2 mm, sub formă de CO (monoxid de carbon), CO₂ (dioxid de carbon) și CH₄ (metan), datorită oxigenului și hidrogenului din cuptor. Efectul dăunător al decarburării se manifestă printr-o duritate scăzută la suprafața piesei.

• **Supraîncălzirea** este fenomenul de creștere a grăunților provocat de temperatura de încălzire prea ridicată sau de durata de menținere prea mare. Efectul dăunător se manifestă prin micșorarea proprietăților mecanice ale pieselor, în special a tenacității.

Tenacitatea este proprietatea unui material solid de a suporta, până la rupere, deformații plastice mari, sub acțiunea unor sollicitări exterioare.

Eliminarea urmărilor supraîncălzirii se realizează printr-un tratament termic de normalizare, la o temperatură mai ridicată decât 900°C , cu o menținere de scurtă durată.

• **Arderea** metalului are loc când încălzirea este foarte aproape de temperatura de topire sau când piesa este mult timp menținută la temperatura înaltă, devenind fragilă. În acest caz materialul este compromis și nici un tratament termic ulterior nu-i poate reda calitățile inițiale.

NTSM-PSI la încălzirea materialelor metalice în vederea forjării. La încălzirea materialelor se prevăd măsuri pentru evitarea exploziilor și a arsurilor, reducerea conținutului de gaze, diminuarea radiațiilor termice etc.

La exploatarea cuptoarelor se vor respecta următoarele măsuri de protecție a muncii:

- înainte de pornirea cuptorului se verifică starea zidăriei, a injectoarelor, a conductelor etc. și se ventilează pentru a se evacua gazele nășe care au mai rămas în cuptor;
- muncitorul trebuie să poarte echipament de protecție: ochelari de cobalt, șorțuri și mănuși de azbest;
- cuptoarele trebuie să fie protejate cu paravane, ecrane de protecție din materiale termoizolante;
- în timpul funcționării, cuptorul trebuie să fie cât mai mult timp cu ușile complet închise;
- locul de muncă trebuie dotat cu ventilatoare puternice;
- se deschide întâi robinetul de aer și apoi cel de gaze;
- la oprirea funcționării cuptorului, se închide întâi robinetul de gaze și apoi cel de aer sau abur;
- conductele au două robinete de închidere;
- locul de muncă va avea mijloace pentru stingerea incendiilor: extincitoare, lopeți, lăzi cu nisip, găleți.

4.2.3. Răcirea pieselor după forjare. După forjare, piesele sunt supuse unei operații de răcire, care poate fi:

- **răcire liberă**, ce are loc în aer, pentru aliaje și metale cu plasticitate ridicată (oțeluri nealiatate cu conținut scăzut de carbon, oțeluri slab aliate, aliaje neferoase), deformate la cald;
- **răcire lentă**, ce are loc în cuptoare sau gropi de nisip, pentru oțeluri mediu și bogat aliate, care prezintă sensibilitate la fisurare și crăpare;
- **răcire dirijată**, ce are loc în cuptoare sau gropi de răcire prevăzute cu arzătoare, pentru a se realiza o anumită viteză de răcire, menținerea la temperaturi constante și eventual creșterea temperaturii în limitele stabilite pentru oțeluri aliate cu crom și nichel, predispușe să formeze defecte, numite „fulgi”.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Care sunt utilajele folosite la debitare?
2. Care sunt defectele care apar la încălzire?
3. Care este temperatura la care poate fi încălzit un material pentru a fi forjat?
4. Câte tipuri de cuptoare pentru încălzirea materialului în vederea forjării cunoașteți?
5. Prezentați principalele norme de tehnică a securității muncii la încălzirea materialelor metalice în vederea forjării.
6. După forjare, piesele care se răcesc lent sunt din:
 - a) oțel nealiat;
 - b) oțel slab aliat;
 - c) oțel bogat aliat.

4.3. Scule și utilaje folosite la forjare și matrițare

4.3.1. Scule de bază. Sculele de bază utilizate la *deformarea manuală* sunt: nicovala (fig. 4.28, a), barosul cu pană dreaptă (fig. 4.28, b), ciocanul cu pană încrucișată (fig. 4.28, c), cleștele (fig. 4.28, d), domul (fig. 4.28, e), ciocanul-daltă (fig. 4.28, f), ciocanul netezitor plan (fig. 4.28, g), sculele rotunde de subțiat (fig. 4.28, h).

Sculele de bază utilizate la *deformarea mecanică* sunt nicovalele și sculele intermediare.

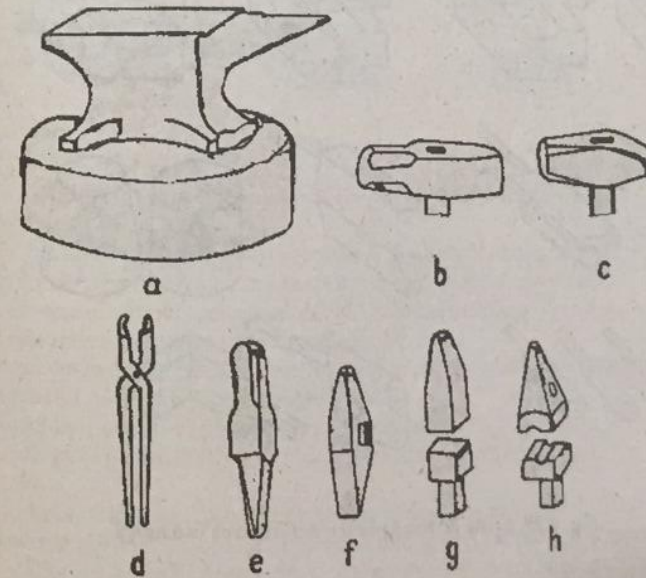


Fig. 4.28. Scule de bază pentru deformarea manuală.

Nicovalele deformează materialul și se montează pe berbecul ciocanului, fixându-se prin coadă de rândunică cu pană. Nicovalele se execută din oțel laminat OL 50, OL 60 forjat și tratat termic. Ele sunt:

- nicovale plate (fig. 4.29, a) utilizate la forjarea materialelor cu secțiune pătrată sau dreptunghiulară;
- nicovale rotunjite (fig. 4.29, b), pentru întinderea materialului;
- nicovale profilate (fig. 4.29, c), pentru întinderea barelor rotunde, semirotunde sau hexagonale.

Sculele intermediare sunt:

- matrițe, care sunt utilizate pentru finisarea barelor (fig. 4.29, d și e) și care dau forme cilindrice sau prismatice semifabricatelor întinse pe ciocan. Matrițele se execută din oțeluri pentru construcții slab aliate;
- dălți de gătit (fig. 4.29, f și g), utilizate pentru realizarea găurilor în piese;
- întinzătoare și netezitoare pătrate, dreptunghiulare sau circulare (fig. 4.29, h), utilizate pentru întinderea și netezirea suprafețelor;
- topoare de tăiat la cald (fig. 4.29, i), pentru tăierea materialului;
- dormuri (fig. 4.29, j), care se utilizează la perforarea materialului pentru obținerea găurilor de diferite forme și la netezirea găurilor după perforare.

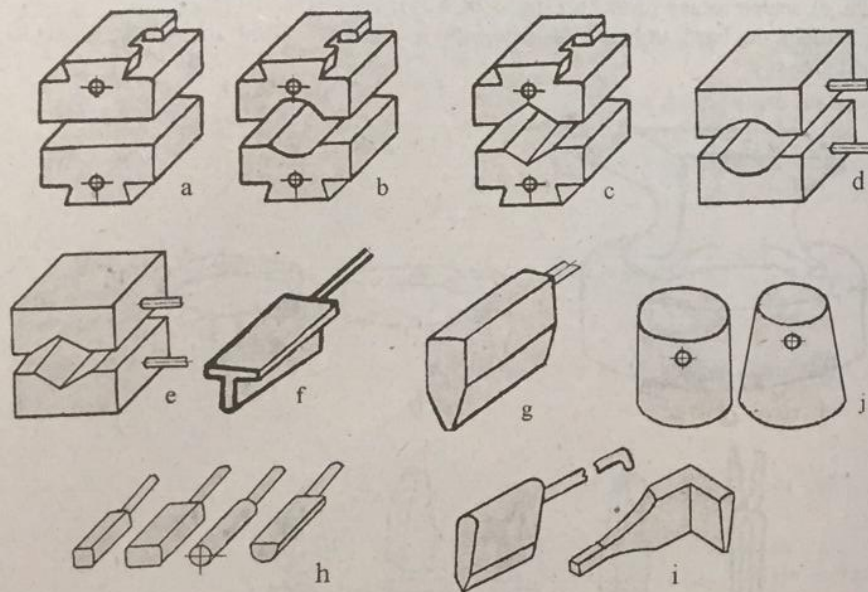


Fig. 4.29. Scule de bază pentru deformarea mecanică.

4.3.2. Scule auxiliare. Sculele auxiliare utilizate la deformarea mecanică sunt:

- cleștii de forjă (fig. 4.30, a), care se utilizează pentru prinderea și mănuierea pieselor calde în timpul forjării;

- cleștele de macara (fig. 4.30, b), cărui i se închid fălcile la ridicarea cârligului macaralei, strângând piesa pe care o poate ridica și transporta;
- furca pentru răsucit (fig. 4.30, c), care are dimensiuni determinate de mărimea pieselor forjate;
- manșoanele de prindere (fig. 4.30, d), utilizate la manipularea pieselor grele și a lingourilor, fiind manevrate cu macaraua.

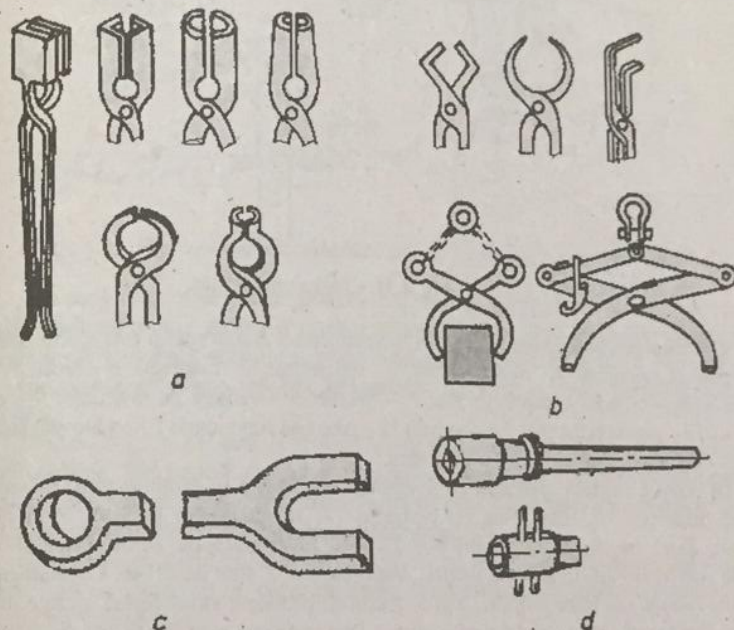


Fig. 4.30. Scule auxiliare pentru deformarea mecanică.

4.3.3. Dispozitive pentru măsură și control. Dispozitivele folosite în timpul forjării pentru verificarea dimensiunilor și formei piesei forjate sunt:

- compasul simplu, compasul dublu, compasul triplu și compasul de interior pentru măsurarea alezajelor sau a degajărilor din piesă;
- rigla metalică gradată sau metrul metalic pentru măsurarea lungimilor;
- echerul pentru verificarea unghiurilor;
- șabloane pentru verificarea formelor complexe;
- șublerile pentru măsurarea pieselor cu o precizie mai ridicată.

4.3.4. Ciocane. Utilajele de bază utilizate în secțiile de forjă și de matrițare sunt ciocanele și presele. Ciocanele acționează prin lovire, iar presele acționează prin presare.

Ciocanele pot fi: pneumatice, cu abur sau aer comprimat sau mecanice. Ciocanele pentru matrițare se deosebesc de cele pentru forjare prin rigiditatea mai mare și posibilitatea de reglare a energiei de lovire chiar de la prima lovitură. Pentru mărirea rigidității, ciocanele pentru matrițare au dimensiuni mai mari.

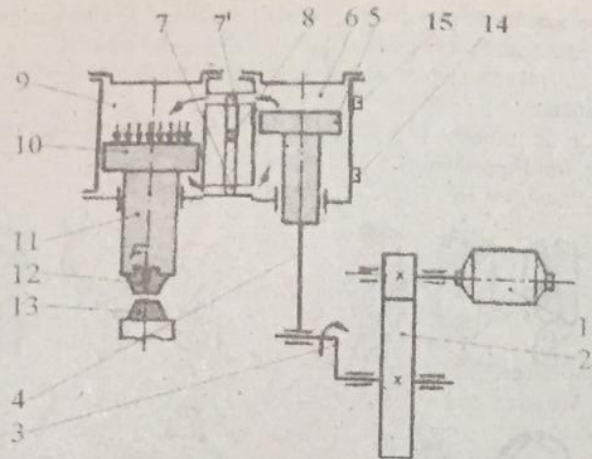


Fig. 4.31. Ciocan pneumatic.

Ciocanul pneumatic din figura 4.31 lucrează cu aer comprimat și este alcătuit din următoarele părți componente: 1 – motor electric; 2 – roți dințate; 3 – manivelă; 4 – bielă; 5 – piston compresor; 6 – cilindru compresor; 7 și 7' – ventile; 8 – cameră de evacuare; 9 – cilindru principal; 10 – piston principal; 11 – berbec; 12 – nicovală superioară; 13 – nicovală inferioară; 14 și 15 – orificii de comunicație cu atmosfera.

În poziție inițială, pistonul compresor 5 se găsește în punctul mort superior, iar pistonul principal 10, monobloc cu berbecul 11, se găsesc în punctul mort inferior. Berbecul, fixat pe nicovala superioară 12 este în contact cu semifabricatul sau cu nicovala inferioară 13. În această poziție, ventilele 7 și 7' sunt deschise. Comunicația este deschisă și sus și jos între cilindrii 6 și 9. Aerul de presiune atmosferică ajunge în partea de jos a cilindrului compresor 6 prin orificiul 14, iar de aici prin ventilul 7 trece în partea de jos a cilindrului principal 9. În același timp, aerul de presiune atmosferică intră în partea de sus a cilindrului 6 prin orificiul 15. Ventilul 7' este deschis și aerul pătrunde și în cilindrul 9. Deci în poziție inițială cei doi cilindri comunică cu atmosfera atât la partea superioară, cât și la partea inferioară. De la motorul 1, prin roțile dințate 2, manivela 3, biela 4, mișcarea se transmite la pistonul compresor 5, care coboară. Orificiile 14 și 15 de legătură cu atmosfera se închid. Când pistonul 5 coboară, sub cele două pistoane presiunea crește, iar deasupra presiunea scade. În acest fel între cele două jumătăți ale cilindrilor se creează o diferență de presiune care crește pe măsura coborârii pistonului 5. Acesta ajunge în punctul mort inferior, iar pistonul 10 se ridică până la aproximativ $\frac{3}{4}$ din cursa normală. Când manivela 3 se rotește cu 180° , aerul de presiune atmosferică intră la partea superioară a celor doi cilindri prin orificiul 15. La rotirea în continuare a manivelei, pistonul compresor 5 se deplasează în sens invers. Schimbarea sensului de deplasare a pistonului 5 duce la mărirea presiunii deasupra celor două pistoane și micșorarea ei sub pistoane. Pistonul principal se oprește și apoi coboară până în punctul mort inferior pentru a produce lucrul mecanic dorit. În continuare, ciclul se repetă.

Ciocanul pneumatic funcționează cu aer, comprimat de către propriul compresor. Avantajul ciocanului pneumatic este independența în funcționare față de centrala uzinei de alimentare cu abur sau cu aer comprimat.

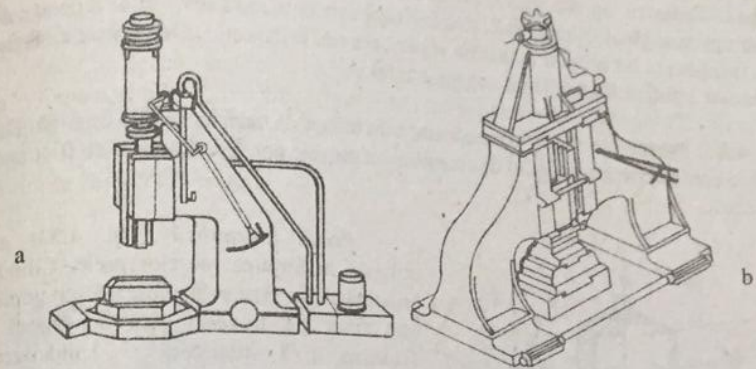


Fig. 4.32. Ciocane vapopneumatice: a – cu o coloană; b – cu două coloane.

Ciocanele pneumatice se construiesc numai pentru mărimi mici și mijlocii, datorită presiunii relativ reduse a aerului, comprimat de către compresorul propriu. De aceea ele intră în dotarea secțiilor mici de forjă, unde servesc la forjarea pieselor mici.

Ciocanele cu abur sau aer comprimat de forjare liberă sunt reprezentate în figura 4.32.

Ciocanele cu o coloană (fig. 4.32, a) se folosesc pentru forjarea pieselor de masă mică și mijlocie. Ele permit accesul la nicovală din trei părți, oferind posibilitatea forjării unor piese bifurcate sau cu gabarit mare. Prețul de cost al ciocanelor cu o coloană este mai scăzut. Dezavantajul lor constă în reducerea stabilității coloanei.

Ciocanele cu două coloane (fig. 4.32, b) au stabilitate mai mare decât cele cu o coloană, însă au gabaritul de lucru mai mic, fiind utilizate la forjarea pieselor cu masă mare, dar cu volum mic.

Ciocanul cu abur cu dublu efect (fig. 4.33), utilizat pentru forjare liberă, este alcătuit din: conductă pentru aer sau abur sub presiune 1, piston 2, tijă 3, berbec 4, sculă superioară 5, conductă 6, cilindru 7, sculă inferioară 8.

Ciocanele cu abur se construiesc în două variante, s cu simplu și cu dublu efect. La ciocanele cu simplu efect, aburul servește numai la ridicarea berbecului, lovirea semifabricatului datorându-se greutateii proprii a berbecului. Datorită puterii scăzute de lovire, acest tip de ciocan este mai puțin folosit.

La ciocanele cu dublu efect (fig. 4.33), aburul acționează atât la ridicarea berbecului, cât și la lovirea piesei de către acesta. Aburul sub presiune intră prin conducta 1 în cilindrul 7 și împinge pistonul 2, care este monobloc cu tija pistonului 3, cu berbecul 4 și cu scula superioară 5. Aceasta din urmă lovește piesa care este așezată pe scula inferioară 8. În acest timp, fluidul de sub piston iese prin conducta 6

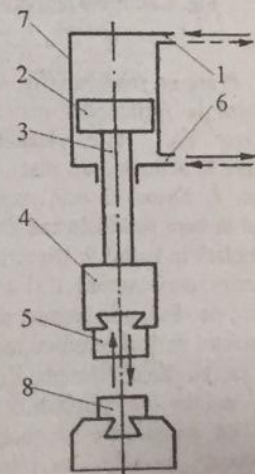


Fig. 4.33. Ciocan cu abur.

în atmosferă. Pentru cursa inversă a berbecului, aburul intră prin conducta 6 și pistonul se ridică. Dirijarea aerului pentru ridicarea și coborârea pistonului se face cu un distribuitor cu sertăraș. Pentru realizarea loviturilor izolate sau a loviturilor repetate, deci pentru menținerea berbecului în poziție superioară sau inferioară, este necesar ca legarea conductelor 1 și 6 să fie făcută într-un anumit fel.

4.3.5. Prese. Presele, ca și ciocanele, sunt utilaje de bază în secțiile de forjă. După modul de construcție și principiul de funcționare, presele pot fi: hidraulice, cu fricțiune și cu excentric.

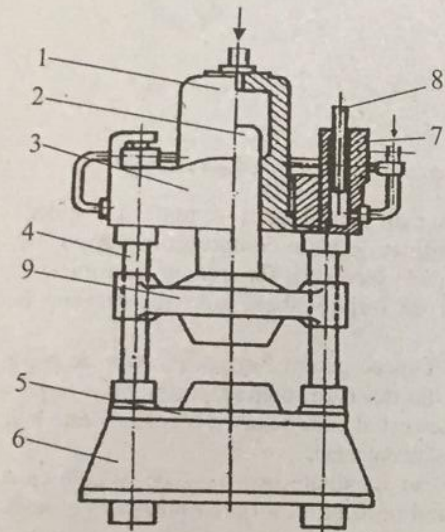


Fig. 4.34. Presă hidraulică.

Presă cu fricțiune (fig. 4.35) se utilizează la forjare dar mai ales la matrițare. Ea este alcătuită din discurile 1, acționate de roata 3, prin cureaua 4. Discul 2 este montat pe șurubul 6, care se înfiletează în piulița 7 asamblată în batiul 9. Discurile 1 se deplasează după sensul I și transmit mișcarea pe rând, prin frecare, discului 2. Contactul se realizează cu roata din stânga sau cu cea din dreapta. Berbecul 8 este solidar cu șurubul 6. După modul de construcție și modul de funcționare, presele cu fricțiune reprezintă utilajul intermediar între ciocane și presele cu excentric

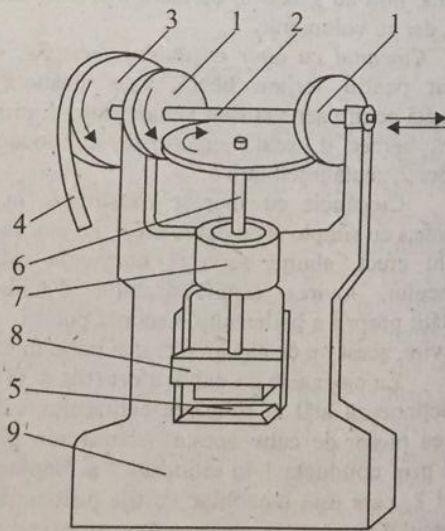
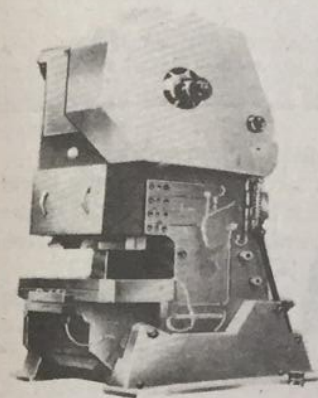


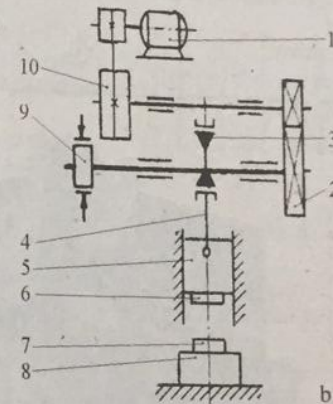
Fig. 4.35. Presă cu fricțiune.

Presă cu excentric (fig. 4.36) este alcătuită din: motor electric 1, volant 2, arbore cu excentric 3, bielă 4, berbec 5, matriță superioară 6, matriță inferioară 7, masa presei 8, sistem de frânare 9, transmisie cu curea 10.

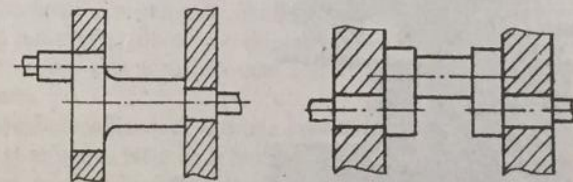
Motorul electric transmite mișcarea de rotație până la arborele cu excentric, printr-o transmisie cu roți de curea, roată de transmisie, volant. Mișcarea de rotație se transformă în mișcare de translație pentru berbec, de care este fixată matrița superioară. Matrița inferioară se montează pe masa presei. Arborele cu excentric poate fi cu manivelă sau tip arbore cotit.



a



b



c

Fig. 4.36. Presă cu excentric:

a - vedere; b - schemă de funcționare; c - arbore cu excentric cu manivelă și arbore cu excentric tip arbore cotit.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Indicați sculele și dispozitivele necesare operațiilor de forjare.
2. Precizați elementele constructive ale ciocanului pneumatic.
3. Descrieți funcționarea ciocanului pneumatic.
4. Descrieți presa mecanică din figura 4.37.

5. Nicovalele se confecționează din:

- a) oțel laminat;
- b) oțel turnat;
- c) oțel pentru scule.

6. Matrițele pentru forjare se utilizează pentru:

- a) finisarea materialului;
- b) întinderea materialului;
- c) tăierea materialului.

7. Ciocanele pneumatice sunt:

- a) scule;
- b) dispozitive;
- c) utilaje.

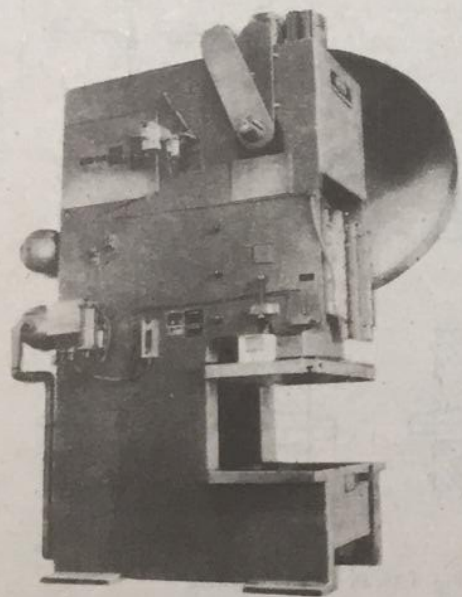


Fig. 4.37. Presă cu batiu deschis.

4.4. Operații de forjare

Forjarea este procedeul de deformare plastică a metalelor și aliajelor prin lovire sau presare.

Forjarea se mai numește și *forjare liberă* deoarece curgerea materialului se produce mai mult liber, dirijarea curgerii acestuia de către scule fiind neînsemnată.

După felul cum se execută, cu sau fără utilaje, forjarea poate fi mecanică sau manuală. Forjarea manuală se folosește numai pentru modificarea formei și a dimensiunilor semifabricatului, iar forjarea mecanică se folosește atât pentru modificarea formei și a dimensiunilor semifabricatului, cât și pentru modificarea caracteristicilor tehnologice și mecanice ale metalelor și aliajelor supuse forjării.

4.4.1. Refularea. Reprezintă operația de deformare plastică (fig. 4.38) prin care se reduce înălțimea semifabricatului și se mărește secțiunea transversală.

La forjarea manuală, refularea se execută de obicei numai pe o porțiune a lungimii semifabricatului și de regulă la unul din capete. Acest gen de refulare se numește *refulare zonală*.

La forjarea mecanică, refularea se execută pe întreaga lungime a semifabricatului. Refularea se execută în următoarele scopuri:

- pentru obținerea pieselor forjate cu secțiune transversală mare din semifabricate cu secțiune transversală mică;
- pentru obținerea pieselor plate, cum sunt: discuri, roți dințate, flanșe, pinioane etc.;
- ca operație prealabilă în vederea găuririi la forjarea pieselor goale în interior;
- pentru mărirea gradului de deformare atunci când suprafața transversală a semifabricatului nu asigură gradul de deformare necesar;
- pentru reducerea anizotropiei caracteristicilor mecanice ale piesei forjate.

Anizotropia este însușirea unui corp de a nu avea aceleași proprietăți fizice în toate direcțiile.

Principalele variante de execuție a refulării la forjarea mecanică sunt: refularea între scule plane și refularea între scule profilate concav sau convex. *Refularea între scule plane* (fig. 4.39, a) este cea mai folosită. *Refularea între scule profilate concav* (fig. 4.39, b) prezintă ca avantaj stabilitatea mare a semifabricatului, iar ca principal dezavantaj, majorarea neuniformității deformației, ceea ce contribuie la scăderea caracteristicilor mecanice ale piesei forjate. Forța necesară refulării, în acest caz, este mai mare decât în cazul sculelor plane, de aceea se recomandă numai la piesele de importanță mică. *Refularea între scule profilate convexe* (fig. 4.39, c) are avantajul reducerii neuniformității deformației. Forța necesară refulării între scule convexe este mai mică decât în celelalte cazuri. Stabilitatea semifabricatului fiind mai redusă, procedeul se aplică pieselor care necesită ca deformarea plastică să se producă cât mai uniform.

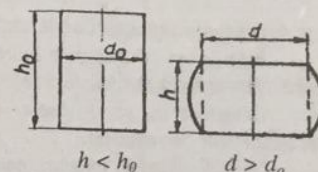


Fig. 4.38. Refularea.

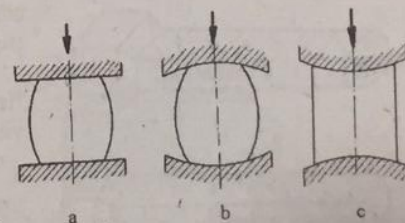
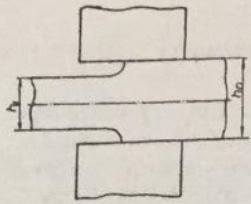


Fig. 4.39. Variante de execuție a refulării la forjarea mecanică.



$$h_1 < h_0$$

Fig. 4.40. Întinderea.

4.4.2. Întinderea. Întinderea reprezintă operația de forjare (fig. 4.40) prin care se obține creșterea lungimii semifabricatului și micșorarea secțiunii lui transversale. Înălțimea inițială este h_0 , iar după prima întindere este h_1 .

Variante de întindere la forjarea manuală. Întinderea poate fi: cu alungire și lățire medie, cu alungire maximă și lățire minimă, precum și cu alungire minimă și lățire maximă.

Întinderea cu alungire și lățire medie se execută cu ciocanul sau cu barosul.

Întinderea cu alungire maximă și lățire minimă (fig. 4.41) sau întinderea fără lățire, se execută cu gătuitoare de mână.

Întinderea cu alungire minimă și lățire maximă (fig. 4.42) se execută cu gătuitoare așezate longitudinal.

Gătuitoarele se folosesc alternativ cu ciocanele pentru evitarea formării suprapunerilor de material.

După forjare, se execută netezirea cu rotunjitorul (fig. 4.43, a) sau cu planatorul (fig. 4.43, b).

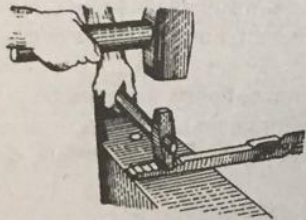


Fig. 4.41. Întindere fără lățire.

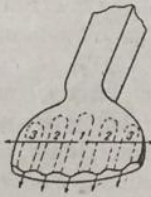
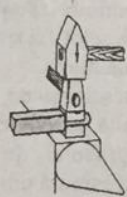


Fig. 4.42. Lățire la forjare manuală.



a

Fig. 4.43. Netezire la forjare manuală.



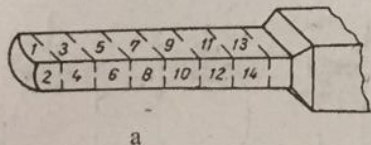
b

Variante de întindere la forjarea mecanică. La forjarea mecanică, în funcție de scopul urmărit, întinderea poate fi: simplă, cu lățire, cu profilare etc.

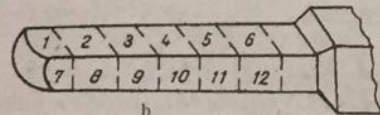
Întinderea simplă se execută cu rotire alternativă (fig. 4.44) sau cu rotire în spirală (fig. 4.45).

Rotirea alternativă se execută după fiecare lovitură (fig. 4.44, a) sau după n lovituri de ciocan (fig. 4.44, b). Numerele 1, 2, 3 etc., din figurile 4.44 și 4.45, reprezintă ordinea loviturilor de ciocan.

Fig. 4.44. Întindere cu rotire alternativă.



a



b

Rotirea în spirală, executându-se cu greutate, se aplică la forjarea metalelor și aliajelor cu plasticitate redusă pentru a întârzi apariția fisurilor și a crăpăturilor de forjare.

Întinderea cu lățire este operația prin care se reduce alungirea semifabricatului, intensificând lățirea acestuia.

Întinderea cu profilare este operația prin care se alungește semifabricatul, modificându-se mărimea și profilul secțiunii transversale.

Întinderea pe dorn se aplică la forjarea pieselor inelare sau tubulare și se execută cu sau fără modificarea diametrului interior. Întinderea pe dorn fără modificarea diametrului interior (fig. 4.46) se aplică la forjarea pieselor tubulare cu lungime mare și cu pereți subțiri. Semifabricatul refulat și găurit în prealabil se introduce pe dorn și se forjează între scule profilate sau între scule combinate.

Întinderea pe dorn cu modificarea diametrului interior (fig. 4.47) se aplică la forjarea pieselor tubulare și inelare.

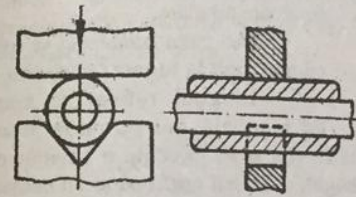


Fig. 4.46. Întindere pe dorn fără modificarea diametrului interior.

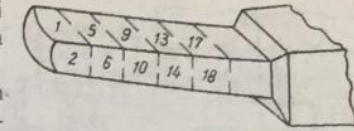


Fig. 4.45. Întindere cu rotire în spirală.

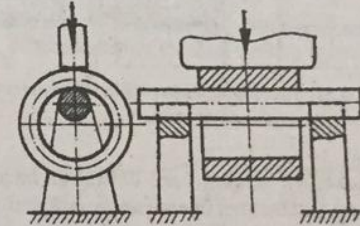


Fig. 4.47. Întindere pe dorn cu modificarea diametrului interior.

4.4.3. Găurirea. Găurirea reprezintă operația de forjare prin care se obțin goluri (infundate sau străpunse) în semifabricate cu ajutorul dornurilor. În funcție de grosimea semifabricatului și de scopul urmărit, găurirea prin forjare poate fi: unilaterală sau bilaterală. Găurirea unilaterală se aplică pentru semifabricatele subțiri, iar cea bilaterală pentru semifabricatele mai groase.



Fig. 4.48. Găurirea la forjarea manuală direct pe nicovală.

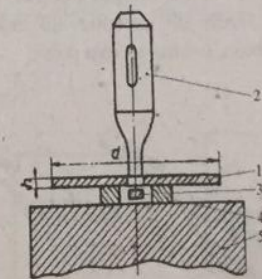


Fig. 4.49. Găurirea la forjarea manuală pe o placă găurită.

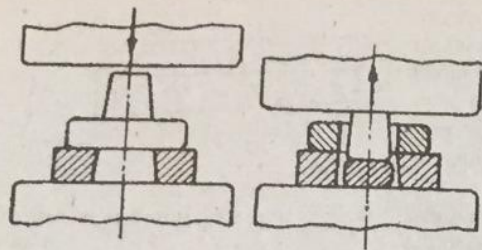


Fig. 4.50. Găurirea la forjarea mecanică.

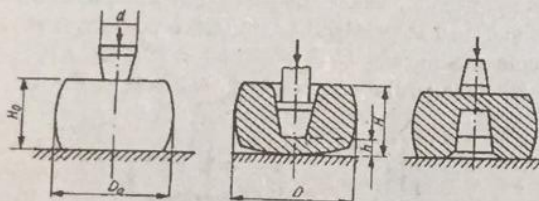


Fig. 4.51. Succesiunea operațiilor la găurirea bilaterală.

(fig. 4. 51, a), se centrează dornul cu baza mică în jos și se execută o cavitate de 30–40 mm adâncime, în care se presară praf de mangal, cocs sau grafit pentru a micșora frecarea în timpul găuririi și pentru a ușura scoaterea dornului. Se introduce din nou dornul în aceeași poziție și se găurește materialul până la înălțimea $h = 0,3 \cdot H_0$ (fig. 4.51, b). Apoi se răstoarnă semifabricatul, se îndreaptă suprafața frontală care s-a curbat în timpul găuririi și se centrează dornul cu care se execută străpungerea. Dornul de străpungere se așază cu baza mare în jos (fig. 4.51, c).

4.4.4. Îndoirea. Îndoirea reprezintă operația de forjare prin care se dă semifabricatului o formă curbă după un anumit contur. Îndoirea se aplică la forjarea manuală și mecanică, cu sau fără dispozitive-șablon.

Îndoirea fără dispozitive se utilizează la unicate și piese executate în serii mici. La piesele executate în serii mijlocii și mari se utilizează dispozitive-șablon. În figura 4.52 sunt reprezentate fazele de execuție ale îndoirii fără șablon, iar în figura 4.53 îndoirea cu dispozitiv-șablon, pentru aceeași piesă.

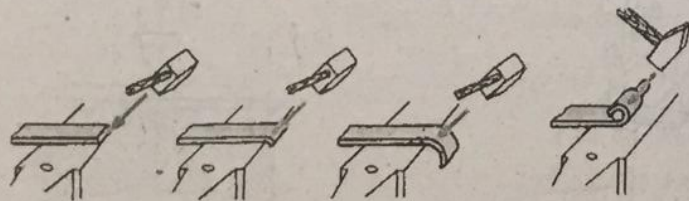


Fig. 4.52. Îndoire liberă la forjarea manuală.

Găurirea unilaterală manuală se execută direct pe nicovală (fig. 4.48) sau pe o placă găurită (fig. 4.49). Semifabricatul 1 se așază pe inelul 4 care este pus pe masa 5. În alezajul inelului cade porțiunea de material 3 găurită de dornul 2.

În figura 4.50 este prezentată găurirea unilaterală executată la forjarea mecanică.

Avantajul găuririi unilaterale îl constituie ușurința de execuție a acestei operații; în schimb materialul ce se înlătură ca deșeu de la găurirea bilaterală. La piesele mari și la lingouri, găurirea se execută cu perforatoare tubulare.

Găurirea bilaterală se aplică mai mult la forjarea mecanică.

Lingoul refulat se așază pe nicovală sau pe masa presei

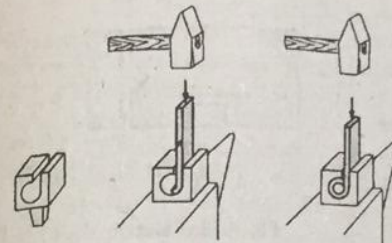


Fig. 4.53. Îndoire cu dispozitiv-șablon la forjarea manuală.

În timpul îndoirii, fibrele de la exteriorul zonei de curbură sunt supuse la întindere, iar cele din interior, la comprimare (fig. 4.54). Secțiunea semifabricatului în zona de curbură se deteriorează (fig. 4.55), datorită tensiunilor de întindere la exterior și de comprimare la interior.

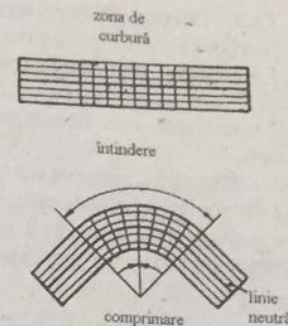


Fig. 4.54. Starea de tensiune la îndoire.



Fig. 4.55. Forma secțiunii în zona de curbură.

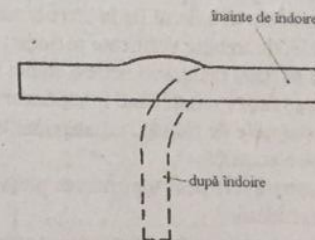


Fig. 4.56. Îndoirea semifabricatului refulat în zona de curbură.

Pentru evitarea deteriorării secțiunii în zona de curbură și obținerea dimensiunilor dorite, semifabricatul înainte de îndoire se refulează parțial în porțiunea ce urmează a fi curbată (fig. 4.56).

După refulare, semifabricatele sunt supuse îndoirii cu colț (fig. 4.57, a) sau cu racordare (fig. 4.57, b), în funcție de forma piesei.

La forjarea mecanică, îndoirea se execută aproape în exclusivitate numai cu dispozitive de îndoire.

