



TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Suport curs

**PROPRIETĂȚILE METALELOR ȘI ALIAJELOR
FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI**



PROPRIETĂȚILE METALELOR ȘI ALIAJELOR FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

În baza unor ample cercetări teoretice și experimentale, s-a constatat că, în general, **metalele tehnic pure** posedă scăzute proprietăți de rezistență, motiv pentru care, în construcția de mașini, se utilizează mai ales **aliajele**. Dintre acestea se disting de la început următoarele categorii importante:

- *aliajele feroase*, cu cele două mari familii de aliaje: fontele și oțelurile;
- *aliajele neferoase ușoare* sau de mică densitate: ale aluminiului, magneziului, beriliului, titanului;
- *aliajele neferoase grele*: ale cuprului, plumbului, staniului etc;
- *aliajele metalice ușor fuzibile*: pe bază de zinc, cadmiu, staniu, plumb, bismut etc;
- *aliajele metalice greu fuzibile*: pe bază de molibden, niobiu, zirconiu, wolfram, vanadiu etc.



STRUCTURA CRISTALINĂ A METALELOR ȘI ALIAJELOR

Toate metalele în stare solidă, se caracterizează prin **structura cristalină**, ordonată, la baza căreia stă **rețeaua cristalină**. O rețea cristalină nu este altceva decât multiplicarea așa numitei **celule elementare**, celulă care reprezintă la scară micro, sistemul propriu de cristalizare a metalului considerat.

Metalele, din punct de vedere al sistemului de cristalizare, se înscriu mai ales în sistemele: cubic cu volum centrat (CVC), cubic cu fețe centrate (CFC) și hexagonal compact (HC), fiecare sistem fiind determinat de anumiți parametri liniari și unghiulari.

Unele metale, pe scara temperaturilor proprii stării solide, pot să posedă mai multe domenii cu rețea cristalină distinctă, aceste domenii numindu-se **stări alotropice**.

Prin urmare, în funcție de starea alotropică sau intervalul termic considerat (domenii notate de la temperatura ordinară spre cea de topire în mod succesiv cu literele alfabetului grecesc α , β , γ , δ etc.) și proprietățile metalului vor fi altele.

Față de *metalul pur*, **aliajul** este o substanță alcătuită din două sau mai multe elemente metalice sau nemetalice, care se numesc **componentii aliajului**. Componentii sunt determinanți în ce privește structura de fază, celelalte elemente conținute în procente care nu modifică structura de fază, joacă rol de **impurități**.

Impuritățile influențează în mare măsură proprietățile metalelor și aliajelor. Unele impurități îmbunătățesc anumite proprietăți (microaliere, granulație fină etc.), iar altele înrăutățesc proprietățile metalelor și aliajelor (de exemplu, sulfurul și fosforul în oțeluri).

Aceste impurități sunt inerente (din elaborare) sau sunt introduse voit pentru a influența unele proprietăți în sensul dorit.

Față de metalul pur, aliajul posedă o structură cristalină mai complexă, alcătuită în general din: **soluții solide**, **compuși chimici** sau **amestecuri mecanice**.



CRISTALIZAREA ALIAJELOR

Structura de exploatare a aliajelor, depinde în mare măsură și de modul de **cristalizare primară**, adică de starea cristalină obținută la trecerea din stare lichidă în stare solidă, cu formarea rețelelor cristaline (cristalelor) strâns legat de interdependența și echilibrul fazelor.

Cum procesul de cristalizare primară depinde de capacitatea de cristalizare, începând cu **nașterea nucleelor de cristalizare**, și continuând cu **viteza de cristalizare**, acest proces se va desfășura cu atât mai repede cu cât numărul de nuclee de cristalizare este mai mare și respectiv cu cât viteza de creștere a acestora este mai ridicată.

În aceste condiții, în plus față de sistemul de cristalizare propriu metalului pur (component) sau altor componente (soluție solidă, compus chimic sau amestec mecanic), structura de cristalizare a unui aliaj mai depinde și de forma, orientarea rețelei cristaline în spațiu și de viteza de cristalizare.

Drept nuclee de cristalizare într-un aliaj pot fi considerate grupe elementare de rețele cristaline, incluziuni nemetalice și impurități greu fuzibile. În general, cristalizarea începe de la interfața metal-formă de turnare și se dezvoltă perpendicular pe pereții formei, în sens contrar gradientului de temperatură.

În aceste condiții, structura cristalină a unui aliaj, este de fapt un complex granular (de **cristaliți** cu diverse orientări), ceea ce definește așa numitul **corp metalic policristalin** (prin monocristal înțelegându-se structura mai mult sau mai puțin compactă și ordonată a unui grăunte cristalin sau cristalit).



CRISTALIZAREA ALIAJELOR

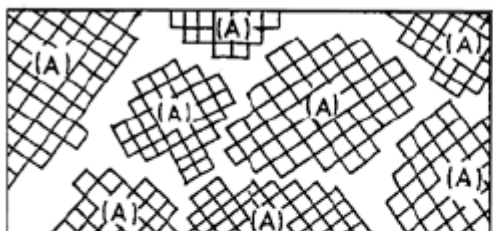


Figura 1.1. Schema structurală
a unui policristal.
(A) – structura de
monocristal.

Dimensiunea grăuntelui cristalin se încadrează între limitele $1 \div 10^4 \mu\text{m}$. Grăunții sunt diferit orientați la unghiuri de zeci de grade sexagesimale, *Figura 1.1*.

Grăunții cristalini au marginea de grosimea câtorva straturi atomice de compoziție chimică și proprietăți care pot să difere de restul corpului metalic al cristalitului.

De asemenea, cristalitul nu este perfect, fiind caracterizat de diferite **imperfecțiuni de structură**, care pot fi: **punctiforme, liniare și de suprafață**, având drept cauze existența de vacanțe, dislocații, atomi incluși.

Toate aceste defecte conduc la formarea *structurii micromozaic*, proprie cristalitului, cu orientări de circa 1° între diversele blocuri atomice. Cauza vacanțelor și dislocațiilor, nu este decât modificarea regulii de ordonare a atomilor în procesul de creștere a cristalului sau o puternică defectare a rețelei cristaline prin deformarea plastică în proces.

Atât imperfecțiunile de rețea cristalină, cât și impuritățile, influențează determinant proprietățile intrinseci și de exploatare ale metalelor și aliajelor. În sensul unor proprietăți mecanice superioare, un metal sau aliaj va fi cu atât mai bun, cu cât structura granulară va fi mai fină.

Pe de altă parte, în procesul de cristalizare primară, are loc și **fenomenul de contracție** care micșorează volumul grăuntelui și pot să apară astfel **interstiții și pori**, în care se pot depune sau separa **incluziuni nemetalice** (sulfuri, fosfuri etc.) sau pot să rămână retasuri microscopice și pori, defecte care înrăutățesc proprietățile mecanice, dar și pe cele tehnologice de prelucrare plastică și de exploatare, multe jucând rolul de amorse de fisurare și crăpare.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

Întrucât materialele metalice au în general proprietăți superioare față de alte materiale, în special de rezistență, utilizarea lor a trecut repede de la fabricarea sculelor la obținerea unei game foarte largi de produse utile omului.

Astăzi, datorită cuceririlor științifice în domeniul studiului metalelor dar și a prelucrării lor, se pot elabora materiale metalice cu proprietăți determinate, metalurgia devenind astfel o metalurgie de precizie.

Un criteriu general de grupare a proprietăților materialelor metalice, specific construcțiilor de mașini, conduce la următoarele grupe de proprietăți: mecanice, fizice, chimice, tehnologice și de exploatare.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

Proprietățile mecanice

Cele mai importante sunt: **rezistența mecanică**, **plasticitatea** și **duritatea**.

Sarcina exterioară (F), creează în material **tensiuni interne** și o **stare de deformare**. Tensiunea se poate exprima cel mai simplu cu relația:

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ [N/m}^2\text{]} \quad (1.1)$$

în care: F este sarcina exterioară, în N;
 A – aria secțiunii transversale, în m^2 .

Tensiunea σ va crea în material o **deformație**, care poate modifica forma și dimensiunile corpului deformat. Aceste modificări se pot datora în primul rând acțiunii unor **forțe exterioare**, dar pot fi cauzate și de unele fenomene care însoțesc procesul, cum sunt **transformările de fază**, **contractia** etc.

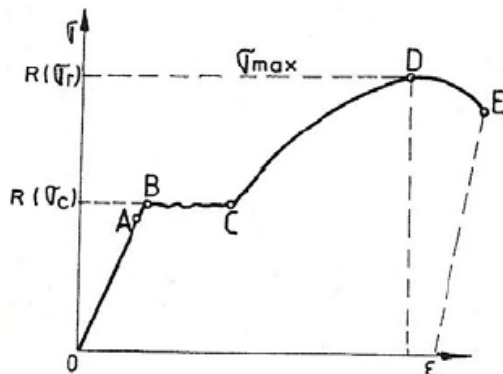


Figura 1.2. Curba $\sigma - \epsilon$ la tracțiune:

σ – tensiunea; ϵ – deformația;
 σ_r – limita de rupere; σ_c – limita de curgere.

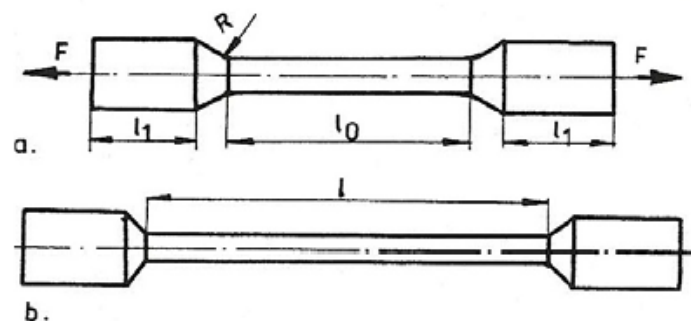


Figura 1.3. Epruveta cilindrică pentru încercarea de tracțiune:

a) – înainte de încercare; b) – după încercare;
 l_0 – lungimea calibrată; l – lungimea după încercare; l_1 – lungimea capătului de prindere în mașina de încercat; R – rază de racordare.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

Proprietățile mecanice

Pe de altă parte, deformația poate fi **elastică** (deformație care dispare odată cu îndepărtarea forțelor exterioare) sau **plastică** (deformație care rămâne după îndepărtarea forțelor exterioare și provoacă schimbarea remanentă de formă).

Prin creșterea continuă a sarcinii, corpul metalic trece din stare elastică în stare de curgere plastică și în final, când se depășește capacitatea de rezistență, acesta se rupe, așa cum se vede pe *Figura 1.2*, unde este reprezentată diagrama de tracțiune a lui Hooke și unde:

- OA* este deformația elastică proporțională;
- AB* – deformația elastică acceptată;
- BC* – deformația de curgere fără ecruisare;
- CD* – curgerea plastică, cu ecruisare;
- DE* – curgerea spre rupere în punctul E, după apariția găturii în D.

Definind acum proprietățile mecanice, se poate arăta:

- **rezistența mecanică**, *determină capacitatea unui material metalic de a se opune deformării și distrugerii sub acțiunea forțelor exterioare statice sau dinamice.*

Rezistența statică se determină de regulă pe epruvete standardizate și prin încercări consacrate, dintre care cea universală este *încercarea de tracțiune* pe epruvete ca în *Figura 1.3* (SR EN 10002–1,2:1994 și STAS 200–87). În determinările statice, rezistența se poate evalua pe calea tracțiunii, compresiunii, îndoirii sau răsucirii, tracțiunea fiind obligatorie.

Rezistența dinamică se determină, de regulă, prin încercarea consacrată de *încovoiere prin șoc*, pe epruvete cu creștătură, numită și *încercare de reziliență*, *Figura 1.4* (SR EN 10045–1:1993, SR EN 10045–2:1994).



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

Proprietățile mecanice

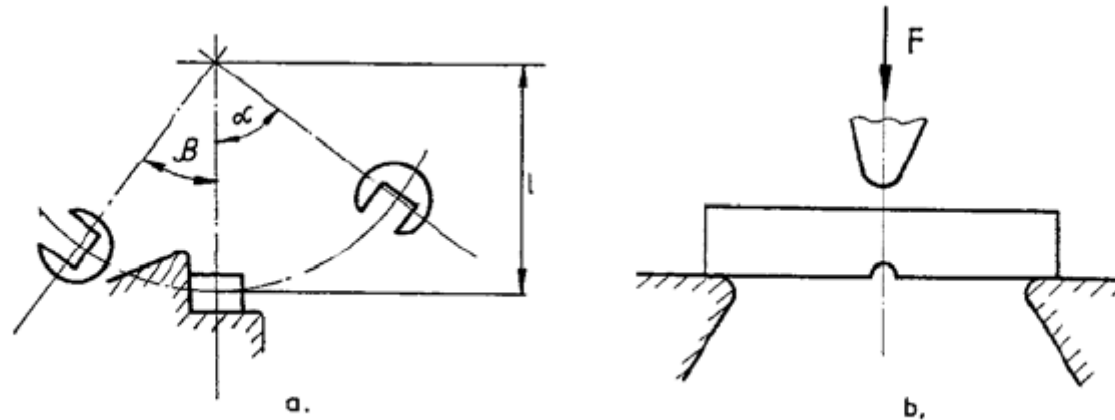


Figura 1.4. Schema încercării la încovoiere prin șoc.