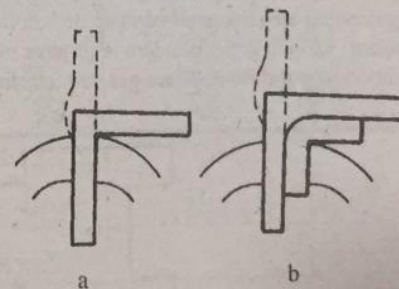


Fig. 4.57. Variante de îndoire la forjarea manuală.

4.4.5. Tăierea. Tăierea reprezintă detașarea unei părți din piesa forjată sau separarea a două piese forjate împreună (fig. 4.58). Operațiile de tăiere sunt:

- 1 – crestarea, care este îndepărtarea unei părți mici;
- 2 – retezarea, care este despărțirea unei bucăți mari;
- 3 – despicarea, care este desfacerea unei părți din material pe o porțiune oarecare;
- 4 – decuparea, care este scoaterea unei bucăți pentru obținerea unei suprafețe cave.

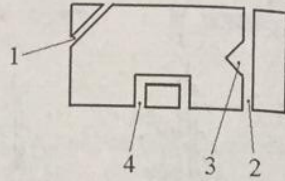


Fig. 4.58. Tăierea.

4.4.6. NTSM-PSI la forjare. În secțiile de forjă trebuie respectate o serie de reguli de protecție a muncii, dintre care amintim:

- operațiile de forjare necesită personal calificat;
- se interzice forjarea metalului supraîncălzit;
- piesa se așază corect pe nicovală;
- ciocanele de forjare se montează corespunzător pe fundație;
- utilajele trebuie întreținute;
- flanșele conductelor trebuie bine strânse;
- supapele trebuie să fie în stare bună;
- utilajele trebuie verificate periodic;
- nu se bagă mâna sub berbec atunci când presa funcționează;
- nu se fac reparații când funcționează utilajul;
- instalațiile de ridicat și transportat trebuie să fie prevăzute cu dispozitive de semnalizare acustică;
- dispozitivele pentru prinderea pieselor să fie prevăzute cu siguranțe pentru evitarea deschiderii;
- piesele grele se transportă cu vagoane de cale ferată;
- piesele mici se transportă în cutii metalice;
- se interzice deplasarea sau staționarea sub sarcini ridicate.

Activitate independentă

Răspundeți la următoarele întrebări:

1. Care sunt operațiile de forjare?
2. Reprezentați schema găuririi pe o placă găurită.
3. Argumentați alegerea unei variante de îndoire.
4. Precizați variantele de întindere la forjarea manuală.
5. Enumerați operațiile de tăiere pentru piesa finită dată în figura 4.59.

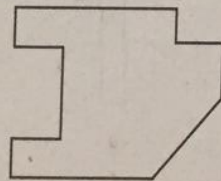


Fig. 4.59.

4.5. Procesul tehnologic de forjare liberă

4.5.1. Desenul piesei forjate. Adaos de prelucrare, adaos tehnologic. Toleranțe dimensionale. Tehnologia de forjare cuprinde următoarele lucrări:

- întocmirea desenului piesei forjate;
- determinarea masei și a dimensiunilor materialului de pornire;
- întocmirea fișei tehnologice și a instrucțiunilor tehnologice speciale.

Desenul piesei forjate se deosebește de cel al piesei finite (fig. 4.60, a). Deosebirea constă în faptul că dimensiunile indicate pe desenul piesei forjate sunt în general și forma piesei forjate să fie cât mai apropiate de cele ale piesei finite, deci adaosul de prelucrare și cel tehnologic să fie cât mai reduse.

Desenul piesei forjate se obține pornind de la desenul piesei finite căruia i se aplică adaosurile de prelucrare și tehnologice.

Adaosul de prelucrare reprezintă diferența dintre dimensiunile piesei forjate și dimensiunile piesei finite și trebuie să corespundă normelor în vigoare.

Adaosul de prelucrare se prevede numai pe suprafețele piesei forjate (fig. 4.60, b), care urmează să fie prelucrate prin așchiere.

Piese mici cu conținut scăzut de carbon au adaosuri de 3–5 mm, iar piesele mari cu conținut ridicat de carbon au adaosuri de 11–12 mm.

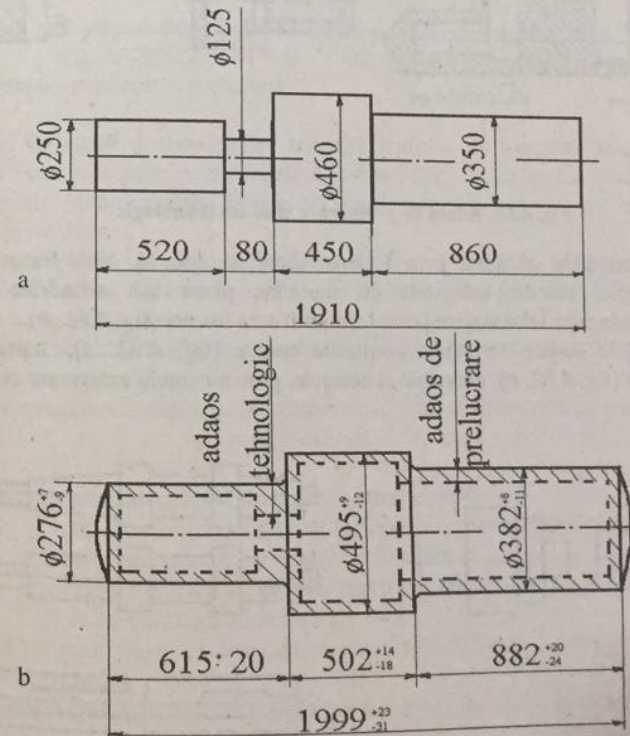


Fig. 4.60. Desenul piesei finite (a) și al piesei forjate (b).

Adaosul tehnologic reprezintă plusul de material pe unele suprafețe din cauza forjării sau plusul de material necesar fixării în mașina-unealtă. Valoric, adaosul tehnologic depinde de utilajele de forjare și utilajele de prelucrare prin așchiere folosite la prelucrarea piesei.

Toleranțele dimensionale de forjare, stabilite conform STAS 2171/2-84, reprezintă abaterile maxime admise față de cotele nominale. Aceste toleranțe sunt prevăzute pentru toate piesele și pe toate suprafețele, indiferent dacă vor fi sau nu prelucrate prin așchiere.

Adaosurile pentru epruvete, necesare încercărilor mecanice, se stabilesc conform dimensiunilor indicate de standardele și normele interne ale întreprinderilor.

Adaosurile de prelucrare, adaosurile tehnologice, toleranțele dimensionale și desenul piesei forjate se stabilesc în funcție de: mărimea și forma piesei, materialul din care se execută și utilajele folosite.

Unele piese au nevoie de adaosuri mari de prelucrare, pentru că dimensiunile prezintă variații mari. De exemplu, în figura 4.61, a este reprezentat semifabricatul unui arbore cotit forjat liber, cu adaos tehnologic între brațe.

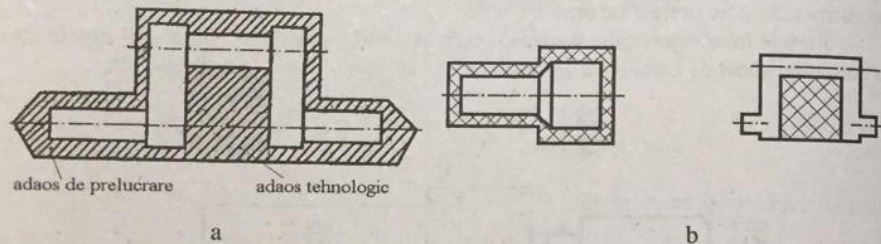


Fig. 4.61. Adaos de prelucrare și adaos tehnologic

Semifabricatele obținute prin forjare liberă trebuie să aibă forme: simple, simetrice, drepte, netede, mărginite de suprafețe plane sau cilindrice. Formele complicate au adaosuri tehnologice pentru simplificarea formei (fig. 4.61, b).

La piesele forjate se evită: porțiunile conice (fig. 4.62, a), suprafețele cu conicitate mare (fig. 4.62, b), nervurile și bosajele, proeminențele exterioare și interioare (fig. 4.62, c).

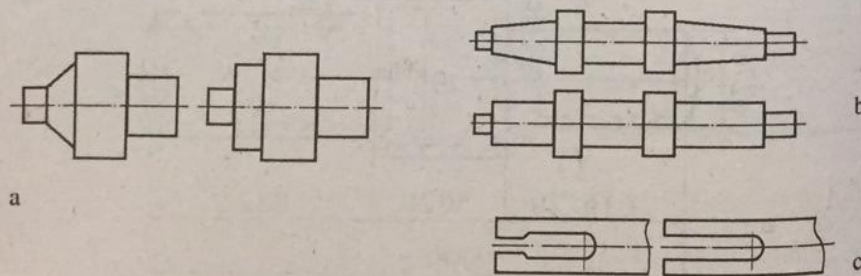


Fig. 4.62. Alegerea formei pieselor forjate.

Toleranțe dimensionale. Dimensiunea nominală N corespunde cu exactitate dimensiunii indicate pe desenul piesei. De exemplu, $N = 1999$ mm (v. fig. 4.60, b).
Dimensiunea efectivă E este dimensiunea reală a piesei executate. Ea se obține prin măsurarea directă a piesei cu un instrument de măsură. De exemplu, $E = 1999,15$ mm.
Abateră efectivă A este diferența dintre dimensiunea efectivă și dimensiunea nominală.

$$A = E - N = 1999,15 \text{ mm} - 1999 \text{ mm} = 0,15 \text{ mm}.$$

Dimensiunile limită sunt cele două dimensiuni extreme pe care le poate avea piesa. Între aceste două dimensiuni poate varia dimensiunea efectivă a piesei:

$$- \text{dimensiune limită maximă } L_{max} = 1999,23 \text{ mm};$$

$$- \text{dimensiune limită minimă } L_{min} = 1998,69 \text{ mm}.$$

Abaterile limită sunt cele două abateri extreme de la dimensiunea nominală pe care le poate avea piesa. Deci abaterea efectivă poate varia între aceste abateri limită, care sunt:

$$- \text{abaterea superioară } A_s = L_{max} - N = 1999,23 \text{ mm} - 1999 \text{ mm} = 0,23 \text{ mm};$$

$$- \text{abaterea inferioară } A_i = L_{min} - N = 1998,69 \text{ mm} - 1999 \text{ mm} = -0,31 \text{ mm}.$$

Toleranța este diferența dintre dimensiunea limită maximă și dimensiunea limită minimă:

$$T = L_{max} - L_{min} = 1999,23 \text{ mm} - 1998,69 \text{ mm} = 0,54 \text{ mm}.$$

Toleranța mai poate fi exprimată prin diferența dintre abaterea superioară și abaterea inferioară:

$$T = A_s - A_i = 0,23 - (-0,31) = 0,54 \text{ mm}.$$

În cazul ales, dimensiunea efectivă este între dimensiunile limită:

$$L_{max} = 1999,23 \text{ mm} > E = 1999,15 \text{ mm} > L_{min} = 1998,69 \text{ mm},$$

deci dimensiunea este corect prelucrată.

4.5.2. Calculul dimensiunilor semifabricatului de pornire. Masa și dimensiunile materialului de pornire se determină în funcție de densitatea materialului din care este făcută piesa, volumul piesei forjate, calculat pe porțiuni cu forme geometrice simple și volumul racordărilor.

La masa piesei forjate se adaugă pierderile rezultate prin tăierea capetelor și a bavurilor și din arderi. Funcție de metoda de forjare se stabilesc dimensiunile secțiunii transversale a materialului inițial.

La masa pieselor forjate din lingouri se adaugă greutatea totală a lingoului și masa maselotei și a piciorului.

Masa semifabricatului necesar forjării unei piese se determină cu relația:

$$m_{nec} = m_p + m_d + m_a + m_e + m_r,$$

în care:

m_{nec} este masa materialului necesar pentru o piesă;

m_p - masa materialului pierdut la debitarea maselotei și a piciorului;

m_a - masa materialului consumat prin ardere;

m_e - masa materialului necesar pentru epruvete;

m_r - masa materialului nefolosit (rest).

După calculul masei materialului necesar, se determină volumul și apoi dimensiunile semifabricatului.

Stabilirea dimensiunilor piesei forjate trebuie să fie exactă pentru că:

- o lipsă de material duce la rebuturi;

- o cantitate de material în plus duce la o risipă nejustificată.

• La forjarea prin întindere (arbori, axe sau bare), dimensiunile se stabilesc conform relației:

$$S_{sf} > c S_{max}$$

unde:

- S_{sf} este secțiunea transversală a semifabricatului inițial;
- C – gradul de forjare;
- S_{max} – secțiunea transversală corespunzătoare dimensiunii maxime a piesei forjate.

Pentru semifabricate cu secțiune circulară se calculează diametrul, iar pentru semifabricate cu secțiune pătrată se calculează latura.

Lungimea semifabricatului este: $L = V_{sf} / S_{sf}$ unde V_{sf} este volumul semifabricatului.

• La forjarea prin refulare (discuri, inele, flanșe), dimensiunile se stabilesc conform relației:

$$L/d = 1,25 - 2,5 \text{ sau } L/s = 1,25 - 2,5,$$

unde:

- L este lungimea semifabricatului;
 - D – diametrul semifabricatului;
 - S – latura semifabricatului pătrat.
- Se calculează: – diametrul secțiunii rotunde;
– latura secțiunii pătrate.

4.5.3. Fișa tehnologică de forjare. Operațiile de forjare pentru obținerea piesei forjate. Fișa tehnologică de forjare, documentul de bază pentru execuția pieselor prin forjare sau matrițare, cuprinde:

- succesiunea operațiilor și fazelor de forjare de la semifabricatul brut până la piesa forjată;
- utilajele ce urmează să fie folosite;
- sculele, dispozitivele și verificatoarele ce urmează să fie folosite;
- regimul de încălzire, de forjare și de răcire a materialului;
- analiza tehnico-economică a procedurii ales;
- condițiile de control tehnic, de calitate interfazic și final.

Tehnologia corectă de forjare implică un consum minim de material, combustibil, manoperă de forjare și de prelucrare ulterioară prin așchiere.

Fișa tehnologică se întocmește în funcție de condițiile locale de forjare sau matrițare și de gradul de tehnicitate ale întreprinderii. Indicațiile incluse în fișa tehnologică trebuie respectate cu strictețe. Nerespectarea lor constituie o abatere de la disciplina muncii și se răsfrânge negativ asupra calității produselor forjate și asupra productivității muncii.

La întocmirea fișei tehnologice se ține seama de: felul producției (individuală, serie mică, serie mijlocie); materialele (natură, formă și dimensiuni) prelucrate; utilajele; sculele; dispozitivele; mijloacele de manipulare, transport; instalațiile de încălzire.

Instrucțiunile tehnologice speciale care însoțesc fișa tehnologică, pentru piese importante sau în serie, sunt:

- regimul de încălzire- temperatura, timpul de încălzire, tipul cuptorului, modul de așezare a pieselor în cuptor;
- reîncălzirea metalului între operațiile de forjare;
- regimul de răcire după forjare- viteza, timpul, mediul de răcire;
- tratamentele termice aplicate pieselor forjate.

Operațiile de forjare pentru obținerea pieselor forjate. Operațiile de forjare, operațiile auxiliare și utilajele necesare se stabilesc în funcție de configurația și dimensiunile semifabricatului și ale piesei forjate.

În figurile 4.63, 1 – 6 sunt indicate operațiile de forjare pentru obținerea arborelui cotit din figura 4.63, 6. Acestea sunt:

- 1 – *retezarea* – din țagă, material inițial la forjare cu secțiune pătrată, se taie o porțiune din care se va prelucra prin forjare arborele cotit;
- 2 – *tăierea* – se face creștarea pentru alungirea capetelor;
- 3 – *întinderea capetelor* – din secțiunea în formă de patrulater de la început, se obține o secțiune poligonală;
- 4 – *rotunjirea capetelor*;
- 5 – *decuparea* – scoaterea unei bucăți din material pentru obținerea manetonului;
- 6 – *rotunjirea manetonului*.

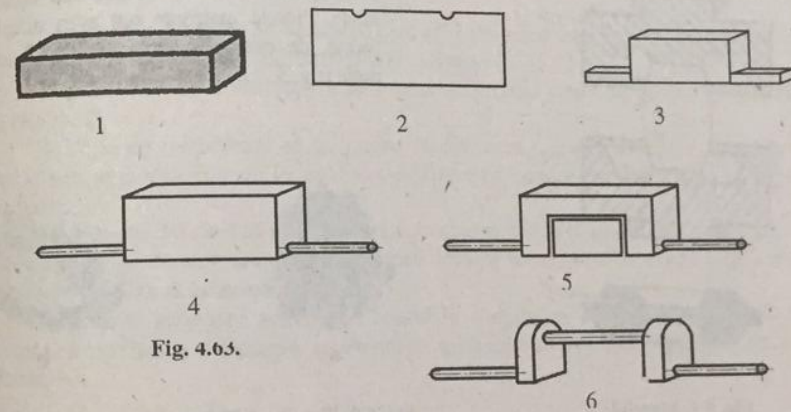


Fig. 4.63.

Activitate independentă

Răspundeți la următoarele întrebări:

1. Stabiliți procesul tehnologic de forjare aplicat semifabricatului din figura 4.64, a pentru obținerea arborelui cotit din figura 4.64, b.
2. Definiți adaosul de prelucrare și adaosul tehnologic.

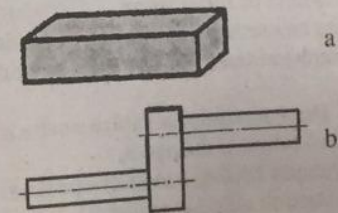


Fig. 4.64.

5. MATRIȚAREA

5.1. Definiție. Avantaje față de forjare

Matrițarea este procedeul de prelucrare prin lovire sau presare a metalelor și aliajelor, la care materialul se deformează simultan în întreg volumul.

Este o deformare plastică la cald, cu o sculă, numită *matriță*, care are o cavitate asemănătoare cu profilul piesei.

Matrița (fig. 5.1) este alcătuită din: matrița superioară 1, matrița inferioară 2, cavitățile 3 și 4, piesa 5 care va avea în final forma cavităților.

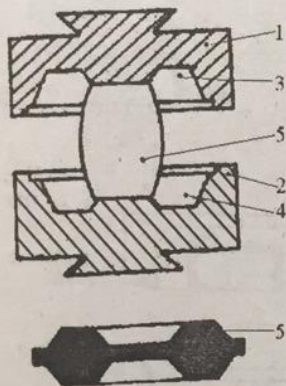


Fig. 5.1. Matriță.

Materialele folosite pentru matrițe sunt oțeluri carbon de scule sau oțeluri aliate. Piesele matrițate pot avea diferite forme, de exemplu, capac (fig. 5.2, a), dulie (fig. 5.2, b).



Fig. 5.2. Piese matrițate: a - capac; b - dulie.

Avantajele matrițării, în comparație cu forjarea liberă, sunt:

- productivitate ridicată, de zeci, sute de ori;
- uniformitate și precizie a pieselor;
- toleranțele de execuție a pieselor de trei ori mai mici ca la cele forjate;
- adaos de prelucrare mai mic;
- obținerea unor piese cu formă complexă;
- manoperă de prelucrare prin așchiere scăzută;
- timp de prelucrare prin așchiere mai mic;
- consum de metal scăzut;
- nu este nevoie de muncitori cu calificare mare;
- caracteristici fizico-mecanice superioare.

Dezavantajele matrițării sunt:

- cost ridicat al matrițelor;
- greutate limitată a pieselor care pot fi matrițate (maximum 350 kg);
- dotare cu utilaje specializate.

La un număr mic de piese (domeniul 1 din figura 5.3) se utilizează forjarea, deoarece prețul este mai mic și nu matrițarea.

La producția de serie (domeniul 2 din figura 5.3), matrițarea este un procedeu mai economic decât forjarea. Numărul critic n_c , pentru trecerea de la forjare (domeniul 1) la matrițare (domeniul 2), depinde de forma și mărimea pieselor și de gradul de tehnicitate a întreprinderii. Piese mari care nu pot fi matrițate, se forjează indiferent de mărimea seriei.

După modul de execuție, matrițarea poate fi deschisă sau închisă.

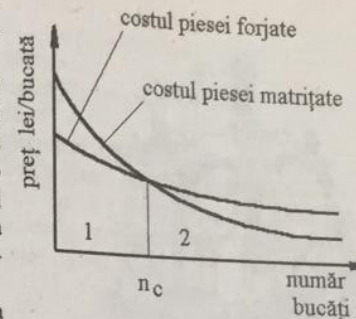


Fig. 5.3. Graficul costului.

5.2. Matrițarea deschisă

Matrițarea deschisă se caracterizează prin formarea unei bavuri, care reprezintă un deșeu și necesită un plus de material și de manoperă

După modul de construcție a matrițelor, matrițarea deschisă poate fi unilaterală sau bilaterală.

Matrițarea unilaterală se utilizează la obținerea pieselor simple și cu înălțime mică. Piesa se obține într-un locaș (locaș de finisare), care se execută numai în matrița inferioară.

Matrițarea bilaterală se utilizează la obținerea pieselor de forme complicate, cu înălțimi mari și cu nervuri. Piesa se obține într-un locaș care se execută în ambele matrițe (inferioară și superioară),

Avantajul matrițării unilaterale constă în simplitatea construcției matrițelor; în schimb, la matrițarea unilaterală, consumul de material este mai mare decât la matrițarea bilaterală.

5.3. Matrițarea închisă

Matrițarea închisă nu formează bavură sau este foarte mică în comparație cu matrițarea deschisă. Se utilizează la mașini orizontale de forjat, ciocane, prese cu fricțiune.

Avantajele și dezavantajele celor două procedee de matrițare sunt:

- matrițarea deschisă permite execuția unei game mari de piese, după forma acestora;
- matrițarea deschisă permite folosirea semifabricatelor oxidate la încălzire, iar matrițarea închisă impune semifabricate fără oxizi (înainte de matrițare semifabricatele sunt curățite de oxizii de la încălzire);
- matrițarea deschisă, datorită canalului de bavură, permite utilizarea semifabricatelor diferite ca volum, iar matrițarea închisă necesită semifabricate cu dimensiuni exacte;
- matrițarea deschisă, datorită bavurii, necesită o forță de apăsare mai mare decât matrițarea închisă;
- consumul de material și de manoperă necesare prelucrării prin așchiere sunt mai mari la matrițarea deschisă.



Fig. 5.4. Ciocan matrițor.

Matrițarea la ciocane. Dintre utilajele folosite la matrițare, ciocanele reprezintă utilajele cu cea mai largă aplicabilitate. Ele nu sunt prevăzute cu extractoare, de aceea se utilizează matrițarea deschisă.

Matrițarea la ciocane se folosește pentru:

- producția în serie;
- piese care au masa de 0,1-1000 kg;
- piese cu forme complexe;
- piese cu schimbări mari ale secțiunilor;
- piese cu nervuri care se obțin în locașuri adânci.

Semifabricatul este sub formă de: bare laminate, profile, semifabricate obținute prin forjare liberă.

Se utilizează ciocanul matrițor cu dublu efect (fig. 5.4).

5.4. Debavurarea și perforarea

Pentru ca forma (cavitatea) să fie bine umplută, volumul materialului introdus în matriță se alege mai mare decât cel al piesei. Surplusul de metal este înlăturat lateral într-o cavitate specială a matriței, numită **bavură**.

Locașul de bavură preia surplusul de material provenit din toleranțele de laminare ale semifabricatului și din abaterile de la debitare. Bavura se formează la închiderea celor două matrițe și determină umplerea corectă a locașului de finisare. În figura 5.5 este reprezentat locașul unilateral al bavurii, care are următoarele elemente componente: pragul 1, canalul de bavură 2, bavura 3, matrița superioară 4, matrița inferioară 5. Cunoscând înălțimea pragului h , lungimea pragului l și felul matriței se poate calcula volumul locașului bavurii:

$$V = p_m \cdot A,$$

unde:

p_m este perimetrul mediu al bavurii;

A - suprafața transversală.

Locașul bavurii înconjoară tot perimetrul locașului de finisare în planul de separație, care trebuie să asigure extracția ușoară a piesei în direcția loviturii.

Planul de separație trebuie să fie o linie dreaptă, de preferință, pentru a asigura precizia ridicată a piesei, creșterea duratei în exploatare a matriței și reducerea costului. În figura 5.6, *a*, planul de separație este drept (reduce costul matriței, crește costul prelucrării prin așchiere), iar în figura 5.6, *b*, planul de separație este frânt (crește costul matriței, scade volumul de muncă prin așchiere).

După matrițare, piesele sunt supuse unor operații de debavurare, curățire, îndreptare, calibrare etc.

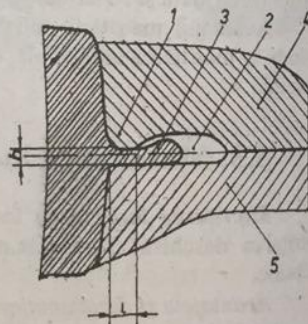


Fig. 5.5. Bavura și canalul de bavură.

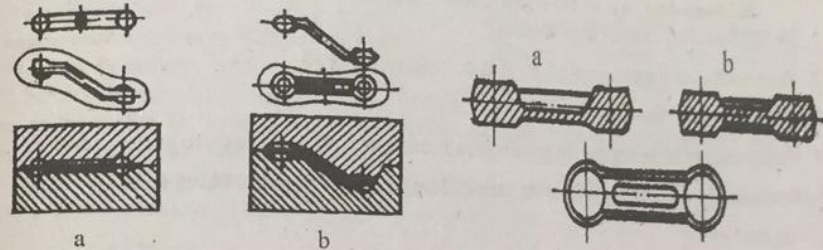


Fig. 5.6. Pârghie încovoiată.

Fig. 5.7. Planul de separație a unei piese matrițate.

Perforarea este prelucrarea găurilor prin detașarea unei părți de material din interiorul piesei, după un contur închis. Se execută cu ștanța, reprezentată în figura 5.8. Ștanța are poansonul 1, care apasă cu forța F asupra semifabricatului 3, așezat pe placa activă 2. Între poanson și placa de tăiere se prevede un anumit joc, stabilit în funcție de grosimea semifabricatului. Piesa obținută este reprezentată în figura 5.7, *b*.

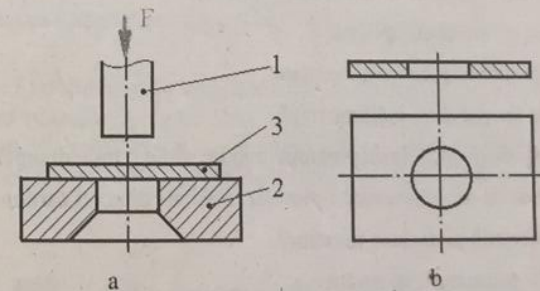


Fig. 5.8. Schema perforării: a - ștanță; b - piesă.

5.5. NTSM-PSI la matrițare

- Personalul calificat este obligat să: verifice utilajele înainte de începerea lucrului.
- Reparațiile se execută de forjori sau de personalul de întreținere, funcție de natura defectiunii.

- Nicovalele și matrițele se curăță cu aer comprimat sau cu peria, nu cu mâna liberă.
- Piesa trebuie așezată corespunzător pe nicovală.
- Ciocanele de matrițare se montează corect, pentru a diminua vibrațiile.
- Pedala de comandă trebuie să fie prevăzută cu apărătoare.
- Pârghia de acționare a ciocanului trebuie să fie prevăzută cu dispozitiv de siguranță.
- Nicovalele și matrițele trebuie montate corect, fixate prin pene.
- Nu se lucrează cu matrițe încălzite prea puternic.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. În ce constă operația de matrițare?
2. Care sunt avantajele matrițării, față de forjarea liberă?
3. Care este rolul bavurii?
4. Enumerați câteva reguli de protecție a muncii ce trebuie respectate la matrițare.
5. Toleranțele de execuție la matrițare în comparație cu forjarea liberă sunt:
 - a) mai mari;
 - b) mai mici;
 - c) egale.
6. Matrițarea nu se utilizează la:
 - a) producția de unicat;
 - b) producția de serie;
 - c) producția de masă.
7. Matrițarea unilaterală se utilizează la obținerea:
 - a) pieselor cu formă complicată;
 - b) pieselor simple și cu înălțime mare;
 - c) pieselor simple și cu înălțime mică.
8. Argumentați de ce planele de separație trebuie să fie o linie dreaptă.
9. Precizați metoda de debavurare a pieselor matrițate din oțel carbon.
10. Cu ce se execută perforarea pieselor?
11. Nicovalele și matrițele se curăță cu:
 - a) aer comprimat sau cu peria;
 - b) cu mâna liberă;
 - c) cu cârpa.
12. Pedala de comandă este prevăzută cu apărătoare?
 - a) Da
 - b) Nu

6. ALTE PROCEDEE DE DEFORMARE PLASTICĂ A METALELOR ȘI ALIAJELOR

6.1. Laminarea

Laminarea este procedeul de prelucrare prin deformare plastică a metalelor la cald sau la rece, realizat prin trecerea forțată a acestora prin spațiul dintre doi cilindri care se rotesc în sensuri contrare.

Schema procesului de laminare este prezentată în figura 6.1, a. Semifabricatul, un lingou cu grosimea H , lungimea L și lățimea B , se introduce între cilindrii 1 și 2. Produsul care rezultă are dimensiunile h , l și b .

Semifabricatele, folosite inițial în procesul de laminare, sunt: lingouri, bare (blocuri) turnate continuu, produse laminate în prealabil etc.

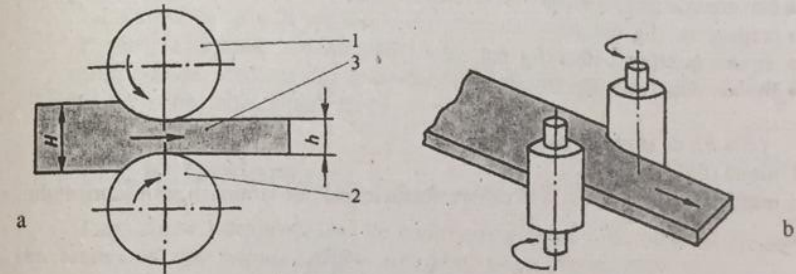


Fig. 6.1. Schema laminării: a - cilindri orizontali; b - cilindri verticali.

Profilele (fig. 6.2) obținute prin laminare sunt: a - blum (latura 150–400 mm), b - oțel pătrat cu colțuri rotunjite, c - țagă (latura 40–140mm), d - oțel rotund, e - oțel lat, f - oțel triunghiular, g - oțel oval, h - oțel semirotond, i - oțel segment, j - oțel comier, l - oțel U, m - oțel I, n - oțel T, o - șină, p - oțel Z, r - oțel pentru stâlpi.

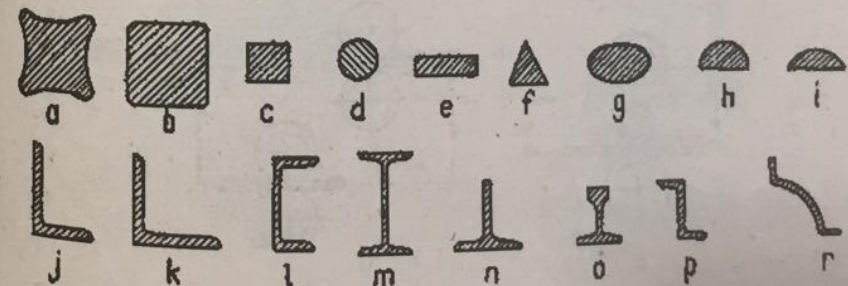
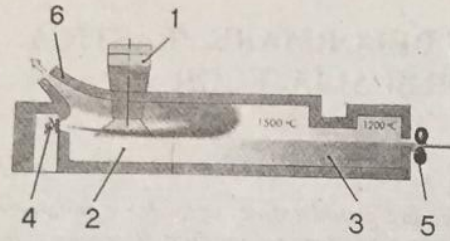


Fig. 6.2. Profile laminate.

Încălzirea materialului pentru laminare se face în cuptoare cu propulsie (fig. 6.3) sau cuptoare în sol.



Instalația din figura 6.3 este alcătuită din: rezervor rotativ de alimentare 1, zonă de fuziune 2, zonă de răcire 3, arzător 4, laminor 5, gură de evacuare a gazelor 6.

Fig. 6.3. Instalație de încălzire înainte de laminare.

Principalul utilaj folosit la laminare se numește laminor. Laminorul este un sistem de mașini care servește atât la realizarea procesului de deformare plastică, cât și a operațiilor ajutoare, necesare la fabricarea laminatelor.

Cilindrii laminorului pot fi orizontali, ca în figura 6.1, a sau verticali, ca în figura 6.1, b.

Utilajele pentru laminare sunt:

- laminor duo ((fig. 6.4, a);
- laminor trio (fig. 6.4, b);
- laminor cu cilindru liber (fig. 6.4, c);
- laminor dublu duo (fig. 6.4, d).

Cilindrii de laminare pot fi:

1. netezi (fig. 6.5, a);
2. profilați (fig. 6.5, b) cu 1-16 calibre notate în ordinea laminării semifabricatului.

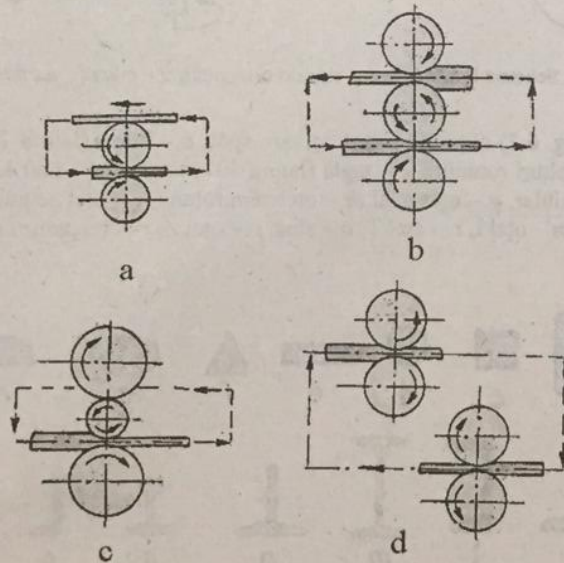


Fig. 6.4. Utilaje pentru laminare.

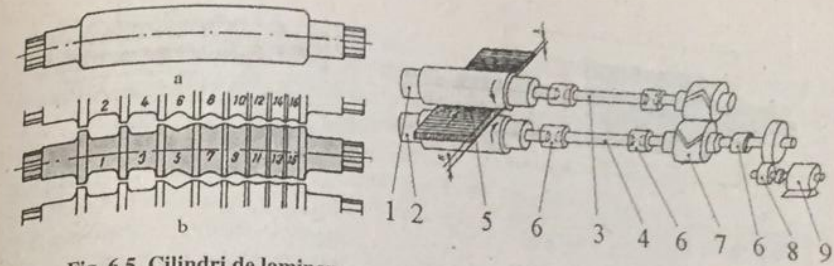


Fig. 6.5. Cilindri de laminor.

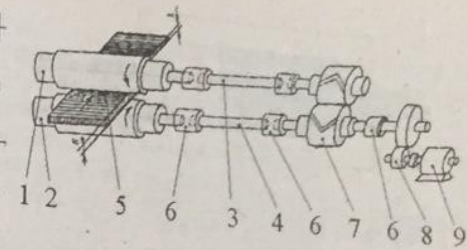


Fig. 6.6. Laminor cu cilindri orizontali.

Laminorul cu cilindri orizontali (fig. 6.6) este alcătuit din: cilindri de laminare 1 și 2, bare de cuplare 3 și 4, piesă de prelucrat 5, cuplaje 6, reductor 7, roți dințate 8, motor electric 9; grosimea înainte de laminare H , grosimea piesei după laminare h .

Laminorul din figura 6.7 este alcătuit din: cilindri de laminare orizontali 1 și 2, rolă de apăsare 3, dispozitive de ridicare și coborâre pentru schimbarea materialului 4 și 5, corpul laminorului 6, A - intrarea produsului pentru laminare, B - ieșirea profilului.

Laminorul cu cilindri verticali este reprezentat în figura 6.8.

Produsele obținute prin laminare sunt:

- semifabricate, rezultate din laminarea lingourilor de oțel;
- finite: profile, table, benzi, sârmă, țevi.

6.2. Extrudarea

Extrudarea este procedeul de prelucrare plastică a metalelor și aliajelor prin care materialul este împins printr-o matriță care-i micșorează secțiunea.

Deformarea plastică nu se produce deodată în tot volumul, ci pe măsura intrării semifabricatului în zona de deformare. În funcție de direcția și sensul de curgere a materialului ce se extrudează, extrudarea poate fi: directă (fig. 6.9, a), inversă (fig. 6.9, b) sau combinată (fig. 6.9, c).

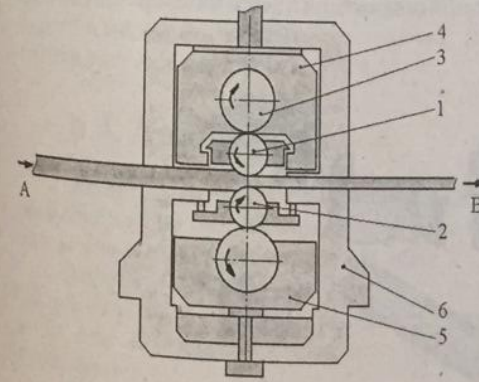


Fig. 6.7. Laminor orizontal.

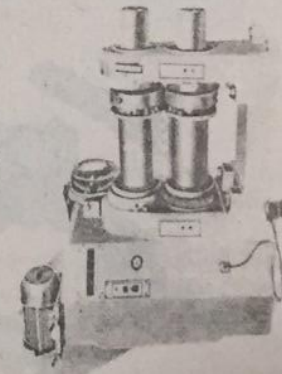


Fig. 6.8. Laminor vertical.

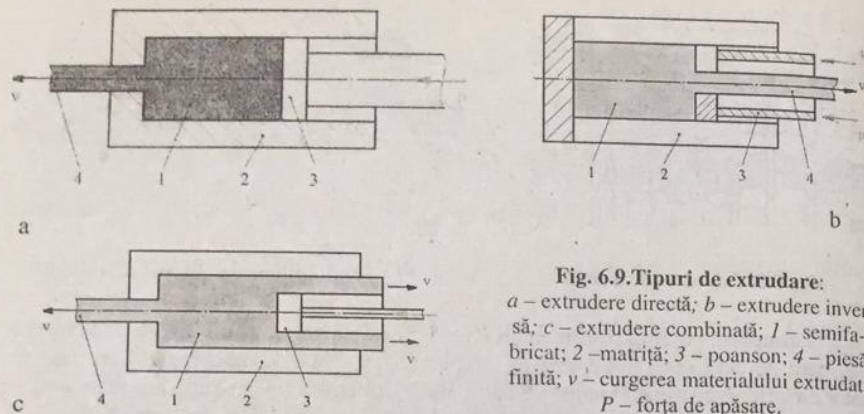


Fig. 6.9. Tipuri de extrudare:
a - extrudare directă; *b* - extrudare inversă; *c* - extrudare combinată; 1 - semifabricat; 2 - matrită; 3 - poanson; 4 - piesă finită; *v* - curgerea materialului extrudat; *P* - forța de apăsare.

Semifabricatul inițial 1, cu secțiunea rotundă, se introduce în matrită 2. Poansonul 3 apăsă cu forța *P* asupra materialului care este forțat să treacă prin orificiul cu secțiunea și dimensiunile dorite din matrită. Rezultă semifabricatul sau piesa finită 4. La extrudarea indirectă materialul curge în sens invers față de poanson, iar la extrudarea combinată materialul curge simultan în ambele sensuri.

Extrudarea directă se utilizează la obținerea semifabricatelor sau profilelor cu secțiune plină, extrudarea inversă la piese și semifabricate tubulare, iar extrudarea combinată este impusă de forma anumitor piese.