Reziliența K , reprezintă raportul dintre lucrul mecanic consumat și aria secțiunii transversale în dreptul creștăturii și se exprimă cu relația:

$$K_{n_{CV}} = \frac{L}{A} \text{ [j/m}^2\text{]}, \quad (1.2)$$

în care: L este lucrul mecanic consumat, în j;
 A – aria secțiunii în dreptul creștăturii, în m^2 ;
 n_{CU} – lucrul mecanic inițial, pentru epruvete cu creștătură în “U”;
 n_{CV} – lucrul mecanic inițial, pentru epruvete cu creștătură în “V”.

▪ **plasticitatea**, determină capacitatea materialului metalic de a-și modifica forma și dimensiunile, dar cu păstrarea integrității. Se pune în evidență tot pe calea încercărilor și conform Figurii 1.3 se poate exprima sub forma:

$$\delta = \frac{l - l_0}{l_0} \cdot 100 \text{ [%]} \quad (1.3)$$



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

Proprietățile mecanice

▪ *duritatea, definește capacitatea unui material metalic de a se opune la pătrunderea în corpul său a unui alt corp dintr-un material mai tare, nedeformabil plastic.*

Mărimea durității se exprimă diferit, în funcție de metoda de încercare (HB - STAS 165–83, HV – STAS 492/1,2–85, HR – STAS 493–91), pentru care există aparatură normalizată și tabele de echivalență sau unele relații empirice de convertire.

Spre exemplificare, *Figura 1.5*, duritatea după Brinell (HB) se exprimă simplu cu relația:

$$HB = \frac{F}{A_a} \text{ [daN/mm}^2\text{]}, \quad (1.4)$$

în care: F este forța de apăsare, în daN;
 A_a – suprafața amprentei, în mm².

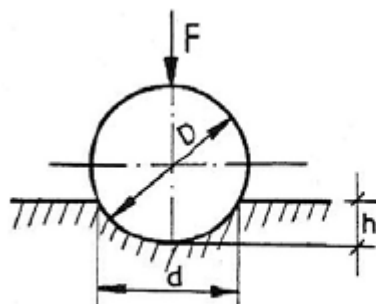


Figura 1.5. Schema încercării Brinell:

D – diametrul bilei de oțel călit;
 d – diametrul amprentei în materialul de încercat;
 h – adâncimea calotei sferice a amprentei.

Încercările mecanice sunt clasificate în STAS 6967-88.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

PROPRIETĂȚILE FIZICE

Produsele metalice realizate de constructorii de mașini, sunt plasate sau funcționează sub incidența câmpurilor fizice de diverse naturi. În acest sens, materialul metalic din alcătuirea organelor de mașini trebuie cunoscut bine și din punct de vedere fizic, dintre caracteristicile fizice mai importante fiind: *culoarea; greutatea specifică; temperatura de topire; căldura latentă de topire; căldura specifică; coeficientul de dilatare; conductivitatea termică; conductivitatea electrică; susceptibilitatea magnetică; coeficientul de frecare* etc. Aceste proprietăți sunt dependente sau proprii unui material și în funcție de compoziția chimică și structură.

Constructorul de mașini trebuie să cunoască aceste proprietăți pentru a dimensiona sau prescrie în mod corespunzător condițiile de fabricație și de exploatare ale produsului obținut.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

PROPRIETĂȚILE CHIMICE

Sunt proprietățile care se referă la comportarea materialelor metalice în contact sau interdependență cu medii agresive din punct de vedere chimic. Dintre proprietățile chimice mai importante se pot aminti: *rezistența la coroziune* (care interesează în cea mai mare măsură pe constructorii de mașini), *refractaritatea*, *stabilitatea chimică la temperatură* și alte proprietăți care interesează mai ales pe metalurgii prelucrători, în scopul obținerii de materiale metalice de calitate, dar și pe constructori în cazul unor condiții termice grele de exploatare.

Agresiunea chimică trebuie privită în două ipostaze distincte: *agresiune chimică de proces*, când anumite părți din utilaj vin în contact nemijlocit cu produsul în cadrul fabricațiilor chimico-metalurgice și *agresivitatea chimică de mediu funcțional*, care de regulă este lentă.

În primul caz, alegerea materialelor metalice se poate face mai ușor, întrucât se pot cunoaște sau determina natura și concentrația agenților chimici, condițiile de temperatură și presiune etc.

În al doilea caz, acțiunea chimică de mediu, se poate determina mai greu și de regulă la modul general (medii acide sau bazice, uscate sau umede etc.) și nu se pot localiza decât cu aproximație.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

PROPRIETĂȚILE TEHNOLOGICE

Aceste proprietăți stau la baza cunoașterii comportării materialelor metalice în procesele de prelucrare la rece sau la cald, cu modificarea formei, păstrarea integrității și cât mai avantajos din punct de vedere economic. Proprietățile tehnologice se exprimă prin aprecieri calitative și nu dau rezultate bune decât atunci când încercările se fac în condiții cât mai apropiate de cele de lucru sau de exploatare. Dintre proprietățile tehnologice mai importante se pot astfel aminti:

- *turnabilitatea*, caracterizată în principal prin fenomenele de fluiditate, contracție și tendința de segregație;
- *forjabilitatea*, care caracterizează capacitatea unui material metalic de a-și modifica forma, cu păstrarea integrității, sub acțiunea unor forțe exterioare deformante, în condiții optime ale deformabilității, respectiv la o rezistență la deformare minimă și o plasticitate maximă;
- *sudabilitatea*, capacitatea materialelor metalice de a forma îmbinări nedemontabile de înaltă calitate și rezistență;
- *așchiabilitatea*, capacitatea materialelor metalice de a forma în procesul de așchiere a unor așchii de fragmentare, reprezentând totodată o calitate superioară a suprafeței piesei după așchiere.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

PROPRIETĂȚILE DE EXPLOATARE

În funcție de condițiile de funcționare ale mașinilor și instalațiilor, se determină după caz și următoarele caracteristici numite de exploatare:

- *rezistența la coroziune* – ca rezistență a aliajului la acțiunea mediilor acide și bazice;
- *rezistența la temperaturi scăzute* – capacitatea metalelor și aliajelor de a-și păstra capacitățile plastice sub 0°C ;
- *rezistența la temperatură* – capacitatea metalelor și aliajelor de a-și păstra proprietățile mecanice la temperaturi ridicate;
- *refractaritatea* – capacitatea aliajului de a rezista la oxidare în medii gazoase la temperaturi ridicate;
- *antifricțiunea* – capacitatea unui material folosit la căptușirea unor ghidaje cu alunecare sau a unor paliere de alunecare, de a avea coeficient de frecare mic, termorezistență suficientă și o mică rezistență la uzură decât materialul piesei cu care ajunge în contact, în funcționare (reducând astfel uzura prin frecare a pieselor între care este interpus).

Aceste proprietăți se determină cel mai bine pe instalații sau bancuri de rodaj, de probă, direct pe prototip, respectându-se condițiile reale de exploatare ale mașinii.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

MATERIALE METALICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Metalele indispensabile civilizației contemporane, sunt elemente chimice cu luciu specific (luciu metalic), cu o bună conductivitate termică și electrică și au capacitatea de a se combina cu oxigenul formând oxizi cu caracter bazic. Toate metalele, cu excepția mercurului, posedă la temperatura ambiantă starea solidă și au o structură cristalină. Prin multitudinea proprietăților importante și cu deosebire cele mecanice, cum sunt: duritatea; tenacitatea; maleabilitatea; ductilitatea etc., devin materiale de bază în industria construcțiilor de mașini și instalații.

Dintre metalele mult utilizate industrial într-o primă aproximație se înscriu: fierul; aluminiul; cuprul; zincul; staniul; plumbul; cromul; nichelul; wolframul etc.

Clasificarea uzuală, privind materialele metalice folosite în construcția de mașini, le grupează în două mari categorii:

- materiale metalice feroase;
- materiale metalice neferoase.

Această clasificare ține seama de ponderea dintre producția și consumul mondial de metale, proporție care se încadrează în limitele 9/1÷10/1.

Unul din indicatorii relevanți în producția de metale este producția pe cap de locuitor, care statistic, la nivelul anului 1975 (de exemplu) se înscrie în cuantumul:

- la oțel, în Kg/cap de locuitor: SUA (495); RFG (680); Japonia (925); România (449); fosta URSS (555);
- la aluminiu, în Kg/cap de locuitor: SUA (20,5); RFG (16,1); Japonia (13,0); România (9,6); fosta URSS (5,9).



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

MATERIALE METALICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Materiale metalice feroase

Dintre toate materialelor metalice feroase, ponderea principală în construcția de mașini o deține oțelul. După compoziția chimică, oțelurile se împart în două mari grupe.

- A. Oțeluri carbon, care după procentul de carbon se pot grupa în:
- oțeluri cu puțin carbon ($\%C = 0,09 \div 0,25$);
 - oțeluri cu conținut mediu de carbon ($\%C = 0,25 \div 0,45$);
 - oțeluri cu conținut ridicat de carbon ($\%C = 0,45 \div 0,75$).
- B. Oțeluri aliate, care se pot grupa în:
- oțeluri slab aliate, când suma conținutului elementelor de aliere este sub 5%;
 - oțeluri mediu aliate, când suma conținutului elementelor de aliere este între 5÷10%;
 - oțeluri înalt sau bogat aliate, când suma conținutului elementelor de aliere depășește 10%

O altă clasificare, care cuprinde întreaga gamă de oțeluri, mai concret, este după destinație:

- ♦ oțeluri de construcție (carbon și aliate);
- ♦ oțeluri de scule (carbon și aliate);
- ♦ oțeluri cu proprietăți sau destinație speciale (îndeosebi oțeluri aliate).



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

MATERIALE METALICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Materiale metalice feroase

Pe de altă parte, calitatea oțelurilor este determinată de condițiile metalurgice de elaborare și în special, în ce privește conținutul în impurități dăunătoare cum sunt, mai ales, sulful și fosforul. De asemenea, după gradul de desăvârșire a proceselor din ultima fază a elaborărilor (adăugirile finale) se disting trei calități de oțel:

- ◆ oțel calmat (când desăvârșirea reacțiilor în procesul final de elaborare este total);
- ◆ oțel necalmat (incomplet dezoxidat);
- ◆ oțel semicalmat (intermediar, între primele două categorii).

Astfel, după calitate, oțelurile pot fi din grupa *A*, de calitate obișnuită, când $\%S \leq 0,06$ și $\%P \leq 0,07$ și din grupa *B*, zise și de calitate, când *S* și *P* sunt sub 0,035% fiecare.

Față de cele de mai sus se pot desprinde și oțelurile de înaltă calitate, cu deosebire oțeluri aliate, elaborate în cuptoare electrice, la care *S* și *P* nu depășește 0,025% fiecare.

Oțeluri deosebite, de compoziție chimică garantată, se pot obține pe traseul tehnologic: elaborare în cuptoare electrice și retopire ulterioară sub vid, sub zgură, când conținutul de sulf și fosfor scade sub 0,015% fiecare.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

MATERIALE METALICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Materiale metalice feroase

Caracterizând oțelurile după destinație se pot arăta următoarele particularități:

- oțelurile pentru construcții (de uz general), sunt oțeluri carbon și slab aliate, cu puțin carbon, oțeluri obișnuite;
- oțelurile pentru construcție (construcția de mașini), sunt caracterizate prin proprietăți mecanice, la care conținutul de carbon se înscrie în limitele $0,05 \div 0,75\%$;
- oțelurile de scule, posedă înalte valori ale durității, rezistenței mecanice și rezistenței la uzare. Se folosesc pentru scule așchietoare, de deformare (matrițe) și pentru instrumente de măsură și control;
- oțeluri și aliaje speciale pentru construcția de mașini, caracterizate prin proprietăți fizice speciale, chimice, tehnologice, proprietăți mecanice la temperaturi scăzute sau ridicate.

Această ultimă grupă, cu referire la proprietățile fizice speciale, cuprinde oțeluri și aliaje cu grad particular de aliere și cu aportul unor tratamente termice adecvate. Se folosesc în construcția de aparate din industria electronică și radiotehnică.

Oțelurile și aliajele rezistente la coroziune, sunt oțeluri aliate cu nu mai puțin de $12,5 \div 13\%$ Cr, oțelurile cu crom și nichel sunt deosebit de rezistente la medii corozive.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

MATERIALE METALICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Materiale metalice neferoase

Dintre materialele metalice neferoase, mai importante pentru construcția de mașini, se pot prezenta următoarele: aluminiul și aliajele sale, magneziul și aliajele sale, cuprul și aliajele sale, titanul și aliajele sale.

Aluminiul și aliajele sale. Aluminiul este un metal ușor (densitate 2700 Kg/m^3) și care posedă o înaltă conductivitate termică (200 W/m.K) și electrică (10^{-5} Cm), rezistent la coroziune (este atacat de baze), temperatura de topire, 658°C .

Aliajele aluminiului se împart în două mari grupe și anume, *deformabile* și *turnabile*, ambele grupe ecruisabile sau nu prin tratamente termice.

Cele *deformabile* se prelucrează bine prin laminare, forjare, matrițare. Din categoria *neecruisabile prin tratamente termice* fac parte:

- aliajele Al-Mn, cu până la 1,6% Mn;
- aliajele Al-Mg, cu până la 5,8% Mg.

Aceste aliaje au o bună plasticitate, dar o rezistență scăzută.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

MATERIALE METALICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Materiale metalice neferoase

Din categoria celor ecruisabile prin tratamente termice se deosebesc:

- duraluminiul, cu $3,8 \div 4,8\%$ Cu, $0,4 \div 1,8\%$ Mg și $0,4 \div 0,9\%$ Mn, cu o bună rezistență la coroziune dată de mangan, acest aliaj după tratamentul de călire urmată de îmbătrânire, capătă o bună rezistență, dar și o alungire apreciabilă;
- aliaje pentru forjare, cu $1,8 \div 4,8\%$ Cu, $0,4 \div 0,8\%$ Mg, $0,4 \div 1,0\%$ Mn, $0,6 \div 1,2\%$ Si, care se deformează foarte bine la cald și posedă o înaltă rezistență după călire și îmbătrânire. Se utilizează pentru structuri de rezistență (șasiu, carcase) și fittinguri fabricate prin deformare plastică.

Cele turnabile, destinate fabricării organelor de mașini și aparate, executate prin turnare, cuprind:

- aliaje din sistemul Al-Si, cu Si între 10 și 13% (siluminuri);
- aliaje din sistemul Al-Cu, cu $4,5 \div 5,3\%$ Cu și sub 1% Mn, posedă înaltă rezistență, destinate pieselor care lucrează la sarcini ridicate, cum sunt armăturile;
- aliaje din sistemul Al-Mg, cu $9,5 \div 11,5\%$ Mg, au o bună rezistență la coroziune și sunt destinate pentru piese turnate care funcționează în medii umede.

Piese turnate din aliaje de aluminiu se supun adesea tratamentului termic complex de călire și îmbătrânire, pentru îmbunătățirea caracteristicilor de rezistență, plasticitate și atenuarea tensiunilor interne.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

MATERIALE METALICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Materiale metalice neferoase

Magneziul și aliajele sale. Magneziul este un metal ușor (densitate 1740 kg/m^3), se topește la 651°C .

Ca și la aluminiu, aliajele sale se împart în *deformabile* și *turnabile*, cu sau fără posibilitate de ecruisare după tratament termic.

Cele *deformabile*, conțin până la 2% Mg și până la 5% Al, cu zecimi de procent de ceriu, sunt necruisabile prin tratament termic: aliajele de înaltă rezistență sunt cu până la 9% Al și 0,5% Mn; aliajele rezistente mecanic la temperatură conțin și procente de zirconiu, nichel etc.

Cele *turnabile*, conțin 2,5÷9% Al, 0,5÷1,5% Zn și 0,15÷0,5% Mn, posedă un modul de elasticitate ridicat ($E = 43000 \text{ MPa}$) și preiau oscilațiile construcției, au însă o scăzută rezistență la coroziune, pentru care trebuie ca piesele turnate să fie tratate termochimic sau acoperite, lăcuite.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

MATERIALE METALICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Materiale metalice neferoase

Cuprul și aliajele sale. Cuprul este un metal greu (densitatea 8940 Kg/m^3), se topește la 1083°C , are o bună plasticitate, rezistă la coroziune, o rezistivitate electrică scăzută ($7.10^{-8} \Omega.m$), o înaltă conductivitate termică (385 W/m.K), de unde este mult utilizat pentru conductori electrici, organe pentru mașini electrice și aparate, în industria chimică. Aliajele de bază ale cuprului sunt alamele și bronzurile.

Alamele, sunt aliaje ale Cu cu Zn (până la 50%) și mici adaosuri de Al, Si, Ni, Mg.

Bronzurile, pot fi cu Sn ($4\div 33\%$), cu Pb (30%), cu Al ($5\div 11\%$), cu Si ($4\div 5\%$), cu P etc.

Bronzurile și alamele se împart, de asemenea, în deformabile și turnabile. Cele turnabile față de cele deformabile se deosebesc prin adaosuri care îmbunătățesc turnabilitatea, respectiv ridică fluiditatea și reduc la maximum contracția, dar reduc proprietățile de plasticitate.



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

MATERIALE METALICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Materiale metalice neferoase



PROPRIETĂȚILE MATERIALELOR METALICE

MATERIALE METALICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

Materiale metalice neferoase

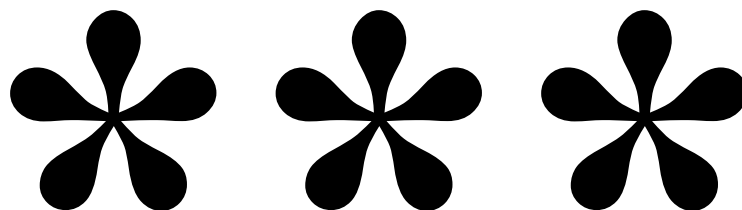
Titanul și aliajele sale. Titanul este un metal greu fuzibil (se topește la $1665 \pm 5^\circ\text{C}$), are densitatea 4500 Kg/m^3 . Titanul tehnic pur are o rezistență la rupere de 250 MPa, o alungire $\delta = 70\%$ și posedă o înaltă rezistență la coroziune. Rezistența specifică a titanului este superioară multor oțeluri aliate de construcție, ceea ce poate conduce prin înlocuirea oțelurilor cu aliaje de titan, la reducerea greutatei construcției cu până la 40%.

Totuși, titanul are rezistență scăzută la temperatură, la peste $550\text{-}600^\circ\text{C}$ se oxidează ușor și absoarbe mult hidrogen. Se prelucrează ușor prin deformare plastică și sudare și greu prin așchiere.

Dintre *aliaje*, cele mai importante sunt cele *cu Al*, mult utilizat fiind aliajul cu până la 5% Al cu o rezistență de $\sigma_r = 700\div 900 \text{ Mpa}$ și $\delta = 10\div 12\%$ și se pot obține piese forjate și turnate.

Proprietăți superioare pentru aliajele de titan, se pot obține și pe calea tratamentelor termice, de recoacere, călire și îmbătrânire.

Din titan și aliajele sale, se fabrică organe de mașini și piese în industria aeronautică, chimică, navală și în multe ramuri ale construcției de mașini.





TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Suport curs

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

- **Fabricarea fontei**
- **Fabricarea oțelurilor**
- **Elaborarea metalelor neferoase**



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

Producția metalurgică este una din cele mai complexe fabricații și se bazează pe rezerva de materii prime naturale de bază (minereurile), dar și pe rezerva și disponibilul de cărbune și o dotare energetică de mare anvergură.

Această producție cuprinde:

- secții și cariere pentru extragerea minereurilor și cărbunilor;
- combinate de îmbogățire a minereurilor;
- uzine cocso-chimice, unde se fabrică cocsul și se prelucrează chimic superior și alte produse;
 - secții energetice, pentru obținerea aerului sub presiune, a oxigenului, a gradului de epurare dorit pentru gazele vehiculate;
 - secții de furnale, pentru obținerea fontei, feroaliajelor și secții de peletizare;
 - uzine de fabricat feroaliaje;
 - secții de fabricare a oțelurilor (convertizoare, cuptoare cu flacără și electrice);
 - secții de laminare, unde lingoul de oțel turnat se transformă în bare, profile, tuburi (țevi), sârme, table, produse speciale.

Se disting, pe de altă parte, două ramuri de bază ale industriei metalurgice:

- ◆ metalurgia feroasă (sau siderurgia) și
- ◆ metalurgia neferoaselor.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

Metalurgia feroasă fabrică cele două categorii fundamentale de aliaje feroase,: fonte și oțelurile.

Fontele pot fi *de afinare*, respectiv de transformare în oțeluri, și *pentru turnătorie*, pentru fabricarea de fonte mecanice (de a doua fuziune) în vederea fabricării de piese turnate pentru construcția de mașini.

Tehnologii speciale când, în loc de fonte de primă fuziune, se vor obține materii prime de forma: pelete pentru fabricarea oțelurilor și mai ales feroaliaje (aliaje ale fierului cu conținut ridicat de Mn, Si, V, Ti etc.) în vederea fabricării oțelurilor aliate.

Oțelurile, sub formă de lingouri sau produse turnate continuu, pentru laminare (bare, profile, șine) sau lingouri pentru forjate grele (rotori de turbină, discuri etc.).

Metalurgia neferoasă oferă lingouri ale metalelor neferoase pentru laminare (corniere, benzi, bare, sârme etc.), lingouri speciale ca materie primă la fabricarea aliajelor, prealiaje pentru piese turnate din aliaje neferoase complexe, lingouri curate din metale pure pentru construcția de aparatură, tehnică electronică și alte ramuri ale industriei construcției de mașini.



FABRICAREA FONTEI

MATERIALELE UTILIZATE ÎN FURNAL ȘI PREGĂTIREA LOR

PENTRU ELABORARE

Pentru elaborarea fontei în furnal se folosesc următoarele categorii de materiale: minereuri de fier, combustibili, fondanți.

Minereurile de fier, se prezintă sub o mare varietate, dintre care mai importante se pot aminti: *magnetita* (Fe_3O_4) cu $55\div 60\%$ Fe, *hematita* (Fe_2O_3) cu $55\div 60\%$ Fe, *limonitul* sau oxizii de fier hidratați ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ și $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) cu $37\div 55\%$ Fe, *siderita* (FeCO_3) cu $30\div 40\%$ Fe și *pirita* (FeS) săracă în Fe, dar prin prăjire depășește 60% Fe.

După caz, se pot utiliza și cantități de *minereu de mangan*, pentru a se obține fero-manganul cu $10\div 80\%$ Mn, și fonte de afinare cu până la 1% Mn. Se folosesc *minereuri de tip oxid sau carbonați*: MnO_2 , Mn_2O_3 , Mn_3O_4 , MnCO_3 etc.

Dacă se urmărește obținerea ferocromului, a cromului metalic sau a materialelor refractare cromitice, atunci se folosesc *minereuri de crom* de tip *cromit* ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$), *magnocromit* ($\text{Mg,Fe} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_4$) cu până la 40% Cr_2O_3 .

Pentru obținerea de fonte aliate se folosesc *minereuri complexe*, cum sunt *minereurile fero-manganoase* (cu până la 20% Mn), *cu crom și nichel* ($37\div 47\%$ Fe, sub 2% Cr, sub 1% Ni), *minereuri cu vanadiu* (sub $0,17\div 0,35\%$ V).



FABRICAREA FONTEI

MATERIALELE UTILIZATE ÎN FURNAL ȘI PREGĂTIREA LOR

PENTRU ELABORARE

Combustibilii în metalurgia fontei, în principal, sunt supliți de cocs, care asigură atât temperatura necesară cât și condițiile de reducere a oxizilor de fier din minereuri.

Sub raport economic, o parte din cocs poate fi înlocuită și de aportul gazelor naturale, păcurii sau de cărbune pulverulent.

Fondanții pentru elaborarea fontei în furnal, sunt cei pe bază de oxizi de calciu (varul – CaCO_3) sau dolomita (carbonat dublu de Mg și Ca - $\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$). Aceste fluxuri conduc la o zgură ultrabazică, zgură necesară pentru îndepărtarea sulfului din metal, provenit din cocs și minereu, prin topire.

În general, se recomandă ca în zgură, între oxizii bazici și cei acizi să se păstreze o anumită paritate și anume:

$$\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} \cong 1$$

FABRICAREA FONTEI

PREPARAREA MINEREURILOR

Această preparare se face cu scopul creșterii productivității furnalului, reducerii consumului de cocs și îmbunătățirii calității fontei elaborate. Se urmărește astfel, ridicarea conținutului de fier în șarjă (încărcătură), micșorarea conținutului de impurități, îndeosebi de S și P, ca și o mai bună omogenizare a mărimii fizice a minereului sub formă de bulgări și o compoziție chimică corespunzătoare.