În funcție de scopul urmărit, extrudarea metalelor și aliajelor se aplică pentru:

- obținerea pieselor finite sau a profilelor complicate (fig. 6.10), care nu pot fi realizate prin alte procedee de prelucrare plastică (laminare, forjare);
- obținerea pieselor finite sau a profilelor complicate, care se pot prelucra și prin alte procedee, dar care se execută mai economic prin extrudare.

Produsele obținute prin extrudare sunt: bare rotunde sau profilate, țevi, butelii, recipiente pentru gaze, produse alimentare și cosmetice, recipiente bimetalici.

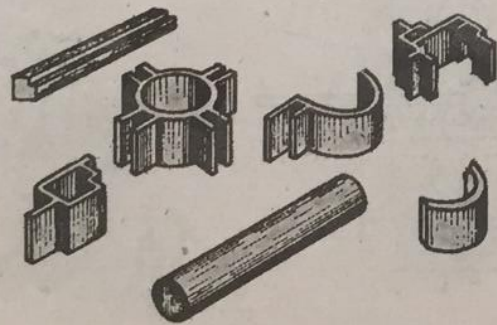


Fig. 6.10. Produse extrudate.

6.3. Tragerea și trefilarea

Tragerea este procedeul de prelucrare prin deformare plastică ce constă în trecerea forțată a materialului, prin deschiderea unei matrite a cărei secțiune este mai mică decât secțiunea inițială a materialului, sub acțiunea unei forțe de tracțiune.

În figura 6.11 este reprezentată schema tragerii. Semifabricatul inițial 2 este introdus în matrită 1 și este tras cu ajutorul forței de tracțiune *F*. Prin tragere se produce o reducere a secțiunii materialului și o alungire.

Semifabricatele care se pot prelucra prin tragere sunt oțelul și aliajele neferoase (Cu și aliajele de Cu, Zn și aliajele de Zn, Al și aliajele de Al).

Produsele obținute prin tragere sunt:

- profilele simple și complexe;
- profilele speciale;
- barele trase dintr-un produs laminat la cald;
- barele calibrate la rece;
- țevile cu pereți subțiri;
- sârmele, arborii canelați, penele, ghidajele etc.

Prin tragere, materialul se ecruisează puternic, deci crește duritatea și scade plasticitatea. Înlăturarea ecruisării se face tratând termic piesele, după tragere.

Suclele utilizate în procesul de tragere sunt matritele, confecționate din oțel de scule sau aliaje dure. Tragerea se realizează pe bancuri de tragere (pentru bare, țevi, profile) și pe instalații de trefilare (pentru sârme). Bancurile de lucru pot avea mai multe matrite, care reduc treptat dimensiunea, aducând-o la cota finală.

Trefilarea este tragerea sârmelor cu scule numite filiere.

Sârmele sunt produse cu diametrul mai mic decât 10 mm.

Trefilarea se execută la rece, prin mai multe treceri, printr-o serie de filiere, ale căror orificii se micșorează treptat, în funcție de diametrul inițial și cel final. Trefilarea se execută pe trefiloare. Schema trefilării este reprezentată în figura 6.12.

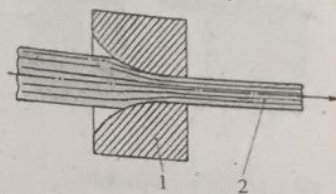


Fig. 6.11. Schema tragerii.

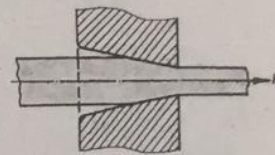


Fig. 6.12. Schema trefilării.

6.4. Ambutisarea

Ambutisarea (fig. 6.13) este operația de modificare a unui semifabricat plan în piesă cavă sau de transformare a unei piese cave în altă piesă cavă cu adâncime mai mare și dimensiuni transversale mai mici.

Semifabricatul 3 este așezat pe placa de ambutisare 1. Poansonul 2 apăsă cu forța *F* și rezultă piesa 4. Elementul de apăsare 5 presează marginile semifabricatului pentru a nu se cuta la exterior. Deformarea se execută fără sau cu modificarea grosimii semifabricatului.

Schema ambutisării în operații succesive este prezentată în figura 6.14.

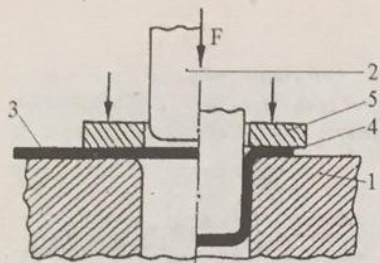


Fig. 6.13. Schema ambutisării.

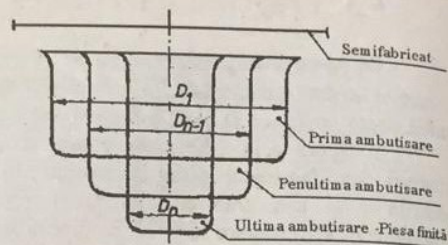


Fig. 6.14. Schema ambutisării în operații succesive.

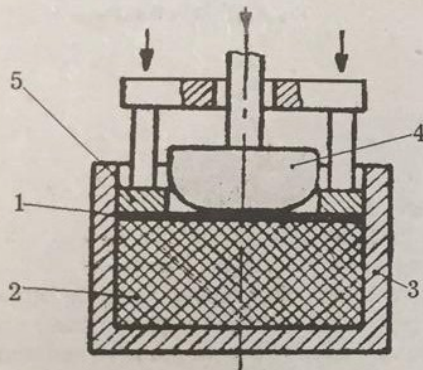


Fig. 6.15. Ambutisare în matriță din cauciuc.

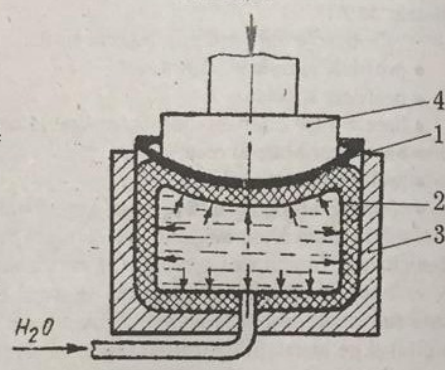
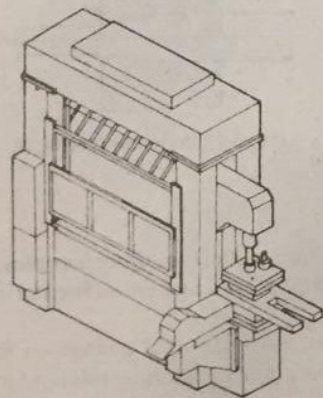


Fig. 6.16. Ambutisare hidraulică.



Pentru deformarea tablelor subțiri se aplică ambutisarea cu cauciuc (fig. 6.15) sau ambutisarea hidraulică (fig. 6.16), alcătuite din: cauciuc 2, corpul matriței 3, poanson 4,inel de strângere 5, semifabricat 1. La apăsarea poansonului, cauciucul se deformează, iar semifabricatul ia forma acestuia.

Utilajul de ambutisat este presa mecanică din figura 6.17.

Fig. 6.17. Presă de ambutisat.

6.5. NTSM-PSI specifice

- Utilajele trebuie amplasate rațional pentru a nu stânjeni pe muncitori.
- Locul de muncă trebuie să fie iluminat corespunzător.
- Muncitorul trebuie să fie instruit în vederea cunoașterii măsurilor de tehnică a securității muncii.
- Muncitorul trebuie să poarte îmbrăcăminte de protecție, mănuși, ochelari de protecție.
- Înainte de lucru se verifică starea mașinilor, instalațiilor, sculelor.
- Trebuie să se evite loviturile în gol asupra matrițelor, pentru a nu se fisura.
- Piesele se scot din matriță numai după ce s-a oprit utilajul.
- Organele în mișcare trebuie să fie îngrădite.
- Laminatale și semifabricatele trebuie stivuite corect, pentru a nu se dărâma.
- Nu se introduce mâna în spațiul de lucru în timpul executării operațiilor.

Activitate independentă

1. Care sunt profilele obținute prin laminare?
2. În ce constă deformarea plastică prin laminare?
3. Care este diferența între un blum și oțagă?
4. Câți cilindri are un laminor dublu duo
5. Specificați numărul de calibre pentru un cilindru de laminare profilat?
6. Enumerați produsele finite obținute prin laminare.
7. Precizați cum se produce deformarea plastică la extrudare.
8. Care sunt produsele obținute prin extrudare?
9. Cât este diametrul maxim al poansonului față de diametrul interior al matriței la extrudarea directă, dar la extrudarea combinată?
10. Definiți trefilarea.
11. Enumerați produsele obținute prin tragere.
12. Trefilarea se execută:
 - a) la rece;
 - b) la cald.
13. Descrieți procedeul de ambutisare.
14. Ambutisarea cu cauciuc se utilizează pentru table:
 - a) subțiri;
 - b) cu grosime mare;
 - c) cu grosime foarte mare.
15. Identificați elementele componente ale presei de ambutisat din figura 6.17.
16. Precizați câteva norme de protecție a muncii la extrudare și la laminare.
17. Când se scot piesele din matrițe?

Test de evaluare

Tema: Deformarea plastică a metalelor și aliajelor

1. Indică varianta corectă:

1.1. Matrițele sunt:

- a) scule de bază;
- b) scule auxiliare;
- c) dispozitive.

1.2. Piesele forjate trebuie să aibă suprafețele:

- a) simple;
- b) complexe;
- c) conice.

1 punct

2. Stabilește corespondența dintre elementele celor două coloane:

- | | |
|---------------------------------|------------------------|
| a) debitare | a) cuptor cu propulsie |
| b) încălzire | b) țagă |
| c) tragerea sârmelor | c) trefilare |
| d) profil obținut prin laminare | d) suflai |

1 punct

3. Completează spațiile libere:

3.1. Matrișarea este.....prin.....a metalelor și aliajelor.

1 punct

3.2. Ambutisarea este.....de modificare a unui semifabricat în piesă

1 punct

4. Menționează:

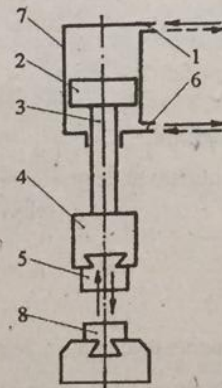
4.1. Procedeele de deformare plastică.

1 punct

4.2. Operațiile de forjare.

1 punct

5. Identifică utilajul din figura de mai jos și precizează părțile componente. 2 puncte



Se acordă un punct din oficiu. Timpul de lucru este de 30 minute.

Procedee tehnologice de asamblare prin sudare

7. SUDABILITATEA

Sudabilitatea este capacitatea unui metal sau aliaj de a forma îmbinări sudate de bună calitate care să satisfacă condițiile cerute în exploatare.

Aptitudinea de sudare a unui material este condiționată de următorii factori: compoziția chimică, modul de elaborare și de turnare, prelucrări termice ulterioare etc. Siguranța de sudare cuprinde proprietățile materialului, condițiile de sudare, soluțiile constructive și concepția îmbinărilor sudate.

7.1. Factori care influențează sudabilitatea

Factorii care influențează sudabilitatea unui oțel sunt de natură metalurgică, constructivă, tehnologică etc.

Dintre factorii de natură metalurgică se menționează: compoziția chimică a metalului sudat, starea metalului, procedeul de elaborare a metalului de sudat, conținutul de gaze, tratamentele termice aplicate înainte de sudare etc.

Factorii de natură tehnologică sunt cei mai numeroși și în acest sens se menționează: procedeul și regimurile de sudare aplicate la executarea construcției sudate, regimul termic, succesiunile de sudare a rândurilor și a cusăturilor, modul de combatere a tensiunilor interne etc.

Dintre factorii de natură constructivă, se menționează: grosimea metalului de sudat, locul sudurii în ansamblul construcției, modul cum este exploatată îmbinarea.

Măsurile necesare pentru creșterea sudabilității sunt: alegerea metodei de elaborare a oțelului, alegerea tipului semifabricatului, alegerea metodei de sudare, alegerea poziției de sudare, folosirea preîncălzirii, sudarea peste temperatura de 5°C, nu se sudează în vânt sau în ploaie, alegerea metalului de adaos.

7.2. Clasificarea oțelurilor după sudabilitate

Din punctul de vedere al sudabilității, oțelurile se împart în:

- oțeluri ușor sudabile, care conțin până la 0,25% C și se sudează obișnuit;
- oțeluri cu sudabilitate medie, care conțin până la 0,60% C și se sudează în funcție de tipul de oțel;
- oțeluri greu sudabile, care conțin mai mult de 0,60% C sau sunt aliate cu siliciu, nichel, wolfram și care micșorează sudabilitatea.

Oțelurile cu conținut redus de carbon, OL 37, OL 42 și OL 50, se sudează ușor. Sudabilitatea lor crește cu scăderea conținutului de carbon. Oțelurile cu conținut mai ridicat de carbon, OL 60, OL 70 și oțelurile aliate, au tendința de a se fisura la sudare. Fisurile pot fi combătute printr-o încălzire prealabilă, prin folosirea unor electrozi

potrivii sau prin tratamente termice. Oțelurile înalt aliate se sudează cu arc electric, pentru că apar tensiuni interne.

7.3. Sudabilitatea altor metale și aliaje

Metalele și aliajele care se sudează greu sunt:

- fonta, care se sudează cu preîncălzire la 600°C, deoarece conținutul înalt de carbon provoacă fisurarea;
- metalele neferoase obișnuite (plumb, zinc, nichel), care se sudează prin procedee cu flacără;
- aluminiul și aliajele de aluminiu, care se sudează în mediu de gaz inert sau cu preîncălzire;
- cuprul și aliajele de cupru, care se sudează în mediu de gaz inert sau cu preîncălzire;
- titanul și aliajele de titan, care se sudează numai în mediu de gaz inert;
- metalele rare (niobiu, beriliu, uraniu), care se sudează în vid înaintat sau în mediu de gaz inert;
- metalele greu fuzibile (molibden, wolfram), care se sudează în mediu de gaz inert cu electrod de wolfram, cu plasmă sau cu fascicul de electroni.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Enumerați factorii care influențează sudabilitatea.
2. Clasificați oțelurile din punct de vedere a sudabilității.
3. Care sunt măsurile necesare pentru creșterea sudabilității?
4. Alegeți tipul de sudare pentru aluminiu.
5. De ce se sudează fonta cu preîncălzire?
6. Precizați procedeele de sudare pentru metalele neferoase.
7. Care sunt metalele greu fuzibile și cum se sudează ele?
8. Cum se sudează oțelul OL37, dar OL70?
9. Argumentați de ce oțelurile înalt aliate se sudează cu arc electric?
10. Precizați metodele prin care pot fi combătute fisurile care apar la sudare.
11. Titanul și aliajele de titan se sudează:
 - a) baie de țgură;
 - b) în mediu de gaz inert;
 - c) în mediu de gaz activ.

8. SUDAREA CU FLACĂRĂ DE GAZE

8.1. Flacăra de sudare

Sudarea cu flacără de gaze este procedeul de sudare prin topire la care sursa termică este flacăra care rezultă prin arderea unui gaz combustibil în amestec cu oxigenul, la ieșirea din suflaiul de sudare.

În funcție de gazul combustibil folosit, flacăra este:

- *oxiacetilenică* – gazul combustibil este acetilena C_2H_2 ;
- *oximetanică* – gazul combustibil este metanul CH_4 (gazele naturale);
- *oxihidrică* – gazul combustibil este hidrogenul H_2 .

Flacăra de sudare poate fi generată de un gaz combustibil și oxigen O_2 , care este amestecul cel mai des folosit, deoarece dezvoltă o temperatură înaltă de circa 3 150°C și de un gaz combustibil și aer, pentru metale și aliajele cu temperaturi joase de topire. Flacăra de sudare este alcătuită din:

1. *zona foarte redusă* (abia vizibilă), formată din acetilenă și oxigen;
2. *zona nucleului luminos*, formată din oxigen, hidrogen și particule de carbon aprinse, care luminează alb-orbitor;
3. *zona primară* a flăcării cu temperatura cea mai înaltă, formată din amestecul de oxid de carbon și hidrogen, rezultat prin arderea acetilenei cu oxigenul (aici se degajă 40% din căldură). În această zonă se așază piesele de sudat la o distanță de 2-5 mm de la vârful nucleului luminos, temperatura fiind de 3 000-3 150°C. Cu cât piesele sunt situate mai departe de vârful nucleului luminos, cu atât ele se încălzesc mai greu din cauza pierderilor de căldură;
4. *zona secundară* a flăcării, formată din $CO_2 + H_2O$ (aici se produc arderile cu oxigenul din aer, iar temperatura scade), are loc arderea completă a compuşilor ($CO+H_2$);

5. *aerul din mediul înconjurător.*

În figura 8.1 este reprezentată flacăra oxiacetilenică cu cele cinci zone ale ei și variația temperaturii de-a lungul axei flăcării.

Pentru sudare, flacăra oxiacetilenică se reglează astfel încât proporția de oxigen față de acetilenă să aibă diferite valori:

– pentru raportul $O_2 / C_2H_2 = 1,1-1,2$, amestecul este normal, iar flacăra este *neutră* (fig. 8.2, a) și este folosită la sudarea metalelor și aliajelor și la tăiere;

– pentru raportul $O_2 / C_2H_2 < 1,1$, amestecul luminos se mărește, iar flacăra devine *carburantă* (fig.8.2, b.) și este folosită la obținerea topirii superficiale a pieselor;

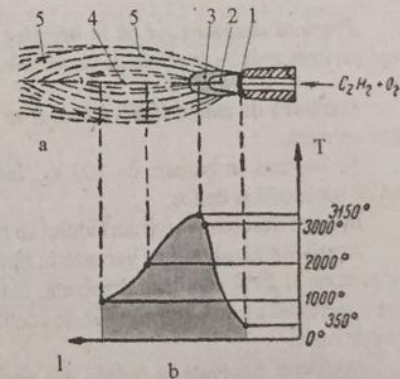


Fig. 8.1. Flacăra oxiacetilenică: a – zonele flăcării oxiacetilenice la ieșirea din suflai; b – curba temperaturilor flăcării pe axa suflaiului.

– pentru raportul $O_2 / C_2 H_2 > 1,2$, nucleul luminos se oxidează, iar flacăra devine oxidantă (fig. 8.2, c) și este folosită la sudarea alamei, la tăiere etc.

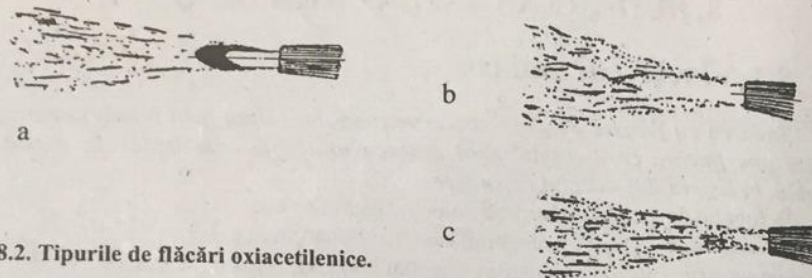


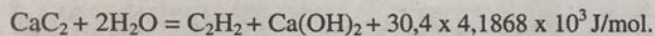
Fig. 8.2. Tipurile de flăcări oxiacetilenice.

Flacăra de sudare se poziționează la 2–3 mm de piesa de sudat, iar vârful suflaiului nu trebuie să atingă piesa pentru că se pot produce întoarceri ale flăcării.

8.2. Gaze folosite la sudare

Gazele combustibile folosite la sudarea cu flacăra sunt: acetilena, gazele naturale, vaporii de gaze lichefiate, hidrogenul etc.

Acetilena C_2H_2 se obține în generatoare de acetilenă din carbid (carbura de calciu) după reacția:



Acetilena este cel mai des folosită, deoarece:

- are temperatura de ardere foarte înaltă, cuprinsă între 3 100–3 200°C;
- are puterea calorică de $12\,600 \times 4,1868 \text{ kJ/m}^3$;
- sudează oțel, fontă, metale neferoase.

Prezintă dezavantajul că în amestec cu oxigen sau aer este explozivă, din care cauză necesită măsuri speciale de securitate.

Carbura de calciu CaC_2 (carbid) se obține din oxid de calciu și cărbune pe cale electrochimică.

Se livrează în butoaie de 100 kg, închise ermetic (butoaie cu carbid) și trebuie ferită de umezeală și de foc.

În urma descompunerii carbidului se produce o mare cantitate de căldură.

Acetilena dizolvată se livrează în butelii speciale care conțin 25% masă poroasă, 40% acetona și 29% acetilenă dizolvată, restul de 6% formează spațiul de siguranță în partea superioară a buteliei. Buteliile de acetilenă dizolvată sunt vopsite în alb și poartă o inscripție roșie.

Acetilena dizolvată în butelii are următoarele avantaje: puritate mare a gazului; securitate în exploatare; posibilitate de folosire în orice loc de muncă.

Vaporii de benzină, de petrol lampant sau de benzen se utilizează la sudarea metalelor ușor fuzibile și la tăiere.

Puterea calorică a vaporilor de benzină este de $30\,000 \times 4,868 \text{ kJ/m}^3$.
Temperatura flăcării amestecului de benzină cu O_2 este de 2 550°C.

Vaporii de benzină se obțin cu suflaiuri prevăzute cu flacăra de preîncălzire, care să vaporizeze lichidul necesar. Aceste suflaiuri prezintă inconvenientul că se deteriorează destul de repede.

Gazele naturale conțin, în general, 94–97% metan, propan, butan, au puterea calorică $8\,500 \times 4,1868 \times 10^3 \text{ J/m}^3$ și temperatura de ardere 2000°C. Gazele naturale se utilizează la sudarea aliajelor ușor fuzibile și la tăiere, datorită costului mai redus față de alte gaze. Sunt foarte explozive în amestec cu aerul.

Vaporii de gaze lichefiate (propan și butan) au putere calorică mică în zona primară a flăcării, obținându-se cantități reduse de căldură. Gazele lichefiate se livrează în butelii de 26 l tip aragaz, vopsite în albastru închis.

Vaporii acestor gaze se folosesc la sudarea aliajelor ușor fuzibile, la tăiere și lipire.

Hidrogenul este cel mai ușor gaz și are puterea calorică mică, de $2\,600 \times 4,1868 \times 10^3 \text{ J/m}^3$, iar temperatura flăcării de hidrogen în amestec cu oxigenul este de 2 200°C.

Se utilizează la sudarea metalelor și aliajelor ușor fuzibile și la sudarea tablelor mai subțiri de 1 mm.

Se livrează în butelii de 40 l, vopsite în verde închis cu inscripție roșie.

Oxigenul industrial este un gaz care întreține arderea și se obține prin distilarea aerului lichid.

Este folosit pentru obținerea temperaturilor înalte, la sudare și tăiere.

Se livrează în butelii de oțel de 40 l, la presiunea de 1500 N/m², vopsite în albastru, pentru a fi recunoscute.

8.3. Metale de adaos și fluxuri

Metalele de adaos necesare pentru sudarea diferitelor metale și aliaje trebuie să corespundă calitativ cu materialul de bază. Compoziția chimică a acestora este apropiată de materialul care se sudează, iar temperatura de topire este egală sau mai mică decât a materialului de bază.

Se livrează sub formă de sârmă în colaci sau în legături de vergele și au diametrul de 0,5–12,5 mm. Tipurile de sârme sunt marcate cu simbolul S (sârmă), urmat de cifre și litere, care indică elementele de aliere și conținutul maxim de carbon.

Exemplu de sârme:

- sârmă de sudură pentru oțel:
 - S10 – sârmă de sudură cu 0,10% C;
 - S10X – sârmă cu o puritate mai înaltă;
 - S12M2 – sârmă de sudură cu 0,12% C și 2% Mn;
 - S12 M2S – sârmă de sudură cu 0,12% C, 2% Mn și 1% Si;
- sârmă de sudură pentru fontă cenușie:
 - se utilizează pentru sudarea fontei la cald;
 - VT-S30 – vergea turnată cu un conținut de 3–5% siliciu;
 - VT-S36 – vergea cu un conținut de 3,6–4,8% siliciu;
 - vergelele au diametrul de 4–14 mm și lungimi de 450–700 mm;
- sârmă de sudură pentru aluminiu:
 - vergele de aluminiu;
- sârmă de sudură pentru cupru:
 - sârmă de cupru electrolitic CuE sau vergele de Cu-Ag cu 1% Ag;
 - vergelele au o lungime de 1 m și diametrul de 4, 5, 6 și 8 mm;

- sârmă de sudură pentru alamă:
 - sârme de 1–3 mm și vergele de 2–8 mm din alamă;
 - se utilizează pentru sudare și lipire.

Sârmele se depozitează în locuri uscate și curate pentru ca să nu se degradeze. Sârmele nu se ung cu ulei sau substanțe organice, deoarece acestea impurifică baia de sudură. Îndreptarea și tăierea sârmelor se vor face în condiții de curățenie. După tăiere și îndreptare, fiecare bară se va șterge cu bumbac curat.

Fluxurile sau fondanții. Fluxurile îndepărtează oxizii formați în timpul sudării și protejează metalul topit împotriva oxidării.

- Fluxurile se livrează sub formă de: pulberi, paste sau lichide.
- Nu se folosesc fluxuri la sudarea oțelurilor obișnuite.
- Se folosesc la sudarea oțelurilor speciale, a metalelor neferoase, a fontei.
- Au temperaturi de topire mai joase decât cele ale materialelor de sudat și afânează metalul topit.
- Se îndepărtează după sudare prin periere, după care asamblarea sudată se spală bine.
- Fluxurile sunt alcătuite din: borax, acid boric, bioxid de siliciu, clorură de sodiu și potasiu.

Cuprul și alama se sudează cu borax amestecat cu acid boric și sare de bucătărie. Un amestec recomandabil de flux este: 60–70% borax, 10–20% acid boric, 20–30% clorură de sodiu.

Aluminiul și aliajele de aluminiu se sudează cu cloruri de litiu, potasiu, sodiu, în amestec cu fluoruri de potasiu sau de calciu, cu borax.

Fonta se sudează cu carbonați de sodiu și potasiu, ca de exemplu: 70% borax topit, 20% clorură de sodiu, 10% acid boric sau 50% borax și 50% acid boric.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

- Indicați zonele flăcării de sudare.
- Explicați importanța zonei primare pentru procesul de sudare.
- Care sunt gazele combustibile utilizate la sudarea cu flacără?
- Explicați modul de obținere a acetilenei.
- Care este rolul fluxurilor în procesul de sudare?
- Enumerați tipurile de sârme folosite.
- Piesele de sudat se așază în intervalul de temperatură de:
 - 1 000–2 000°C;
 - 2 000–3 000°C;
 - 3 000–3 150°C.
- Care este gazul combustibil utilizat la sudarea cu flacără cu puterea calorică cea mai mare?
 - a) acetilena;
 - b) vaporii de benzină;
 - c) gazele naturale.
- Fluxurile nu se utilizează la sudarea:
 - a) oțelurilor obișnuite;
 - b) oțelurilor speciale;
 - c) fontei.

9. UTILAJE PENTRU SUDARE CU FLACĂRĂ DE GAZE

9.1. Generatoare de acetilenă

Generatorul de acetilenă este un aparat în care se obține acetilena în urma reacției dintre carbura de calciu (carbhid) și apă.

În funcție de mărimea atelierelor de lucru, generatoarele de acetilenă pot fi:

- staționare, pentru ateliere mari, cu multe puncte de lucru;
- transportabile – pentru ateliere mici, cu 1–2 puncte de lucru.

În funcție de presiunea de debitare a acetilenei din generator, acestea sunt:

- generatoare de presiune joasă, la care presiunea nominală (presiunea de lucru maximă admisă) nu trebuie să depășească 1 N/cm² (1000 mm H₂O);
- generatoare de presiune medie, cu presiunea nominală peste 1 N/cm², dar care să nu depășească 15 N/cm².

După modul în care se realizează contactul dintre carbhid și apă, generatoarele se clasifică în:

- generatoare cu carbhid în apă, în care carbhidul 1 pătrunde în rezervorul cu apă 2 prin intermediul pârgheiei 4 (fig. 9.1, a). Acetilena rezultată se ridică și trece prin conducta 3 spre locul de întrebuințare;
- generatoare cu apă peste carbhid (fig. 9.1, b);
- generatoare cu inundarea apei (fig. 9.1, c).

După forma colectorului de acetilenă, generatoarele pot fi:

- generatoare cu colectorul de gaze cu clopot colector;
- generatoare cu colectorul de gaze cu vase comunicante;
- generatoare cu colectorul de gaze cu volum constant.

Generatoarele de acetilenă se amplasează în încăperi bine aerisite, la o distanță de cel puțin 10 m de orice foc. Generatoarele se amplasează în încăperi separate de locul de muncă, bine ventilate (pentru evacuarea acetilenei). La 2–3 zile de utilizare, rezervorul generatorului se spală cu apă, iar din trei în trei luni se spală filtrul generatorului și se

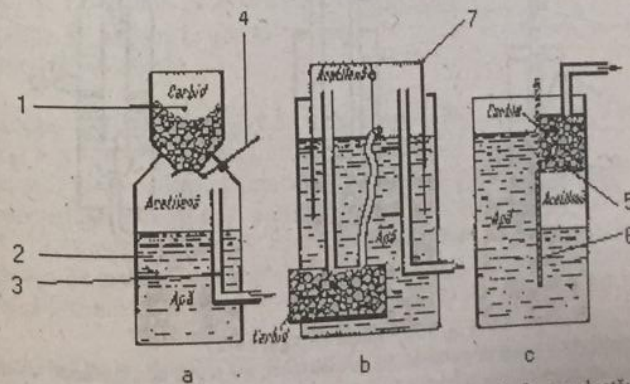


Fig. 9.1. Generatoare de acetilenă: 1 – carbhid; 2 – rezervor cu apă; 3 – conductă; 4 – pârghie; 5 – capac; 6 – perete; 7 – grătar.

înlocuiește cocsul. Periodic se verifică dacă garniturile și înșurubările nu au scăpări de acetilenă. Verificările se execută cu soluții de săpun și se suflă cu aer comprimat. Distanța dintre generator și flacăra de sudare trebuie să fie de minimum 10 m.

Generatoarele centrale de producere a acetilenei se folosesc în cazul unui consum mare, dar nu se fabrică pentru debite de peste 100 m³/h. Când consumul este mare, se leagă paralel două sau mai multe generatoare de același tip, care, în cazul presiunilor medii, generează într-o conductă de aprovizionare a posturilor de sudare. În cazul în care centrala este de presiune joasă, sub 1 N/cm², se prevede un rezervor de captare, de unde gazul, printr-o conductă, este distribuit posturilor de sudare.

9.2. Supape de siguranță, epuratoare, butelii de oxigen și acetilenă, reductoare de presiune

Supapele de siguranță sunt dispozitive destinate opririi trecerii flăcării de întoarcere și a undei de șoc în generatoarele de acetilenă, în recipientele de gaz sau în conductele principale de acetilenă.

Supapele de siguranță pentru acetilenă se execută în următoarele tipuri:

- supapă deschisă cu țevi concentrice pentru presiuni mici (fig. 9.2, a);
- supapă deschisă cu țevi paralele pentru presiuni mici (fig. 9.2, b). Placa supapei permite completarea cu apă, dar nu permite ieșirea acesteia când presiunea acetilenei crește;
- supapă închisă pentru presiuni medii (fig. 9.2, c).

Supapele sunt prevăzute: cu țeavă de admisie gaz combustibil 2, cu un robinet 4 pentru controlul nivelului apei, cu un racord de evacuare 5, cu o gură de golire 6, cu un dispozitiv de închidere 7 pe conducta de admisie a gazului și cu un dispozitiv de reținere a apei. În cazul întoarcerii, presiunea acetilenei evacuează apa și amestecul de gaze explozive prin țeava de siguranță 3, rămânând încă o cantitate de apă la baza țevii de admisie 2 a gazului, care să asigure nepătrunderea amestecului pe țeava de admisie 2. Evacuarea amestecului de gaze explozive se produce integral numai prin țeava de siguranță 3 în aer. La supapele închise, evacuarea amestecului de gaze explozive în aer se face prin spargerea membranei.

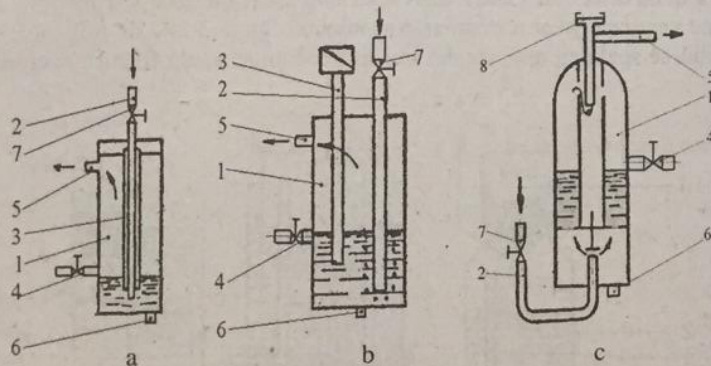


Fig. 9.2. Supape de siguranță:

1 - corpul supapei; 2 - țeavă de admisie gaz combustibil; 3 - țeavă de siguranță; 4 - robinet de nivel; 5 - racord de evacuare; 6 - gură de golire; 7 - dispozitiv de închidere; 8 - membrană.

Epuratoarele sunt aparate montate pe generatoarele de acetilenă pentru a curăța acetilena de impuritățile mecanice și a reține umiditatea (fig. 9.3). Ele sunt încărcate cu cocs sau bucăți mici de cărămidă. Gazul intră pe la partea inferioară și iese pe la partea superioară, de unde prin conducte este dirijat spre supapa de siguranță.

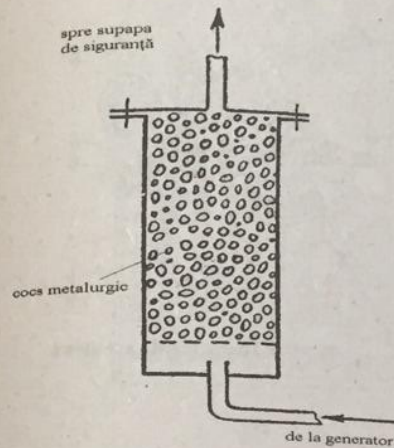


Fig. 9.3. Epurator de acetilenă.

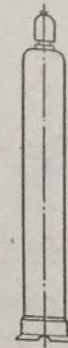


Fig. 9.4. Butelie de oxigen.

Buteliile de oxigen (fig. 9.4) sunt executate din oțel cu grosimea peretelui de 8 mm și diametrul interior de 220 mm. Lungimea buteliei este de 1 740 mm. Într-o butelie se pot încărcă 8,5 kg de oxigen. Capacitatea este de 16 l. **Buteliile de oxigen se vopsesc în albastru** și au în alb inscripția OXIGEN. La partea inferioară este asamblat un suport, iar la partea superioară au un gât, la care este montat robinetul de închidere. Robinetele de închidere sunt prevăzute cu capac cu filet, în locul căruia se montează reductorul de presiune.

Buteliile de acetilenă au aceeași capacitate și diametru ca și cele de oxigen. Lungimea este de 1 640 mm. **Buteliile de acetilenă se vopsesc în alb** și poartă inscripția în roșu. Buteliile se mențin în poziție verticală, în special la folosire, pentru a nu se produce scurgeri de acetilenă.

Reductorul de oxigen (fig. 9.5) reduce presiunea oxigenului din butelii la 10-15 N/m² și o menține constantă.

Reductorul funcționează pe principiul a două forțe opuse: forța de apăsare a unui arc care închide admisia oxigenului prin supapa 2 și forța de presare a unei membrane 1 deformată de presiunea oxigenului, opusă arcului și care tinde să deschidă admisia oxigenului. Forța de presare a membranei este stabilită de presiunea gazului pătruns în camera de joasă presiune și de arcul 4, care se reglează manual cu șurubul 3.

Reductorul de acetilenă (fig. 9.6) are același principiu de funcționare ca și cel de oxigen, cu deosebirea că presiunile sunt mult mai joase. Este alcătuit din: bridă 1 pentru

fixarea pe butelie, șurub de presiune 2, cameră 3, manometru de înaltă presiune 4, care indică presiunea oxigenului din butelie, manometru de joasă presiune 5, care indică presiunea de lucru a oxigenului, roțiță 6 pentru admisia acetilenei, șurub 7 pentru reglarea presiunii oxigenului, niplu 8, butelie 9.

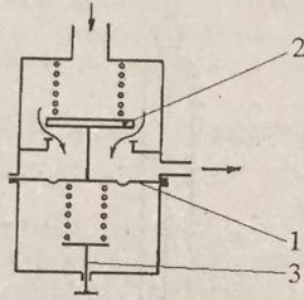


Fig. 9.5. Reductor de oxigen.

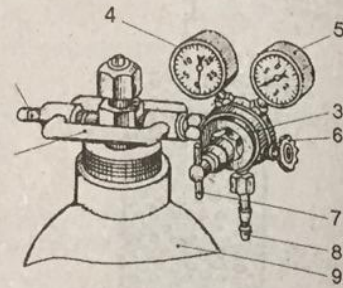


Fig. 9.6. Reductor de acetilenă.

9.3. Arzătorul de sudare

Arzătorul de sudare sau suflaiul este un aparat în care se obține flacăra oxiacetilenică prin amestecarea gazului combustibil cu oxigenul într-o anumită proporție, utilizată pentru sudare sau tăiere (fig. 9.7).

Acetilena și oxigenul pătrund prin racordurile 2 și 3 în corpul 1, cu robinetele 4 și 5, care se reglează până la obținerea flăcării dorite. Apoi amestecul de oxigen și acetilenă intră pe țeava de amestec 6, becul 7, ajutorul 8, până la extremitatea suflaiului, unde se formează flacăra.

În funcție de grosimea materialului de sudat, se cunosc opt mărimi de arzătoare.

Înainte de începerea sudării se deschide robinetul de oxigen, se montează tubul de acetilenă și apoi se deschide robinetul de acetilenă.

La început se obține o flacăra cu exces de acetilenă, apoi se reglează debitul de acetilenă, până se formează flacăra neutră și se trece la sudarea propriu-zisă.

La terminarea sudării se închide robinetul de acetilenă și apoi robinetul de oxigen.

Dacă flacăra se întoarce, se închide complet acetilena și suflaiul se cufundă într-o găleată cu apă. Pentru evitarea accidentelor la locul de muncă, racordurile trebuie să fie etanșe. Fiecare arzător are o trusă de sudare care conține (fig. 9.8): tije de arzătoare 1, în număr de 6-8, cu injectoarele și becurile respective, care se aleg în funcție de materialul de sudat; mâner 2; aparat de tăiere complet 3, cu bec, duză, injector și piuliță olandeză;

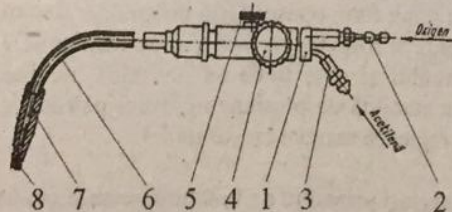


Fig. 9.7. Arzător de sudare.

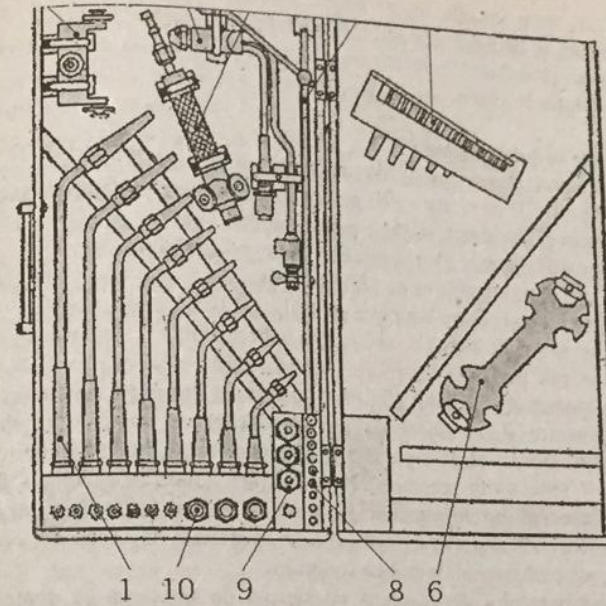


Fig. 9.8. Trusă de sudare și tăiere oxiacetilenică.

compas 4 pentru tăiere circulară; cărucior 5 pentru aparatul de tăiere; cheie plată 6; becuri de rezervă 7 pentru arzătoare; becuri de rezervă 8 și 9 pentru aparatul de tăiere; piulițe olandeze 10.