În vederea elaborării fontei, minereurile se supun sfărâmării și clasării. **Sfărâmarea** se face cu ajutorul utilajelor specializate numite *concasoare* iar **clasarea** cu diverse *utilaje și instalații de clasare*.

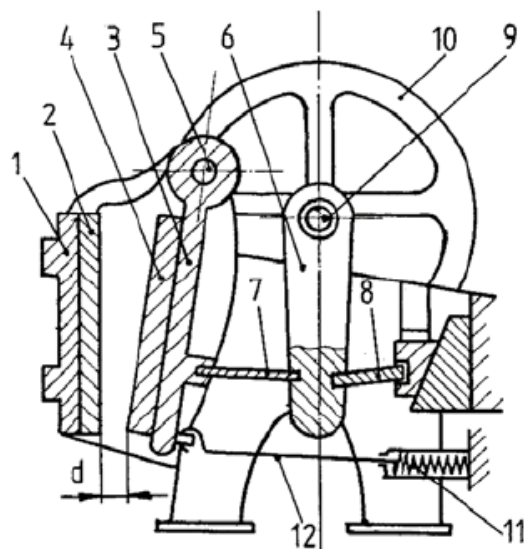


Figura 2.1. Concasor cu făci:

- 1 – batiu; 2 – falcă fixă; 3 – braț oscilant;
- 4 – falcă mobilă; 5 – lagăr braț oscilant; 6 – bielă;
- 7, 8 – pârghii; 9 – excentric; 10 – volant;
- 11 – resort; 12 – pârghie de tensionare.

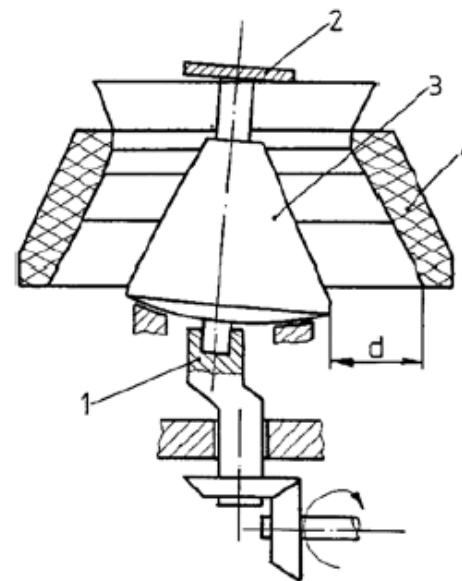


Figura 2.2. Concasor conic:

- 1 – arbore de antrenare cu excentric;
- 2 – distribuitor; 3 – falcă conică rotitoare;
- 4 – falcă conică fixă.



FABRICAREA FONTEI PREPARAREA MINEREURILOR

Procesul de sfărâmare este progresiv, granula maximă rezultată d_{max} și gradul de divizare n , definit ca raportul dintre mărimea granulei maxime de alimentare D_{max} și mărimea granulei rezultate d_{max} depind de tipul utilajului.

Astfel pentru sfărâmarea grosolană și mijlocie se folosesc *concasoarele cu fălci și conice*, la care mărimea maximă a granulei d_{max} este determinată de distanța d , *Figura 2.1 și Figura 2.2*, și este cuprinsă între 100 și 10 mm.

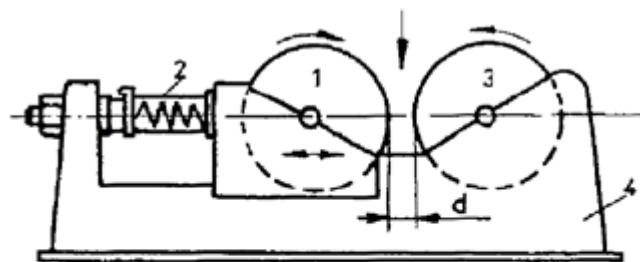


Figura 2.3. Concasor cu cilindri:
1, 3 – cilindri de zdrobire;
2 – dispozitiv de reglare;
4 – batiu.

Pentru sfărâmări mai fine, se folosesc *concasoare cu cilindri*, *Figura 2.3*, la care dimensiunea granulei, prin distanța reglabilă d , poate varia între 1 și 20 mm.

Pentru sfărâmări și mai fine se folosesc *concasoare cu ciocane și mori cu bile*. Ultimele utilaje, morile cu bile, asigură în funcție de diametrul bilelor, durata măcinării și raportul de încărcare, bile/minereu, mărimi fizice de granulă care pot ajunge la ordinul micronilor.

După sfărâmare se execută de regulă **clasarea**, care urmărește asigurarea unor încărcături omogene după mărimea granulei de minereu.

FABRICAREA FONTEI

PREPARAREA MINEREURILOR

Clasarea granulometrică după diametru (între 0,1÷100 mm), se realizează cu instalații de tip ciur. Constructiv, ciururile, numite uzual site, pot fi cilindrice (Figura 2.4), conice (Figura 2.5) sau plane (Figura 2.6), funcțional putând fi rotative, oscilante sau vibratorii.

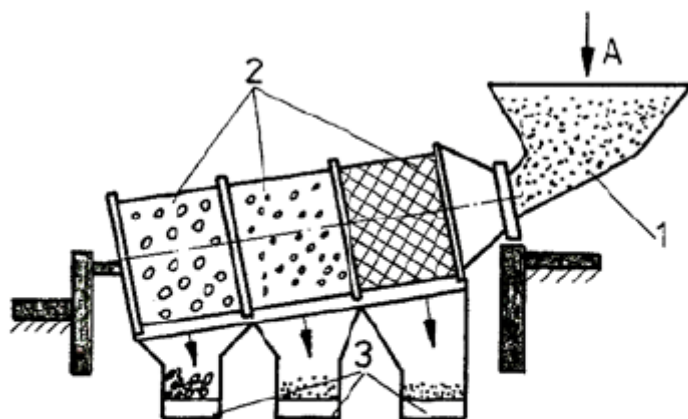


Figura 2.4. Sită cilindrică rotativă:

1 – pâlnie de alimentare; 2 – site;
3 – pâlnii de colectare; A – alimentare.

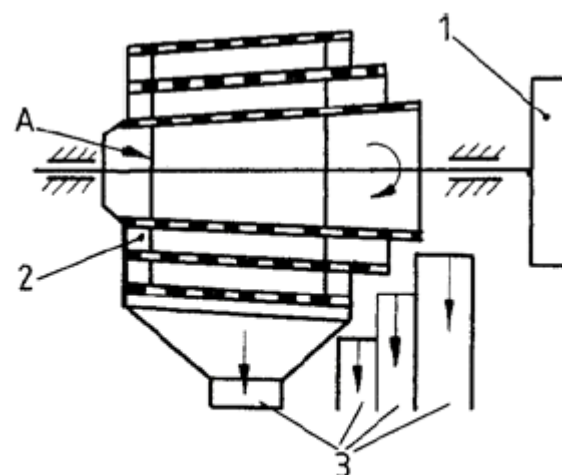


Figura 2.5. Sită conică rotativă:

1 – volant de antrenare; 2 – site;
3 – pâlnii colectoare; A – alimentare.

Ciururile vibratoare plane sunt cele mai bune, au o bună productivitate și clasează în limite largi, între 0,1 și 100 mm.

O altă etapă importantă a preparării minereurilor, se referă la **îmbogățire** sau **concentrare**, când se înlătură parțial sterilul, în limitele admise la extracție.

FABRICAREA FONTEI

PREPARAREA MINEREURILOR

Îmbogățirea se poate realiza pe cale *mechanică* sau *chimică*.

Metodele mecanice se bazează, în general, pe diferența de greutate specifică, fiind aplicate operații de *spălare* sau *zețare*. Ultima metodă, în mod schematic se prezintă în *Figura 2.7*.

Minereurile prelucrate pe această cale cer o sfărâmare destul de înaintată, cu dimensiunea granulei de 1÷2 mm.

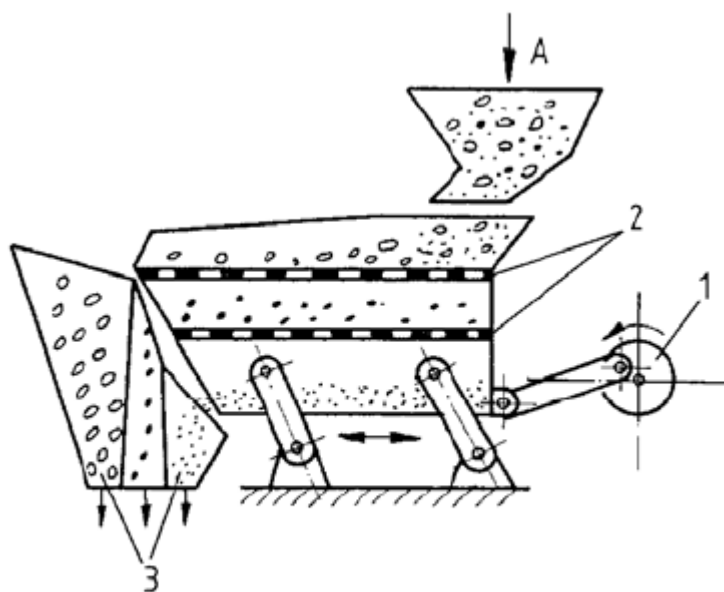


Figura 2.6. Sită plană vibratoare:
1 – vibrator; 2 – site; 3 – pâlnii colectoare.

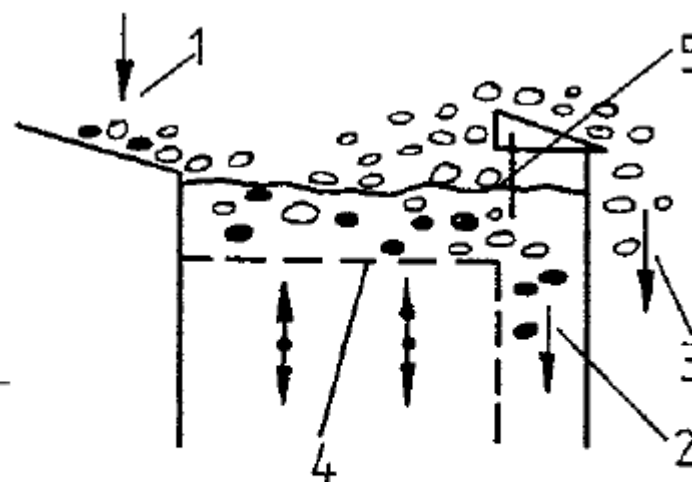


Figura 2.7. Schema zețării:
1 – alimentare; 2 – evacuare minereu; 3 – evacuare steril;
4 – placă perforată; 5 – prag pentru reglare fantă.

O metodă deosebită de îmbogățire mecanică este și după *principiul flotației diferențiate*.

FABRICAREA FONTEI PREPARAREA MINEREURILOR

Flotația se bazează pe proprietatea particulelor mici de material solid de a pluti într-un lichid (flotabilitate), deși au o densitate mai mare decât a acestuia. Acest lucru este posibil datorită tensiunilor superficiale la contactul dintre solid și lichid. Astfel, mineralele măcinate fin, aflate în suspensie în apă, se comportă diferit, după cum sunt hidrofobe (nu au afinitate pentru apă), cu tendința de cădere, de regulă sterilul.

Pentru ca particulele minerale utile să se ridice la suprafața băii de flotație, prin bateria de flotație se suflă aer. Bula de aer aderă la particula de mineral util și o ridică la suprafață unde se sparge și pentru a nu cădea din nou în baie se folosesc reactivi de flotație. Dintre aceștia, în mod deosebit și indispensabil, sunt *spumanții* (ulei de pin, fenol, crezol etc.) și *colectorii* (xantați, acid oleic etc.), care fac posibilă aderarea la bula de aer și evită umectarea particulelor de mineral util.

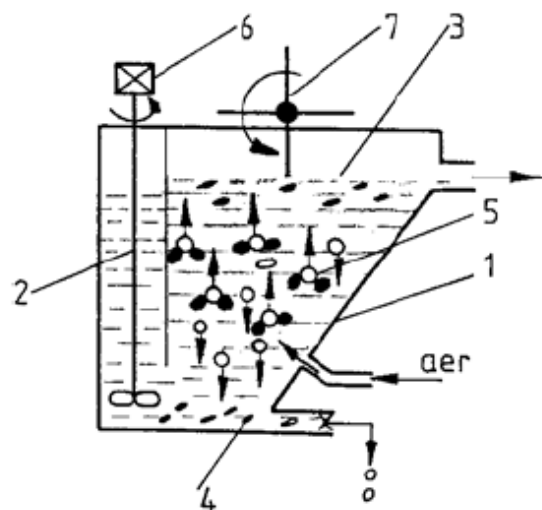


Figura 2.8. Schema cuvei de flotație:
1 – cuva; 2 – agitator mecanic;
3 – spumă cu mineral util;
4 – steril; 5 – bulă de aer cu mineral util; 6 – motor;
7 – rotor cu palete.