9.4. Tuburile de presiune pentru gaze. Accesoriile sudorului

Alimentarea cu oxigen și acetilenă a arzătoarelor se face cu tuburi de cauciuc.

Tuburile de acetilenă care conduc gazele de la generator sau butelia de acetilenă până la arzător, sunt vopsite în roșu la exterior și negru la interior și au diametru interior de 10 mm și grosimea peretelui de 3-5 mm.

Tuburi de oxigen, care conduc gazele de la butelia de oxigen până la arzător, sunt vopsite în albastru la exterior și negru la interior, au diametrul interior de 6,3 mm și grosimea peretelui de 3,5-5,5 mm.

Pentru suflaiuri mari, conducerea gazelor se face și cu tuburi de diametru mai mare față de cele date, ținând seama de debitul de gaz și de presiunea maximă de debitare.

În funcție de presiunea de regim, tuburile de gaze se clasifică în două clase:
- clasa P 10, care include tuburile pentru presiune mai mică de 100 N/cm², cu diametrul interior de 6,3 sau 10 mm și utilizate pentru acetilenă și oxigen;

- clasa P 20, care include tuburi pentru presiunea mai mică de 200 N/m^2 , cu diametrul interior de 6,3 mm și utilizate numai pentru oxigen.

Tuburile se racordează între ele cu nipluri și după ce s-a executat racordul se controlează cu soluție de săpun.

Accesoriiile sudorului sunt:

- ochelari de protecție cu vizoare colorate pentru sudarea cu flacără;
- ochelari de protecție cu vizoare albe pentru curățirea pieselor de zgură și rugină;
- mănuși, șorțuri și ghete sau jambiere pentru sudori;
- diverse dispozitive pentru fixarea pieselor în timpul sudării;
- ciocane de oțel pentru curățirea pieselor de zgură;
- perii de sârmă de oțel pentru curățirea sudurii;
- ace și perii de sârmă de alamă pentru curățirea becurilor;
- dălți, ciocane, pile pentru tăiere, pilire, îndreptare etc.

Locul de muncă al sudorului (fig. 9.9) este dotat cu: generator de acetilenă 1, epurator 2, manometru 3, conductă de gaz 4, flacără de control 5 pentru gazul combustibil, supapă hidraulică de siguranță 6 amplasată pe peretele cabinei de sudare, butelie de oxigen 7, reductor de presiune 8 pentru oxigen, tuburi de cauciuc 9 flexibile și etanșe pentru conducerea gazelor, arzător 10, trusă de sudare 11 cu tije și arzătoare de schimb, masă de lucru 12, suport 13 pentru fluxuri, materiale de adaos 14, ochelari 15, perete 16 care separă generatorul de cabina sudorului.

În locul generatorului de acetilenă cu supapă de siguranță se poate utiliza o butelie de acetilenă cu reductor de presiune.

Butoaiile de carbid se păstrează închise ermetic în încăperi separate.

Reziduul din generatoare se evacuează înainte de încărcarea generatorului cu carbid și se aruncă în gropi speciale. Locul de muncă al sudorului trebuie să fie curat, aerisit și în perfectă ordine.

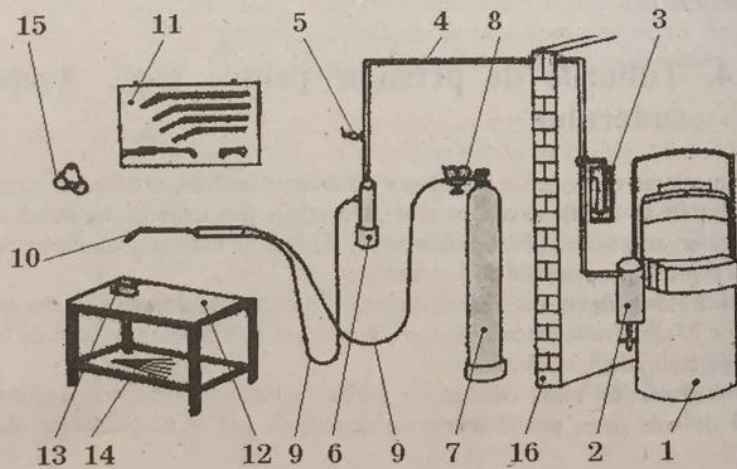


Fig. 9.9. Post de sudare oxiacetilenică.

9.5. Pregătirea pentru sudarea cu flacără de gaze

Etapele pregătirii materialelor pentru sudare sunt:

- marginile pieselor se curăță;
- tablele subțiri nu au nevoie de pregătire;
- tablele groase (fig. 9.10) se teșesc la margini astfel:

I. sudarea cap la cap fără teșirea muchiilor:

1. pentru table cu grosimea până la 2 mm, cu margini răsfrânte; răsfrângerea este de $s + 1$ (s este grosimea tablelor), iar sudarea se execută după prinderea lor cu marginile așezate în contact fără rost;
2. cu marginile tablelor distanțate între ele cu 0-2 mm, pentru table cu grosimea până la 4 mm;

II. teșirea pe o parte:

3. sudură în V cu unghiul rostului de $55-65^\circ$ pentru sudarea spre dreapta, la table cu grosimea de 4-12 mm, cu un rost între ele de 2-4 mm;
4. sudură în Y, obținută la fel cu cea în V;
5. sudură în U;

III. teșirea pe ambele părți:

6. sudură în X cu un unghi de 80° și cu un rost de 2-3 mm, pentru table cu grosimea de 14-30 mm, sudate într-o trecere pentru grosimi până la 20 mm și în două treceri pentru grosimi între 20-30 mm, sudura efectuată de doi sudori deodată;
7. sudură în dublu U;

IV. sudură de colț și în T:

8. sudură în I;
9. sudură în jumătate de V;
10. sudură în jumătate de U;
11. sudură în K.

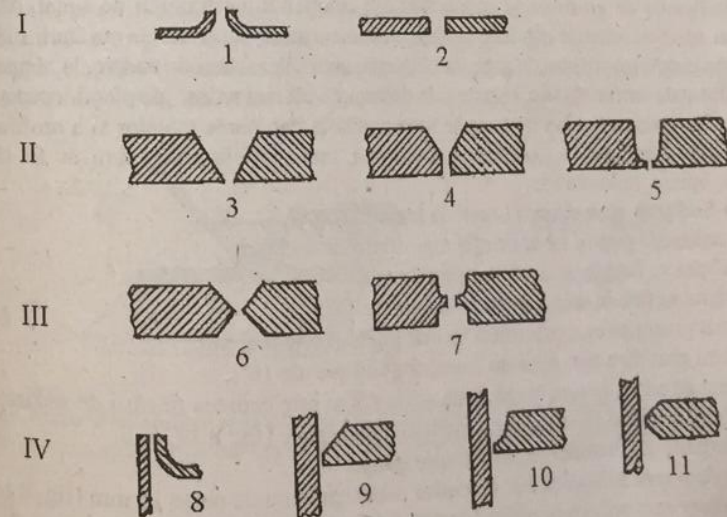


Fig. 9.10. Pregătirea marginilor pieselor.

Înainte de sudare, după ce marginile pieselor au fost curățite de impurități, tablele se prind din loc în loc cu cleme de fixare, pentru ca rostul să rămână constant. Distanța între prinderi este dată în fișa tehnologică de execuție. Între piese se fixează pene de distanțare. Piesele se prind cu cusături scurte și se lasă rost între ele. Prinderile (fig. 9.11) se încep de la mijlocul cusăturii și se execută alternant de o parte și de alta a primei prinderi, astfel încât să se evite deformările care eventual s-ar putea produce chiar la prinderi. Succesiunea prinderilor este dată în fișa tehnologică. După executarea prinderilor, se măsoară rostul și unghiul tablelor și se compară cu prescripțiile din fișa tehnologică. La sudare, materialul de adaos trebuie să fie corespunzător metalului de

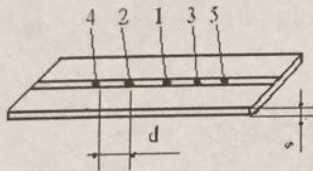


Fig. 9.11. Ordinea de prindere.

bază. Se recomandă ca materialul de adaos să fie de aceeași compoziție cu metalul de bază. Prinderile se execută cu același material de adaos ca și cel folosit pentru executarea sudurilor. La sfârșit se controlează calitatea îmbinărilor sudate. Prinderile, la table cu grosimea până la 5 mm, se execută la distanțe de 30-40 s (s este grosimea materialului), iar la grosimi mai mari, prinderile se execută la distanțe de 20-25 s.

9.6. Metode de sudare cu flacăra de gaze

Alegerea și aplicarea metodei de sudare optime conduce la obținerea unei calități bune a sudurii cu zone influențate termic reduse și cu deformări mici, cu un consum redus de gaz combustibil și oxigen și cu o viteză mai mare de lucru.

Metodele de sudare se diferențiază după înclinarea optimă dată suflaiului și vârfului sârmei de adaos, cât și după orientarea în spațiu a sudurii de executat. Metodele de sudare se aplică în funcție de grosimea și conductivitatea calorică a materialului de sudat. Alegerea celei mai adecvate metode conduce la obținerea unei calități superioare a cusăturii sudate, la consumurile cele mai reduse de gaze, la obținerea unor viteze mari de sudare, la obținerea de zone influențate termic cât mai înguste și la deformări cât mai reduse ale pieselor sudate.

Sudarea cu flacăra de gaze se recomandă la îmbinarea tablelor și a profilelor cu grosimi sub 4 mm și la executarea diferitelor prelucrări la cald, cum ar fi: tăierea, scobirea, lipirea, îndoirea etc.

• Sudarea spre stânga (metoda înainte) (fig. 9.12, a):

- se utilizează pentru table de oțel mai subțiri de 4-5 mm;
- cusătura se face de la dreapta spre stânga;
- suflaiul se ține în mână dreaptă, înclinat la 45°;
- cu cât grosimea este mai mică, cu atât unghiul este mai mic;
- pentru grosimea mai mică de 1 mm, unghiul este de 10°;
- sârma de adaos se ține în mână stângă la 45° și este înaintea flăcării de sudare;
- suflaiul și sârma au mișcări de oscilații transversale (fig. 9.12, b).

Variante ale metodei de sudare spre stânga:

- 1 - sudare spre stânga cu băi succesive pentru grosimi de peste 15 mm (fig. 9.13, a);
- 2 - sudare spre stânga în picături pentru table subțiri (fig. 9.13, b).

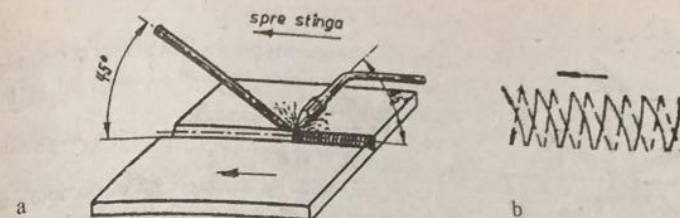


Fig. 9.12. Metoda de sudare spre stânga: a - poziția suflaiului și a sârmei de adaos față de cusătură; b - mișcările suflaiului (cu linie plină) și ale sârmei (cu linie întreruptă).

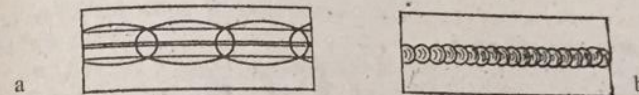


Fig. 9.13. Variante ale metodei de sudare spre stânga: a - cu băi succesive; b - în picături.

• Sudare spre dreapta (metoda înapoi) (fig. 9.14, a):

- este o metodă mai dificilă decât sudarea înainte;
- se utilizează pentru table mai groase de 4 mm;
- se începe de la capătul din stânga al rostului;
- sudura se execută de la stânga spre dreapta;
- suflaiul se ține înclinat la 45° sau 70° (grosime mai mare, unghi mai mare), iar sârma la 45°;
- suflaiul are o mișcare rectilinie fără oscilații;
- sârma are o mișcare cu oscilații transversale (fig. 9.14, b);
- avantajele, față de sudarea spre stânga, sunt următoarele: productivitate mai mare, consum de metal cu adaos mai redus, timpul de sudare mai mic.

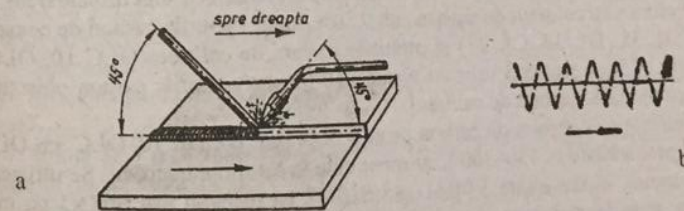
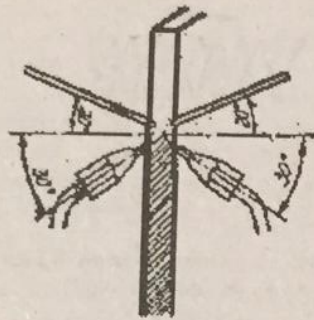


Fig. 9.14. Metoda de sudare spre dreapta: a - poziția suflaiului și a sârmei de adaos față de cusătură; b - mișcările suflaiului (cu linie plină) și ale sârmei (cu linie întreruptă).

• Sudarea verticală cu cusătură dublă (fig. 9.15):

- se utilizează pentru table sudate vertical de jos în sus;
- sudarea se execută simultan de doi sudori, așezați de o parte și alta a rostului;



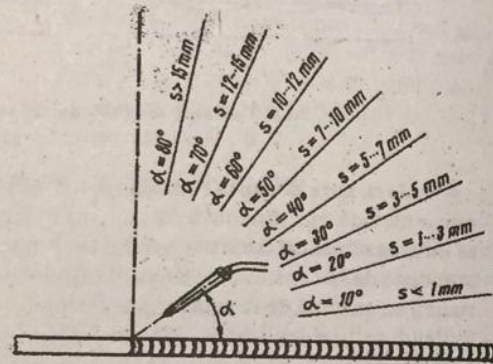
- este metoda cea mai productivă și mai economică;
- pentru grosimi mai mici de 12 mm nu se prelucrează marginile;
- pentru grosimi mai mari de 12 mm, marginile se prelucrează în X, la 60°;
- avantajele, față de sudarea spre dreapta, sunt: productivitate mai mare, consum de oxigen și carbid redus, până la grosimi de 12 mm nu se prelucrează marginile, economie de metal de adaos.

Fig. 9.15. Sudare verticală cu cusătură dublă.

• Sudarea verticală pe o singură parte:

- productivitatea este mai mică față de sudura cu cusătură dublă;
- unghiul de înclinare a flăcării se stabilește în raport cu grosimea materialului de sudat (fig. 9.16). Cu cât grosimea materialului este mai mare, cu atât unghiul cu care este înclinat suflaiul este mai mare.

Fig. 9.16. Unghiul de înclinare a arzătorului.



9.7. Sudarea oțelurilor

Calitățile de oțel care se pot suda cu flacără oxiacetilenică sunt următoarele.

- Oțelurile cu conținut de carbon sub 0,30%, adică oțelurile carbon de construcție obișnuită (OL 32, OL 34, OL 42) și oțelurile carbon de calitate (OLC 10, OLC 15, OLC 20, OLC 25) se sudează ușor cu sârmă S10 (pentru oțelurile carbon obișnuite) și S10X (pentru oțelurile carbon de calitate).
- Oțelurile cu conținut de carbon peste 0,30% (OL 60, OL 70, OLC 35, OLC 45 etc.) trebuie preîncălzite la 150-300°C și menținute în tot timpul sudării. Se utilizează o flacără carburantă, sârme aliate S10M1 sau S10M2 cu mangan sau S08N3 cu nichel. După sudare trebuie răcite încet, tratate termic prin normalizare la 700-800°C și ciocănite la roșu cu bătaie dese și ușoare de ciocan.
- Oțelurile carbon laminate în table groase pentru cazane și recipiente de presiune (OLK1, OLK2, ... OLK5) se sudează prin procedee electrice cu surse puternice.
- Oțelurile carbon pentru țevi (OLT 32, OLT 35, OLT 45) se sudează fără preîncălzire. Oțelurile cu conținut mărit de carbon (OLT 55 și OLT 65) necesită preîncălzire. Țevile cu pereți groși trebuie să fie sudate prin procedee electrice.

• Oțelurile slab aliate cu conținut de carbon până la 0,20%, adică oțelurile pentru construcții metalice (19M10, 10M16, 17M13, aliate cu mangan, și 18SM14, aliat cu mangan și S11M2S pentru oțelul aliat cu mangan-siliciu. Grosimile mici de material se recomandă să fie sudate cu margini rășfrante, fără metal de adaos.

- Oțelurile slab aliate pentru țevi (OAT 1, OAT 2 și OAT 3) se pot suda, dacă grosimea peretelui este redusă, cu sârme de adaos de aceeași calitate cu a metalului de bază.
- Oțelurile aliate pentru construcții de mașini se sudează cu sârmă de adaos de aceeași calitate. Oțelurile pentru îmbunătățire se sudează numai cu preîncălzire, iar după sudare sunt necesare tratamente termice de recoacere. Oțelurile mediu aliate, cu 2,5% Cr și 1% Mo, sau cu 5% Cr și 0,5% Mo, sau cu 3% Cr și 0,5% Mo, se sudează cu preîncălzire la 100-200°C, iar după sudare sunt necesare tratamente termice de revenire.
- Oțelurile inoxidabile feritice laminate și forjate cu peste 12% Cr se sudează cu fluxuri și flacără neutră. După sudare se execută tratamente termice, iar piesele se curăță cu peria și ciocanul.
- Oțelurile inoxidabile austenitice laminate și forjate cu 18% Cr și 8% Ni se sudează cu flacără neutră, cu metal de adaos de aceeași calitate cu a metalului de bază și cu fluxuri pe bază de fluoruri. După sudare, fluxurile se curăță cu peria și ciocanul. Piesele se spală cu apă fierbinte și apoi se călesc.
- Oțelurile manganoase se sudează cu preîncălzire la 1000°C, flacăra se reglează cu exces mic de acetilenă, piesele se răcesc lent după sudare.
- Oțelul carbon turnat în piese și oțelul aliat pentru construcții de mașini turnat în piese se sudează ca și oțelurile laminate. Se recomandă sudarea cu preîncălzire, dacă conținutul de carbon depășește 0,20%.

9.8. Sudarea fontelor

Fontele sunt aliaje cu conținut mare de carbon care se sudează cu flacără oxiacetilenică la cald. Se preîncălzesc la 200° sau 600°C. Se utilizează electrozi cu diametrul de 5-25 mm (în funcție de grosimea pieselor), vergele de fontă, fluxuri (alcătuite din sodă calcinată, acid boric și bioxid de siliciu) și arzătoare puternice (conduse în zigzag la piese subțiri și în spirală la piese groase). Se sudează cu exces de acetilenă, în poziție orizontală, curentul continuu de sudare (cu polaritate directă) este de 60-80 A pentru fiecare milimetru de grosime de electrod.

Fonta este fragilă atât la cald, cât și la rece. În piesele de fontă se formează ușor fisuri, dacă încălzirea piesei nu este uniformă și dacă operația de sudare nu este condusă corect.

Fonta albă și fonta maleabilă se sudează cu vergele de fontă albă, iar după sudare, piesele se maleabilizează.

Fonta cenușie se sudează cu vergele de fontă cenușie.

Repararea unei roți de scripete, din fontă, este reprezentată în figura 9.17. Dacă roata este spartă în locul A, între două spițe (fig. 9.17, a), atunci se încălzesc spițele 1 și 2 până la roșu-închis, ceea ce produce dilatarea marginilor canelurii rupte. Încălzirea se menține până la terminarea sudurii în A. După sudare, roata se răcește foarte încet.

În cazul în care este ruptă spița 3 (fig. 9.17, b), se încălzesc până la roșu-închis zonele B și C ale canelurii, de o parte și de alta a spiței. Se sudează spița 3, apoi se răcește foarte încet.

Dacă este ruptă o bucată din roată, adică spița 3 și canelura în două locuri *D* și *E*, (fig. 9.17, *c*), se sudează la rece întâi spița 3, după care se încălzesc spițele 1 și 3 pentru sudarea canelurii rupte în *D*. Apoi se încălzesc spițele 2 și 3 pentru sudarea canelurii în locul *E*. După sudare, roata se lasă să se răcească foarte încet, de preferință într-un cuptor.

Piese mici din fontă se încălzesc în cuptoare de încălzire până la roșu închis, se scot din cuptor, se sudează în locuri ferite de curent de aer, apoi se introduc din nou în cuptor pentru răcire încetă împreună cu cuptorul.

Mai rar, fonta se poate suda și la rece cu electrozi de oțel. Rosturile se prelucrează la 90–100°C, iar curentul de sudare este redus până la maximum 40 A pentru fiecare milimetru de grosime de electrod și cu polaritate inversă.

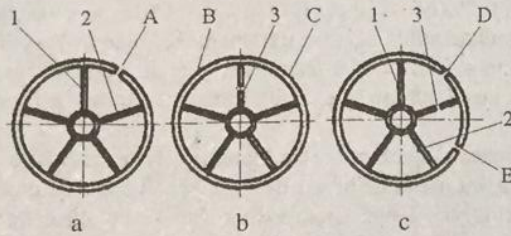


Fig. 9.17. Sudarea unei roți de scripete din fontă:

a – roată cu canelură ruptă în *A*; *b* – roată cu spița 3 ruptă și canelura ruptă în *D* și *E*; *1, 2, 3* – spițe; *A, D, E* – locurile rupte ale canelurii; *B și C* – locurile de încălzire ale canelurii pentru sudarea spiței.

9.9. Sudarea metalelor și aliajelor neferoase

Metalele și aliajele neferoase se sudează pe scară largă prin procedeul cu gaz. Mărimea suflaiului și gazul combustibil se aleg funcție de temperatura de topire și de conductivitatea termică a metalului sau aliajului respectiv.

Metalele neferoase cu temperaturi joase de topire și cu grosimi mici se sudează cu un gaz combustibil care nu dezvoltă o temperatură prea înaltă. Metalele neferoase se sudează cu fluxuri care împiedică formarea oxidurilor. Aliajele metalelor neferoase au temperaturi de topire mai joase decât metalele respective și conductivități termice mai reduse, astfel încât pentru sudarea aceluiași grosimi de metal sunt necesare flăcări de putere mai mică.

Sudarea aluminiului și a aliajelor de aluminiu. Aluminiul și aliajele de aluminiu se sudează ușor cu o flacără cu exces mic de acetilenă, materialul de adaos este sub formă de fâșii decupate din materialul de bază, fluxurile sunt pe bază de cloruri și fluoruri.

Înainte de sudare piesele se curăță pe o porțiune de 25–30 mm de la marginea tablelor, care se acoperă cu fluxuri.

Tablele mai subțiri de 1 mm se sudează cu flacără de hidrogen sau de gaze naturale în amestec cu oxigenul. Pentru grosimi mai mari de 1 mm se sudează cu flacără oxiacetilenică cu exces mic de acetilenă pentru a nu se forma oxidul de aluminiu. Tablele cu grosimea până la 1,5 mm se sudează cu margini răsfrânte, prin metoda spre

stânga, fără oscilații transversale, cu arzătorul înclinat la 20–40° față de sudură și fără metal de adaos. Tablele cu grosimea până la 5 mm se sudează în I, prin metoda spre stânga, iar cele mai groase în V. Tablele cu grosime peste 12 mm se sudează în X prin metoda spre dreapta sau prin metoda cu cusătură dublă. Tablele cu grosimea peste 3 mm se preîncălzesc la 300–350°C.

După sudare piesele se curăță bine de fluxuri, se spală, se recoc la 500°C, după care se lasă să se răcească în cuptor.

Sudarea cuprului și a aliajelor de cupru. Cuprul este un metal neferos greu. Este folosit pe scară largă în stare pură, de exemplu: CuE cu puritate peste 99,95% Cu utilizat în industria electrotehnică și cuprul rafinat cu puritate peste 99% Cu pentru aparate și instalații în industria chimică și alimentară.

Cuprul are următoarele caracteristici la sudare:

- la temperatura de topire devine foarte fluid și absoarbe gaze, în special hidrogen și oxigen, ceea ce produce degradări calitative;
- are o conductivitate termică foarte mare de aceea necesită o flacără puternică;
- este fragil între 450–650°C, când este interzisă ciocănirea;
- are un coeficient mare de dilatare și contracție, de aceea se lasă un rost deschis spre capătul spre care se sudează.

Materialul de adaos este sub formă de bare de cupru-argint sau cupru electrolitic. Fluxurile sunt din 60–70% borax, 10–20% acid boric și 20–30% sare de bucătărie.

Tablele subțiri până la 5 mm se sudează prin metoda spre stânga, iar tablele între 5–12 mm se sudează în cusătură dublă. După sudare, piesa trebuie ciocănită în afara zonei fragilității la cald, pentru micșorarea tensiunilor, apoi se încălzește la 650°C și se răcește brusc în apă. Sudarea cuprului se execută numai de muncitori cu înaltă calificare.

Aliajele de cupru sunt:

- alama cu conținut de 28–42% Zn, restul cupru;
- tombacul cu conținut de 10–20% Zn, restul cupru;
- alpaca cu conținut de 20–45% Zn, 8–18 Ni, restul cupru;
- bronzurile sunt aliaje de cupru cu staniu, cu aluminiu, cu plumb.

Aliajele de cupru cu zinc se sudează cu o flacără cu exces redus de oxigen și cu fluxuri ca la sudarea cuprului. Materialul de adaos este alama de lipire: Am Si Lp și Am Sn Lp sub formă de sârme sau vergele. Înainte de sudare, piesele se curăță de grăsime, iar după sudare, piesele se ciocănesc ușor pe linia de sudură și se curăță de flux, apoi se încălzesc la 650°C și se lasă să se răcească încet.

Bronzurile sunt dificil de sudat, deoarece preîncălzite la 300–400°C sunt fragile. Bronzurile cu staniu trebuie răcite după sudare foarte încet în nisip fierbinte sau înfășurate în foi de azbest.

Sudarea altor metale neferoase. Magneziul și aliajele sale se sudează cu preîncălzire la 200–400°C, cu fluxuri de cloruri și fluoruri, cu o flacără care are un mic exces de acetilenă; după sudare piesele se răcesc lent, apoi fluxul se îndepărtează, iar piesele se spală cu leșie și cu apă.

Nichelul se sudează bine cu flacără de gaze, materialul de adaos are aceeași calitate, fluxurile sunt pe bază de borax și acid boric, acetilena trebuie să fie pură (direct

din butelie), piesele se preîncălzesc la 100°-200°C, sudarea se execută cap la cap în I, în V și în X, în funcție de grosimea pieselor.

Zincul se sudează numai cu gaze naturale, hidrogen și numai prin metoda spre stânga, fluxurile sunt alcătuite din clorură de amoniu și oxid de zinc, se utilizează masca protectoare, iar locul de muncă trebuie să fie bine aerisit.

Plumbul se sudează cu flacără oxihidrică, materialul de adaos este sub formă de sârmă sau fășii de plumb, fluxurile sunt din stearină sau colofoniu, înainte de sudare marginile pieselor se curăță la luciu metalic, după sudare se bate cu ciocanul de cupru cu cap sferic, vaporii de cupru sunt foarte toxici și de aceea se sudează cu măști de respirație.

Nu se sudează cu flacără de gaz: titanul și aliajele de titan, metalele greu fuzibile (molibdenul, wolframul, tantalul), metalele rare (zirconiul, beriliul, niobiul).

9.10. Încărcarea și armarea

Încărcarea este recondiționarea prin sudare cu flacără de gaze a pieselor uzate (din oțel, fontă, bronz) sau execuția de piese noi.

Încărcarea cu flacără oxiacetilenică este utilizată pentru realizarea de topiri superficiale cu depuneri foarte subțiri, de 0,8 mm, astfel încât chiar în primul strat se obțin caracteristicile necesare condițiilor grele de exploatare. Menținând corect înclinarea flăcării față de suprafața piesei de sudat până se produce topirea superficială, se obține un procent minim de amestec al materialului de bază în încărcătura de 1%, ceea ce nu se poate obține cu alt procedeu de sudare. Astfel, chiar cu grosimi minime de încărcare se obțin straturi de duritate mare.

Pentru obținerea de suprafețe dure, rezistente la abraziune, la uzură și la cavitație, încărcarea se execută cu materiale de adaos cu duritatea cuprinsă între 250 și 500 HB. Aliajele utilizate pentru obținerea prin încărcare a unor straturi foarte dure sunt carburile de crom, carburile de wolfram și crom cu liant de fier și cobalt sau carburile de wolfram. Carburile de crom sau de wolfram-crom se livrează sub formă de bare turnate, iar cele de wolfram sub formă de granule.

Se realizează cu următoarele materiale de adaos:

- **sormaitul** sau **leduritul** este un aliaj dur, turnat în bare sau vergele cu conținut mare de carburi de crom și este utilizat la încărcarea sculelor pentru prelucrare la rece: ștanțe, plăci sau dornuri. După încărcare, piesele se tratează termic;
- **stelitul** este un aliaj dur din carburi de wolfram și crom cu liant de cobalt și fier, care se livrează sub formă de bare turnate. Este folosit la încărcarea pieselor supuse la uzură mare: ștanțe, plăci, matrițe sau calibre. Piesele încărcate nu necesită tratament termic;
- **relitul** este o carbură care nu se topește la încărcare, ci pătrunde în masa de la suprafața piesei de încărcat. Se livrează sub formă de granule, în tuburi de oțel și se utilizează pentru construcția utilajului petrolier. Piesele nu necesită tratamentul termic.

Blindarea este încărcarea cu materiale dure a pieselor destinate unor întrebuițări puternice.

Armarea este sudarea cu flacără oxiacetilenică a plăcuțelor dure (vidia, pobedit) de corpul sculelor așchietoare.

Între plăcuță și corpul sculei se interpun folii de cupru sau aliaje de cupru. Se folosesc fluxuri de aceeași calitate ca pentru sudarea cuprului.

9.11. Defecte tehnologice la sudarea cu flacără de gaze

Defectele ce apar la sudarea cu gaze sunt:

1. Lipsa de penetrație datorită topirii insuficiente a materialului de bază, vitezei prea mari de sudare, unei flăcări insuficient de puternice și curățirii insuficiente a materialului de bază.
2. Crăpăturile sunt sub forma unor canale la marginea cusăturii și apar din cauza:
 - încălzirii prea puternice a materialului de bază datorită puterii excesive a flăcării și utilizării unei sârme de adaos cu un diametru mic;
 - vitezei de sudare prea mici și a unui unghi prea mare de teșire a fețelor.
3. Arderea metalului apare din cauza acțiunii prelungite a flăcării asupra băii de metal topit, la materiale subțiri.
4. Secțiunea slăbită a cusăturii apare din cauza cantității insuficiente de metal de adaos, folosindu-se o sârmă cu diametru mic și o viteză mare de sudare.
5. Porii în cusătură apar din cauza reacțiilor chimice ce au loc în baia de metal lichid, ca și dizolvării în metalul topit a unor gaze din flacăra de sudare.
6. Incluziunile nemetalice apar din cauza suprafețelor de sudat insuficient de curate, impurităților de pe sârma de adaos și solidificării prea rapide a băii de metal topit.
7. Fisurile sunt defecte grave și se formează atât în cusătura sudată cât și în zona influențată termic. Cauzele care generează aceste defecte sunt tensiunile interne și creșterea fragilității metalului la temperatura apropiată de linia solidus.

9.12. NTSM-PSI la sudarea cu flacără de gaze

- Sudorii trebuie să poarte echipament de protecție: șorțuri de piele, mănuși, jambiere de protecție, ochelari sau măști de protecție.
- Generatoarele și buteliile de acetilenă se amplasează în afara locului de sudare.
- Distanța dintre generatoare și sursa de foc trebuie să fie de minimum 10 m.
- Este interzis fumatul pe o distanță de 10 m.
- Generatoarele se vor feri de îngheț.
- Butoaiile de carbid se păstrează în încăperi separate uscate și acoperite.
- Buteliile de oxigen se păstrează în poziție verticală.
- Buteliile, robinetele și reductoarele se feresc de uleiuri sau grăsimi.
- Pentru aprinderea arzătorului, se deschide întâi robinetul de oxigen, apoi se deschide ușor robinetul de acetilenă.
- Flacăra se stinge în ordinea inversă aprinderii, se închide întâi robinetul pentru acetilenă și apoi robinetul pentru oxigen pentru a se preveni întoarcerea flăcării în generator.
- Dacă în timpul lucrului, arzătorul se încălzește excesiv, acesta se va răci de câte ori este necesar într-un vas cu apă curată aflat permanent la locul de muncă al sudorului.
- Nu se folosesc tuburi defecte.
- Locul de muncă trebuie bine aerisit.
- Nu se sudează piese cu grăsimi.

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Câte tipuri de generatoare cunoașteți?
2. Explicați funcționarea supapei de siguranță.
3. Cum se recunosc buteliile de oxigen și acetilenă?
4. Precizează rolul reductorului de presiune.
5. Care sunt elementele componente ale arzătorului de sudare?
6. Care este cea mai utilizată metodă de sudare?
7. Cum se execută sudarea fontei?
8. Care sunt defectele care apar la sudură?
9. Precizați principalele norme de tehnică a securității muncii la sudarea cu flacăra.
10. Buteliile de oxigen se vopsesc în:

- a) alb;
- b) roșu;
- c) albastru.

11. Pentru aprinderea arzătorului se deschide întâi robinetul de:
 - a) oxigen;
 - b) acetilenă.

12. Enumerați accesoriile sudorului.

13. Cum se păstrează butoaiile de carbid?

14. Din ce este format un post de sudare oxiacetilenică?

15. Stabiliți corespondența dintre elementele celor două coloane:

I

- a) table cu grosime mai mică de 4 mm;
- b) table cu grosimea de 4–12 mm;
- c) table cu grosimea de 14–20 mm;
- d) table cu grosimea de 20–30 mm;

II

- a) sudură în X într-o trecere;
- b) cap la cap fără teșirea marginilor;
- c) sudură în V;
- d) sudură efectuată de doi sudori deodată.

16. La ce distanță se execută prinderile la tablele cu grosimea de 5 mm?

17. Care este poziția suflaiului la sudarea spre stânga, dar spre dreapta?

18. Care este metoda de sudare cea mai productivă și mai economică?

- a) sudarea spre dreapta;
- b) sudarea verticală cu cusătură dublă;
- c) sudarea verticală pe o singură parte.

19. Care sunt și cum se sudează oțelurile pentru cazane și recipiente de presiune?

20. Descrieți metoda de sudare a unei roți de scripete din fontă.

21. Încărcarea se realizează prin depunerea unui strat cu grosimea de:

- a) 0,8 mm;
- b) 1,8 mm;
- c) 5 mm.

22. Indicați cauzele care generează defectele tehnologice la sudarea cu flacăra oxiacetilenică.

10. SUDAREA CU ARC ELECTRIC

10.1. Definirea procedeeleor de sudare cu arc electric

Procedeul de sudare reprezintă totalitatea operațiilor tehnologice și a metodelor folosite pentru obținerea îmbinărilor sudate. *Metoda de sudare* reprezintă modul practic de execuție a unei suduri, în funcție de grosimea și poziția piesei și de natura materialului de sudat, pentru obținerea unei îmbinări de calitate. În cadrul unui procedeu de sudare, cu aceleași operații tehnologice, este necesară folosirea diferitelor metode de sudare, mai ales la schimbarea grosimii pieselor de sudat. Alegerea metodei corecte de sudare are o influență hotărâtoare asupra calității sudurii, asupra productivității și costului.

Sudarea cu arc electric constituie grupa de sudare cu cele mai multe procedee, la care topirea marginilor pieselor de îmbinat este realizată cu un electrod în mediu de gaz protector, cu arc electric descoperit (vizibil) sau cu arc electric acoperit.

Procedeele de sudare cu arc electric descoperite se clasifică după mai multe criterii.

• După modul cum se realizează mișcarea electrodului și mișcarea arcului electric:

1. sudarea *manuală* cu arc electric, care se utilizează la sudarea oțelurilor carbon și aliate, la sudarea fontei, a metalelor neferoase, în toate pozițiile de sudare;
2. sudarea *semiautomată* cu arc electric, la care numai alimentarea cu sârmă se face automat, iar celelalte operații: presărarea fluxului, deplasarea arcului pe linia de sudare și reglarea regimului de sudare, se fac de către sudori;
3. sudarea *automată* cu arc electric, la care amorsarea și deplasarea arcului pe linia de sudare, înaintarea sârmei în arc și reglarea regimului de sudare se fac automat, iar sudorul supraveghează desfășurarea operației.

• După participarea electrodului la formarea băii:

1. sudarea cu arc electric cu *electrod fuzibil* (din metal) (fig. 10.1) neînvelit sau învelit. Sudura se formează din metalul topit din electrod și metalul de bază. Sudarea poate fi executată cu un curent continuu sau alternativ, în funcție de felul electrodului folosit;

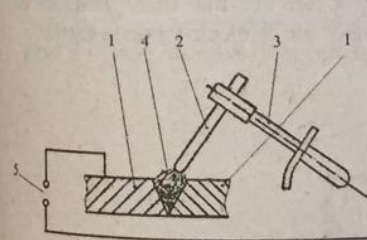


Fig. 10.1. Sudare cu arc electric cu electrod fuzibil: 1 - piese de sudat; 2 - electrod fuzibil; 3 - clește portelectrod; 4 - arc de sudare; 5 - sursă de curent de sudare.

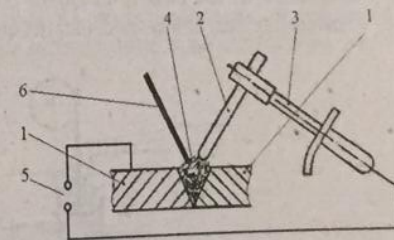


Fig. 10.2. Sudare cu arc electric cu electrod de carbune: 1 - piese de sudat; 2 - electrod fuzibil; 3 - clește portelectrod; 4 - arc de sudare; 5 - sursă de curent de sudare; 6 - metal de adaos.

2. sudarea cu arc electric cu *electrod nefuzibil de cărbune* (fig. 10.2). Sudura se formează din metal de adaos dintr-o sârmă topită în arc și din metal de bază topit. Sudarea se execută cu curent continuu, cu polaritate directă, adică polul minus la electrod;
3. sudarea cu arc electric format între *doi electrozi de cărbune* (fig. 10.3), independent de piesa de sudat și menținut deasupra liniei de îmbinare. Sudura se formează cu ajutorul unei sârme de adaos topită în arc sau din metalul de bază topit;
4. sudarea cu arc electric cu *electrod nefuzibil de wolfram* (fig. 10.4). Sudura este formată din metalul topit al unei sârme introduse în arc sau numai din metalul de bază topit. Procedul se numește WIG (wolfram-inert-gaz) sau Argonare, deoarece gazul folosit este argonul.

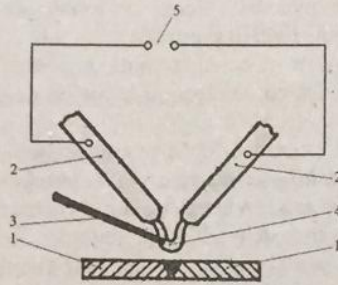


Fig. 10.3. Sudare cu arc electric cu doi electrozi de cărbune: 1 – piese de sudat; 2 – electrozi de cărbune; 3 – sârmă de adaos; 4 – arc electric între electrozii de cărbune; 5 – sursă de curent de sudare.

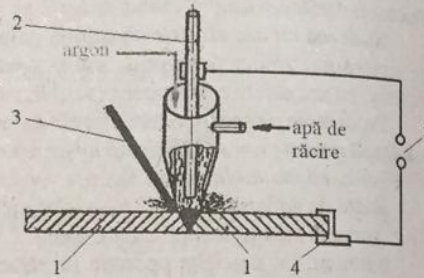


Fig. 10.4. Sudare cu arc electric cu electrod nefuzibil de wolfram: 1 – piese de sudat; 2 – electrod de wolfram; 3 – sârmă de adaos; 4 – clemă de contact; 5 – sursă de curent de sudare.

• **După natura curentului ce trece prin arcul electric:**

1. sudarea cu arc electric în *curent alternativ*;
2. sudarea cu arc electric în *curent continuu*, la care cea mai mare cantitate de căldură se dezvoltă la anod, datorită emisiei puternice de electroni de la catod.

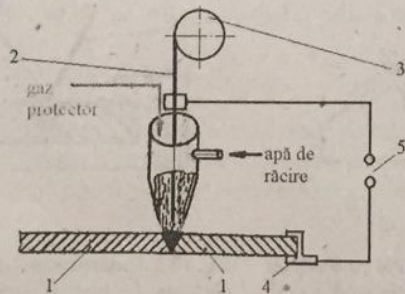


Fig. 10.5. Sudare cu arc electric cu sârmă electrod fuzibilă: 1 – piese de sudat; 2 – sârmă-electrod; 3 – bobină de sârmă; 4 – clemă de contact; 5 – sursă de curent de sudare.

• **După modul în care se asigură protecția contra aerului a băii metalice și a spațiului arcului electric:**

1. sudarea cu arc electric cu *electrozi înveliți*. Învelișul electrozilor asigură, după topire, protecția sudurii contra pătrunderii oxigenului și azotului, printr-o zgură care plutește deasupra băii;
2. sudarea cu arc electric *sub flux*, la care arcul electric este acoperit de un strat de flux. Procedul este utilizat la sudarea semiautomată și automată a oțelurilor carbon și slab aliate;
3. sudarea cu arc electric în *mediu de gaz protector*. Arcul electric se formează între o sârmă electrod fuzibilă și piesa de sudat, peste care se suflă un gaz protector (fig. 10.5). În funcție de gazul folosit procedul poate fi: cu gaz inert - procedul MIG (metal-inert-gaz) sau cu gaz activ - MAG (metal-activ-gaz). Acest procedul poate fi mecanizat, de aceea se utilizează la sudarea semiautomată sau automată.

10.2. Arcul electric și zonele sale caracteristice

Arcul electric este o descărcare electrică între doi electrozi la densități mari de curent și se formează între:

- electrod și piesa de sudat – arc cu acțiune directă (v. fig. 10.1);
- între doi electrozi – arc cu acțiune indirectă (v. fig. 10.3);
- între doi electrozi și piesă.

Alimentarea arcului electric se poate face în curent continuu cu polaritate directă (piesa la "+", electrodul la "-") sau polaritate inversă (piesa la "-", electrodul la "+") și în curent alternativ.

În figura 10.6, a este reprezentată formarea arcului electric de sudare cu electrod neînvelit și formarea arcului de sudare cu electrod învelit (fig. 10.6, b).

Între electrodul 1 și piesa de sudat 2, se formează petele catodică 3 și anodică 4, în cazul polarității directe și transferul picăturilor de metal 7 în sensul electrod - piesă de sudat. În jurul sudurii se produc împrăscări 10 de metal și zgură 13, iar în cazul sudării cu electrod învelit, cu învelișul 12, pătrunderea 9, în piesa de sudat, este acoperită de un strat de zgură 14. Depunerea de metal 8 este realizată prin mișcările de apropiere I și de înlăturare II ale electrodului. În jurul coloanei 5 a arcului se formează un înveliș 11 de gaze și vapori supraîncălziți care nu permite accesul aerului în baia de sudură 6.

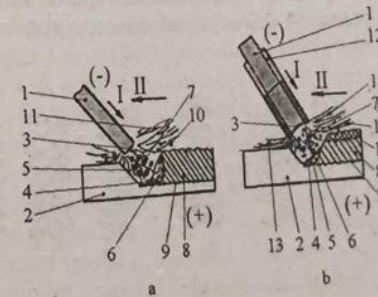


Fig. 10.6. Arcul de sudare între electrod și piesă.

10.3. Amorsarea, menținerea, întreruperea și reamorsarea arcului

Arcul se amorsează (aprinde) printr-un contact ușor al electrodului de piesă, când se produce emisia de electroni.

Electrodul, în poziția de pornire 1 (fig. 10.7), este apropiat de piesa de sudat 3 pe care o atinge în punctul de contact 6.

Amorsarea arcului electric se face prin frecarea ușoară (fig. 10.7, a) sau prin tamponarea locală (fig. 10.7, b) a capătului electrodului de piesă în locul de începere a sudurii. După ce s-au format primele scântei, adică s-a produs ionizarea, capătul electrodului se îndepărtează la o distanță de 2-3 mm de piesă. Diferitele poziții intermediare ale electrodului sunt notate cu 5. Se formează arcul electric și se continuă emisia de electroni, necesară menținerii arcului. După îndepărtarea electrodului de piesă, acesta se înclină la 20-30° față de verticală și i se imprimă mișcările necesare de înaintare în sensul de sudare 4. Electrocul ajunge în poziția finală 2 după amorsarea arcului. Pentru amorsarea arcului, tensiunea necesară este de 60-80 V, în funcție de grosimea electrodului și de felul învelișului electrodului. Pentru electrozii metalici tensiunea de menținere a arcului electric este de 25 V, iar pentru electrodul de cărbune, de 40-50 V.

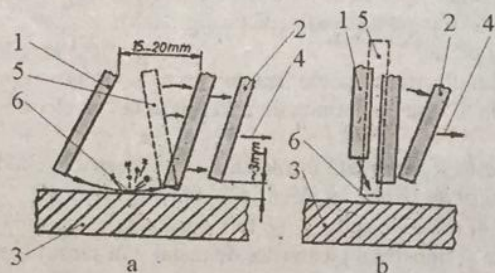


Fig. 10.7. Amorsarea arcului electric.

Menținerea arcului se face prin trei mișcări ale electrodului (fig. 10.8, a):

- I. mișcarea de apropiere a electrodului față de piesă, pe măsura topirii acestuia, astfel încât arcul să fie menținut la lungimea necesară;
- II. mișcarea de înaintare a electrodului pe linia de sudare;
- III. mișcarea transversală, pendulară, față de direcția de înaintare, pentru topirea marginilor de sudat și pentru obținerea lățimii cordonului de sudură.

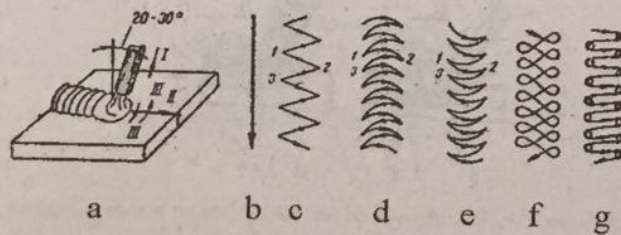


Fig. 10.8. Mișcările electrodului.

După îndepărtarea electrodului și formarea arcului, electrodul se înclină la 20-30° față de verticală și i se imprimă mișcările de înaintare (fig. 10.8), care pot fi: mișcare fără oscilații transversale pentru obținerea sudurii filiforme b, în zigzag c, cu arce convexe d, cu arce concave e, cu arce concave cu rotunjiri la capete f, cu arce convexe cu rotunjiri la capete g. Locurile de oprire la marginile rândurilor sunt 1, 2 și 3 pentru obținerea pătrunderilor bune la marginile rândurilor de sudură.

După ce rândul de sudură a fost executat, întreruperea arcului se execută printr-o mișcare de alunecare, fie spre sudura efectuată, fie dinspre sudura efectuată, sau se execută o întoarcere a electrodului în jurul capătului sudurii, după care arcul este tras spre sudura efectuată (fig. 10.9, a, b și c), însă în nici un caz prin îndepărtarea bruscă a electrodului (fig. 10.9, d).

Îndepărtarea bruscă a electrodului de piesă provoacă cratera în cordoanele de sudură.

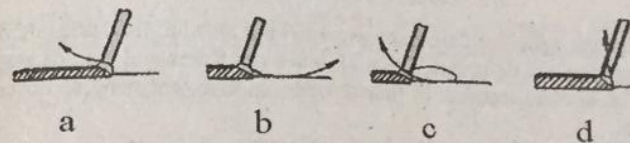


Fig. 10.9. Întreruperea arcului de sudare.

În cazul întreruperii nevoite în timpul sudării se procedează la reamorsarea arcului, care se execută astfel:

- se curăță capătul sudurii de zgură cu ciocanul de sudor;
- se nivelează capătul electrodului în vederea amorsării;
- se amorsează electrodul pe metalul nesudat la o distanță de circa 10 mm de locul întreruperii;
- se readuce arcul pe craterul sudurii care se umple la nivelul sudurii executate și se continuă sudarea.

10.4. Suflul arcului și metodele de combatere

Arcul electric, format între electrod și piesa de sudat, fiind un conductor electric foarte flexibil, este ușor deviat de forțele electromagnetice create la trecerea curentului prin el. Această deviere se numește suflul arcului sau suflajul magnetic al arcului. El împiedică depunerea corectă a metalului topit din electrod, în special, la sudarea cu curent continuu, la începutul și sfârșitul primului strat. Picăturile de metal sunt proiectate în afara coloanei arcului și arcul este întrerupt. După execuția unei cusături scurte și după răcirea metalului sub 768°C, când acesta devine magnetic, suflul arcului este mai slab. La sfârșitul cusăturii, suflul devine mai puternic, suflând în sens opus sensului de sudare, deoarece arcul este atras de partea sudată devenită magnetică.

Figura 10.10 ne arată mișcările electrodului 1 pentru obținerea sudurii în piesa 2. În figura 10.10, a se reprezintă devierea câmpului magnetic la sudarea cu polaritate directă a oțelului magnetic (oțel carbon, oțel slab aliat etc.), iar în figura 10.10, b se reprezintă devierea câmpului magnetic la sudarea cu aceeași polaritate a unui material amagnetic (cupru, oțel austenitic).

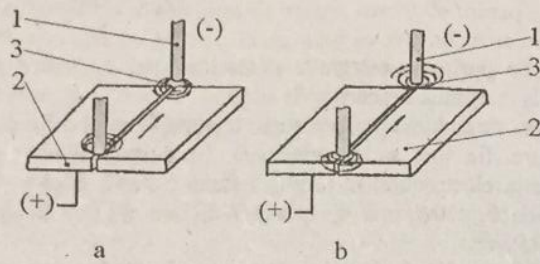


Fig. 10.10. Suflul arcului.

În primul caz suflul arcului 3 este spre interiorul rostului, fiind atras de piesă, ca și la terminarea rândului de sudură, iar în al doilea caz fenomenul este de respingere, arc este suflat în afara rostului. În timpul sudării, aceste fenomene se observă prin devierea flamei.

Metodele de combatere a efectului de suflu sunt:

- clema de contact pentru aducerea curentului să fie mai aproape de arc- se obține prin folosirea contactelor mobile sau prin aducerea curentului electric la piesă din două părți opuse;
- se înclină electrodul la începutul și la sfârșitul cusăturii în sens invers suflului arcului;
- se folosesc surse de curent alternativ și electrozi cu înveliș gros;
- se execută în prealabil suduri discontinue sau se utilizează sudarea în trepte inverse.

În figura 10.11, *a* se prezintă sudarea în unghi drept a două corniere. Suflul arcului poate fi combătut prin înclinarea electrodului la capete sau, în cazul unei lungimi mari, se recomandă sudarea în trepte inverse. Se sudează treapta 1 de la punctul A la punctul B, marginea sudurii. Apoi treapta 2, de la C la A, treapta 3 de la D la C etc. Sudarea treptelor 1, 2 și 3 etc. se face în ordinea și sensul arătate, iar la capete se va menține înclinarea electrodului.

În figura 10.11, *b* se arată sudarea la interior a unui profil 5 în formă de U, cu placa 6. Se începe pe latura stângă din locul indicat, cu poziția electrodului 1 și se continuă în sensul I, menținându-se înclinarea, se ajunge la poziția 2. În colț, trecerea de la poziția 2 la poziția 3 a electrodului se va face cât mai rapid, iar la depășirea colțului se va da înclinarea 4. La fel se sudează și cusătura II pe aripa din dreapta.

În figura 10.11, *c* se prezintă sudarea în colț interior a două table. Dacă sudarea s-ar face vertical urcător începând de jos, ar avea o calitate necorespunzătoare, deoarece, după sudarea primei jumătăți cu un electrod cu înveliș subțire, suflul arcului ar fi atât de mare, încât nu s-ar putea obține o pătrundere corespunzătoare. De aceea se recomandă execuția în trepte inverse. Se începe cu treapta 1, din punctul A spre margine, apoi treapta 2 din B spre punctul A și așa mai departe până la terminarea întregii îmbinări. Astfel, sudarea se execută tot vertical urcător cu primele trepte executate sus. De asemenea, se recomandă ca primele trepte să fie executate de lungime mai mică, până la 100 mm.

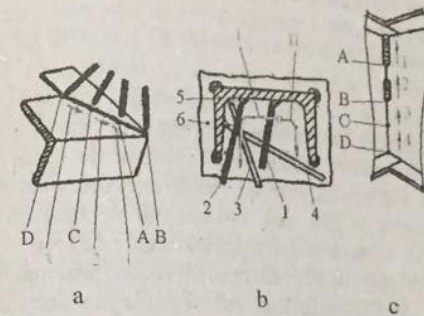


Fig. 10.11. Combaterea suflului arcului:

a – sudarea în unghi drept; 1, 2 și 3 – trepte de sudare; A, C și D – începuturile sudurilor; B – sfârșitul primei trepte; *b* – sudarea la interior; I și II – sensurile de sudare a cusăturii interioare; 1, 2, 3 și 4 – înclinările electrodului; 5 – profil U; 6 – placă; *c* – sudarea în colț interior; A, B, C, și D – începuturile sudurilor de sus în jos; 1, 2, 3 și 4 – ordinea de sudare.

10.5. Surse de curent: convertizoare de sudare, redresoare, transformatoare

Sursele de curent sunt: de curent continuu și de curent alternativ.

• *Sursele de curent continuu* pot fi: generatoare de sudare și redresoare, și anume:

1. **generatoare de sudare**, antrenate de motoare electrice sau de motoare cu ardere internă, formează **grupuri de sudare**. Generatoarele antrenate de motoare electrice formează **convertizoare de sudare**, care se execută în construcție compactă, adică rotoarele motorului electric și ale generatorului sunt montate pe un arbore comun, cu o carcasă comună, formând blocuri sau monoblocuri de sudare. Ele se numesc și **agregate de sudare** și pot fi acționate electric (grup convertizor) sau termic (grup electrogen).

2. **redresoare**, care nu au organe în mișcare.

• *Sursele de curent alternativ* pot fi:

1. **transformatoare de sudare**, – aparate statice care transformă curentul de la rețea (cu tensiunea de 200–480 V) în curent de sudare, de aceeași frecvență cu a rețelei electrice (cu intensitate mare);

2. **generatoare de frecvență ridicată**, – convertizoare rotative antrenate de curentul de la rețea care generează curent alternativ de sudare cu o frecvență de peste 150 Hz.

Convertizorul de sudare este un aparat constituit dintr-un motor electric, alimentat de la rețeaua de curent de 220 sau 380 V, care antrenează un generator de curent continuu de sudare. Generatorul de curent de sudare poate fi antrenat și de un motor cu ardere internă. Motorul de antrenare și generatorul de curent de sudare formează grupurile de sudare. Grupul de sudare CS este alcătuit din: motorul electric de antrenare a generatorului; generatorul de curent de sudare; tabloul de comandă și trenul cu roți pentru deplasare.

Grupul de sudare CS-350 are generatorul și motorul montate într-o carcasă comună, iar la partea superioară este tabloul de comandă cu aparatele de măsură și dispozitivele pentru pornire, reglare și control în timpul funcționării. Tensiunea în gol

este de 49–65 V, iar domeniul de reglare este între 50 A și 22 V și 370 A și 34 V. Se utilizează la sudarea continuă cu electrozi înveliți de 5 mm diametru. Are patru domenii de reglare a curentului de sudare: 50–130 A; 70–160 A; 100–200 A; 200–370 A. În cadrul fiecărui domeniu, curentul se poate regla fin cu reostatul de extracție de pe tabloul de comandă. Pe tabloul de comandă este un pachet tripolar care inversează pe sensul curentului de excitație, pentru schimbarea polarității. Pe tabloul de comandă sunt un ampermetru și un voltmetru pentru măsurarea curentului de sudare și a tensiunii arcului. Motorul de antrenare a grupului este un motor asincron trifazat de 14 kW și poate fi legat la tensiunile rețelilor de 220, 380, 440 sau 500 V. Dimensiunile de gabarit ale grupului sunt: 887x870x536. Masa totală a grupului este de 420 Kg.

Grupul de sudare CS-500 (fig. 10.12) este destinat sudării prin mai multe procedee: cu electrozi înveliți, în mediu de CO₂, sub flux etc. și poate funcționa cu caracteristici statice coborâtoare și rigide orizontale sau urcătoare, în funcție de poziția crucii portperiei. Pentru caracteristicile coborâtoare, tensiunea de mers în gol variază între 55–80 V. Pentru sudarea sub flux și în mediu de CO₂, curentul maxim de sudare este de 370 A, la tensiunea de 34 V. Pentru caracteristicile statice rigide, tensiunea de mers în gol variază între 20–45 V. Dimensiunile de gabarit ale grupului sunt: 1050x985x670.

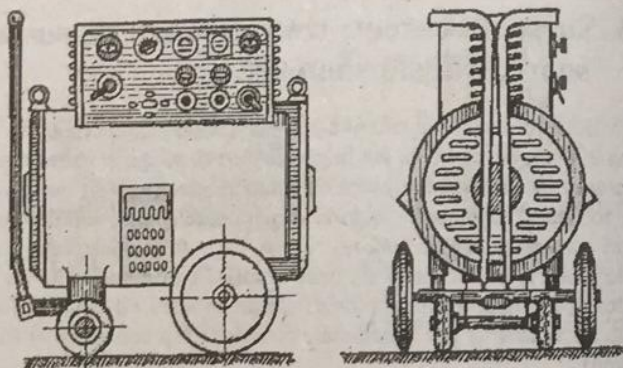


Fig. 10.12. Grup de sudare CS-500.

Caracteristicile se schimbă cu un mâner de calare (fig. 10.13). Poziția între 0,8 și 1 a caracteristicilor coborâtoare se folosește pentru sudarea cu electrozi înveliți, iar cea între 1 și 1,2 pentru sudarea sub flux.



Placa de borne pentru cureni de sudare a generatorului este prevăzută cu patru borne:

1. borna-electrod pentru legarea cablului de sudare a cleștelui portelectrod;
2. borna 50–500 A pentru legarea cablului de sudare a clemei în vederea sudării în primele patru domenii;

Fig. 10.13. Mâner de calare.

3. borna 350–625 A pentru legarea cablului clemei în vederea sudării în domeniul al cincilea;

4. borna caracteristicii rigide pentru legarea cablului clemei în vederea sudării în mediu de CO₂.

Pe platoul de comandă mai sunt:

- un comutator stea-triunghi pentru pornirea și oprirea motorului de antrenare;
- placa cu borne pentru legarea grupului la rețeaua electrică;
- un comutator - parchet pentru inversarea curentului de excitație, cu ajutorul căruia se schimbă polaritatea;
- un voltmetru și un ampermetru cu un buton de control.

Instalarea convertizoarelor. După instalarea pe locul de muncă, grupurile de sudare se leagă la pământ prin borne speciale. Grupurile se pun în funcțiune numai după ce se instruiște personalul de serviciu. Înainte de pornire, se mută comutatorul stea-triunghi în poziția zero, iar cablurile circuitului de sudare se leagă la bornele plăcii generatorului.

Manipularea și întreținerea convertizoarelor. Comutatorul domeniilor de curent se așază pe poziția necesară înainte sau după pornirea grupului, iar curentul de sudare se reglează cu reostatul de excitație. Polaritatea electrodului se stabilește cu butonul comutatorului. Comutatorul domeniilor de reglare nu se manevrează în timpul sudării. Reostatul pentru reglarea fină a curentului se manevrează atât în gol, cât și în sarcină, iar comutatorul pentru schimbarea polarității numai în gol. Regimurile de sudare se aleg astfel încât să nu se depășească limitele prevăzute în cartea mașinii. În cazul în care sunt necesare intensități mai mari față de cele prevăzute, timpii de sudare se vor menține după cartea mașinii.

Redresoarele de sudare sunt aparate care transformă puterea electrică de curent alternativ în putere de curent continuu. Redresorul se utilizează mai ales la sudarea în mediu de gaz protector. În figura 10.14 este dată schema unui redresor de sudare. Redresoarele de sudare se construiesc brusc coborâtoare sau rigide și universale, cu ambele caracteristici. Ele pot fi pentru unul sau mai multe posturi de sudare. Redresorul cu ventile de siliciu are caracteristici coborâtoare; curentul nominal de sudare este de 350 A și tensiunea de 34 V. În cazul în care curentul variază între 50–360 A, atunci tensiunea poate fi între 22–34 V. Tensiunea în gol este de 70 V. Dimensiunile de gabarit sunt de 800x530x100, iar masa de 300 kg.

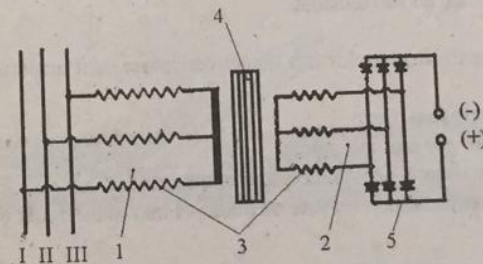


Fig. 10.14. Schema unui redresor de sudare:

- 1 – primar; 2 – secundar; 3 – transformator; 4 – pachet de dispersie; 5 – redresor;
I, II, III – rețea de alimentare.

Transformatoarele de sudare sunt sursele de curent alternativ pentru sudare care funcționează cu caracteristici coborâtoare. Transformatoarele de sudare mari sunt utilizate pentru sudarea automată. Parametrii puterii electrice de la o rețea primară cu tensiunea de 220–500 V sunt modificate la tensiunea necesară sudării cu intensitate mare de curent. Transformatoarele sunt monofazate, însă se execută și trifazate pentru alimentarea mai multor posturi de sudare sau pentru sudarea cu arc trifazat.

Transformatorul are două trepte de reglare a curentului de sudare: treapta I cu 75–230 A și treapta a II-a cu 220–480 A.

Transformatorul de sudare TASM-300 (fig. 10.15) este prevăzut cu un miez mobil în interiorul miezului transformatorului. Se pot obține variații de curent de sudare cuprinse între 75 și 480 A.

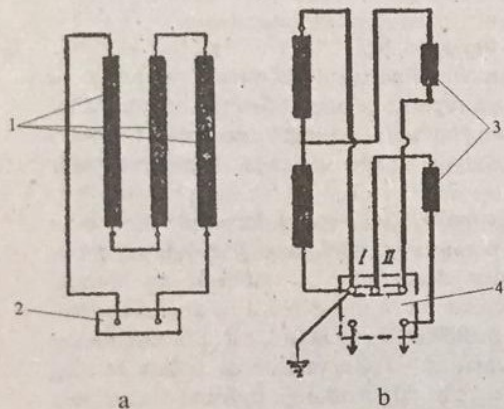


Fig. 10.15 Schema electrică a transformatorului de sudare TASM-300: a – înfășurarea primară; b – înfășurarea secundară; 1 – spirele primare; 2 – legătura la rețea; 3 – înfășurarea secundară reactivă; 4 – legătura la cablul de sudare; I și II – trepte de reglare.

Instalarea transformatoarelor. Borna de pământ se leagă conform schemei de către electricieni. Se verifică poziția barelor de pe placa de borne. Se verifică legăturile cablurilor de sudare la masă și la cleștele portelectrod. Masa de sudare se leagă la pământ. Se instruește personalul.

Manipularea și întreținerea transformatoarelor. Dacă se aud zumzete și aparatul vibrează, se mișcă roata miezului mobil într-un sens sau în celălalt, până se stabilește zumzetul normal. Transformatorul de sudare nu se transportă sub tensiune. Reparațiile la transformator se execută numai de electricieni.

Transformatorul nu se lasă sub tensiune la mers în gol. La terminarea lucrului, transformatorul se scoate de sub tensiune.

Avantajele transformatoarelor față de convertizoare sunt următoarele:

- cost mai redus;
- consum de energie mai mic;
- puterea la mers în gol este mai mică;
- întreținere foarte ușoară, neavând organe în mișcare;
- randamentul transformatoarelor este de două ori mai mare decât al convertizoarelor de sudare.

Dezavantajele transformatoarelor față de convertizoare sunt următoarele:

- nu pot fi folosiți electrozi cu înveliș bazic și electrozi neînveliși;
- au un factor de putere foarte mic;
- pot produce dezechilibrări ale rețelelor.

10.6. Alegerea sursei de curent de sudare

Alegerea sursei de curent se face funcție de tipul curentului și grosimea pieselor de sudat.

După tipul curentului sunt surse de curent continuu și de curent alternativ.

La sursele de curent continuu se folosesc electrozi cu înveliș bazic, electrozi neînveliși și electrozi cu înveliș subțire. Ele se utilizează pentru sudarea oțelurilor cu conținut mare de carbon, a oțelurilor aliate și a fontei.

La sursele de curent alternativ se folosesc electrozi cu înveliș gros. Se utilizează pentru sudarea oțelurilor cu conținut redus de carbon.

După grosimea pieselor de sudat sursele de curent se aleg astfel:

- pentru grosimi mici se utilizează mașini cu intensitatea curentului până la 200 A și electrozi până la 4 mm grosime;
- pentru grosimi mai mici de 15 mm se recomandă mașini cu intensitatea curentului de 500 A.

Grosimea materialului de sudat determină grosimea materialului de adaos și deci curentul necesar.

10.7. Scule și accesorii

La locul de muncă, sudorul folosește pe lângă utilajele de energie, necesare generării curentului de sudare, și o serie de accesorii, scule, ustensile, dispozitive și materiale de protecție.

Cleștele portelectrod (fig. 10.16) este un dispozitiv cu care se prinde electrodul de sudare pentru a fi condus în lungul rostului de sudat.

Are o greutate mică și o suprafață de contact suficient de mare, iar mânerul este izolat, pentru a evita electrocutarea.

În figura 10.16 este reprezentat cleștele portelectrod complet izolat, pentru curenți până la 400 A și masa de 400 g și la care conectarea cablului se face prin intermediul unui papuc. Pentru tablele subțiri, care se sudează cu electrozi până la 2,5 mm, se recomandă clești cu masa până la 200 g și cabluri de 16 mm².

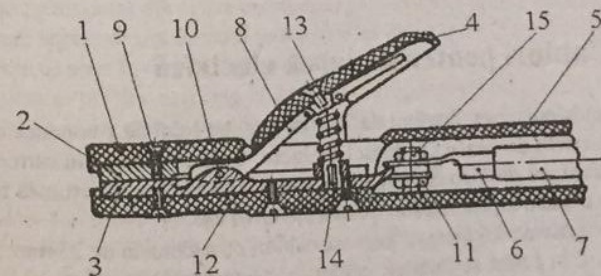
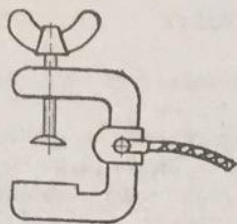


Fig. 10.16. Clește portelectrod:

- 1 – plăci de bachelită; 2 – bac superior din fontă; 3 – bac inferior de bronz; 4 – mâner din bachelită; 5 – mâner portelectrod izolat din bachelită textilă; 6 – papuc; 7 – cablul de sudură; 8 – suport bac superior; 9 – patru șuruburi M6x16; 10 – ax din oțel; 11 – șurub M8x14; 12 – bușă izolantă; 13 – șurub M6x10; 14 – știft filetat; 15 – piuliță M8.



Clemele de contact servesc la conducerea curentului de la sursa de curent la masă sau la piesa de lucru (fig. 10.17). Ele trebuie să asigure un contact bun, nefiind permisă încălzirea lor în timpul lucrului.

Fig. 10.17. Clemă de contact.

Ustensilele sudorului sunt:

- ciocan de sudor pentru curățirea zgurii (fig. 10.18, a);
- ciocan cu cap rotund pentru ciocănirea sudurii;
- ciocan obișnuit și daltă pentru îndepărtarea stropilor de sudură;
- perie de sârmă din oțel pentru curățirea zgurii sau ruginii (fig. 10.18, b);
- ciocan pneumatic pentru curățirea stropilor.

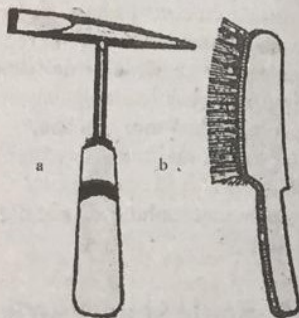


Fig. 10.18. Ciocan și perie pentru sudori.

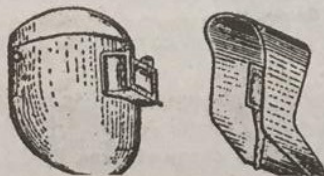


Fig. 10.19. Mască și ecran pentru sudori.

Masca de sudare și ecranul de mână (fig. 10.19) servesc la protecția ochilor, a feței și a gâtului de efectele radiațiilor vătămătoare ale arcului electric. Sunt confecționate din materiale rezistente la căldură, cu masa de 600–650 g și sunt prevăzute cu o fereastră pentru filtru din sticlă specială de culoare verde-închis.

10.8. Cabluri pentru sudarea electrică

Se livrează în colaci, cu lungimi de 50–100 m și au rolul de a conduce curentul la portelectrod și la clema de contact a piesei de lucru. Cablurile sunt din sârme de cupru acoperite cu o înfășurare din fire de bumbac și izolație de cauciuc. Secțiunea cablului se alege în raport cu diametrul electrozilor. Pentru electrozi cu:

- diametrul mai mic de 3,5 mm, se folosesc cabluri cu secțiunea de 25 mm²;
- diametrul până la 4 mm, se folosesc cabluri cu secțiunea de 35 mm²;
- diametrul până la 5 mm, se folosesc cabluri cu secțiunea de 50 mm².

Legăturile dintre cabluri se execută cu racorduri fixe sau demontabile, obținându-se contacte bune, complet izolate (fig. 10.20). Pentru legarea la clește și clema de contact, cablurile se vor cositori.

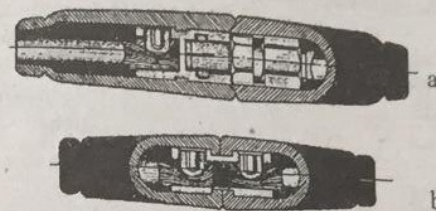


Fig. 10.20. Racorduri pentru cabluri de sudare: a - racord demontabil; b - racord fix.

10.9. Defecte tehnologice la sudarea cu arc electric

Prin defect se înțelege abaterea de la formă, dimensiune, aspect, continuitate, structură etc., prescrise pentru îmbinarea sudată în documentația tehnică a produsului sau în standarde.

Defectele apar atât în sudură, cât și în zonele învecinate sudurii. La exterior, îmbinarea sudată trebuie să aibă un aspect lucios, cu solzi mărunți, repartizați uniform și aceeași lățime pe toată lungimea. În interior, sudura trebuie să fie compactă, fără pori sau incluziuni. Caracteristicile mecanice ale sudurii trebuie să fie la fel cu cele ale materialului de bază sau puțin mai mari.

Defectele pot proveni de la pregătirea și asamblarea pieselor înainte de sudare sau de la sudare. Defectele care pot apărea la pregătirea și asamblarea pieselor pentru sudarea cu arc electric sunt: subțieri ale marginilor de sudat; denivelarea marginilor prea mare sau neuniformă; unghiul rostului prea mare sau prea mic față de cel corect; interstiții rostului neuniform sau diferit față de cel prescris.

După natura formării lor, defectele sudurii pot fi:

- defecte în piesele sudate amplasate lângă cordonul de sudură;
- defecte legate de compoziția chimică și sudabilitatea materialului de bază;
- defecte legate de materialul de adaos;
- defecte provenite din cauza conducerii greșite a procesului de sudare;
- defecte legate de tratamentul termic necorespunzător;
- defecte ce apar în timpul exploatarei asamblării.

Defectele pot fi clasificate în două mari grupe, și anume:

- defectele exterioare, care apar la suprafața sudurii și se pot observa cu ochiul liber sau cu lupa;
- defectele interioare, incluse în cordonul de sudură, care se pot detecta cu aparate speciale sau prin secționarea sudurilor.

Defectele exterioare ale sudurilor sunt: abaterile dimensionale și de formă ale cordonului de sudură, trecerile discontinue și fisurile exterioare.

Abaterile dimensionale și de formă ale cordonului de sudură sunt:

- dimensiunile necorespunzătoare ale sudurii față de proiect. De exemplu, o secțiune mai mică a sudurii va determina micșorarea rezistenței;

- **neuniformitățile**, care pot fi: îngroșări (fig. 10.21, a), deplasări de la axa rostului (fig. 10.21, b) sau abateri de formă (fig. 10.21, c și d). Ele sunt datorate distanțelor variabile între piesele îmbinate, execuției neatenante din partea sudorului, greșelilor de trasare sau de prindere pe timpul sudării.

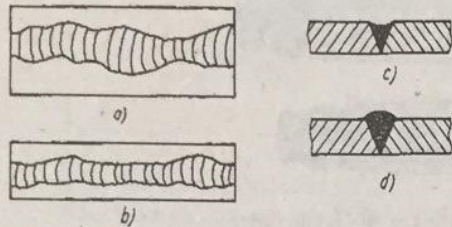


Fig. 10.21. Neuniformități.

Trecerile discontinue ale cordonului de sudură sunt sub formă de:

- **crestături marginale** (fig. 10.22) în materialul de bază de-a lungul cordonului de sudură sau pe porțiuni, cauzate de folosirea unui curent de intensitate mare;
- **surgeri** ale materialului la rădăcina sudurii (fig. 10.23), cauzate de conducerea greșită a electrodului sau de încălzirea insuficientă a metalului de bază;

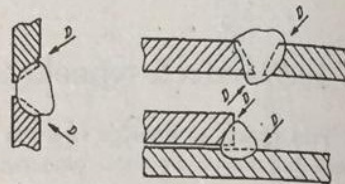


Fig. 10.22. Crestătur.

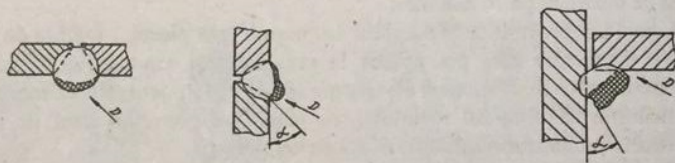


Fig.10.23. Surgeri.

- **străpungeri** (fig. 10.24) în partea opusă a cusăturii, care formează proeminențe ce provin din topirea excesivă a materialului de bază;
- **revărsări** (fig. 10.25), cauzate de conducerea greșită a electrodului sau de o viteză de sudare redusă.

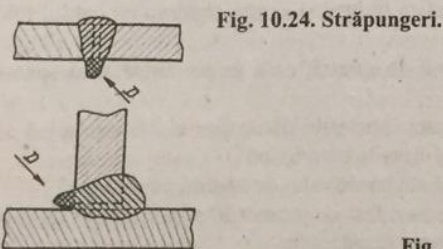


Fig. 10.24. Străpungeri.

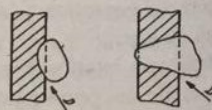


Fig. 10.25. Revărsări.



Fisurile exterioare produse în timpul sudării sunt datorate încălzirii prea puternice a materialului de bază, vitezei prea mici de sudare, unghiului de teșire mare sau tensiunilor interne care iau naștere la rădăcina băii de sudură. **Craterele** sunt datorate întreruperilor cordonului de sudură. **Rădăcina nesudată** se formează la baza rostului, dacă procesul de sudare este greșit sau pregătirea este incorectă.

Defectele interioare ale sudurilor sunt:

- **incluziunile solide** sunt corpuri străine încorporate în masa de metal. Ele pot fi: de zgură, de flux, de oxizi sau incluziuni metalice, cauzate de curățire insuficientă, impurități pe sârma de adaos, solidificare prea rapidă, zgură care a rămas inclusă în metalul sudat. Ele provin din zgură, flux sau oxizi incluși în masa metalului topit. Incluziunile pot fi: aliniate, izolate sau de diverse forme;



Fig. 10.26. Pori.

- **incluziunile de gaze** apar sub formă de sufluri sferice sau alungite, formate din cauza gazelor care se degajă în timpul sudării și care, după răcirea băii de sudură, formează pori în cusătură (fig. 10.26). Ele pot fi uniform repartizate, aliniate sau grupate în cusătură;

- **fisurile interioare** sunt discontinuități care se produc în timpul răcirii sau după răcire. Ele sunt datorate tensiunilor interne și creșterii fragilității metalului la temperatura apropiată de linia solidus. Apar în materialul de bază, în zonele influențate termic și în sudură. Fisurile pot fi: longitudinale, transversale, ramificate sau radiale. Ele sunt defectele cele mai grave, deoarece conduc la ruperi;

- **nepătrunderile** (fig. 10.27) sunt zone în care metalul depus și metalul de bază nu au legătură, rămânând un spațiu neumplut cu metal depus. Ele sunt formate mai ales la începutul sudurii, când încă metalul de bază nu este suficient încălzit. Ele sunt caracterizate prin lipsa de topire între sudură și materialul de bază care poate fi chiar pe întreaga adâncime a materialului sudat;

- **nealierea** (fig. 10.28) este topirea incompletă prin care pot rămâne goluri între metalul depus și metalul de bază sau între straturile succesive ale metalului depus.

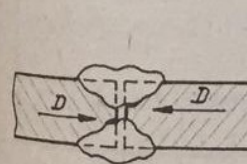


Fig. 10.27. Nepătrundere.

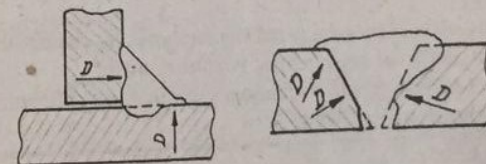


Fig. 10.28. Nealiere.

10.10. NTSM-PSI la sudarea cu arc electric

Nerespectarea măsurilor de tehnică a securității muncii la sudarea cu arc electric poate produce numeroase accidente, ca: electrocutări, incendii, arsuri cauzate de scântei și picături de metal și zgură, îmbolnăviri ale ochilor, arsuri ale pielii provocate de radiațiile arcului electric, intoxicații cu gazele și fumul degajat etc. De aceea, la locul de muncă trebuie respectate cu strictețe o serie de reguli.

- Sudorul trebuie să poarte echipament de protecție: mănuși din piele cu cinci sau mai puține degete, șorț din piele cu pieptar sau șorț scurt, bocanci din piele sau jambiere, cască sau mască de mână.
- Sudorul trebuie să lucreze pe covoare din cauciuc sau pe grătare din lemn.
- Sursele de curent și masa de lucru trebuie să fie legate la priza de pământ înainte de punerea lor în funcțiune.
- Se interzice sudarea pieselor vopsite.
- Nu se sudează în apropierea substanțelor inflamabile.
- Nu se sudează când conductoarele electrice au izolația deteriorată.
- La orice părăsire a locului de muncă, sudorul este obligat să întrerupă alimentarea cu curent electric a aparatelor.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Enumerați procedeele de sudare cu arc electric.
2. Cum se clasifică sursele de curent?
3. Care sunt mișcările electrodului pentru menținerea arcului electric?
4. Cum se execută întreruperea arcului?
5. Care sunt mijloacele de combatere a efectului de suflu?
6. Sursele de curent alternativ sunt:
 - a) convertizoarele;
 - b) transformatoarele;
 - c) redresoarele.
7. Care sunt avantajele transformatoarelor față de convertizoare?
8. Care sunt criteriile după care se face alegerea sursei de curent de sudare?
9. Enumerați sculele și accesoriile sudorului.
10. Precizați care sunt defectele tehnologice ale sudurilor.
11. Enumerați câteva reguli de protecție a muncii ce trebuie respectate la sudarea cu arc electric.
12. Scurgerile materialului la rădăcina sudurii sunt cauzate de:
 - a) suflaiuri mari sau curent de intensitate mare;
 - b) conducerea greșită a suflaiului și încălzirea insuficientă a metalului de bază;
 - c) viteza de sudare redusă.