În aceste condiții, la suprafața băii de flotație se adună o spumă cu mineral util, iar pe fundul cuvelor se sedimentează minerale neutile sau sterilul. O schemă a unei baterii de flotație se vede în *Figura 2.8*.

Alte metode de îmbogățire exploatează alte proprietăți fizice, decât greutatea specifică, respectiv culoarea, susceptibilitatea magnetică, electrică, radioactivitatea etc.

Se deosebesc astfel mai multe variante de îmbogățire, a căror scheme se prezintă în *Figura 2.9* și *Figura 2.10*.

FABRICAREA FONTEI

PREPARAREA MINEREURILOR

Separarea electromagnetică se poate aplica numai mineralelor cu proprietăți magnetice, cum este cazul oxizilor de fier și a minereurilor de zinc.

Separarea electrostatică este mult mai universală fiind aplicată atât minereurilor metalifere, cât și celor nemetalifere. Între anod și catod trebuie creată o diferență de potențial de minimum 50000 V.

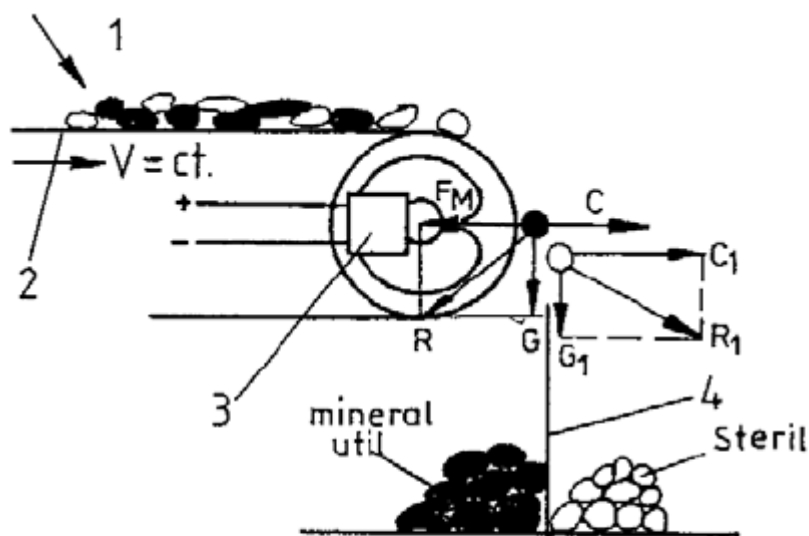


Figura 2.9. Separator magnetic:
1 – alimentare; 2 – bandă transportoare;
3 – electromagnet; 4 – separator.

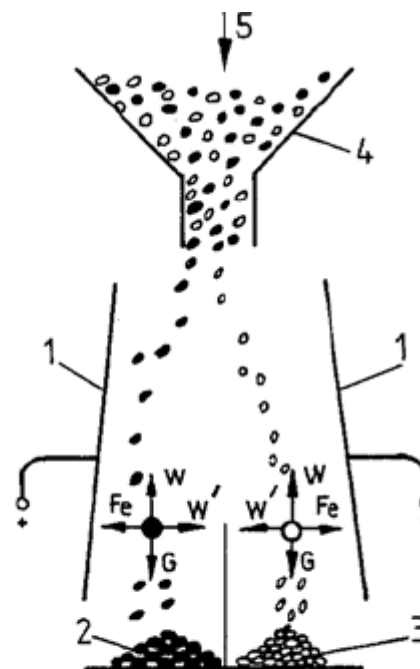


Figura 2.10. Separator electrostatic:
1 – plăci electrod; 2 – concentrat;
3 – steril.

FABRICAREA FONTEI

PREPARAREA MINEREURILOR

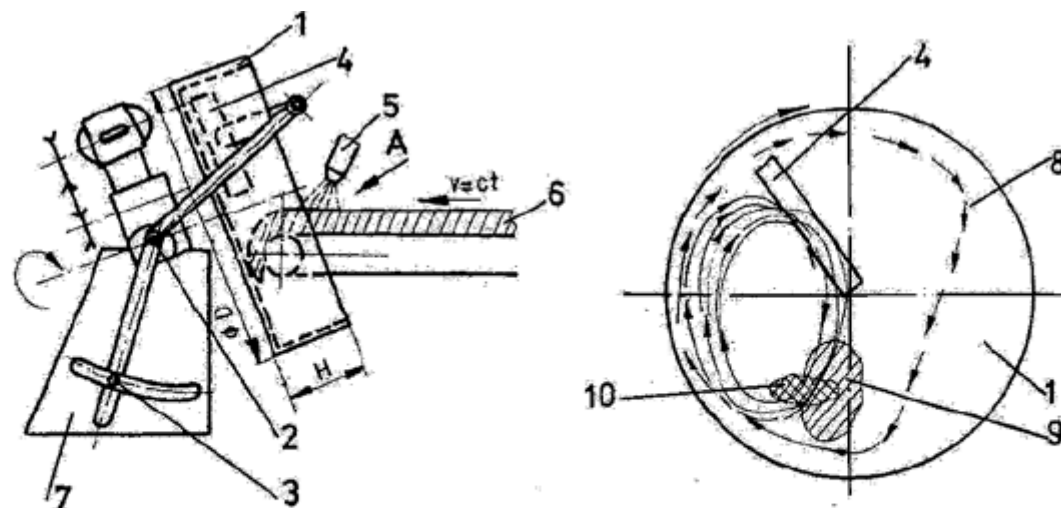


Figura 2.11. Aglomerarea prin peletizare:

1 – disc; 2 – antrenare; 3 – dispozitiv de înclinare a discului; 4 – paletă; 5 – sursă de liant; 6 – alimentare cu minereu mărunț; 7 – stativ; 8 – traseul minereului aglomerat; 9 – zonă de lucru; 10 – zonă de umezire.

A treia cale de preparare se referă la minereurile pulverulente, care în vederea extragerii trebuie aduse la o mărime fizică adecvată. Aceasta se poate realiza practic, prin operații de **aglomerare**, dintre care se desprind: brichetarea, nodulizarea, peletizarea, aglomerarea termică (sinterizarea), ultima fiind combinată și cu o îmbogățire prin prăjire, întrucât sinterizarea cere temperaturi înalte.

Brichetarea, constă în presarea în forme a minereurilor mărunte, sub 10 mm, cu sau fără liant. Brichetele nu sunt de calitate, au rezistență mecanică scăzută, straturile exterioare compacte (porozitate scăzută). Se aplică pentru concentratele obținute prin flotație, prafuri recuperate, deșeuri de neferoase.

FABRICAREA FONTEI PREPARAREA MINEREURILOR

Nodulizarea, este aglomerarea minereului mărunț, sub $0,2 \div 0,3$ mm, în prezența apei, sub formă de noduli, în tobe rotative de $\phi 3 \times 12$ m. Nodulii ajunși la mărimi de circa 10 mm, se consolidează prin calcinare.

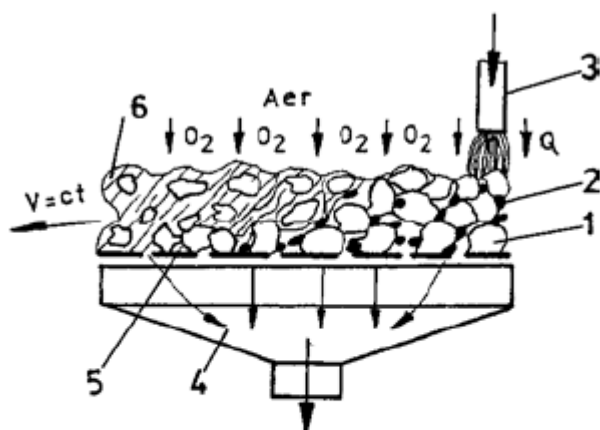


Figura 2.12. Principiul aglomerării prin sinterizare:
1 – minereu; 2 – cocs; 3 – arzător;
4 – exhaustor; 5 – bandă transportoare catenară; 6 – zgură.

Peletizarea, aglomerează minereul foarte mărunț, sub 0,15 mm, obținut după măcinare, flotație sau recuperare prafuri. Se obțin noduli cu diametrul între 5 și 30 mm, prin procesul de rotire a minereului pe un disc înclinat, în prezența unui liant (silicat de sodiu, soluție de clorură de magneziu, melasă, apă etc.), diametrul discului sub 5 m, turația $20 \div 6$ rot/min, Figura 2.11.

Aglomerarea termică sau sinterizarea, permite recuperarea tuturor fracțiilor granulometrice, feroase sau neferoase.

În vederea sinterizării, minereului mărunț i se adaugă $6 \div 10\%$ praf de cocs, care

prin ardere asigură căldura necesară procesului. Schema de principiu a aglomerării termice se vede pe Figura 2.12. Patul de aglomerare trebuie să fie poros pentru a permite trecerea aerului și gazelor în vederea întreținerii sau continuității procesului.



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Fontele se elaborează în marile combine siderurgice, în agregate termice speciale, numite **cuptoare înalte** sau **furnale**.

Principiul elaborării se bazează pe reacția de reducere a oxizilor de fier din minereu, cu aportul oxidului de carbon, carbonului solid (activ) și hidrogenului, agenți rezultați în urma arderii combustibililor în furnal.



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Construcția și funcționarea furnalului

Furnalul, *Figura 2.13*, este alcătuit dintr-o manta metalică de oțel, căptușită la interior cu șamotă ($60\% \text{SiO}_2 + 40\% \text{Al}_2\text{O}_3$). Spațiul laborator de lucru, care definește și profilul furnalului, este compus din patru tronsoane: *cuvă, pânțec, etalaj și creuzet sau bazin*.

Constructiv, *cuva* se sprijină prin intermediul unei centuri pe *coloane de susținere 14*, iar restul tronsoanelor și încărcătura, pe *radierul 16 și fundația 17*. Aerul de insuflare se introduce în furnal de la *centura inelară 15* (care este racordată la turbosuflantă), prin intermediul *gurilor de vânt 3*. La partea inferioară, la 300 mm de *vatra 18* se găsește *canalul de evacuare a fontei 5* și imediat sub *gurile de vânt, canalul de evacuare a zgurii 4*. La partea superioară se găsesc *gurile de captare a gazului de furnal 9* și *sistemul de încărcare dublu ceașcă-con*. De asemenea, gura de încărcare este căptușită cu *segmenti de fontă albă 8* pentru a atenua rezistența la uzare a zidăriei refractare. Sistemul de încărcare ceașcă-con, asigură o distribuie uniformă a componentelor încărcăturii și constituie totodată și siguranță în funcționare, în sensul că se găsește simplu așezat pe gura furnalului. Încărcarea se face în mod continuu, cât ține campania de exploatare a unui furnal și, periodic, de mai multe ori în 24 ore, se procedează la evacuarea zgurii, respectiv a fontei.

FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Construcția și funcționarea furnalului

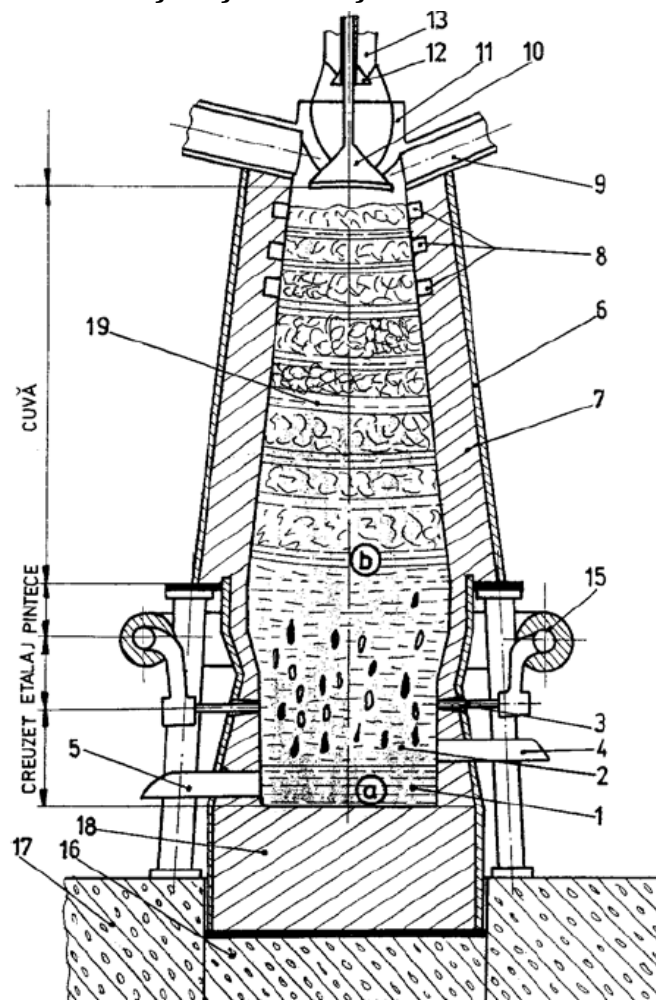


Figura 2.13 Schema constructivă a unui furnal:

1 – fontă lichidă; 2 – zgură lichidă; 3 – gură de vânt; 4 – canal evacuare zgură; 5 – canal evacuare fontă; 6 – manta metalică; 7 – zidărie refractară; 8 – segmenți de fontă albă; 9 – gură captare gaz furnal; 10, 12 – conuri; 11, 13 – cești; 14 – coloane; 15 – centură de vânt; 16, 17 – radier, fundație; 18 – vatră; 19 – încărcătură; a – picătură fontă; b – picătură zgură.