Test de evaluare

Tema: Procedee tehnologice de asamblare prin sudare

1. Indică varianta corectă:

1.1. Oțelurile ușor sudabile conțin:

- a) mai puțin de 0,25% C;
- b) mai puțin de 0,60% C;
- c) mai mult de 0,60% C.

0,5 puncte

1.2. Buteliile de acetilenă se vopsesc în:

- a) albastru cu inscripție albă;
- b) alb cu inscripție roșie;
- c) verde cu inscripție roșie.

0,5 puncte

1.3. Pentru aprinderea arzătorului, se deschide întâi robinetul de oxigen, apoi cel de acetilenă.

- a) Adevărat;
- b) Fals.

0,5 puncte

2. Stabilește corespondența dintre elementele celor două coloane:

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| a) surse de curent continuu | a) electrozi neînveliți |
| b) surse de curent alternativ | b) incluziuni de gaze |
| c) defecte exterioare | c) transformatoare de sudare |
| d) defecte interioare | d) scurgeri, cratere |
| e) curent continuu | e) convertizoare de sudare |
| f) curent alternativ | f) electrozi cu înveliș gros |

1,5 puncte

3. Completează spațiile libere:

3.1. Supapele hidraulice de siguranță au rolul de.....flacăra de la

.....să pătrundă în..... 1 punct

3.2. Clemele de contact servesc la conducerea curentului de la.....

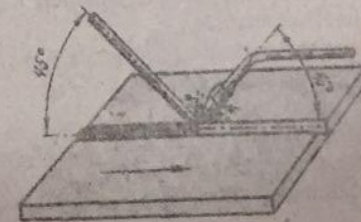
.....lasau la 1 punct

4. Menționează:-

4.1. Sculele și accesoriile utilizate la sudarea cu arc electric. 1,5 puncte

4.2. Metalele și aliajele care se sudează greu. 1,5 puncte

5. Identifică metoda de sudare din figura de mai jos. 1 punct



Se acordă un punct din oficiu. Timpul de lucru este de 30 minute.

Bazele teoretice ale tratamentelor termice

11. INTRODUCERE

11.1. Definierea și caracterizarea tratamentelor termice

Tratamentele termice sunt operații de încălzire, de menținere la o anumită temperatură (în funcție de dimensiunea piesei) și răcire a aliajelor în stare solidă, efectuate cu scopul de a le schimba structura cristalină și proprietățile fizico-mecanice sau tehnologice fără a modifica forma și dimensiunile.

Proprietățile metalelor și aliajelor se schimbă în timpul prelucrării prin turnare, sudare, deformare plastică la cald sau la rece, când se produc transformări structurale și tensiuni interne.

Majoritatea oțelurilor și fontelor se întrebuințează în stare tratată datorită faptului că prin tratamentele termice se îmbunătățește structura, se obțin caracteristici mecanice (rezistență, duritate) și tehnologice superioare.

Scopul tratamentelor termice este de a modifica starea structurală și de tensiuni a semifabricatelor, pieselor și sculelor, pentru asigurarea condițiilor optime de prelucrare, precum și a durabilității și a siguranței în exploatare.

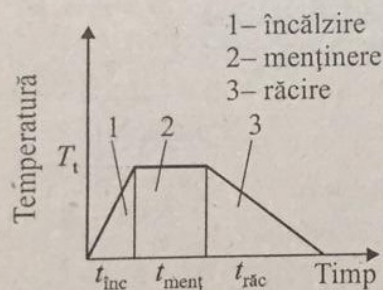


Fig. 11.1. Ciclul grafic de tratament termic.

termic în coordonatele temperatură-timp. Acești parametri sunt:

- durata încălzirii t_{inc} ;
- temperatura de tratament termic T_1 sau T_{inc} ;
- viteza de încălzire $V_1 = T_1 - T_0 / t_{inc}$;
- durata menținerii $t_{menț}$;
- durata răcirii $t_{răc}$;
- viteza de răcire $V_2 = T_1 - T_0 / t_{răc}$

Mărimile V_1 și V_2 sunt vitezele medii ale intervalului $T_0 - T_1$.

Orice tratament termic poate fi reprezentat într-o diagramă cu coordonatele temperatură-timp. Această reprezentare grafică se numește ciclu de tratament termic și include următoarele domenii (fig. 11.1):

- încălzirea de la temperatura ordinară T_0 până la o anumită temperatură, denumită temperatură de tratament termic T_1 sau temperatură de încălzire T_{inc} ;
- menținerea un anumit timp $t_{menț}$ la temperatura de tratament termic;
- răcirea $t_{răc}$ de la temperatura de tratament termic până la temperatura ordinară.

Un ciclu de tratament termic este caracterizat de **parametri termici și temporali**, rezultați din reprezentarea ciclului de tratament

11.2. Clasificarea tratamentelor termice. Punctele critice ale oțelurilor

Clasificarea tratamentelor termice se face după următoarele criterii: scopul tratamentului termic, micșorarea durității, specificul transformărilor structurale care se produc în timpul încălzirii și al răcirii, îmbunătățirea prelucrabilității prin aşchiere etc.

Tipurile de tratamente termice se diferențiază prin specificul transformărilor în stare solidă ce se produc în timpul încălzirii și al răcirii. Ele pot fi grupate după evoluția stării energetice a produsului metalic.

În funcție de scopul urmărit, tratamentele termice sunt:

1. **Tratamente termice preliminare**, care la rândul lor sunt:

a. **recoaceri fără transformări de fază în stare solidă**, denumite și simplu **recoaceri**. Ele se aplică pentru: lingouri, piese turnate, piese forjate, asamblări sudate, laminate etc. Recoacerile au ca obiectiv aducerea produselor metalice într-o stare apropiată de echilibrul termodinamic prin încălziri și răciri, în timpul cărora se produce diminuarea și înlăturarea în totalitate a unor efecte ale prelucrărilor anterioare, cum sunt: tensiunile remanente, neomogenitatea chimică, ecrusajul etc. Scopul recoacerii se realizează prin trecerea produsului metalic dintr-o stare energetică, caracterizată prin valoare mai mare, în altă stare cu energia liberă mai mică, la orice temperatură, deci mai apropiată de echilibrul termodinamic. Prin recoacere se obține structura normală prin răcire lentă;

b. **recoaceri cu transformări de fază în stare solidă**, denumite în funcție de condițiile de încălzire și de răcire astfel: recoaceri complete și incomplete, cu răcire continuă lentă sau în aer, cu răcire și menținere izotermă etc. Scopul acestor tratamente este de a aduce produsul metalic într-o stare apropiată de echilibrul termodinamic prin încălziri și răciri în timpul cărora se produc modificări ale compoziției chimice, formei, dimensiunilor și distribuției cristalelor de faze și constituenți. La sfârșitul tratamentului termic, produsele au structura corespunzătoare indicațiilor diagramei de echilibru termodinamic.

2. **Tratamente termice finale sau secundare**: călirea, normalizarea și revenirea. Ele se aplică pieselor după prelucrările mecanice.

Călirea se realizează prin răcirea cu viteză mare a produsului metalic adus printr-o încălzire prealabilă într-o stare structurală apropiată de cea de echilibru termodinamic. Prin răcirea cu viteză mare se împiedică desfășurarea proceselor de difuzie prin care se transformă soluția solidă în faze și constituenți, corespunzător diagramei de echilibru.

Normalizarea este un tratament termic asemănător recoacerii, cu deosebirea că viteza de răcire este mult mai mare, răcirea putându-se efectua în aer liber.

Revenirea are ca scop readucerea produselor metalice călite în stări structurale apropiate de echilibrul termodinamic.

În figura 11.2 sunt reprezentate diagramele tratamentelor termice în sistemul de axe: timp-temperatură de încălzire.

Se constată că temperatura de încălzire pentru revenire, față de celelalte tratamente termice, este mai scăzută și vitezele de răcire ale tratamentelor termice sunt diferite.

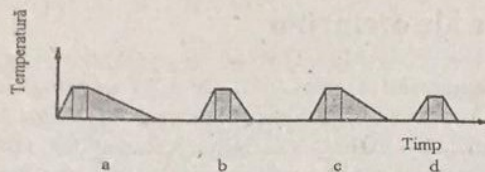


Fig. 11.2. Représentarea schematică a trata-mentelor termice:
a - recoacere; b - călire; c - normalizare; d - revenire.

3. **Tratamentele termochimice** constau în modificări dirijate ale compoziției chimice și structurii straturilor superficiale ale produselor metalice, în scopul obținerii unor proprietăți mecanice, fizice și chimice diferite de cele ale restului volumului lor. În straturile superficiale și uneori și în straturile interioare se produc transformări de fază în stare solidă. Tratamentele termochimice utilizate în industrie sunt: carburarea, nitrurarea, carbonitrurarea, aluminizarea și cromizarea.

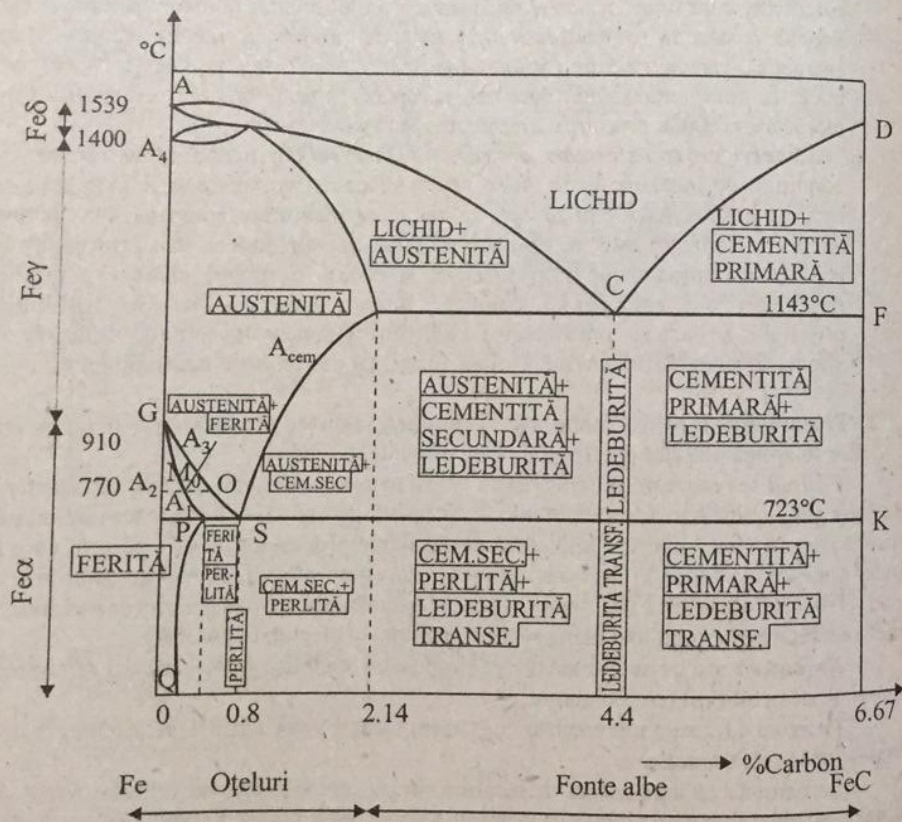


Fig. 11.3. Diagrama Fe-Fe₃C.

Punctele critice ale oțelurilor. Diagrama Fe-Fe₃C a fost studiată în anul I la obiectul studiul materialelor. Pe baza acelor informații, se mai fac unele precizări asupra punctelor critice ale oțelurilor.

Diagrama Fe-Fe₃C, reprezentată în figura 11.3, arată că punctele critice ale oțelului sunt cele în care au loc transformări de fază. Ele se notează cu litera A urmată de un indice:

- A₁ reprezintă temperatura de transformare eutectoidă (723°C), unde austenita se transformă în perlită și invers;
- A₂ este punctul CURIE al feritei (770°C);
- A₃ este punctul de transformare (910°C) al feritei în austenită și invers (linia GS);
- A₄ reprezintă punctul de transformare (1400°C) al cementitei în austenită. La oțelurile hipereutectoide, sfârșitul dizolvării (linia ES) se notează cu A_{cem}.

Proprietățile structurilor de tratament termic. Structurile diagramelor de echilibru se obțin prin răcirea lentă a aliajelor de la temperaturi înalte. Ele se numesc **structuri normale sau de echilibru**. Când se aplică răciri foarte rapide de la temperaturi înalte, transformările unui aliaj nu se mai produc. Astfel se obțin structuri diferite de cele normale, numite **structuri în afară de echilibru** care tind să revină la starea stabilă de echilibru.

Activitate independentă

Răspundeți la următoarele întrebări:

1. Definiți tratamentul termic.
2. Clasificați tratamentele termice.
3. Care este scopul tratamentelor termice?
4. Care este tratamentul termic care se aplică lingurilor?
 - a) recoacere;
 - b) călire;
 - c) revenire.
5. Cum se face răcirea la normalizare față de recoacere?
6. Enumerați tratamentele termochimice.
7. Care sunt tratamentele termice finale?
8. Precizați punctele critice ale oțelurilor.
9. Ce reprezintă structurile în afară de echilibru?

12. UTILAJE PENTRU TRATAMENTE TERMICE

Utilajele pentru tratamente termice se clasifică, în funcție de specificul operației de executat, astfel:

- utilaje de bază pentru executarea operațiilor de bază, de încălzire și de răcire;
- utilaje conexe destinate executării operațiilor de curățire, îndreptare, acoperiri de protecție etc.

12.1. Utilaje pentru încălzire

Caracteristicile constructive și funcționale ale cuptoarelor sunt:

- sursă de energie termică;
- regimul termic;
- intervalul temperaturilor de funcționare;
- caracterul termic al mediului în care se face încălzirea și eventual răcirea produselor;
- modul de așezare și deplasare a produselor în spațiul de lucru;
- sistemul de încărcare și descărcare.

După sursa de energie termică, cuptoarele sunt:

- cuptoare cu flacără, încălzite cu combustibili lichizi sau gazoși, prin contact direct al pieselor cu produsele de ardere sau indirect prin tuburi de radiație; funcționează la temperaturi între 550–1200°C și au un randament scăzut datorită pierderilor de căldură;
- cuptoare electrice, încălzite cu energie electrică, de regulă, cu rezistoare, radiind direct sau indirect asupra pieselor; funcționează la temperaturi între 200–1200°C.

După intervalul temperaturilor de încălzire, cuptoarele sunt:

- cuptoare pentru temperaturi joase, situate sub 650°C;
- cuptoare pentru temperaturi medii, situate între 650–1 000°C;
- cuptoare pentru temperaturi înalte, mai mari de 1 000°C.

După regimul termic, se disting:

- cuptoare discontinue (cu cameră) la care temperatura este constantă în tot spațiul de încălzire;
- cuptoare continue (cu propulsie sau cu vatră rotativă) la care temperatura din spațiul de lucru crește de la locul de încărcare spre locul de descărcare a pieselor.

12.1.1. Cuptoare cu flacără. Constructiv, cuptoarele cu flacără pot fi cuptoare-cameră, cuptoare cu vatră mobilă și cuptoare cu propulsie.

1. Cuptorul-cameră (fig. 12.1) are funcționare discontinuă și este utilizat pentru încălzirea cu flacără a pieselor mici și mijlocii. Piesele sunt introduse în camera de lucru, așezate pe vatră și încălzite de la circuitul de gaze arse provenite de la injectoare. Gazele arse sunt evacuate prin canale spre gurile aflate la partea superioară a cuptorului. Cuptorul este căptușit cu cărămidă refractară.

Cuptorul-cameră este destinat executării tratamentelor termice la temperaturi cuprinse între 200 și 650°C la aliaje feroase (reveniri, recoaceri pentru detensionare) și la aliaje neferoase (recoaceri pentru omogenizare, pentru recristalizare, pentru detensionare, căliri, îmbătrâniri). Piesele mici se încarcă și se descarcă manual. Piesele mari se încarcă și se descarcă cu ajutorul manipuletoarelor sau a mașinilor de încărcare-

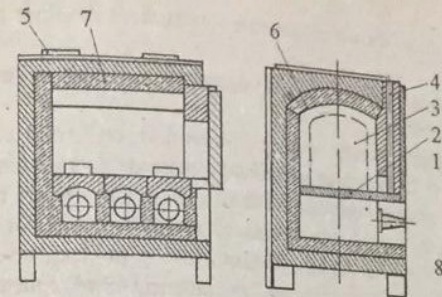


Fig. 12.1. Cuptor cu cameră: 1 - cameră de ardere; 2 - vatră pe care se așază piesele de încălzit; 3 - cameră de lucru; 4 - canale pentru evacuarea gazelor arse; 5 - guri pentru evacuarea gazelor; 6 - boltă; 7 - căptușeală din cărămidă refractară; 8 - injector.

descărcare, care se deplasează pe căi de ghidare, construite la marginea vetrei cuptorului. Cuptorul este echipat cu aparatură de control și reglare, care asigură valorile prescise pentru temperatură și presiune.

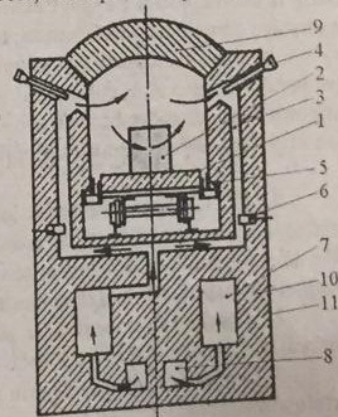
Cuptoarele cu funcționare discontinuă prezintă avantajul realizării oricărui regim de încălzire. Ele pot asigura valorile parametrilor termici necesare tuturor tratamentelor termice. Construcțiile perfecționate de cuptoare cu flacără sunt prevăzute cu recuperatoare pentru preîncălzirea aerului la 80–850°C. Prin folosirea recuperatoarelor, randamentul cuptoarelor-cameră poate fi mărit cu 10%.

Dintre dezavantajele acestui tip de cuptor amintim: neuniformitatea încălzirii, utilizarea căldurii și pentru încălzirea zidăriei, dificultăți întâmpinate la automatizarea regimului termic, mecanizarea și eventual automatizarea operațiilor de încărcare-descărcare și de deplasare a produselor pentru încălzit, contactul direct al metalului cu produsele de ardere fierbinți. Pentru a se evita oxidarea pieselor datorită gazelor de ardere, încălzirea se face în cuptoare cu muflă. În acest caz, piesele se așază într-un spațiu închis, căptușit cu cărămidă refractară (numit muflă) și se încălzesc prin căldura transmisă de pereții mufliei.

2. Cuptorul cu vatră mobilă (fig. 12.2) se utilizează pentru încălzirea cu flacără a pieselor mari. Vatra mobilă se încarcă în afara cuptorului și apoi se introduce în cuptor. Vatra este construită cu căi de ghidare cu role, iar deplasarea pieselor în cuptor se face mecanizat sau automatizat.

Cuptorul este prevăzut cu camere regeneratoare pentru preîncălzirea aerului și a gazelor. Încălzirea metalului se produce prin contactul direct al acestuia cu produsele de ardere fierbinți.

Fig. 12.2. Cuptor cu vatră mobilă cu regeneratoare: 1 - vatră mobilă; 2 - piesă de încălzit; 3 - canal; 4 - pirometru (instrument destinat măsurării temperaturilor înalte); 5 - sistem de etanșare; 6 - arzătoare; 7 - camere regeneratoare; 8 - canal de fum; 9 - boltă; 10 - căptușeală din cărămidă refractară; 11 - manta.



Cuptorul este dotat cu un pirometru (instrument destinat măsurării temperaturilor înalte).

O variantă constructivă a acestui tip de cuptor este cuptorul cu două camere care are o productivitate mai mare.

Dintre dezavantajele acestui cuptor, amintim: neuniformitatea încălzirii pieselor aflate în centrul vetrei și la marginea sa; consum mare de energie termică, determinat de etanșeitatea insuficientă și de necesitatea încălzirii zidăriei după fiecare încărcare-descărcare. Productivitatea cuptorului depinde de modul de încărcare a pieselor în spațiul de lucru (separat, pe unul sau mai multe rânduri, în dispozitive și în vrac), de mărimea pieselor în raport cu volumul spațiului de lucru și de tipul de tratament termic aplicat.

3. Cuptorul cu propulsie (fig. 12.3) pentru normalizare se utilizează pentru tratamentul termic al sudurilor. Camera de lucru 1 este în formă de tunel. Piesele se așază pe o platformă de lucru și se împing în cuptor, descărcându-se la celălalt capăt al cuptorului. Piesele se împing pe vatra cuptorului de împingătorul 4, cu ajutorul șurubului 5, acționat de mecanismul 6. Deplasarea pieselor 3, pe vatra cuptorului în camera de lucru, se realizează cu un sistem mecanic. Pentru arderea combustibilului, în camerele de ardere 8 sunt montate lateral arzătoarele 7. Gazele arse sunt evacuate prin canalele de fum 2.

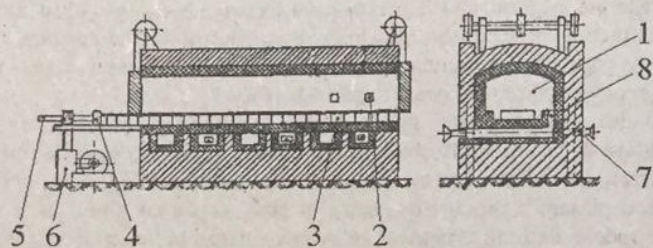


Fig. 12.3. Cuptor cu propulsie.

Acest cuptor se utilizează pentru o gamă largă de tratamente termice și termochimice, pentru produse mici și mijlocii, din oțeluri, fonte și aliaje neferoase. Funcție de viteza de deplasare a pieselor, se poate obține o productivitate mai mare decât la alte cuptoare. Piesele tratate în acest cuptor sunt calitativ superioare, ca urmare a mișcării continue a pieselor în cuptor.

În timpul încălzirii, în cuptoare trebuie să se asigure o repartiție uniformă a temperaturii pe vatra cuptorului și trebuie luate măsuri pentru protejarea piesei împotriva supraîncălzirii locale și a deformațiilor ce pot rezulta în urma așezării greșite sau împotriva acțiunii greutății proprii.

12.1.2. Cuptoare electrice. Instalațiile pentru încălzire se utilizează numai pentru producții de serie mare datorită avantajelor pe care le prezintă și anume: productivitate ridicată și posibilitatea de automatizare a încălzirii. După sursa de încălzire se disting două categorii de instalații de încălzire: electrice și cu flacără oxiacetilenică.

1. Cuptoarele manșon și panourile de încălzire electrice se utilizează la normalizare, pentru încălzirea locală, numai la îmbinările sudate.

2. Centurile de încălzire prin rezistență electrică se utilizează pentru tratamentul termic al asamblărilor sudate.

3. Instalația electrică de încălzire prin contact (fig. 12.4) asigură încălzirea piesei 1, aflată în mișcare de rotație, datorită contactului dintre ea și electrodul 2 (contact realizat sub formă de role), care este legat la secundarul transformatorului 3. Instalația se utilizează pentru încălzirea pieselor în toată masa sau pe anumite porțiuni. În zona de contact dintre electrod și suprafața piesei se degajă o cantitate de căldură proporțională cu pătratul intensității curentului, cu rezistența și cu timpul cât se menține contactul:

$$Q = 1,003 R I^2 t,$$

în care: Q este cantitatea de căldură, în J; R - rezistența, în Ω ; I - intensitatea curentului, în A; t - timpul, în s.

4. Instalația pentru încălzirea cu flacără oxiacetilenică utilizează un combustibil obținut din amestecul oxigenului cu acetilena. Pentru piese de forme speciale se utilizează suflaiuri cu flăcări multiple, dispuse după conturul piesei de călit. Se folosește la tratamentul termic al construcțiilor sudate.

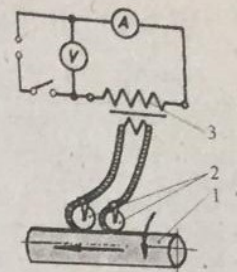


Fig. 12.4. Instalație electrică de încălzire prin contact.

12.1.3. Băi de încălzire. Pentru încălzirea rapidă a întregii secțiuni a piesei se folosește încălzirea în băi cu soluții de săruri, prin care se elimină oxidarea și decarburarea superficială a pieselor. Încălzirea băii se face pe cale electrică. Băile se utilizează la călirea pieselor cu forme neregulate, executate din oțeluri cu procent ridicat de carbon: scule așchietoare, instrumente de măsură.

În figura 12.5 este reprezentată o baie de încălzire cu săruri. Corpul băii este acoperit cu o manta metalică 1. În interior este un bazin de călire 2 cu săruri, în care se introduc piesele. Bazinul este acoperit cu un capac 3. Corpul băii este terminat la partea superioară cu capacul 4, prevăzut cu o pâlnie pentru introducerea pieselor. Baia se închide cu ușa 5.



Fig. 12.5. Baie de încălzire cu săruri.

Avantajele băii de încălzire, față de cuptoarele-cameră, sunt:

- piesele sunt încălzite uniform, ca urmare a conductivității termice a lichidelor, superioară față de cea a gazelor;
- piesele se încălzesc cu o viteză mai mare, ca urmare a valorii mari a coeficientului de cedare a căldurii de la lichid la metal;
- productivitatea este mai ridicată;
- se pot realiza diferite tipuri de tratamente termice și termochimice;
- piesele sunt protejate de oxidare și de decarburare în timpul încălzirii.

Dezavantajele constau în:

- consumul mare de energie electrică și de combustibil, ca urmare a pierderilor termice mari de pe suprafața băii;
- timpul mare de încălzire;
- condițiile nocive de muncă;
- curățirea pieselor, după încălzire, de stratul de sare, alcool sau ulei.

12.2. Utilaje pentru răcire

Utilajele pentru răcire, ca și utilajele pentru încălzire, au un rol important în realizarea unor operații de tratament termic. În vederea realizării obiectivului cerut de operația de răcire la tratamentul termic, utilajele de răcire, din punct de vedere constructiv, sunt foarte diverse și anume:

- gropi pentru răcire;
- bazine pentru răcire cu aer comprimat;
- bazine pentru răcire cu jet de apă;
- bazine pentru răcire cu apă, ulei sau săruri topite, emulsie de ulei în apă, apă cu săpun, soluție de sare sau sodă în apă.

Gropile pentru răcire asigură o răcire lentă a pieselor după prelucrările plastice la cald, în scopul obținerii unei durități scăzute și evitării defectelor de structură sau a tensiunilor interne. Gropile sunt montate în solul atelierelor de tratament termic. Ele pot fi neîncălzite sau încălzite.

Bazinele pentru răcire asigură o răcire lentă a pieselor la călire. Răcirea se face în apă, ulei sau soluții apoase. Bazinele pot fi mecanizate sau nemecanizate, funcție de forma și dimensiunile pieselor, caracterul producției (unicate, serie etc.), dotarea atelierului.

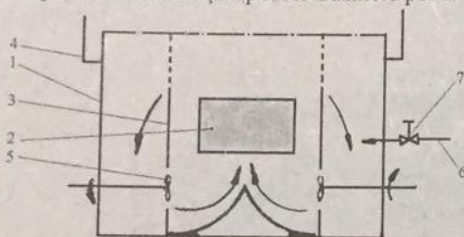


Fig. 12.6. Bazin pentru răcire nemecanizat:
1 - corpul bazinului; 2 - piese; 3 - ecrane de protecție; 4 - preaplin; 5 - agitatoare;
6 - conductă de alimentare; 7 - robinet.

Bazinele mecanizate (fig. 12.7) sunt construite lângă cuptoarele continue. Ele sunt prevăzute cu instalații de răcire a mediului de răcire, cu agitatoare și transportoare pentru piesele răcite. Procesul este mecanizat, obținându-se o productivitate superioară.

Introducerea piesei în mediul de răcire influențează calitatea piesei călite. Piese mici se introduc în baia de răcire în așa fel încât să fie acoperite complet. Piese de anumite forme (complicate, alungite) trebuie introduse în baie într-un anumit fel și câte una.

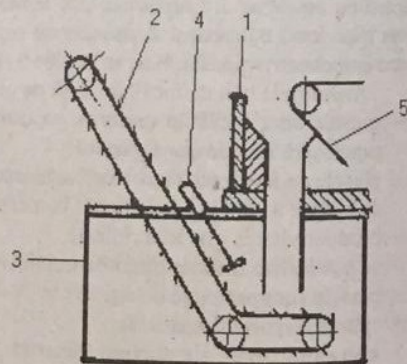


Fig. 12.7. Bazin pentru răcire mecanizat:
1 - cuptor; 2 - transportor; 3 - bazin pentru răcire; 4 - agitator; 5 - transportor.

În caz contrar se obțin piese incorect călite, cu defecte. Când se introduce o piesă în baia de răcire se va urmări ca suprafața care va trebui să fie cea mai dură să fie înconjurată de apă.

În figura 12.8 sunt reprezentate diferite metode de răcire a pieselor la călire. În figura 12.8, a sunt reprezentate piese răcite corect. Viteza de răcire a diferitelor părți ale pieselor este aproape egală. În figura 12.8, b sunt piese răcite greșit. Ele sunt introduse în lichid înclinate și nu cu suprafețele corespunzătoare. În figura 12.8, c, din cauza răcirii greșite, piesa a crăpat la colțuri, deci s-a obținut un rebut. Piesa din figura 12.8, d este răcită corect. Aceeași piesă, în figura 12.8, e, este introdusă greșit în lichid și de aceea se va obține un rebut. Răcirea greșită a produs încovoierea piesei (fig. 12.8, f).

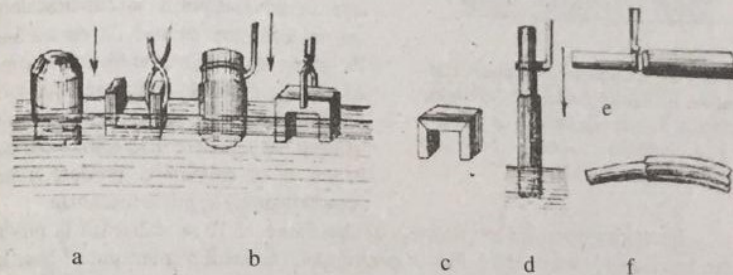


Fig. 12.8. Metode de răcire a pieselor la călire.

12.3. Utilaje conexe tratamentelor termice

Utilajele conexe sunt destinate executării operațiilor suplimentare care însoțesc operațiile de bază (de încălzire și de răcire pentru tratamentul termic). Din aceste operații cele mai utilizate sunt cele de curățire și de îndreptare.

12.3.1. Utilaje pentru curățire și pentru sablare. Piese supuse tratamentelor termice trebuie curățite.

Curățirea este operația tehnologică prin care se îndepărtează oxizii și impuritățile depuse pe suprafețele pieselor în timpul laminării, forjării, transportului și depozitării.

Procedeele de curățire a pieselor de oxizi și impurități sunt: manuale, mecanice, chimice, hidraulice și termice.

- **Curățirea manuală** se execută cu peria de sârmă.
- **Curățirea mecanică** se execută prin așchiere, în tobe rotative (v. fig. 3.12), prin sablare și prin polizare.
- **Curățirea pe cale chimică** (decaparea) se execută în băi care conțin soluții acide, care atacă suprafața piesei. După scoaterea din baie, piesele se spală cu apă caldă și rece, introducându-se apoi într-o soluție de neutralizare.
- **Curățirea hidraulică** constă în aruncarea unui jet de apă sub presiune asupra piesei. În urma răcirii bruște, la suprafața piesei are loc o contracție puternică, producând crăparea și desprinderea stratului de oxizi.

• **Curățirea termică** constă în arderea și îndepărtarea impurităților cu ajutorul flăcării unui arzător.

Băi și instalații pentru decapare și spălare. Decaparea se execută în băi din lemn, din beton sau metalice. Băile din lemn sunt executate din grinzi de brad, încheiate și strânse cu ancore din bronz sau oțel anticoroziv. Interiorul se căptușește cu tablă de plumb, de 4-6 mm grosime sau cu plăci de cauciuc.

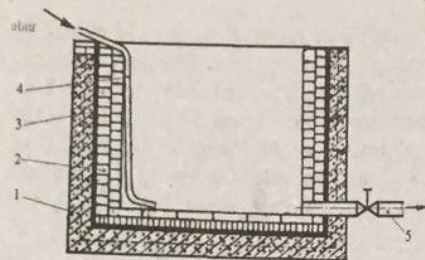


Fig. 12.9. Baia pentru decapare din beton: 1 - baie din beton; 2 - cărămidă antiacidă; 3 - strat de cauciuc; 4 - conductă de alimentare cu abur; 5 - conductă evacuare fluid.

Instalația pentru spălare discontinuă din figura 12.10 se utilizează la producții cu caracter individual sau serie mică. Piesele pentru spălat se așază pe platforma 1 și se introduc în camera de spălare 2, prin ușa 3, cu transportorul 4. Ușa este acționată de cilindrul de acționare 5. Transportorul primește mișcarea de la motorul 6 prin transmisia cu lanț 7. Pompa centrifugă 8 transportă lichidul necesar spălării spre dușurile 9. Lichidul de la dușuri spală piesele și apoi curge în bazinul 10.

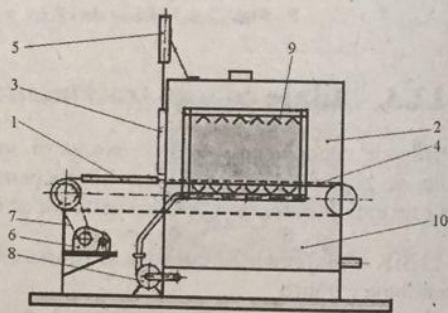


Fig. 12.10. Instalație pentru spălare discontinuă.

Instalația pentru spălare continuă din figura 12.11 se utilizează la producția de serie mare sau de masă. Piesele care trebuie spălate sunt încărcate pe transportorul 1, care traversează corpul 2 al instalației, și aduse sub dușurile 3 de apă încălzită la 80-90°C sau de soluție alcalină. Transportorul primește mișcarea de la motorul 4 prin reductorul 5 și mecanismul bielă-manivelă 6. Apa care se scurge de pe transportor se adună în recipientele 7 și 8.

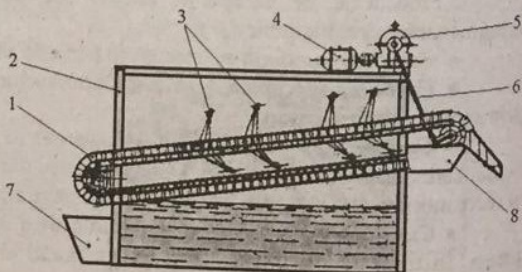


Fig. 12.11. Instalație pentru spălare continuă.

Instalații pentru sablare. Sablarea este operația tehnologică prin care se îndepărtează oxizii prin lovirea pieselor cu ajutorul unui jet de nisip.

În locul nisipului se mai pot utiliza: pulbere specială de fontă și alice de fontă sau de oțel. Alicele au granulația de 1-4 mm și de 2-2,5 mm. Aparatele pentru sablare, acționate pneumatic, au presiunea aerului de 5-8 at. Piesele mari matrițate se curățate prin sablare cu jeturi puternice de alice aruncate din una sau mai multe turbine.

După modul de lucru, instalațiile pentru sablare pot fi: prin aspirație, prin gravitație (prin cădere liberă) și prin refluxare.

Instalația pentru sablare prin aspirație (fig. 12.12) are o conductă 1 pentru intrarea aerului comprimat, care antrenază particulele de nisip aspirate prin conductă 2, în interiorul camerei de amestec 3. Particulele de nisip, care se află sub influența aerului comprimat, creează, la ieșirea din camera de amestec 3, prin intermediul unui ajutoraj special (duză), jetul necesar operației de sablare. Piesa de curățat 5 este așezată sub ajutoraj la o distanță de 100 mm. Nisipul este aruncat asupra piesei și apoi cade în rezervorul 4. Cu această instalație secură prin sablare piese de dimensiuni mici. Nisipul trebuie să fie cernut fin, uscat pentru a putea fi refolosit în cadrul circuitului închis din instalație.

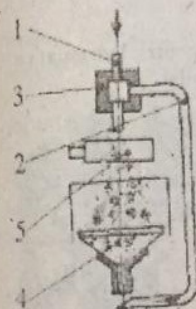


Fig. 12.12. Instalație pentru sablare prin aspirație.

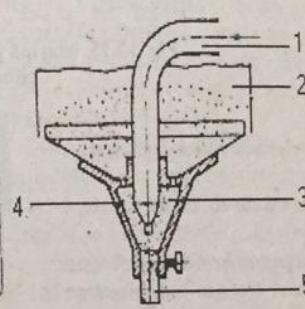


Fig. 12.13. Instalație pentru sablare prin gravitație.

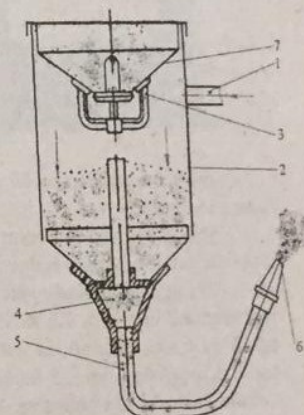
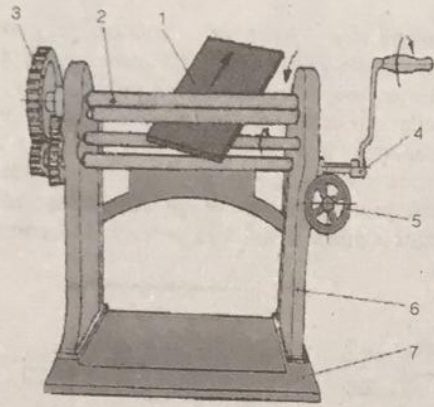


Fig. 12.14. Instalație pentru sablare prin refluxare.

Instalația pentru sablare prin gravitație (fig. 12.13) are o conductă 1 prin care aerul comprimat pătrunde în camera de amestec 3. Aerul antrenază nisipul, care, datorită greutății proprii, cade din rezervorul 2, prin orificiile 4, în camera de amestec 3. În urma căderii gravitaționale a nisipului în camera 3 se formează jetul necesar operației de sablare, aruncat prin tubul 5.

Instalația pentru sablare prin refluxare (fig. 12.14) are conductă 1 prin care aerul pătrunde în rezervorul 2, apăsând pe supapa 3, care încheie orificiul de umplere cu nisip sau cu alice. Presiunea din camera 3 și greutatea proprie a nisipului sau a alicelor determină căderea granulelor în camera de amestec 4, de unde sunt refluxate prin tubul 5 și proiectate prin duza 6 asupra piesei de curățat. Admisia aerului este oprită când toată cantitatea de granule este evacuată, iar orificiul de admisie de la rezervorul 7 de alimentare este deschis automat. Instalația este utilizată pentru curățarea pieselor mari.

12.3.2. Utilaje pentru îndreptat. După efectuarea tratamentului termic, uneori, este necesar să se efectueze îndreptarea unor produse ca : table, profile, bare, țevi, piese, scule etc. Îndreptarea se poate face manual (cu ciocane de cupru, pe plăci de îndreptat), pentru piese mici din oțel, în cazul producției individuale sau de serie mică. Piesele și sculele lungi se pot îndrepta cu prese de mână. Operația de îndreptare se execută înainte de controlul aspectului exterior. Îndreptarea semifabricatelor și a produselor mari se face mecanic.