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Construcția și funcționarea furnalului

Furnalul este caracterizat de așa numitul *volum util*, care variază la furnalele moderne între 2000 și 5000 m³, dacă *prin volum util se înțelege volumul ocupat de încărcătură între nivelul vetrei și partea inferioară conului inferior a sistemului ceașcă-con de încărcare*. Înălțimea unui furnal nu depășește 35m.

Aerul de insuflare se preîncălzește în prealabil introducerii în furnal cu aportul căldurii gazelor arse (evacuate) din furnal, prin intermediul unor agregate (baterii de caupere – inventator A. E. Cowper 1860), *Figura 2.14*.

FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Construcția și funcționarea furnalului

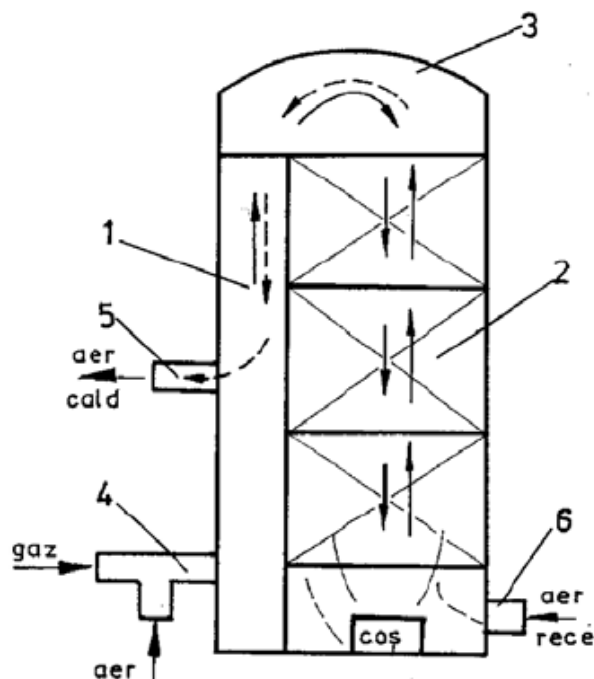


Figura 2.14. Schema unui cauper:

1 – cameră de ardere; 2 – zidărie refractară cu ochiuri variabile; 3 – cupolă; 4 – arzător; 5 – racord la conducta de aer cald; 6 – racord la conducta de aer rece.

Aerul preîncălzit reduce consumul de cocs și realizează totodată valorificarea căldurii gazelor arse din furnal.

Funcționarea cauperului:

- într-o primă etapă cauperul se încălzește, pentru care gazele arse din furnal purificate, ard din nou în arzătorul 4 și în drumul lor către coș cedează căldură zidăriei 2.
- în a doua etapă se închide arzătorul 4 și se dă drumul în sens invers, aerului rece, care, în contact cu zidăria caldă 2, preia căldura și sunt captate prin robinetul 5 și conduse la furnal.

Această funcționare alternativă, reclamă, prin urmare, o *baterie de caupere*, în timp ce unele se încălzesc, altele se răcesc și de asemenea, trebuie să existe și caupere de rezervă, funcționarea cauperului fiind cu foc continuu. Aerul poate căpăta astfel o temperatură destul de ridicată, până la 1000÷2000°C.

Pentru deservirea unui furnal, sunt necesare și foarte multe alte **instalații anexă**

cum sunt: instalații pentru *depozitarea materialelor și transportul lor la gura furnalului*; instalații de *încărcare a furnalului (skipurile)*; instalații pentru *sufierea aerului (turbosufiantele)*; instalații pentru *epurarea gazului de furnal*; mașini de *astupat și destupat orificiile de evacuare a fontei și zgurii*; instalații de *evacuare și turnarea fontei*; instalații pentru *evacuarea și turnarea zgurii*.



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Procese fizico-chimice din furnal

În furnal se desfășoară un **proces complex**, între care se deosebește un proces *mecanic* și unul *termo-chimic*, al căror rezultat este obținerea fontei brute din minereu. Mai precis, procesul de elaborare a fontei în furnal presupune un circuit în sens contrar, așa numitul **principiu al contracurentului**, respectiv *mersul descendent al încărcăturii* (din minereu, fondant și cocs în straturi alternante) și *mersul ascendent al gazului reducător*.

În aceste condiții procesul termo-chimic de formare a fontei poate fi explicat atât prin **mersul ascendent al gazului reducător** cât și prin mersul descendent al încărcăturii.

Astfel, la nivelul gurilor de vânt, combustibilii ard și procură agentul reducător principal **CO**, conform reacțiilor:



Agentul reducător **CO** în mers ascendent întâlnește stratul de minereu de fier și are loc reducerea:





FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Procese fizico-chimice din furnal

CO_2 rezultat în mers ascendent provoacă iar reacția (2.2) și agentul CO își exercită iar rolul din reacția (2.3) și acest proces se produce pe înălțimea furnalului atâta timp cât temperatura acoperă absorbția endotermă a reacției (2.2), iar dacă acest lucru nu mai este posibil, atunci CO_2 trece la evacuare către preîncălzitoare.

Mai concret, procesele termo-chimice din furnal se pot urmări după **mersul descendent al încărcăturii**. În acest sens, încărcătura străbate mai multe zone termice caracteristice profilului furnalului, așa după cum se vede în *Figura 2.15*.

Astfel, materialele solide ale încărcăturii, în prima zonă de până la 400°C (*zona de preparare*), se încălzesc, se usucă și se produc multe descompuneri, evaporări și chiar începuturi de reducere.

FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Procese fizico-chimice din furnal

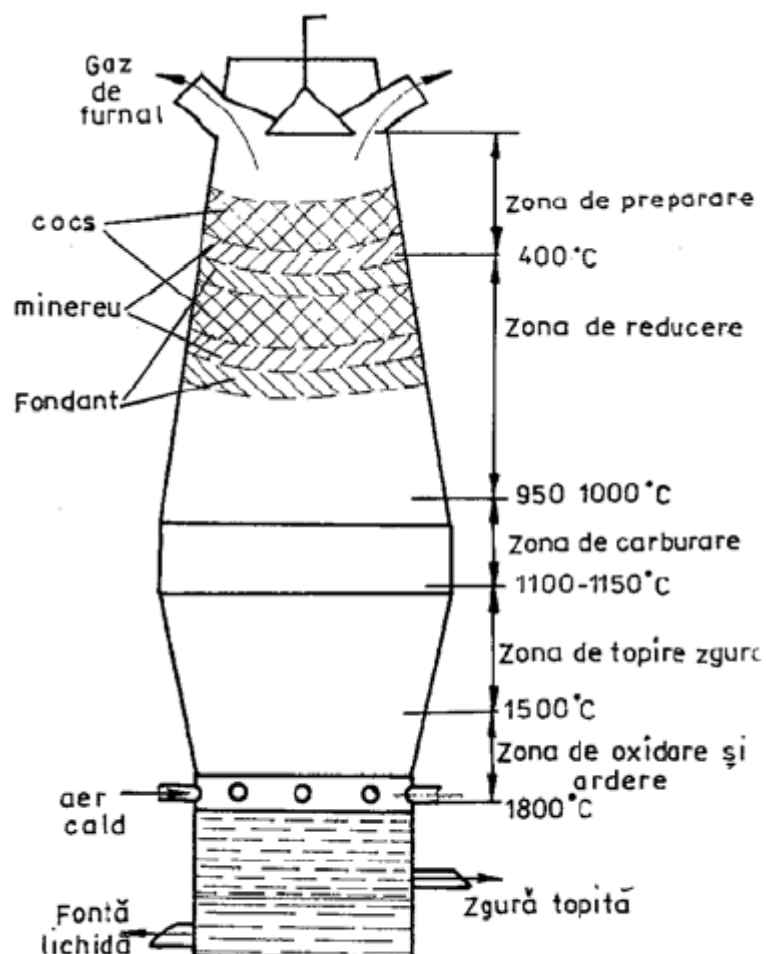
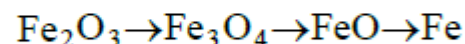


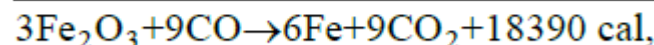
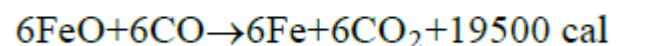
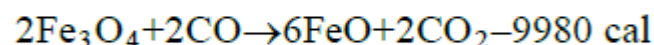
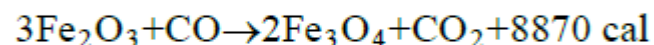
Figura 2.15. Zonele caracteristice în mersul descendent al încărcăturii în furnal.

Reducerea oxizilor de fier se face în *zona de reducere* de până la 950-1000°C, prin **reducere directă** cu carbon activ, sau **indirectă** cu monoxid de carbon, **schema de reducere** fiind următoarea:



Reacțiile de reducere termodinamică pot fi exoterme (reducerea indirectă) spre partea superioară a furnalului, sau endoterme (reducerea directă) spre partea inferioară a furnalului, unde și temperatura este mai ridicată.

Desfășurarea logică a reacțiilor chimice de reducere se prezintă, după cum urmează:



(2.4)

iar prin reducere directă:



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Procese fizico-chimice din furnal



Fierul obținut în stare solidă (reacțiile de reducere terminându-se sub 1300°C), trece mai departe în *zona de carburare*, unde reacționând cu carbonul activ și monoxidul de carbon, formează carbura de fier (Fe_3C), care la rândul ei, se dizolvă în fier și formează picătura de fontă lichidă.



Fonta formată, la un conținut de circa 4% C, are deja temperatura de topire de 1147÷1250°C, astfel că în zona etalajului ea se topește și se scurge, printre straturi, înspre creuzet.

Paralel cu procesul de reducere și carburare a fierului au loc și alte procese termochimice, care duc la formarea zgurii și influențează calitatea fontei brute.

Astfel, în afară de fier și carbon, de mare importanță este corelarea compoziției chimice a fontei cu elementele Mn, Si, P, S, inerente în procesul metalurgic de elaborare a fontei în furnal.

Manganul este conținut în minereu sub formă de oxizi (MnO_2 , Mn_2O_3 , Mn_3O_4) care ușor se reduc la MnO . Monoxidul de mangan reacționând cu carbonul solid, formează carbura de mangan (Mn_3C), care se dizolvă în fier, conducând la ridicarea procentului de mangan și carbon în fontă.



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Procese fizico-chimice din furnal

O parte din MnO intră și în zgură, îndeosebi sub formă de silicat de mangan.



Siliciul conținut în minereu sub formă de nisip (SiO_2), parțial se reduce cu carbonul activ și se dizolvă în fier, iar o bună parte trece în zgură (conform reacției 2.10).

Fosforul este conținut în minereu sub formă de fosfați de fier $(\text{FeO})_3\text{P}_2\text{O}_5$ și de calciu $(\text{CaO})_3\text{P}_2\text{O}_5$. La temperatură de peste 1000°C fosfatul de fier se reduce cu carbonul (direct și indirect) și se formează fosfura de fier (Fe_3P), iar la peste 1300°C , cedează și fosfatul de calciu. Fosforul și fosfura de fier se dizolvă în totalitate în fier și-i provoacă fragilitate.

Sulfur există în cocs și minereu, simplu sau legat chimic (FeS , FeS_2 , CaSO_4). O parte arde degajându-se sub formă de gaz (SO_2), iar o altă parte se dizolvă în fontă. Dacă zgura este bazică, atunci ca urmare a reacției:



o parte din sulf, sub formă de CaS se îndepărtează odată cu zgura.



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Procese fizico-chimice din furnal

Astfel, ca rezultat al proceselor de reducere a oxizilor de fier, de mangan, de siliciu, a fosfaților și combinațiilor cu sulf, în fier se dizolvă C, Mn, Si, P, S și în furnal ia naștere fonta brută, iar ca urmare a topirii oxizilor Al_2O_3 , CaO, MgO din steril, fondanților și cenușii combustibililor, se formează zgura.

Zgura lichidă se acumulează în creuzet și datorită densității mai mici se ridică la suprafața băii metalice, deasupra fontei lichide.