Îndreptarea manuală a tablei de dimensiuni mici se execută pe *mașina pentru îndreptat cu cilindri* (fig. 12.15). Tabla 1 este trecută de mai multe ori printre cilindrii 2, acționați de roțile dințate 3 de la manivela 4. Distanța dintre cilindrii se reglează în funcție de grosimea tablei cu un mecanism acționat de roata de mână 5. Cilindrii se sprijină la capete pe lagărele 6, fixate pe placa de bază 7.

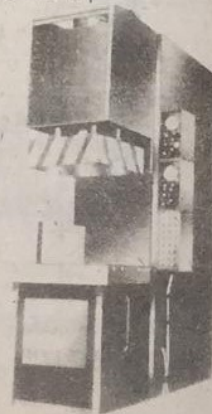
Fig. 12.15. Mașină pentru îndreptat cu cilindri.

Îndreptarea mecanică se execută cu prese și mașini pentru îndreptat.

Presele pentru îndreptat pot fi: cu șurub, cu excentric, acționate pneumatic sau hidraulic.

Presă pentru îndreptat cu acționare hidraulică este reprezentată în figura 12.16. Piesa care trebuie îndreptată se așază pe masa mașinii, iar cu ajutorul poansonului, fixat în capul tijeii pistonului de lucru, se acționează în zona care trebuie îndreptată. Liniaritatea obținută se verifică cu un ceas comparator.

Fig. 12.16. Presă pentru îndreptat cu acționare hidraulică.



Mașină pentru îndreptat tablă cu cilindri (fig.12.17) este alcătuită dintr-un număr de cilindri fără soț (conducători), acționați de un motor electric printr-un reductor și un număr de cilindri cu soț (conduși) liberi în lagăre și care sunt antrenați în mișcarea de rotație, prin intermediul tablei, de către cilindri conducători. Tablele de dimensiuni mici se îndreaptă cu șapte cilindri, iar tablele cu dimensiuni mari se îndreaptă cu 13 cilindri. O dată cu creșterea numărului de role se obține o îndreptare mai precisă. La îndreptarea tablelor mari, cilindrii se sprijină din loc în loc, pe role de sprijin, pentru a nu se deforma. Pentru a obține o precizie de îndreptare mai mare, rolele de sprijin trebuie așezate la distanțe bine stabilite.

Semifabricatul este trecut printre cele două rânduri de cilindri așezați în zigzag. Cilindrii conducători 1 și 3 sunt acționați de un motor electric printr-un reductor de viteză. Cilindrii conduși 2, liberi în lagăre, sunt antrenați în mișcarea de rotație prin intermediul tablei.

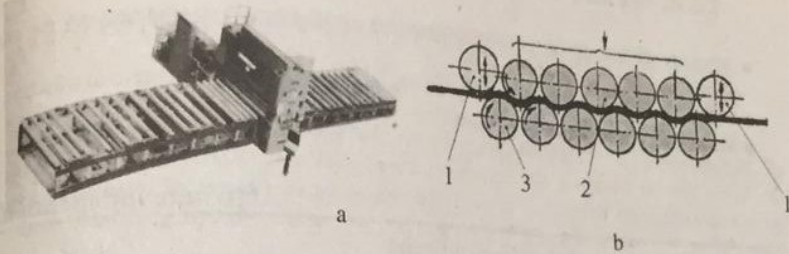


Fig. 12.17. Mașină pentru îndreptat tablă cu cilindri: a - vedere; b - schemă.

Mașina pentru îndreptat bare laminate cu secțiune rotundă (fig. 12 18), *arbori și țevi* se compune din trei perechi de role de formă hiperbolică 1, 2 și 3, înclinate sub unghiul de 20-25° una față de cealaltă.

Elementul principal este tamburul 5, în care se montează cele trei perechi de role. Rolele 1 produc mișcarea de avans a barei, iar rolele 2 și 3 realizează îndreptarea. Tamburul se rotește și antrenează cu el rolele care execută mișcarea de rotație în jurul axei lor și deplasează concomitent semifabricatul. Rolele vin în contact direct cu suprafața semifabricatului și îl îndreaptă.

Unele mașini sunt prevăzute cu filiera 4 pentru calibrarea barelor. Angrenajul 6 transmite mișcarea de rotație de la un motor electric la tambur. Tamburul se sprijină pe lagărele 7. Inversând sensul de rotație a tamburului, se inversează și sensul mișcării de avans, iar bara de îndreptat se poate trece de mai multe ori printre role.

Mașina are o productivitate ridicată și se poate utiliza pentru bare, țevi și arbori cu diametrele între 6-150 mm.

Mașina pentru îndreptat profile laminate (fig. 12.19) este prevăzută cu rolele de îndreptat 2 și 3, care au forma profilului laminatului 1 de îndreptat.

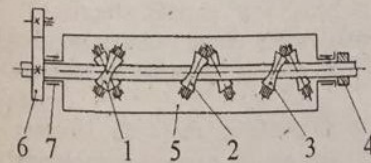


Fig.12.18. Mașină pentru îndreptat bare laminate.

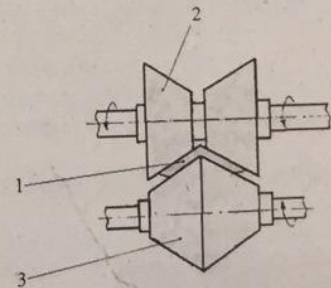


Fig. 12.19. Mașină pentru îndreptat profile laminate.

12.4. NTSM-PSI

- Muncitorul trebuie să poarte echipament de protecție, salopetă strânsă pe corp, părul acoperit.
- Mașinile trebuie echipate cu paravane de protecție pentru elementele în mișcare.
- Mașinile trebuie legate la pământ.

Activitate independentă

1. Enumerați cuptoarele de încălzire cu flacăra.
2. Descrieți principiul de funcționare a cuptorului cu cameră.
3. Cum se încarcă și se descarcă din cuptor piesele mici?
4. Care este avantajul cuptoarelor cu funcționare discontinuă față de cuptoarele cu funcționare continuă?
5. Cum se face deplasarea pieselor în cuptorul cu vatră mobilă?
6. Ce formă are camera de lucru a cuptorului cu propulsie?
7. Precizați tipurile de cuptoare electrice.
8. Care sunt avantajele băii de încălzire față de cuptoarele-cameră?
9. Precizați care sunt utilajele de răcire.
10. Cum se face răcirea pieselor în bazine și gropi?
11. Ce produce răcirea greșită a pieselor?
12. În ce constă operația de decapare?
13. Ce este sablarea?
14. Care sunt metodele prin care se realizează sablarea?
15. Care sunt principalele tipuri de mașini utilizate la îndreptare?
16. Care sunt reperele principale ale mașinii de îndreptat bare și țevi?
17. Descrieți mașina de îndreptat profile laminate?
18. Care sunt metodele de curățire a pieselor înaintea tratamentelor termice?

13. TEHNOLOGIA TRATAMENTELOR TERMICE PRELIMINARE – RECOACEREA

Recoacerea este tratamentul termic de încălzire a produselor la temperaturi de 800–900°C, de menținere prelungită la această temperatură un timp determinat, în cuptor sau în gropi de răcire, până la 300°C.

Se aplică pentru a corecta defectele provenite de la prelucrările anterioare (turnare, forjare, laminare) și pentru a pregăti semifabricatele pentru prelucrările ulterioare. Prin recoacere se obține o structură cu grăunți mai fini, uniformă, îmbunătățindu-se plasticitatea metalului și micșorându-se duritatea. În funcție de temperatură și procentul de carbon, recoacerea poate fi: de detensionare, de înmuiere, de recristalizare, de normalizare și de omogenizare (fig. 13.1).

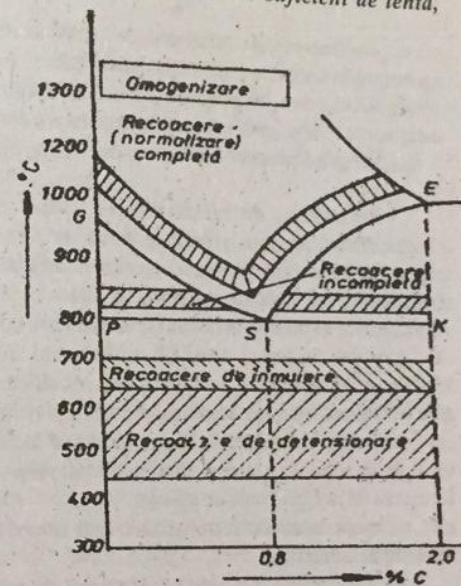


Fig. 13.1. Temperaturile de încălzire pentru diferite tipuri de recoaceri.

Recoacerea de detensionare. Scopul recoacerii de detensionare este de a reduce tensiunile interne acumulate în produs în timpul deformărilor și de a îmbunătăți structura inițială. Produsele metalice obținute prin turnare, sudare, deformare plastică etc, prezintă tensiuni interne.

Tensiunile interne, după modul de producere, se clasifică în:

- tensiuni termice, produse de dilatarea sau contractia neuniformă;
- tensiuni structurale, produse de frânarea modificărilor de volum la încălzire sau răcire;
- tensiuni de lucru, produse de acțiunea mecanică a procedeelor de prelucrare tehnologică: turnare, sudare, deformare etc.

Oțelul se încălzește cu viteză mică. Temperatura nu trebuie să depășească anumite valori la care s-ar putea produce transformări structurale care ar conduce la modificări nedorite ale caracteristicilor tehnologice sau de exploatare.

Temperaturile de încălzire sunt între 220–400°C pentru metale și aliaje neferoase, între 550–650°C pentru fontă și între 600–700°C pentru oțel.

Durata menținerii este de 2–6 ore în funcție de forma, dimensiunile și destinația produsului.

Răcirea se face în aer liniștit, cu viteze mici, până la 100–150°C, pentru a nu se forma tensiuni interne noi.

Recoacerea de detensionare se aplică la:

- blocuri de motor, cămăși de cilindru, arbori cotiți, roți dințate etc.;
- oțel cu conținut redus de carbon sau oțel slab aliat;
- produse din oțel după turnare, sudare, deformare plastică la rece, călire și prelucrări prin aşchiere.

Utilajele folosite sunt cuptoarele-cameră cu vatră fixă sau mobilă, încălzite electric sau cu combustibil.

Recoacerea de înmuiere. Se obține o mare plasticitate a metalului, iar pentru oțelurile aliate dure, o bună prelucrabilitate.

Recoacerea de înmuiere constă în: încălzirea oțelurilor până la maxim 700°C; menținerea îndelungată la această temperatură și răcirea lentă în cuptor.

Se aplică pieselor turnate sau deformate plastic.

Recoacerea de recristalizare. Scopul recoacerii de recristalizare este de a elimina parțial sau total efectul de ecruisare care apare în produsele metalice deformate plastic la rece prin laminare, trefilare, ambutisare etc. Prin *ecruisare* se înțelege modificarea echilibrului structural și fizico-mecanic prin deformare plastică la rece. Modificările se produc la nivelul grăunților cristalini prin alungirea acestora și la nivelul structurii fine, în sensul densității de dislocații, al micșorării dimensiunilor blocurilor în mozaic și al orientării subgrăunților. Modificările de structură implică modificarea proprietăților mecanice, în sensul reducerii plasticității și tenacității.

Recoacerea de recristalizare constă în încălzirea la temperaturi mai ridicate, ceea ce determină o creștere a mobilității atomilor și permite refacerea structurii deci formarea de noi generații de grăunți.

Temperatura de recristalizare este caracteristică fiecărui material metalic și se determină cu relația:

$$T_{rec} = \alpha T_{top} \text{ (}^\circ\text{C)}, \text{ unde coeficientul de proporționalitate } \alpha = 0,35-0,60.$$

Temperatura de recristalizare depinde de gradul de deformare plastică, de conținutul de carbon și de elementele de aliere. Temperaturile pentru oțelurile matrițate la rece sunt de 600–650°C, pentru laminatele la rece și țevile trase la rece de 680–700°C și pentru barele calibrate la rece de 690–710°C. Aliajele de aluminiu se supun recoacerii de recristalizare la 290–350°C, cele de cupru la 500–700°C, iar alamele și bronzurile la 600–700°C. Durata de menținere la această temperatură este de 0,5–2 ore. Răcirea se face în aer.

Recristalizarea se aplică:

- pieselor din oțel – table, țevi, bare și sârme trase sau trefilate la rece;
- pieselor ambutisate și matrițate la rece.

Utilajele pentru recoacerea de recristalizare sunt: cuptoare-cameră discontinue, cu vatră fixă sau mobilă etc. De regulă, acest tratament se realizează în sectoarele de forjă sau laminare, operație corelată cu deformarea plastică la rece.

Recoacerea de normalizare. Recoacerea de normalizare este tratamentul termic prin care se obține o structură omogenă cu cristale uniforme (perlită sorbitică).

Încălzirea oțelurilor se execută la temperaturi care depășesc punctul critic A_3 (910°C) cu 50–70°C.

Răcirea se face direct în aer liniștit sau ventilat.

Normalizarea se aplică ca tratament termic intermediar sau final pentru oțelurile cu conținut mic de carbon.

Prin normalizare se îmbunătățesc: limita de curgere; rezistența de rupere la tracțiune; alungirea relativă, gătuirea și reziliența (capacitatea unui material de a absorbi o anumită cantitate de energie înainte de a se rupe, atunci când este lovit brusc de un corp solid). Dacă normalizarea este tratamentul termic final, atunci se mai efectuează și controlul microstructurii și al caracteristicilor mecanice prevăzute în normele tehnice.

Recoacerea de omogenizare. Scopul urmărit este egalizarea compoziției oțelului pe toată secțiunea pentru a se înlătura neomogenitățile chimice obținute prin turnare. După această recoacere, structura devine omogenă, se îmbunătățesc proprietățile mecanice, chimice și tehnologice de prelucrare la cald.

Încălzirea se poate face până în apropierea temperaturii de solidificare a aliajului. În general, temperatura de omogenizare este:

$$T_o = (0,7 \dots 0,9) T_{top} \text{ [K]},$$

pentru că la temperaturi înalte, datorită rezistenței mecanice scăzute, piesele se pot deforma sau rupe sub greutate proprie. Încălzirea se face la 1 000–1 200°C pentru oțeluri și la 450–520°C pentru aliaje pe bază de aluminiu. Durata de menținere la această temperatură este îndelungată, cam de 10–100 ore. Răcirea este lentă, o dată cu cuptorul.

Recoacerea de omogenizare se aplică:

- pieselor turnate, masive, din oțeluri complet aliate și oțelurilor carbon cu conținut ridicat de sulf. Piesele turnate sunt chimic neomogene pentru că răcirea are loc cu viteză mare, iar procesele de difuziune nu au timp să se producă;
- lingourilor pentru a reduce fragilitatea la roșu în timpul laminării la cald.

Omogenizarea se poate combina cu operațiile ulterioare de prelucrare la cald, care necesită temperaturi ceva mai scăzute. Astfel, omogenizarea lingourilor se combină de cele mai multe ori cu încălzirea în vederea deformării plastice la cald, iar omogenizarea pieselor turnate din oțeluri aliate, cu recoacerea pentru regenerare.

Utilajele pentru lingouri sunt cuptoarele adânci (în sol), întâlnite în sectoarele de laminare și cuptoarele-cameră cu vatră mobilă.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. În ce constă tratamentul termic de recoacere?
2. Explicați scopul fiecărui tip de recoacere.
3. Alegeți tipul de recoacere care se aplică pieselor prelucrate prin turnare.
4. Care este elementul comun tuturor tipurilor de recoacere (fără normalizare):
 - a) temperatura de încălzire deasupra curbelor GSE;
 - b) temperatura de încălzire inferioară temperaturilor de transformare în stare solidă;
 - c) răcirea lentă, o dată cu cuptorul.
5. Ce determină alegerea temperaturii de recoacere:
 - a) compoziția chimică;
 - b) scopul urmărit și compoziția chimică;
 - c) complexitatea pieselor.

14. TEHNOLOGIA TRATAMENTELOR TERMICE SECUNDARE – CĂLIREA

14.1. Scopul călirii. Capacitatea de călire. Călibilitatea

Călirea se aplică pieselor și sculelor în scopul de a le aduce într-o stare în afară de echilibru, caracterizată prin prezența martensitei și a unor tensiuni interne care să evite fisurarea și deformarea.

Prin călire se urmărește obținerea structurii martensitice pe o adâncime mare sau chiar în toată secțiunea produsului, în care caz tratamentul termic poartă numele de **călire volumică**, sau numai în straturile superficiale, tratamentul termic purtând denumirea de **călire superficială**. Tot prin călire se mai urmărește și creșterea durității oțelurilor de construcție și îmbunătățirea proprietăților de așchiere a oțelului de scule.

Înainte de călire, piesele au o structură alcătuită din perlită și ferită. Prima condiție pentru o călire corectă (fig. 14.1, a) este încălzirea oțelului până la temperatura la care apare austenita, care este o soluție solidă. După călirea volumică se obține martensita, care prin alt tratament termic ulterior (revenirea) se transformă într-o structură cu caracteristici de exploatare care nu pot fi realizate fără intermediul martensitei.

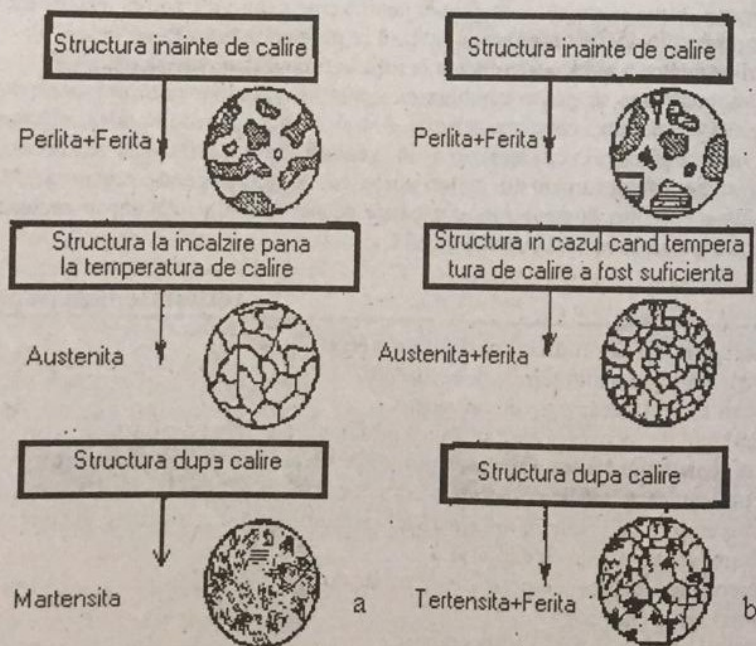


Fig. 14.1. Transformarea structurii oțelului: a – călire corectă; b – călire incompletă.

Prin călire se obține o structură rezistentă, dar cu plasticitate și tenacitate scăzute, dar care se mărește după revenire. Pentru obținerea unor valori cât mai mari pentru tenacitate, este necesară o martensită cât mai fină. Dacă temperatura este mai redusă decât cea necesară, călirea nu va fi completă (fig. 14.1, b), deoarece nu există o structură omogenă de austenită, ci un amestec de austenită cu ferită. Este necesar să se evite apariția feritei în masa de austenită, deoarece în acest caz efectul călirii nu este atins.

Prin călire crește duritatea, dar scade rezistența materialului, de aceea la unele piese supuse la șocuri se călește numai porțiunea unde este necesară duritate mare, restul materialului rămâne necălit. În acest fel se evită spargerea piesei în timpul funcționării.

De exemplu, la o daltă este necesar ca numai partea ascuțită și capul unde se lovește cu ciocanul să fie mai dure, corpul rămânând cu o duritate mai scăzută pentru a nu se sparge în urma loviturilor de ciocan. Din această cauză, o daltă se călește prin încălzirea completă a corpului ei și se răcește în apă sau ulei numai partea ascuțită.

Operația de călire constă din trei etape succesive.

Încălzirea se face cu 30–50°C peste punctul critic A_3 al oțelului respectiv, în domeniul austenitei. Oțelurile care conțin mai mult de 0,83% C se încălzesc la 780–800°C.

Menținerea la această temperatură pentru omogenizarea austenitei, se face timp de 1–2 min/mm grosime de metal.

Răcirea bruscă se face prin imersiune (în apă, ulei, jet de aer, în funcție de calitatea oțelului) pentru realizarea transformării martensitice.

Capacitatea de călire reprezintă proprietatea materialelor de a fi călite.

Călirea este influențată direct proporțional de conținutul de carbon și invers proporțional de viteza critică de călire.

Călibilitatea este una din cele mai importante caracteristici tehnologice ale oțelurilor, care furnizează date privind comportarea acestora la tratamentul termic.

Călibilitatea este caracterizată de adâncimea de pătrundere a călirii și de duritatea maximă a structurii (alcătuită numai din martensită) obținută după călire.

Adâncimea de călire este distanța de la suprafața piesei până în zona cu structură semimartensitică.

Călibilitatea se exprimă cantitativ prin viteza critică de călire, care este cea mai mică viteză de răcire la care austenita se transformă în martensită.

Viteza critică de călire depinde de viteza de transformare a austenitei în perlită.

Răcirea la suprafața piesei este mult mai puternică. În această zonă se formează o structură de martensită, în timp ce miezul piesei, care se răcește mai încet, nu capătă o structură de martensită, deci nu se poate căli. Pentru a evita acest fenomen și pentru a obține o structură de călire în toată secțiunea piesei, se introduc în oțel elemente speciale cum sunt: Mo, Mn, Ni, Cr, V, care măresc adâncimea de călire a oțelului, mai ales la piesele care au o secțiune mare.

Călibilitatea se determină experimental călind o bară cu diametrul D_0 și lungimea $L = 5 D_0$. Din bară se taie un disc pe care se măsoară duritatea (fig. 14.2). Se trasează curba variației durității funcție de diametru.

Cu cât viteză critică de călire este mai mică, cu atât adâncimea h a stratului călit se mărește. Pe linia orizontală punctată, piesa nu se va căli pătruns, iar adâncimea de călire va fi egală cu zona hașurată. Adâncimea de pătrundere a călirii este

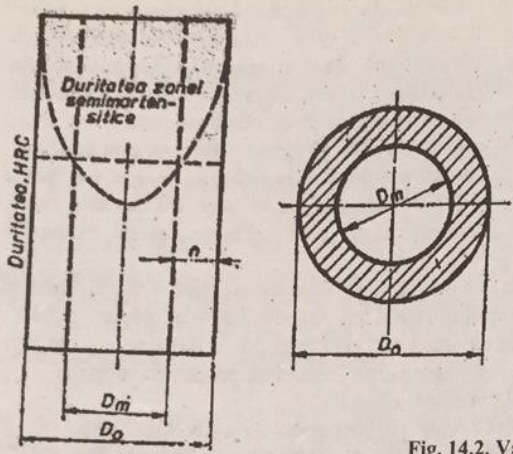


Fig. 14.2. Variația durezzații în probele călite.

14.2. Parametrii tehnologici ai călirii. Tipuri de călire

Parametrii tehnologici ai călirii sunt: viteza de încălzire, temperatura de încălzire, durata încălzirii, viteza de răcire și durata de răcire.

Viteza de încălzire se alege funcție de conductivitatea termică, dimensiunile și forma piesei, structura inițială. Temperatura de încălzire se determină în funcție de compoziția chimică a materialului, condițiile de răcire, forma și dimensiunile produselor. Temperatura de încălzire, la oțelurile carbon, se determină cu diagrama fier-carbon. Durata încălzirii, pentru uniformizarea temperaturii în secțiunea piesei, depinde de material. Viteza de răcire depinde de viteza critică de călire, adâncimea de pătrundere a călirii, proprietățile termoplastice, forma și dimensiunile pieselor călite. Durata de răcire, la fel durata încălzirii, depinde de natura materialului.

Tipurile de călire se clasifică după condițiile de încălzire și după condițiile de răcire.

După condițiile de încălzire, călirea poate fi: călire completă și călire incompletă.

Călirea completă constă în încălzirea la punctul $A_3 + (30-50^\circ\text{C})$ în vederea obținerii austenitei în toată secțiunea piesei. Perlita și ferita se transformă în austenită, din care la răcire se formează martensita, fără ferită liberă și cu duritate maximă.

Călirea incompletă constă în încălzirea la punctul $A_1 + (30-50^\circ\text{C})$, dar sub punctul A_3 . Perlita se transformă în austenită, iar ferita rămâne ca atare.

După condițiile de răcire, călirea poate fi: călire obișnuită, călire întreruptă, călire în trepte, călire izotermică și călire superficială.

Călirea obișnuită (fig. 14.3, curba 1) constă în răcirea produsului într-un singur mediu. Este cel mai simplu procedeu de călire prin care se obține mărirea durezzații și constă în încălzirea piesei urmată de răcire. Încălzirea pieselor se face la temperatura de călire, deasupra punctului critic. Răcirea pieselor se face în apă, ulei, aer, până la temperatura obișnuită. Mediul de răcire se alege în funcție de călibilitatea oțelului și de

reprezentată prin grosimea stratului călit $h = D_0 - D_m$ sau prin raportul D_m/D_0 , specificându-se diametrul barei și condițiile de răcire. D_m este diametrul minim la care bara se călește pătruns (în toată secțiunea).

Pentru a realiza o anumită adâncime de pătrundere a călirii trebuie să se țină seama de călibilitatea oțelului, de capacitatea de răcire a mediului și de viteza de răcire.

adâncimea necesară a stratului călit. Cu cât adâncimea stratului călit trebuie să fie mai mare, cu atât mediul de răcire trebuie să asigure o viteză de răcire mai mare. Utilizarea apei conduce la formarea tensiunilor interne mari, care prezintă pericolul deformării sau fisurării produselor. De aceea, călirea cu răcire în apă se aplică produselor din oțel carbon de formă simplă, cilindrică, prismatică și de secțiuni mici, până la 10-12 mm. La produsele de dimensiuni mari și de forme complexe care trebuie să se călească pe adâncimi mari, executate din oțeluri cu călibilitate mai mare, se recomandă ca răcirea să se efectueze în ulei.

Călirea obișnuită se aplică pieselor cu forme simple, fără variații mari de secțiune, executate din oțel carbon și oțel aliat.

Călirea întreruptă (fig. 14.3, curba 2) constă în încălzirea piesei urmată de răcire în două medii. Încălzirea pieselor se poate face deasupra intervalului critic. Urmează răcirea energetică a pieselor în apă până la o temperatură în jurul punctului M și apoi răcirea mai puțin energetică în ulei. Durata răcirii în apă și momentul trecerii în al doilea mediu de răcire trebuie riguros stabilite. Dacă durata menținerii în apă este mai mică, atunci se va obține pe lângă martensită și perlită. Dacă menținerea este mai mare, se pot produce deformarea și fisurarea produsului.

Călirea întreruptă se aplică oțelurilor pentru scule, care au conținuturi mari în carbon și care se călesc în apă.

Călirea în trepte (fig. 14.3, curba 3) constă în încălzirea pieselor deasupra punctelor critice și apoi răcirea rapidă obținută prin cufundarea piesei într-un mediu cald (băi de săruri sau de metale topite) până la o temperatură puțin deasupra punctului M . Menținerea la temperatura mediului cald (baie de săruri) se face pentru uniformizarea temperaturii în secțiunea piesei. Călirea în trepte se termină cu răcirea în alt mediu (ulei, aer) până la temperatura obișnuită.

Se aplică pieselor la care există pericolul de deformare și crăpare: oțeluri pentru scule, piese cu variații mari de secțiune.

Călirea izotermică (fig. 14.3, curba 4) se deosebește de călirea obișnuită pentru că răcirea se face în două trepte. Călirea constă în: încălzire la temperatura de călire, răcire energetică într-un mediu cald (băi de săruri) deasupra punctului M , menținerea la această temperatură până la transformarea completă a austenitei și răcire până la temperatura obișnuită, cu o viteză care depinde de dimensiunile piesei.

Prin călire izotermică se evită tensiunile termice și structurale și nu mai este necesară operația de revenire. Se obține o duritate mare.

Acest procedeu se aplică produselor din oțel carbon cu secțiune mică (sârme, bare subțiri, benzi) și produselor din oțeluri aliate cu călibilitate mare și cu dimensiuni mai mari.

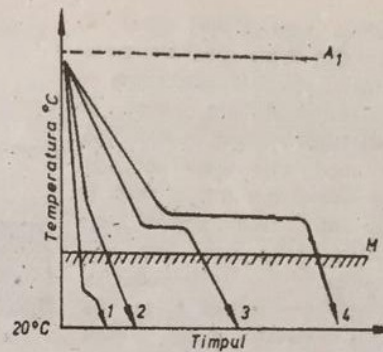


Fig. 14.3. Curbe de răcire pentru diferite tipuri de călire.

Călirea superficială constă în încălzirea și apoi răcirea rapidă a piesei de călit. Încălzirea piesei la temperatura de călire se realizează prin curenți de inducție sau electric numai la suprafață, menținând miezul la o temperatură mai joasă. Altă metodă este rotirea piesei în jurul unui suflai fixat (pentru piese rotunde cu diametre mici) sau prin deplasarea suflaiului (fig. 14.4). Suflaiul 1 se deplasează de-a lungul piesei, (la piesele mari) în direcția săgeții 3, după care se deplasează în aceeași direcție tubul cu apă 2, care stropește suprafața încălzită, obținându-se materialul călit 6. Regiunea necălită este notată cu 4, iar regiunea încălzită cu 5. Se obține o duritate neuniformă, datorită temperaturii, care nu este constantă. Încălzirea se face cu 50–100°C peste punctul critic.

Răcirea se realizează rapid cu un duș cu apă rece. Călirea superficială se aplică la organe de mașini, ca: arbori de manivelă, roți dințate, roți cu came etc., care trebuie să fie dure numai la suprafață, pentru a rezista la uzură, în timp ce miezul trebuie să fie tenace, pentru a rezista la șocuri. Avantajele călirii superficiale sunt: se obțin piese cu deformări reduse, se pot căli piese de forme complexe, productivitatea este ridicată, iar prețul redus.

Călirea superficială se execută cu flacăra de gaze acetilenă, gaze naturale, propan etc.

Călirea prin inducție (fig. 14.5) constă în încălzirea numai la suprafață prin curenți de înaltă frecvență care apar la introducerea piesei 1 în interiorul spirelor inductorului 2.

Se creează un câmp electromagnetic, apare o tensiune electromotoare și un curent de aceeași frecvență. Instalația mai conține: transformatorul 3, înfășurarea primară 4, condensatorul 5, generatorul de înaltă frecvență 6 și motorul electric 7. Răcirea piesei se face

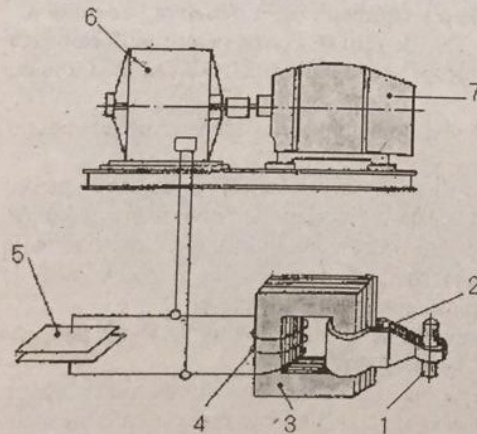


Fig. 14.5. Călire prin inducție.

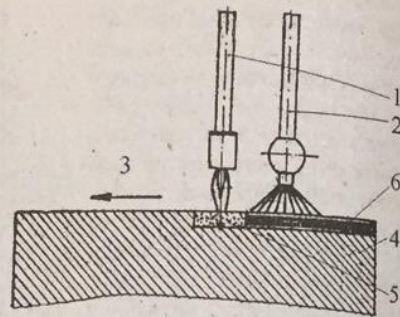


Fig. 14.4. Călire superficială.

cu un jet de apă sau în aer. Călirea prin inducție se aplică unor organe de mașini, ca: arbori cotiți, axe cu came pentru motoare, cămăși de cilindru, roți dințate, bolțuri etc., care au la suprafață un strat dur, călit, în timp ce miezul păstrează structura inițială. Avantajele călirii prin inducție sunt: productivitatea este ridicată, procesul poate fi automatizat, se obțin caracteristici mecanice superioare față de călire obișnuită, se poate regla adâncimea.

Călirea electrică prin contact constă în încălzirea superficială a piesei și răcirea în lichide sau în aer. Se poate executa cu instalația electrică de încălzire prin contact (v. fig. 12.4).

14.3. Aplicații ale călirii

Călirea se aplică la:

- oțeluri speciale și înalt aliate cu conținut de carbon mai mare de 0,15–0,20% cu scopul obținerii unei structuri martensitice;
- oțeluri carbon de îmbunătățire;
- piese care în timpul funcționării sunt supuse la frecare;
- scule așchietoare care trebuie să aibă muchii tăietoare foarte dure și rezistente.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. În ce constă tratamentul termic de călire?
2. Care este deosebirea între călire volumică și călire superficială?
3. Din ce este alcătuită structura pieselor înainte de călire?
4. Ce element caracterizează tratamentul de călire:
 - a) temperatura înaltă de încălzire;
 - b) durata îndelungată de menținere la temperatura de încălzire;
 - c) viteza rapidă de răcire.
5. Piesele călite se răcesc:
 - a) rapid în apă, ulei, aer;
 - b) lent în apă, ulei, aer;
 - c) lent în cuptoare sau gropi de răcire.
6. Prin călire, duritatea:
 - a) crește;
 - b) scade.
7. La ce temperatură se călesc oțelurile care conțin mai mult de 0,83% C?
8. Explicați particularitățile călirii obișnuite.
9. Care sunt parametrii tehnologici ai călirii?
10. Definiți noțiunea de călibilitate.
11. În ce constă călire în trepte?
12. Cum se realizează răcirea la călire superficială?
13. Enumerați câteva avantaje ale călirii prin inducție.
14. Precizați câteva aplicații ale călirii.

15. REVENIREA ȘI ÎMBĂTRÂNIREA

15.1. Revenirea

Revenirea este tratamentul termic prin care se mărește tenacitatea, se micșorează duritatea și se îndepărtează tensiunile interne ale pieselor călite, obținându-se piese cu o stare stabilă.

Revenirea constă în: încălzirea oțelului călit (la o temperatură inferioară celei la care a fost călită piesa) și răcirea bruscă sau lentă, în aer sau în ulei. Oțelul călit este fragil și are o reziliență foarte mică. Scopul revenirii este trecerea oțelului călit într-o stare mai stabilă pentru a-i mări tenacitatea, a-i îndepărta tensiunile interne și pentru a-i micșora duritatea.

Parametrii tehnologici care influențează revenirea sunt:

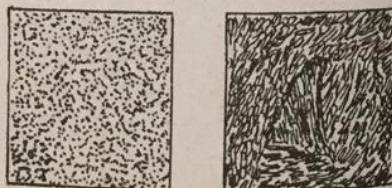
- temperatura de încălzire a oțelului călit – cu cât este mai înaltă, cu atât se obțin mai repede constituenții cu structuri mai apropiate de starea de echilibru;
- durata de menținere – favorizează procesul de difuziune, influențând tenacitatea;
- viteza de răcire în aer sau în ulei. Răcirea în ulei se aplică oțelurilor de construcție aliate cu crom, mangan și crom-nichel, care dacă sunt răcite în aer prezintă, după revenire, o reziliență scăzută (acest fenomen se numește *fragilitate de revenire*). Prin revenire, structura de martensită a oțelului călit se transformă în martensită de revenire, troostită sau sorbită, după cum temperatura de revenire este mai mică sau mai mare. Cu cât temperatura de revenire este mai mare, cu atât se micșorează duritatea și se mărește reziliența piesei călite.

După temperatura de încălzire, **tipurile de revenire** sunt: joasă, medie și înaltă.

Revenirea joasă constă în încălzirea unui oțel călit (cu structură martensitică) până la temperatura de 150–300°C; menținerea la această temperatură și răcirea în aer. Se obține o structură de *martensită de revenire*. Scad tensiunile interne, duritatea rămâne mare, iar fragilitatea, produsă de călire, este înlăturată. Se aplică oțelurilor pentru scule.

Revenirea medie constă în încălzirea piesei călite la 200–500°C, menținerea timp de 5–30 min la această temperatură și răcirea în aer. Se obține o structură de *troostită de revenire* cu o duritate mai mică (fig. 15.1, a). Se aplică oțelurilor de arc și pieselor care trebuie să fie plastice și elastice, cu o duritate medie.

Revenirea înaltă constă în încălzirea unui oțel călit la temperatura de 500–700°C, menținerea la această temperatură 1–3 ore și răcirea în aer sau în cuptor. Se obține *sorbită de revenire*, care are rezistența la rupere, limita de curgere și tenacitatea mai ridicate (fig. 15.1, b). Se aplică pieselor mari cu configurație complexă.



a b

Fig. 15.1. Structuri obținute la revenire:
a – troostită de revenire; b – sorbită de revenire.

Un alt procedeu este tratamentul la temperaturi joase, care constă în răcirea piesei la o temperatură cuprinsă între –80 și –100°C și păstrarea ei în acest mediu timp de 6–10 ore. În timpul răcirii apar tensiuni interne, datorită cărora materialul capătă anumite proprietăți speciale. Acest procedeu este folosit pentru tratarea instrumentelor de măsurat, executate din oțeluri aliate.

Tratamentul termic de călire urmat de o revenire înaltă se numește îmbunătățire.

Prin îmbunătățire se obțin granulații foarte fine, iar constituenții sunt repartizați uniform. Se aplică oțelurilor aliate pentru construcții, sculelor pentru prelucrare la cald, șuruburilor, piulițelor etc.

15.2. Îmbătrânirea

Îmbătrânirea este fenomenul prin care aliajele pe bază de aluminiu suferă transformări, la încălzire și la răcire, care le măresc rezistența la rupere și duritatea.

Îmbătrânirea este naturală și artificială.

Îmbătrânirea naturală constă în menținerea produselor la temperatura mediului sau în încălziri sub 100–150°C. De exemplu, depozitarea îndelungată a pieselor.

Îmbătrânirea artificială constă în încălziri cu durate precise la temperaturi mai mari de 150–180°C.

Îmbătrânirea se aplică produselor din aliaje neferoase pe bază de aluminiu.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

- Definiți tratamentul termic de revenire.
- De ce se impune tratamentul de revenire după cel de călire?
 - pentru eliminarea tensiunilor interne apărute în piesele călite;
 - pentru micșorarea durității, mărirea tenacității și eliminarea tensiunilor interne ale pieselor călite;
 - pentru mărirea durității pieselor călite.
- Ce se înțelege prin tratamentul de îmbunătățire?
 - tratamentul compus din călire și revenire înaltă;
 - tratamentul compus din călire și revenire;
 - tratamentul constând din încălzire și răcire în aer.
- Stabiliți corespondența dintre elementele celor două coloane
 - revenire joasă
 - revenire medie
 - revenire înaltă
 - a) oțeluri pentru scule
 - b) piese mari
 - c) oțeluri pentru arc
- La ce temperatură se pot trata termic instrumentele de măsurat?
- Explicați fenomenul de îmbătrânire.
- Explicați modificările care se produc la aliajele neferoase după îmbătrânire.

16. TRATAMENTE TERMICE APLICATE PIESELOR

16.1. Tratamente termice aplicate pieselor turnate

Tratamentele termice se aplică pieselor turnate în următoarele scopuri:

- eliminarea sau reducerea tensiunilor de turnare;
- micșorarea durității în vederea ușurării prelucrării prin așchiere;
- modificarea structurii masei metalice de bază;
- îmbunătățirea proprietăților stratului superficial prin tratamente termochimice.

16.1.1. Tratamente termice aplicate pieselor turnate din oțel. *Tratamentele termice aplicate pieselor turnate din oțeluri carbon* sunt: recoacerea de omogenizare, recoacerea pentru detensionare și normalizarea.