Fonta se evacuează din furnal la fiecare 3÷4 ore iar zgura după fiecare 1÷1,5 ore.

Fonta și zgura se evacuează în oale speciale. Fonta se transportă la oțelărie pentru obținerea oțelului în convertizoare sau cuptoare cu flacără (Martin-Siemens). Fonta destinată altor scopuri (pentru fontă de a doua fuziune sau alte uzine constructoare de mașini) se toarnă în mici lingouri, de maximum 45 kg, sub care formă se poate ușor transporta pe căi ferate spre beneficiari.



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI ÎN FURNAL

Produsele furnalului

În urma procesului de elaborare în furnal, rezultă mai multe produse, așa cum se poate observa și din schema-bilanț din *Figura 2.16*. Se deduce faptul că produsele furnalului se pot grupa în două categorii:

- produsul metalic de bază - *fonta brută* și unele *feroaliaje*, și
- produse secundare - *zgura*, *gazul de furnal* și *praful de furnal*.

Fonta brută de furnal se elaborează în două sorturi: fonta pentru afinare, respectiv pentru fabricarea oțelurilor și fontă pentru turnătorie, respectiv pentru fabricarea fontelor mecanice, de a doua fuziune, în vederea obținerii de piese turnate în industria constructoare de mașini.

Fonta de afinare posedă o compoziție chimică, în general, între limitele: $4 \div 4,4\%$ C, sub $0,6 \div 0,8\%$ Si, sub $0,25 \div 1\%$ Mn, $0,15 \div 0,3\%$ P și $0,03 \div 0,07\%$ S, fiind mai ales o fontă albă.



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Produsele furnalului

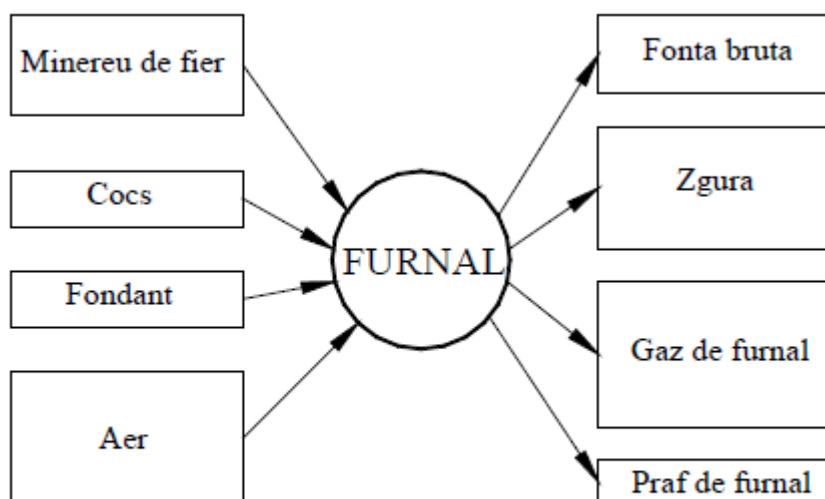


Figura 2.16. Bilanțul de materiale la un furnal.

În mod corespunzător, *fonta pentru turnătorie* are o compoziție chimică cu un conținut de $2,75 \div 3,25\%$ Si, fiind o fontă cenușie prin influența grafitizantă a siliciului.

În afară de fontă, în furnale se pot obține și unele feroaliaje, respectiv fero-siliciu, fero-mangan sau aliaje ale fierului cu alte elemente. Aceste materiale se folosesc pentru dezoxidarea și alierea oțelurilor.

În SR EN 10001:1993 – fonte brute și feroaliaje, se prevăd două categorii:

- *fonte brute nealiat* cu subgrupele:
 - fonte obișnuite pentru turnătorie, simbolizate FK, mai multe mărci;
 - fonte speciale pentru turnătorie, simbolizate FX;
 - fonte brute pentru afinare, simbolizate FAK.

Simbolurile K și X se referă la tipul combustibilului utilizat, respectiv cocsul (K) și manganul sau energia electrică (X).



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Produsele furnalului

▪ *fonte brute aliate*, în trei sortimente:

- fontă brută silicioasă, cu $9\div 15\%$ Si, simbolizată cu FSi;
- fonta oglindă, cu $10\div 30\%$ Mn, simbolizată cu FOg;
- fonta silicioasă-oglină, cu $9\div 13\%$ și, $18\div 24\%$ Mn, simbolizată cu FSiOg.

Din punct de vedere al destinației, fonta de turnătorie, fiind mai scumpă, constituie circa 20% din producția anuală de fontă, restul de 80% fiind destinată fabricării oțelurilor.

Cea mai bună fontă pentru turnătorie este cea de categorie specială (X), elaborată cu mangal, la noi în țară funcționând în acest mod un furnal la Vlăhița – jud. Harghita, unde fonta se poate elabora la comandă.

Zgura de furnal, din punct de vedere chimic este compusă în principal din oxid de calciu (CaO), silice (SiO_2), alumină (Al_2O_3) și mici cantități de sulf, oxid de magneziu (MgO), de mangan (MnO) și feros (FeO).

Caracterul chimic al zgurii se determină prin raportul $\frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$, care dacă este mai mare decât 1, este de tip bazic și are mare aport în procesul desulfurării, micșorând totodată și necesarul de mangan din minereu.



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Produsele furnalului

Rezultă în procesul de elaborare în furnal în cantitate de circa două ori mai mare decât fonta și se evacuează în oale speciale pentru zgură. Astăzi, zgura de furnal are multiple întrebuințări, din ea obținându-se o serie de produse specifice, cum sunt: balast, nisip de zgură, cărămizi din zgură, ciment de zgură, lână de zgură și spumă de zgură.

Balastul și nisipul de zgură se pot obține fie prin concasarea blocurilor de zgură solidificată și sortare, fie prin granulare de zgură lichidă. Granularea se realizează fie prin jet de zgură lichidă în curent de apă, fie prin udarea abundența a zgurii la scurgerea pe un jgheab. Necesarul de apă este de circa 10 m^3 pe tona de zgură. Balastul se folosește la prepararea betoanelor, iar nisipul la prepararea mortarelor, a cărămizilor sau a cimentului de zgură.

Cărămizile de zgură se fabrică din nisipul de zgură la care se adaugă mici cantități de CaO , ciment și apă. Amestecul se presează în forme la 30 daN/cm^2 și se întăresc în aer în câteva zile sau imediat în autoclave.

Cimenturile de zgură se obțin prin măcinarea și calcinarea nisipului de zgură în mori pentru ciment, fie cu adaos de ciment portland $45\div 90\%$, după clasa de rezistență, fie cu 30% oxid de calciu gras (var hidraulic). Cu toată priza grea și numai în condiții de umiditate ridicată, cimenturile de zgură sunt avantajoase prin faptul că nu se descompun în apa de mare, apele saline și apele dure.



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Produsele furnalului

Lâna de zgură se obține din zgura lichidă trecută prin orificii sub formă de fire, antrenate de curentul de aer sau vapori sub presiune, care le subțiază prin întindere și le fărâmițează.

Spuma de zgură se obține prin barbotarea zgurii lichide cu un curent de vapori de apă și au o densitate de $0,7 \div 0,8 \text{ kg/dm}^3$.

Atât lâna cât și zgura sunt mult utilizate în izolații fonice și termice, în construcții și termotehnică etc.

Gazul de furnal are o compoziție complexă, fiind format, în general, din $54 \div 60\% \text{ N}_2$, $25 \div 33\% \text{ CO}$, $6 \div 15\% \text{ CO}_2$ și $1,5 \div 4,5\% \text{ H}_2$. Datorită conținutului de CO și H_2 , gaze combustibile, și în procente de mai sus, gazul de furnal atinge o putere calorică de $900 \div 1100 \text{ Kcal/m}^3\text{N}$.

Deși este un gaz combustibil sărac, el trebuie valorificat, întrucât se obține în cantități impresionante. De exemplu, la un furnal mijlociu cu o producție de 1000 t/24 ore, gazul obținut se ridică la $3500 \div 4500 \text{ m}^3\text{N/t}$ fontă, respectiv $3500000 \div 4500000 \text{ m}^3\text{N/24ore}$.

Gazul brut este impur, antrenând o mare cantitate de praf de furnal, în proporție de $20 \div 50 \text{ g/m}^3\text{N}$ gaz, motiv pentru care se supune epurării, în măsură mai mică la folosirea în caupere (cowpere) și înaintat la acționarea motoarelor cu explozie.



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Produsele furnalului

Instalațiile de desprăfuire se pot clasifica în:

- instalații de *desprăfuire brută* (conținut de praf sub $1 \div 4 \text{ g/m}^3$);
- instalații de *desprăfuire semifină* (conținut de praf sub $0,1 \div 0,5 \text{ g/m}^3$);
- instalații de *desprăfuire fină* (conținut de praf sub $0,01 \div 0,02 \text{ g/m}^3$).

Epurarea se face de regulă în trei trepte. Schematic diversele instalații se prezintă în *Figurile 2.17÷2.20*.

Analizând diversele instalații se pot trage concluziile:

- *cicloanele* (*Figura 2.17*) se folosesc pentru epurarea brută, cu avantajul că nu modifică temperatura și compoziția chimică a gazului;
- *filtrele cu saci* (*Figura 2.18*) au dezavantajul că sacii din textile se pot arde și se înfundă (se întorc periodic sacii);
- *scruberele* – filtre umede (*Figura 2.19*), realizează o desprăfuire fină, însă gazele antrenează o cantitate mare de vapori de apă și se răcesc;
- cele mai eficace sunt *filtrele electrostatice* (*Figura 2.20*), când între un electrod negativ de suprafață mică și unul pozitiv de suprafață mare, la particulele solide aderă cele ionizate și le fixează de electrodul pozitiv, pe care se depun și de unde se evacuează prin scuturare.

FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Produsele furnalului

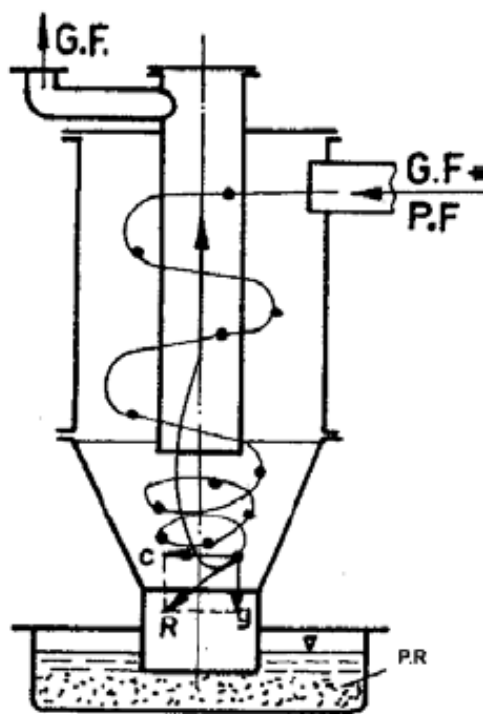


Figura 2.17. Ciclon:

G.F. – gaz de fumal; P.F. – praf de fumal; c – forța centrifugă; g – forța gravitațională; R – rezultanta forțelor.

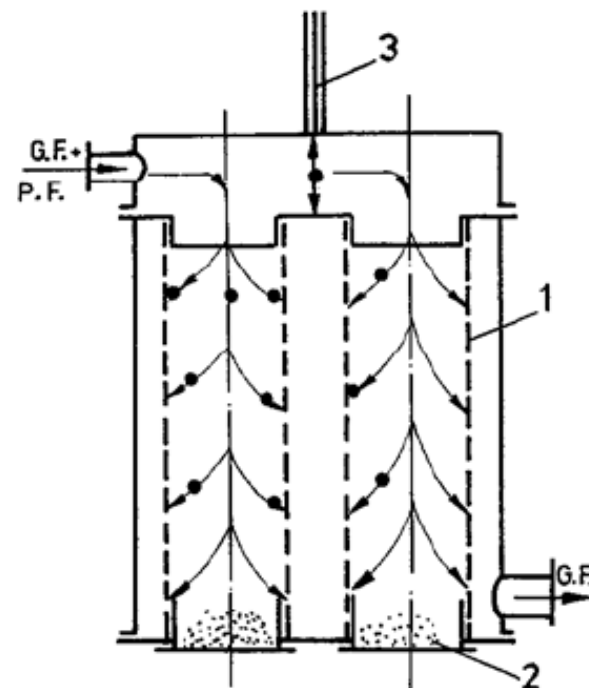


Figura 2.18. Filtru cu saci:

1 – sac; 2 – colector de praf;
3 – dispozitiv de scuturare;



FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Produsele furnalului

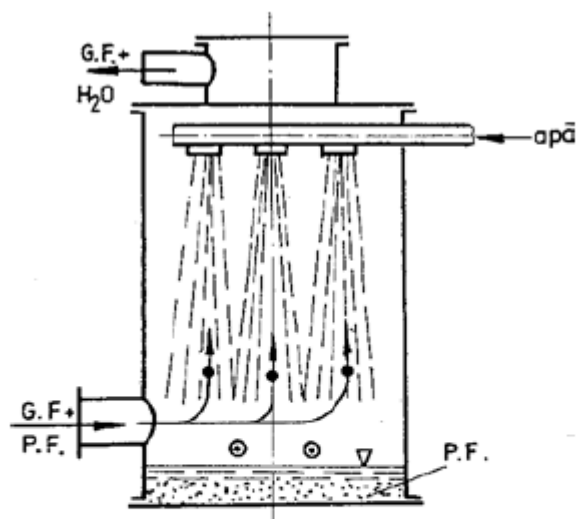


Figura 2.19. Scruber.