Tratamentele termice aplicate pieselor turnate din oțeluri aliate pentru construcția de mașini sunt: normalizarea, recoacerea de detensionare și călirea cu răcire în ulei.

Tratamentele termice aplicate pieselor turnate din oțeluri aliate refractare și anticorrosive sunt: recoacerea de detensionare cu răcire lentă o dată cu cuptorul, călirea și uneori revenirea.

Tratamentele termice aplicate pieselor turnate din oțeluri austenitice manganoase sunt: recoacerea și călirea.

Recoacerea de detensionare constă în încălzire cu viteză mică până la 600–650°C, menținere la această temperatură timp de 3–6 ore și răcire lentă.

Utilajele folosite pentru tratamentul termic al pieselor turnate din oțel sunt: cuptoarele discontinue cu cameră sau verticale. Pentru recoacere, normalizare și revenire se utilizează cuptoarele cu vatră mobilă și cele verticale în sol. În cuptor, piesele se așază astfel încât să se încălzească cât mai uniform și să nu se deformeze datorită greutateii proprii. Pentru călirea pieselor turnate se utilizează cuptoare cu vatră mobilă, pe care piesele se așază în dispozitive care să permită transportarea lor într-un timp cât mai scurt la bazinul de răcire. Pentru piesele de dimensiuni mici se utilizează cuptoarele verticale, unde piesele sunt așezate în dispozitive de susținere.

16.1.2. Tratamente termice aplicate pieselor turnate din fontă. *Tratamentele termice aplicate pieselor turnate din fontă cenușie cu grafit lamelar* sunt: recoacerea de detensionare, normalizarea, călirea volumică, revenirea și călirea superficială.

Tratamentele termice aplicate pieselor turnate din fontă cenușie cu grafit nodular sunt: recoacerea de detensionare, normalizarea urmată de recoacere de detensionare și călire.

Tratamentul termic aplicat pieselor turnate din fontă maleabilă este recoacerea.

În cursul solidificării, la piesele din fontă, contracția mare și neuniformă, din cauza grosimii diferite a pereților, determină apariția unor tensiuni interne importante, care dacă nu sunt eliminate după prelucrare prin așchiere acționează asupra pieselor, deformându-le.

Recoacerea de detensionare constă în încălzire la 500–550°C, menținere la această temperatură timp de 2–8 ore și răcire lentă până la 250–300°C.

Recoacerea de înmuiere urmărește micșorarea durității pieselor, prin creșterea cantității de ferită. Ea constă în încălzire la 800–850°C și răcire lentă la 700–780°C.

Normalizarea constă în încălzire la 870–920°C, menținere timp de 1–3 ore și răcire lentă în aer.

Călirea constă în încălzire la 900–950°C, menținere timp de 2–2,5 ore și răcire bruscă în ulei.

Revenirea constă în încălzire la 200–300°C, menținere timp de 1,5–2 ore și răcire lentă.

Utilajele folosite pentru tratamentul termic al pieselor turnate din fontă sunt: cuptoarele cu cameră sau cu vatră mobilă.

16.1.3. Tratamente termice aplicate pieselor turnate din aliaje neferoase. *Tratamentele termice aplicate pieselor turnate din alame și bronzuri* sunt: recoacerea de omogenizare și recoacerea de detensionare. Se utilizează cuptoarele încălzite electric și echipate cu ventilatoare în vederea uniformizării încălzirii în spațiul de lucru, cuptoarele cu vatră fixă sau mobilă.

Tratamentele termice aplicate pieselor turnate din aliaje de aluminiu sunt: îmbătrânirea, călirea, călirea urmată de îmbătrânire. Se utilizează cuptoarele-cameră cu vatră fixă sau mobilă.

Recoacerea de omogenizare constă în încălzire, menținere la această temperatură și răcire în cuptor sau în aer.

Călirea (încălzire la 900°C și răcire în apă) și revenirea depind de caracteristicile mecanice ale pieselor.

Călirea și îmbătrânirea constau în încălzire la 500–600°C și răcire rapidă în apă.

16.2. Tratamente termice aplicate pieselor forjate

Piese prelucrate la cald au o structură neuniformă și un grăunte cristalin mare, dezavantajos, deoarece îi reduce rezistența la șoc. Scopul aplicării tratamentului termic constă în înlocuirea cu o structură cu grăunte fin și o distribuție uniformă, prin care să se obțină caracteristici tehnologice necesare prelucrărilor care se aplică în diferite etape ale fabricației sau a caracteristicilor de exploatare.

16.2.1. Recoaceri aplicate pieselor forjate. *Recoacerea de regenerare* aduce materialul, mai întâi, la o structură complet austenitică, prin încălzire în domeniul de existență a acestui constituent pe diagrama Fe-Fe₃C. Pentru a nu se obține din nou un grăunte mare, încălzirea se efectuează cu maximum 50°C peste liniile GS, respectiv SE din diagramă. După menținerea un anumit timp la această temperatură, piesa se răcește lent până la temperatura ambiantă. Ca urmare a răcirii lente, austenita se transformă și se obține o structură normală cu grăunți fini.

Recoacerea de normalizare, aplicată pieselor forjate, aduce materialul la o structură cu perlită mai multă și mai fină, ceea ce asigură o duritate mai mare. În acest caz, răcirea se execută în aer.

Recoacerea de recristalizare se aplică pieselor deformate plastic la rece pentru obținerea stărilor de moale și foarte moale.

Recoacerea de detensionare se aplică pieselor deformat plastic la rece sau la cald pentru eliminarea tensiunilor interne. Încălzirea are loc la 340–400°C, iar răcirea se face foarte încet.

16.2.2. Călirea și revenirea. Se aplică mai rar pieselor forjate. Atunci când se aplică, tratamentul de călire constă în încălzire la 850–900°C și răcire în ulei. După călire, întotdeauna se aplică un tratament termic de revenire.

16.3. Tratamentul termic al pieselor sudate

La încălzire, în piesă apar tensiuni de compresiune și deformații elasto-plastice, iar la răcirea sub punctul de transformare se creează tensiuni de întindere care se măresc cu scăderea temperaturii pereților piesei. Tensiunile termice care apar la răcire sunt permanente și independente de eforturile care solicită piesa în timpul exploatarei. Rigiditatea mărită a piesei față de dilatări duce la deformații plastice, în urma scăderii limitei de curgere a materialului încălzit la sudare.

După sudare apar tensiuni interne și deformații cauzate de: repartizarea neuniformă a căldurii, dilatări neegale, rigiditatea piesei sudate, transformările structurale din material. Tensiunile interne care apar sunt dependente de: caracteristicile constructive ale piesei, de tehnologia sudării, de compoziția oțelului etc.

Tensiunile interne provoacă fisuri și crăpături în material. Conracțiile care apar la sudare sunt reprezentate în figura 16.1.

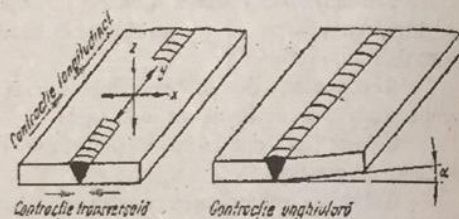


Fig. 16.1. Conracții de sudură.

Tratamentele termice aplicate asamblărilor sudate au drept scop:

- micșorarea tensiunilor interne și a deformațiilor care se produc după sudare;
- eliminarea structurilor de turnare din sudură;
- eliminarea structurilor de diferite granulații din zona influențată termic;
- îmbunătățirea și uniformizarea structurii întregii asamblări.

Tratamentele termice aplicate pieselor după sudare sunt: recoacerea de omogenizare, recoacerea de înmuiere, normalizarea, recoacerea de detensionare, călire și revenirea.

16.3.1. Zona influențată termic (ZIT) și transformările structurale corespunzătoare. La sudare, piesele sunt supuse unui ciclu termic care constă în:

- încălzirea până la temperatura de topire în zona unde acționează arcul electric;
- pe măsură ce arcul înaintază, materialul de bază se topește;
- sudura depusă se răcește până la temperatura mediului ambiant.

Încălzirea și răcirea nu sunt simultane, ele se succed în timp. Încălzirea este mai mare și mai rapidă, cu cât căldura degajată de arcul electric este mai mare. Răcirea este mai intensă cu cât materialul este mai gros.

Încălzirea și răcirea liniei de sudură produc dilatări și conracții succesive ale zonelor parcurse. În urma sudării, rezultă tensiuni interne și deformații. După răcire, el a fost puternic influențat de căldura arcului electric prin băile de sudură succesive.

În jurul sudurii se formează o zonă influențată termic (ZIT), care, în cazul sudării oțelurilor, este formată din trei subzone:

1. **subzona supraîncălzită**, cu structuri de granulație mare, încălzirea se produce la 1500°C pe o adâncime de 0,5–1,5 mm;
2. **subzona normalizată**, în care se formează structuri cu granulație fină, deoarece datorită temperaturilor atinse și a timpului scurt de încălzire se produce normalizarea structurii; încălzirea se produce la 1100°C pe o adâncime de 0,5–1 mm;
3. **subzona cu transformări parțiale**, unde granulația variază de la cea normalizată la granulația structurii inițiale a metalului de bază; încălzirea se produce între 721–860°C pe o adâncime de 1–1,5 mm.

Aceste structuri diferite sunt pro-vocate de faptul că metalul sudurii depuse este supraîncălzit în urma topirii, iar zonele învecinate mai puțin încălzite își schimbă total sau parțial structura, în funcție de distanța până la marginea sudurii.

În figura 16.2 este reprezentată structura sudurii și a zonei învecinate influențate termic la sudarea oțelurilor carbon.

Zonele influențate termic au o lățime de 20 mm pentru sudura cu flacără de gaze și o lățime de 1–3 mm pentru sudura cu electrozi.

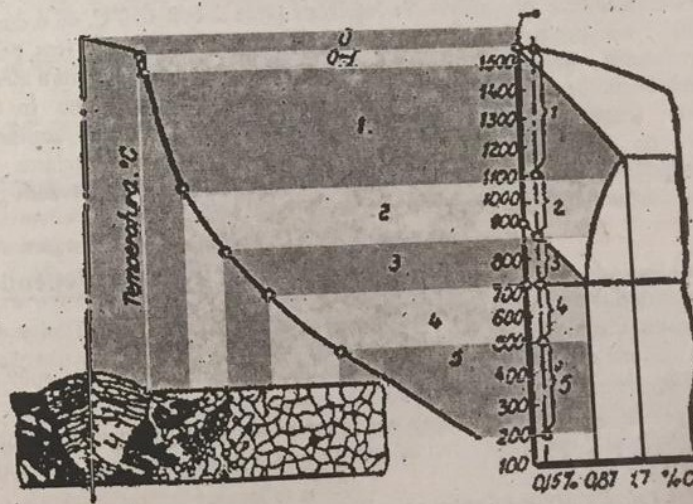


Fig. 16.2. Zone influențate termic:

- 0 - metal topit cu structură columnară; 0-1 - zonă de aliere cu grăunți parțiali topiți; 1 - zonă supraîncălzită cu granulație mare; 2 - zonă normalizată cu granulație fină;
- 3 - zona transformărilor parțiale; 4 - zona recristalizării metalului de bază;
- 5 - zona de fragilitate.

16.3.2. Preîncălzirea pieselor înainte de sudare. La sudare se produc în sudură și în zonele învecinate structuri defavorabile sau arderea unor elemente, de aceea înainte de sudare se recomandă:

- preîncălzirea oțelului la 150–300°C, pentru piesele cu grosimea mai mare de 25 mm, în cuptoare;

- preîncălzirea fontei la 150–200°C sau, uneori, la temperatura de 600–750°C, în cuptoare sau gropi acoperite cu cărbune de lemn aprins. Dacă nu se face preîncălzirea, sudurile și zonele influențate termic crapă chiar în timpul operației de sudare.

16.3.3. Normalizarea pieselor sudate. Normalizarea este un tratament termic asemănător recoacerii, cu deosebirea că viteza de răcire este mult mai mare.

Răcirea se efectuează în aer liber. Se recomandă o încălzire lentă, urmată de o încălzire mai rapidă până la temperatura necesară. Menținerea la această temperatură se face un timp determinat, în funcție de grosimea peretelui sudat. Urmează răcirea rapidă și apoi o răcire lentă.

Încălzirea pieselor sudate la normalizare se execută în cuptoare cu propulsie sau local cu panouri de încălzire electrică și cuptoare manșon. Pentru eliminarea tensiunilor interne se recurge la recoacerea de detensionare, a cărei temperatură nu influențează structura obținută la normalizare.

16.3.4. Recoacerea de detensionare. Tratamentul termic de recoacere de detensionare se execută după sudarea definitivă și înlăturarea tuturor defectelor cu scopul de a elimina tensiunile interne. Se încălzește piesa la 600–650°C, cu o durată de aproximativ 2 min pentru fiecare milimetru grosime. Răcirea se face lent pentru a preveni producerea zonelor dure. Acest tratament termic nu modifică structura metalului și se aplică oțelurilor cu conținut mare de carbon sau oțelurilor aliate. În timpul tratamentului termic în cuptoare trebuie să se asigure o repartiție uniformă a temperaturii pe vatra cuptorului și trebuie luate măsuri pentru protejarea piesei împotriva supraîncălzirii locale și a deformațiilor ce pot rezulta în urma așezării greșite sau împotriva acțiunii greutății proprii.

Activitate independentă

Răspundeți la următoarele întrebări:

1. De ce se aplică tratamentele termice pieselor turnate?
2. Care sunt utilajele folosite pentru tratamentul termic al pieselor turnate din oțel?
3. Enumerați tratamentele termice care se aplică pieselor turnate din oțel carbon?
4. Specificați utilajele folosite pentru tratamentul termic al pieselor turnate din fontă.
5. Specificați care este tratamentul termic care se aplică pieselor turnate din aliaje de aluminiu?
6. În ce scop se aplică tratamentul termic pieselor forjate?
7. Precizați scopul efectuării tratamentelor termice pentru piesele sudate.
8. Indicați tratamentele termice de bază care se aplică înainte și după sudare.
9. Care sunt tratamentele termice operate pieselor după sudare?
10. Care este adâncimea de-a lungul sudurii în care materialul de bază își schimbă structura:
 - a) 1–3 mm;
 - b) 2–4 mm;
 - c) 4–6 mm.
11. De ce sunt necesare tratamentele termice după sudare?
12. La ce temperatură se preîncălzesc, înainte de sudare, două table cu grosimea de 30 mm, din OL37?

17. TRATAMENTE TERMOCHIMICE

17.1. Procese fizico-chimice care stau la baza tratamentelor termochimice

Tratamentele termochimice modifică compoziția chimică și structura în suprafața pieselor.

Piese se încălzesc în anumite substanțe care au proprietatea de a ceda atomi activi din anumite elemente. Atomii sunt absorbiți și difuzează pe adâncimi mici, în straturile superficiale ale pieselor.

După tratamentul termochimic, suprafața pieselor își modifică structura și compoziția, îmbogățindu-se în elementele respective și căpătând proprietăți diferite de ale miezului a cărui compoziție chimică rămâne neschimbată.

Tratamentele termochimice se aplică cu scopul de a mări duritatea, rezistența la coroziune sau la uzură a stratului superficial cu menținerea plasticității și tenacității miezului.

În industrie se aplică aliajelor Fe-C și în special oțelurilor.

17.2. Carburare, nitrurare și carbonitrurare

Carburarea (cementarea cu carbon) este tratamentul termochimic cu carbon aplicat oțelurilor cu conținut scăzut de carbon (sub 0,25% C), la o temperatură superioară punctului A_3 (peste 910°C), într-un mediu capabil să cedeze carbon activ.

Carbonul poate fi în stare solidă sau gazoasă.

• *Carburarea în mediu solid* se produce într-un mediu carburant, în prezența carbonatului de bariu sau de sodiu care activează procesul. Mediile carburante solide sunt: cărbuni de lemn sub formă de granule, cărbuni de pământ (turbă și cocs), cărbune animal.

• *Carburarea în mediu gazos* se realizează prin trecerea unui gaz, din care se degajă carbon în stare atomică, în spațiul în care se află piesele ce urmează să fie carburate. Mediile carburante gazoase sunt: gaze naturale (gazul metan) și alte gaze (gazul de iluminat, gazul de cocserie, gazele de cracare) care conțin CO, CH₄, CO₂, N₂, H₂, în prezența unei cantități de H₂O.

Carburarea depinde de: compoziția chimică a oțelului, compoziția mediului carburant, temperatura și durata de carburare.

Operația de carburare se face într-o cutie 1 de oțel (fig. 17.1), în care piesele 4 se acoperă cu materialul carburant 2. Cutia metalică este acoperită ermetic cu un capac 6, iar marginile sunt etanșate cu

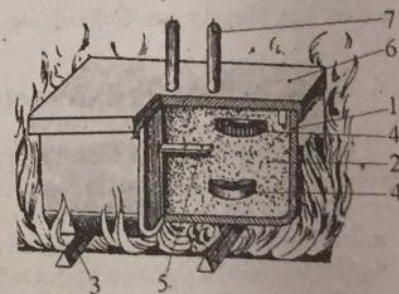


Fig. 17.1. Cutie pentru carburare.

argilă, pentru a evita accesul aerului în interiorul cutiei. Piesele de carburat se așază în cutie, astfel ca între ele să fie cel puțin 10–15 mm. Cutia este așezată pe suporturile 3. Cutia mai conține epruveta pentru încercare 5 și epruvetele 7, pentru control în timpul carburării. Cutia se introduce în cuptor și se menține la 900–1 000°C, timp de 8–10 ore. Răcirea cutiei se face în cuptor sau în aer liber.

După tratamentul de carburare și recoacere, în stratul cementat sunt trei zone. Zona hipereutectoidă este alcătuită din perlită și cementită., zona eutectoidă – din perlită și zona hipoeutectoidă – din perlită și ferită. Aceste zone nu sunt delimitate strict, pentru ca stratul carburat să nu se exfolieze.

Piesele carburate se supun tratamentului de călire dublă (prima călire în ulei și a doua în apă) pentru a obține duritatea stratului de 600–700 HB.

Carburarea se aplică pieselor supuse unor solicitări de frecare la exterior ca: arbori cotiți, roți dințate, arbori cu came etc.

Nitrurarea este tratamentul termochimic cu azot aplicat oțelurilor și fontelor, la o temperatură inferioară punctului A_1 (sub 723°C), într-o atmosferă de amoniac.

Prin nitrurare se măresc: duritatea superficială, rezistențele la uzură, oboseală și coroziune. Nitrurarea este precedată, dar nu este urmată de un alt tratament termic. Carburantul poate fi în stare solidă, lichidă sau gazoasă. Stratul nitrurat este foarte subțire, de câteva zecimi de milimetru. Nitrurarea se aplică oțelurilor aliate cu aluminiu, crom și molibden. Acest tratament termochimic se utilizează în industria de automobile și avioane, precum și în fabricile de rulmenți, calibre sau piese de mașini unelte.

Nitrurarea depinde de: compoziția chimică a oțelului, temperatura și durata de nitrurare.

Duritatea stratului nitrurat este de $HV = 1\ 100\ daN/mm^2$, cea mai mare duritate ce se poate obține printr-un tratament termic sau fermochimic.

Carbonitrurarea este tratamentul termochimic cu carbon și azot aplicat oțelurilor încălzite deasupra sau sub punctul A_1 (723°C), într-un mediu gazos capabil să cedeze carbon și azot activ.

Carburantul este gazos, alcătuit din 70–75% gaz metan și restul amoniac. Carbonitrurarea se execută la temperaturi joase sau înalte. Carbonitrurarea executată la temperaturi joase (500°C) se utilizează la oțeluri rapide pentru mărirea durabilității sculelor. Carbonitrurarea executată la temperaturi înalte (850°C) se utilizează la arbori, roți dințate, tacheți etc.

Stratul superficial obținut prin acest procedeu are duritate mare și rezistență bună la uzură și la coroziune. Miezel piesei rămâne moale. După carbonitrurare se efectuează o călire.

17.3. NTSM-PSI în sectoarele de tratamente termice

Măsurile de tehnică a securității muncii la deservirea cuptoarelor de tratamente termice sunt aceleași cu cele de la cuptoarele de forjă.

NTSM la cuptoarele cu băi sunt:

- muncitorul trebuie să poarte mănuși și ochelari de protecție;
- piesele și sculele care se introduc în baie trebuie să fie înainte încălzite, pentru a se evita împroșcarea sării topite;
- băile de călire trebuie să fie prevăzute cu ventilatoare;

- băile de călire trebuie să fie acoperite cu un capac prevăzut cu o pâlnie prin care se introduc piesele, pentru ca muncitorul să nu fie stropit cu apă fierbinte.
- NTSM la instalațiile de tratamente termice:*
- sculele și utilajele utilizate la încărcarea pieselor în cuptor trebuie să fie în bună stare;
 - brațele cleștilor să fie suficient de lungi;
 - sculele să fie răcite periodic în apă;
 - în timpul călirii, muncitorul nu trebuie să se aplece deasupra bazinului de răcire;
 - piesele grele trebuie manevrate cu macarale.

Activitate independentă

Răspundeți sau indicați varianta corectă:

1. Care sunt tratamentele termochimice?
2. Precizați scopul efectuării tratamentelor termochimice.
3. Care sunt materialele la care se aplică în mod special tratamentele termochimice?
4. Tratamentele termochimice modifică compoziția chimică și structura în:
 - a) suprafața pieselor;
 - b) tot volumul pieselor.
5. Definiți carburarea.
6. Precizați care sunt mediile carburante solide, dar cele gazoase?
7. Enumerați factorii de care depinde carburarea.
8. Descrieți principiul de funcționare al cutiei pentru carburare.
9. Care este tratamentul termochimic care se aplică roților dințate?
10. În ce constă tratamentul de călire dublă?
11. Specificați tratamentul termochimic prin care se obține cea mai mare duritate.
12. Nitrurarea este tratamentul termic cu:
 - a) carbon și azot;
 - b) carbon;
 - c) azot.
13. După nitrurare urmează alt tratament termic?
 - a) Da
 - b) Nu
14. Stratul nitrurare are o grosime de:
 - a) 1 mm;
 - b) 0,1 mm;
 - c) 0,01 mm.
15. Nitrurarea se aplică la:
 - a) arbori cotiți;
 - b) roți dințate;
 - c) rulmenți.
16. Cum este carburantul la carbonitrurare?
17. Care este tratamentul termic efectuat după carbonitrurare:
 - a) revenire;
 - b) normalizare;
 - c) călire.
18. Precizați câteva norme de protecție a muncii la instalațiile de tratamente termice.

Test de evaluare

Tema: Bazele teoretice ale tratamentelor termice

1. Indică varianta corectă:

1.1. Zona influențată termic pentru sudura cu electrozi este de:

- a) 1-3 mm;
- b) 1-10 mm;
- c) 1-20 mm.

1 punct

1.2. Scopul tratamentelor termice aplicate asamblărilor sudate este:

- a) păstrarea structurii cu diferite granulații;
- b) păstrarea structurii de turnare;
- c) micșorarea tensiunilor interne și a deformațiilor.

1 punct

2. Stabilește corespondența dintre elementele celor două coloane:

- | | |
|-----------------------------|------------------------------------|
| a) recoacere | a) răcire lentă o dată cu cuptorul |
| b) recoacere de omogenizare | b) răcire rapidă |
| c) recoacere de normalizare | c) răcire lentă |
| d) călire | d) răcire bruscă sau lentă |
| e) revenire | e) răcire în aer |

2 puncte

3. Completează spațiile libere:

3.1. Îmbunătățirea este tratamentul termic de urmat de o 1 punct

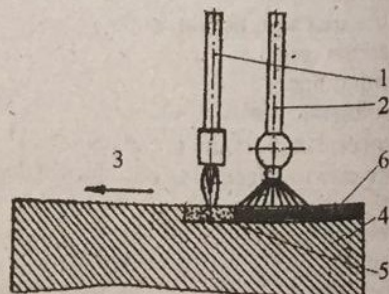
3.2. Sablarea este prin care se îndepărtează cu ajutorul unui 1 punct

4. Menționează:

4.1. Care sunt cuptoarele de încălzire cu flacără. 1 punct

4.2. Care sunt tratamentele termochimice aplicate pieselor. 1 punct

5. Identifică tratamentul termic efectuat în figura de mai jos și precizează reperele. 1 punct



Se acordă un punct din oficiu. Timpul de lucru este de 30 minute.

Test de evaluare finală

Rezolvă următoarele probleme:

A. Indică literele corespunzătoare variantei corecte:

1. Dezbaterea este:

- a) curățirea pieselor turnate după scoaterea lor din formă;
- b) scoaterea pieselor din formă după solidificare și răcire;
- c) turnarea pieselor din fontă în rame de formare. 1 punct

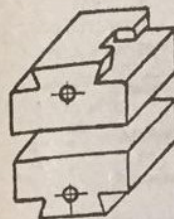


Fig. 1.

2. Nicovală plată din figura 1 se utilizează pentru forjarea materialelor cu secțiune:

- a) rotundă;
- b) pătrată;
- c) dreptunghiulară. 1 punct

3. Prin ce se deosebesc tratamentele termice:

- a) prin temperatura de încălzire și viteza de răcire;
- b) prin temperatura de încălzire;
- c) prin viteza de răcire. 1 punct

B. Completează spațiile libere:

1. Forjarea este la rece sau la cald care constă în realizate cu unui metal sau aliaj sub acțiunea unor realizate cu sau cu 1 punct

2. Sudabilitatea reprezintă de a forma de bună calitate în condiții de realizare. 1 punct

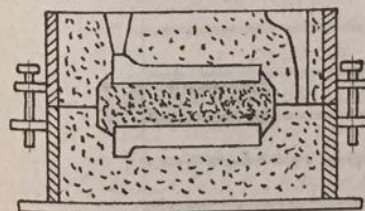


Fig. 2.

C. Menționează:

- 1. Gazele combustibile utilizate la sudarea cu flacără. 1 punct
- 2. Metodele de curățire a pieselor înaintea tratamentelor termice. 1 punct

D. Identifică reperele din figura 2. 1 punct

E. Recunoaște utilajul din figura 3. 1 punct

Se acordă un punct din oficiu. Timpul de lucru este de 30 de minute.



Fig. 3.

Răspunsuri la testele grilă

Pagină	Răspuns corect
4	2b; 3a
25	4c
29	4b; 5a; 6b; 8a
34	5c; 6c; 7a
37	4a; 5b; 6a
39	1b
44	4c; 5a
51	6a; 7b
61	6c
68	5a; 6a; 7c
84	5b; 6a; 7c; 11a; 12a
91	12a; 14a
94	11b
98	7c; 8a; 9a
114	10c; 11a; 18b; 21a; 23b
130	6b; 12b
135	4a
149	4c; 5b
155	4c; 5a; 6a
157	2b; 3a
162	10b
165	4a; 12c; 13b; 14b; 15c; 17c

BIBLIOGRAFIE

1. Atanasiu, N.; Zgură, Gh.; Arieșanu, E.; Peptea, Gh. – *Tehnologia prelucrării metalelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978.
2. Berinde, V. – *Sudarea cu arc electric*, Editura Tehnică, București.
3. Cupfer, E.; Tălpășanu, N.; Botezatu, D. – *Tehnologia materialelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981.
4. Husein, Gh.; Tudose, M. – *Desen tehnic și de specialitate*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1993.
5. Huzum, N.; Rantz, G. – *Mașini, utilaje și instalații din industria construcțiilor de mașini*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981.
6. Jinescu, Valeriu; Mărginean, V.; Oprean, I.; Iatan, Radu; Chiriac, Virgil; Tănase, Gaius – *Utilajul și tehnologia construcțiilor mecatice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1981.
7. Marcu, Măriuca; Moga, I. – *Dicționar elementar de științe*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1978.
8. Mărginean, V.; Teodorescu, D. – *Utilajul și tehnologia construcțiilor mecanice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.
9. Mărginean, V.; Moraru, I.; Teodorescu, D.; – *Utilajul și tehnologia meseriei, construcții de mașini*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1993.
10. Minca, M. – *Îndrumar pentru activitatea practică productivă*, Institutul Politehnic din București, 1980.
11. Paraschiv, I. – *Tehnologia asamblării și montajului*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1990.
12. Popescu, V.; Dulămiță, T. – *Utilajul și tehnologia forjării și tratamentelor termice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1977.
13. Popescu, Nicolae – *Materiale pentru construcții de mașini*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1992.
14. Popescu, Nicolae – *Studiul materialelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978.
15. Sălăgean, Traian – *Tehnologia procedeelor de sudare cu arc*, Editura Tehnică, București, 1985.
16. Sofoni, Laurenție și colectiv – *Utilajul și tehnologia turnării aliajelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1992.
17. Tăcutu, I. – *Studiul materialelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1973.
18. Teodorescu, D. – *Utilajul și tehnologia construcțiilor metalice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1978.
19. Vasile, Ilie – *Utilajul și tehnologia sudării*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1990.
20. Zgură, Gh.; Atanasiu, N.; Arieșanu, E.; Peptea, Gh. – *Utilajul și tehnologia lucrărilor mecanice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1988.
21. Zgură, Gh. – *Utilajul și tehnologia prelucrării metalelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1977.
22. * * * *Mașini - unelte România*, Catalog de prezentare editat de Uniunea Artiștilor Plastici
23. * * * *Mic Dicționar Enciclopedic*, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1978.
24. * * * *Le Petit Larousse en couleurs*, Editura Larousse, Paris, 1995.
25. * * * *Sudarea metalelor*, Manual pentru școli profesionale, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1967.

CUPRINS

NOȚIUNI GENERALE DE TURNĂTORIE

Cap. 1. Turnarea

1.1. Introducere.....	3
1.1.1. Definiții.....	3
1.2.1. Importanța producției de piese turnate în industria constructoare de mașini.....	4
1.2. Etapele de proiectare și realizare a piesei turnate.....	5
1.3. Executarea garniturii de model.....	7
1.3.1. Materiale folosite pentru garnitura de model.....	7
1.3.2. Întocmirea desenului tehnologic pentru model și cutie de miez.....	7
1.3.3. Executarea garniturii de model din lemn prin prelucrare manuală și mecanică.....	8
1.3.4. NTSM-PSI la prelucrarea lemnului.....	10
1.4. Materiale și amestecuri de formare.....	11
1.4.1. Componentele amestecurilor de formare.....	11
1.4.2. Pregătirea componentelor amestecului de formare pentru forme și pentru miezuri.....	12
1.4.3. Proprietățile amestecurilor de formare.....	15
1.4.4. Aparate, mașini, utilaje și instalații folosite la prepararea amestecurilor de formare.....	15
1.4.5. Exploatarea, întreținerea și repararea utilajelor și instalațiilor folosite la pregătirea și prepararea amestecurilor de formare.....	16
1.4.6. NTSM-PSI la pregătirea materialelor și prepararea amestecurilor de formare.....	17

Cap. 2. Executarea formelor și miezurilor

2.1. Executarea manuală a formelor și miezurilor.....	18
2.1.1. Scule și dispozitive folosite la executarea și repararea formelor și miezurilor.....	18
2.1.2. Executarea manuală a formelor cu model în rame de formare.....	18

2.1.3. Executarea formelor cu șabloane de rotație și de translație.....	21
2.1.4. Executarea manuală a formelor cu șabloane.....	21
2.1.5. Executarea manuală miezurilor.....	21
2.1.6. NTSM-PSI la formarea și miezuirea manuală.....	22
2.2. Executarea mecanică a formelor.....	24
2.2.1. Mașini pentru formare.....	24
2.2.2. NTSM-PSI la formarea mecanică.....	25
2.3. Uscarea formelor și a miezurilor.....	26
2.3.1. Cuptoare și instalații pentru uscare.....	26
2.3.2. NTSM-PSI la uscarea formelor și a miezurilor.....	27
2.4. Asamblarea, consolidarea și controlul formelor de turnare.....	28

Cap. 3. Elaborarea și turnarea metalelor și aliajelor

3.1. Elaborarea metalelor și aliajelor pentru turnare.....	30
3.1.1. Cuptoare de topire.....	30
3.1.2. NTSM-PSI la elaborarea metalelor și aliajelor.....	33
3.2. Turnarea metalelor și aliajelor în forme.....	34
3.2.1. Proprietățile metalelor și aliajelor în stare lichidă.....	34
3.2.2. Utilajul de turnare.....	35
3.2.3. Solidificarea și răcirea aliajului turnat. Con tracția pieselor turnate.....	36
3.2.4. NTSM-PSI.....	37
3.3. Dezbaterea și curățirea pieselor turnate.....	38
3.3.1. Dezbaterea pieselor turnate.....	38
3.3.2. Curățirea pieselor turnate.....	39
3.3.3. NTSM-PSI.....	39
3.4. Controlul calității pieselor turnate.....	40
3.4.1. Defectele pieselor turnate. Clasificarea și depistarea lor.....	40
3.4.2. Controlul calității pieselor turnate.....	41
3.4.3. Remanierea defectelor.....	44

Test de evaluare.....45

DEFORMAREA PLASTICĂ A METALELOR ȘI ALIAJELOR

Cap. 4. Forjarea

4.1. Materiale forjabile.....	46
4.1.1. Deformarea elastică și plastică.....	46
4.1.2. Mecanismul deformării plastice.....	47
4.1.3. Legile deformării plastice. Influența deformării plastice asupra caracteristicilor fizico-mecanice ale metalelor și aliajelor.....	48
4.1.4. Forjabilitatea metalelor și aliajelor. Rezistența la deformare. Materiale forjabile.....	50
4.2. Operații auxiliare forjării.....	52
4.2.1. Debitarea.....	52
4.2.2. Încălzirea metalelor în vederea forjării. Utilaje de încălzire.....	57
4.2.3. Răcirea pieselor după forjare.....	60
4.3. Scule și utilaje folosite la forjare și matrițare.....	61
4.3.1. Scule de bază.....	61
4.3.2. Scule auxiliare.....	63
4.3.3. Dispozitive pentru măsură și control.....	63
4.3.4. Ciocane.....	63
4.3.5. Prese.....	66
4.4. Operații de forjare.....	69
4.4.1. Refularea.....	69
4.4.2. Întinderea.....	70
4.4.3. Găurirea.....	71
4.4.4. Îndoirea.....	72
4.4.5. Tăierea.....	74
4.4.6. NTSM-PSI la forjare.....	74
4.5. Procesul tehnologic de forjare liberă.....	75
4.5.1. Desenul piesei forjate. Adaos de prelucrare, adaos tehnologic. Toleranțe dimensionale.....	75
4.5.2. Calculul dimensiunilor semifabricatului de pornire.....	77
4.5.3. Fișa tehnologică de forjare Operațiile de forjare pentru obținerea piesei forjate.....	78

Cap. 5. Matrițarea

5.1. Definiție. Avantaje față de forjare.....	80
5.2. Matrițarea deschisă.....	81
5.3. Matrițarea închisă.....	81
5.4. Debavurarea și perforarea.....	82
5.5. NTSM-PSI la matrițare.....	83

Cap. 6. Alte procedee de deformare plastică a metalelor și aliajelor

6.1. Laminarea.....	85
6.2. Extrudarea.....	87
6.3. Tragerea și trefilarea.....	89

6.4. Ambutisarea.....	89
6.5. NTSM-PSI specifice.....	91
Test de evaluare.....	92

PROCEDEE TEHNOLOGICE DE ASAMBLARE PRIN SUDARE

Cap. 7. Sudabilitatea

7.1. Factorii care influențează sudabilitatea.....	93
7.2. Clasificarea oțelurilor după sudabilitate.....	93
7.3. Sudabilitatea altor metale și aliaje.....	94

Cap. 8. Sudarea cu flacără de gaze

8.1. Flacăra de sudare.....	95
8.2. Gaze folosite la sudare.....	96
8.3. Metale de adaos și fluxuri.....	97

Cap. 9. Utilaje pentru sudare cu flacără de gaze

9.1. Generatoare de acetilenă.....	99
9.2. Supape de siguranță, epuratoare, butelii de oxigen și acetilenă și reductoare de presiune.....	100
9.3. Arzătorul de sudare.....	102
9.4. Tuburi de presiune pentru gaze. Accesoriiile sudorului.....	103
9.5. Pregătirea pentru sudarea cu flacără de gaze.....	105
9.6. Metode de sudare cu flacără de gaze.....	106
9.7. Sudarea oțelurilor.....	108
9.8. Sudarea fontelor.....	109
9.9. Sudarea metalelor și aliajelor neferoase.....	110
9.10. Încărcarea și armarea.....	112
9.11. Defecte tehnologice la sudarea cu flacără de gaze.....	113
9.12. NTSM-PSI la sudarea cu flacără de gaze.....	113

Cap. 10. Sudarea cu arc electric

10.1. Definiția și clasificarea procedeelor de sudare cu arc electric.....	115
10.2. Arcul electric și zonele sale caracteristice.....	117
10.3. Amorsarea, menținerea, întreruperea și reamorsarea arcului.....	118
10.4. Suflul arcului și metodele de combatere.....	119

10.5. Surse de curent: convertizoare de sudare, redresoare și transformatoare.....	121
10.6. Alegerea sursei de curent de sudare.....	125
10.7. Scule și accesorii.....	125
10.8. Cabluri pentru sudarea electrică.....	126
10.9. Defecte tehnologice la sudarea cu arc electric.....	127
10.10. NTSM-PSI la sudarea cu arc electric.....	130
Test de evaluare.....	131

BAZELE TEORETICE ALE TRATAMENTELOR TERMICE

Cap. 11. Introducere

11.1. Definierea și caracterizarea tratamentelor termice.....	132
11.2. Clasificarea tratamentelor termice. Punctele critice ale oțelurilor.....	133

Cap. 12. Utilaje de tratamente termice

12.1. Utilaje pentru încălzire.....	136
12.1.1. Cuptoare cu flacără.....	136
12.1.2. Cuptoare electrice.....	138
12.1.3. Băi de încălzire.....	139
12.2. Utilaje pentru răcire.....	140
12.3. Utilaje conexe tratamentelor termice.....	141
12.3.1. Utilaje pentru curățire și pentru sablare.....	141
12.3.2. Utilaje pentru îndreptat.....	144
12.4. NTSM-PSI.....	146

Cap. 13. Tehnologia tratamentelor termice preliminară – recoacerea.....

Cap. 14. Tehnologia tratamentelor termice secundare - călirea

14.1. Scopul călirii. Capacitatea de călire. Călibilitatea.....	150
14.2. Parametrii tehnici ai călirii. Tipuri de călire.....	152

14.3. Aplicații ale călirii.....	155
----------------------------------	-----

Cap. 15. Revenirea și îmbătrânirea

15.1. Revenirea.....	156
15.2. Îmbătrânirea.....	157

Cap. 16. Tratamente termice aplicate pieselor

16.1. Tratamente termice aplicate pieselor turnate.....	158
16.1.1. Tratamente termice aplicate pieselor turnate din oțel.....	158
16.1.2. Tratamente termice aplicate pieselor turnate din fontă.....	158
16.1.3. Tratamente termice aplicate pieselor turnate din aliaje neferoase.....	159
16.2. Tratamente termice aplicate pieselor forjate.....	159
16.2.1. Recoaceri aplicate pieselor forjate.....	159
16.2.2. Călirea și revenirea.....	160
16.3. Tratamentul termic al pieselor sudate.....	160
16.3.1. Zona influențată termic (ZIT) și transformările structurale corespunzătoare.....	160
16.3.2. Preîncălzirea pieselor înainte de sudare.....	161
16.3.3. Normalizarea pieselor sudate.....	161
16.3.4. Recoacerea de detensionare.....	161

Cap. 17. Tratamente termochimice

17.1. Procese fizico-chimice care stau la baza tratamentelor termochimice.....	163
17.2. Carburarea, niturarea și carbonitrurarea.....	163
17.3. NTSM-PSI în sectoarele de tratamente termice.....	164

Test de evaluare.....	166
-----------------------	-----

Test de evaluare finală.....	167
------------------------------	-----

Răspunsuri la testele grilă.....	168
----------------------------------	-----

Bibliografie.....	169
-------------------	-----