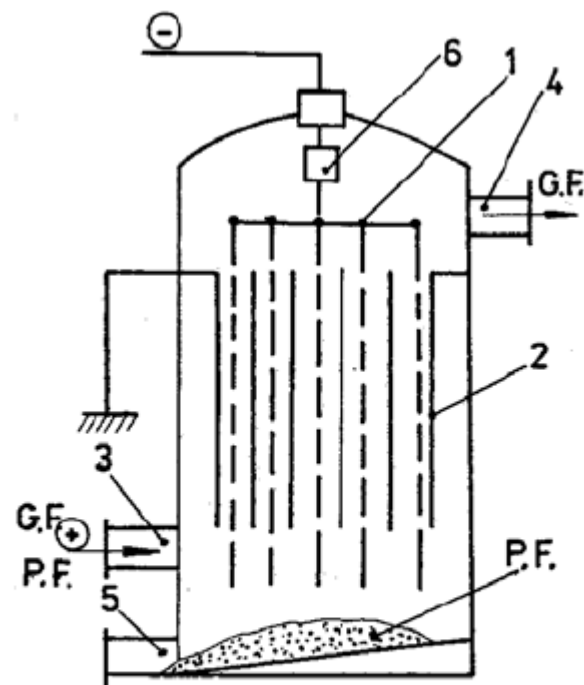


Figura 2.20. Filtru electrostatic:

- 1 – electrozi centrali; 2 – contraelectrod tubular;
- 3 – alimentare gaz de furnal; 4 – evacuare gaz filtrat;
- 5 – evacuare praf de furnal; 6 – dispozitiv de scuturare.

O defalcare a gazului de furnal, pe diverși consumatori, se poate vedea în Figura 2.21, de unde rezultă că cea mai mare parte se consumă în incinta combinatului și aceasta contribuie la scăderea prețului fontei brute.

FABRICAREA FONTEI

ELABORAREA FONTEI IN FURNAL

Produsele furnalului

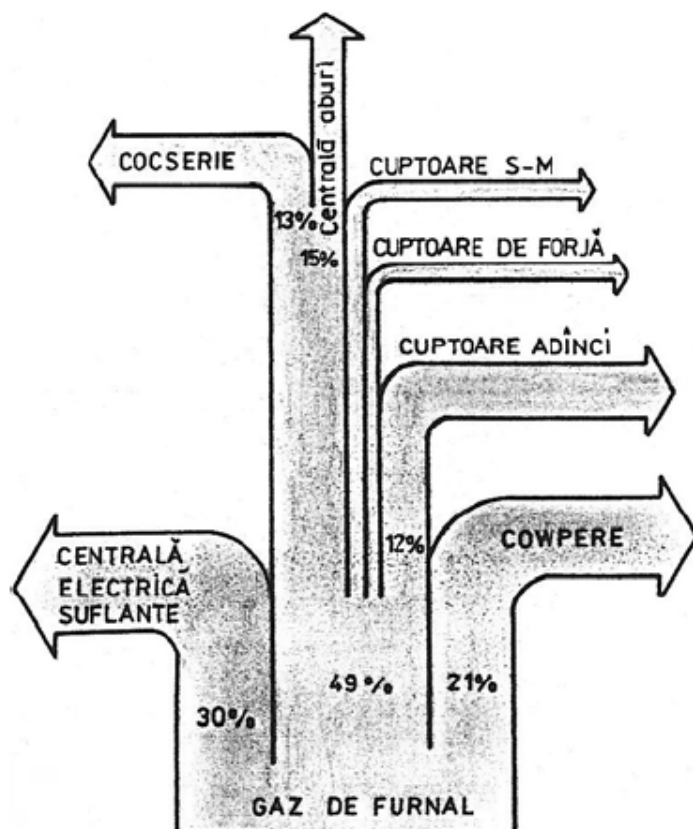


Figura 2.21. Principali consumatori ai gazului de furnal.

Praful de furnal conține în aceleași proporții toate componentele rețetei de încărcare. El se colectează și se valorifică prin instalații de aglomerare termică.

Considerente tehnico-economice asupra procesului din furnal. Principali indicatori tehnico-economici de funcționare a unui furnal sunt, *coeficientul de folosire al volumului util* și *consumul specific de cocs*.

Primul indicator, simbolizat prin K, este raportul:

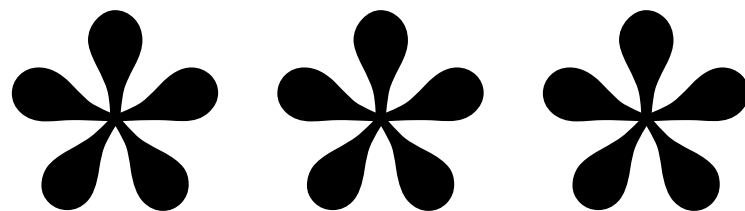
$$K = \frac{V}{P} \quad (2.12)$$

unde: V – volumul util (cuprins între nivelul vetrei și baza conului inferior al sistemului de încărcare); P – producția medie zilnică (în 24 ore).

Acest coeficient K, variază în general între 0,5 și 0,7, și prin urmare, cu

cât va marca o valoare mai mică, cu atât productivitatea fabricației va fi mai bună.

În ce privește *consumul specific de cocs*, la diverse furnale se încadrează între limitele 0,5÷0,8 și cu cât va fi mai mic acest indicator, cu atât funcționarea furnalului este mai eficientă.





TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Suport curs

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

Fabricarea oțelurilor

- Bazele teoretice ale procesului de elaborare a oțelului
- Elaborarea oțelului în cuptoarele martin-siemens
- Elaborarea oțelurilor în convertizoare
- Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice
- Structura și defectele lingourilor de oțel



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Bazele teoretice ale procesului de elaborare a oțelului

Materiile prime metalice de bază în vederea elaborării oțelurilor sunt reprezentate de *fonta brută de afinare* și de așa numitul *fier vechi* (deșeuri de fabricație, piese rebutate, piese și utilaje casate etc.).

În esență, orice principiu de afinare a fontei și de convertire în oțel, urmărește reducerea procentului de carbon și de impurități, pe calea oxidării și trecerii acestora în zgură sau sub formă de gaze, în procesul de topire și elaborare (de prelucrare în stare lichidă). Pentru comparație, se dau mai jos două rețete de fontă brută de afinare și de oțel carbon cu puțin carbon.

Tabelul 2.1. Rețete de fontă brută de afinare și de oțel cu puțin carbon.

Material	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
Fontă brută	4÷4,4	0,76÷1,26	sub 1,75	0,15÷0,3	0,03÷0,07
Oțel carbon moale	0,14÷0,22	0,12÷0,3	0,4÷0,65	0,05	0,055

Reducerea sau eliminarea elementelor dăunătoare sau în exces, se bazează pe condițiile de elaborare în fiecare tip de agregat (convertizoare, cuptoare Martin–Siemens, cuptoare electrice), utilizând **legile de bază ale chimiei fizice**.

O primă lege, este cea a **acțiunii maselor** sau a **maselor active** în proces, când *viteza reacțiilor chimice va fi proporțională cu concentrațiile substanțelor din amestec*.

În aceste condiții, cantitativ, în fonta brută fierul fiind în cel mai mare procentaj, se va oxida primul, ca urmare a acțiunii oxigenului asupra fontei lichide din agregat.





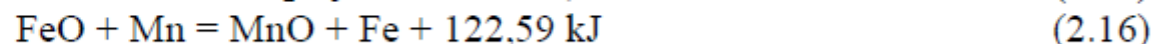
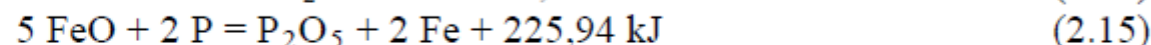
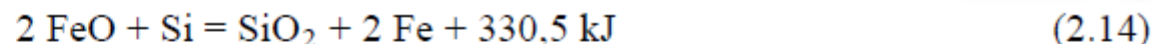
ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Bazele teoretice ale procesului de elaborare a oțelului

În același timp cu fierul se oxidează și celelalte elemente, Ca, Si, P, Mn, C etc.

Oxidul feros format se dizolvă în fier și realizează o puternică acțiune de oxidare a impurităților, conform reacțiilor:



Agentul oxidant feros, poate fi intensificat, dacă în baia lichidă se adaugă minereu de fier, Țunder, care conțin o mare cantitate de oxizi ai fierului.

Viteza de oxidare și ardere a impurităților, depinde nu numai de concentrația acestora, dar și de temperatura metalului lichid, după principiul lui Le Châtelier.

Conform acestui principiu, reacțiile chimice exoterme se vor produce intensiv la temperaturi inferioare sau la scăderea temperaturii, iar reacțiile chimice endoterme se vor produce la temperaturi ridicate sau la creșterea temperaturii.

Astfel, la începutul topirii încărcăturii, când temperatura este scăzută, vor arde intensiv Si, P, Mn, care dau reacții exoterme, iar carbonul va arde intensiv numai la temperatură ridicată, respectiv în a doua jumătate a perioadei de elaborare a șarjei.

În final, după realizarea băii lichide, în cuptor, se formează două medii nemiscibile: metalul lichid și zgura, care au densități diferite, zgura este mai ușoară decât metalul.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Bazele teoretice ale procesului de elaborare a oțelului

Pe de altă parte, după **legea lui Nernst**, *dacă o substanță oarecare se dizolvă într-un amestec de două medii nemiscibile (cazul nostru, metal lichid și zgură), atunci această substanță dizolvată se va distribui între cele două medii lichide adiacente (decantate), după un anumit raport (constanta de distribuție), raport care este o constantă pentru temperatura dată.*

Ca urmare, majoritatea componentelor (Si, Mn, P, S) și combinațiile acestora, dizolvate în metal și zgură, vor respecta legea lui Nernst și vor forma un anumit raport de dizolvare în cele două medii.

Combinațiile care nu se pot dizolva, după densitate, fie se vor ridica în zgură, fie vor rămâne în baia metalică lichidă.

În baza acestei legi, variind compoziția zgurii (prin adaos de fondanți), se poate schimba raportul dintre cantitatea de impurități în metal și zgură și prin urmare impuritățile nedorite pot fi localizate astfel în zgură. Îndepărtând mereu zgura și adăugând fondanți, se poate opera tehnologic la avansarea procesului de eliminare a impurităților (S, P) din metalul lichid.

Exploatarea efectelor legilor de mai sus, procesul de elaborare a oțelului se desfășoară în trei etape.

În prima etapă, se topește încărcătura și se încălzește baia metalică. În această etapă, temperatura băii nu este destul de ridicată și va arde intensiv Fe, Si, P, Mn, după reacțiile (2.13÷2.16). Cel mai bine se elimină în această etapă fosforul, în cuptoare cu căptușeală bazică, folosind o zgură bazică, cu aportul fondantului bazic (CaO).

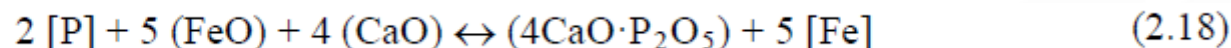


ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Bazele teoretice ale procesului de elaborare a oțelului

Anhidrida fosforică (P_2O_5) rezultată din reacția exotermă (2.15) formează cu oxidul feros, combinația instabilă $(FeO)_3P_2O_5$, care în prezența fondantului bazic (CaO), se transformă în fosfat tetracalcic, fluid și stabil în zgură, conform reacției:



Defosforarea reclamă o mare cantitate de FeO , pentru care se poate adăuga (așa cum s-a mai arătat) și minereu de fier, Țunder, care conțin mulți oxizi ai fierului. Pe măsură ce fosforul trece din baie în zgură, în conformitate cu legea distribuțiilor, a lui Nernst, procesul începe să se încetinească. Pentru a continua defosforarea, se procedează la îndepărtarea zgurii negre fosforoase și respectiv la refacerea zgurii prin adaos de noi cantități de fondant bazic (CaO).

În a doua etapă, de fierbere a băii metalice, cu atât mai intensivă cu cât temperatura este mai ridicată, în conformitate cu principiul lui Le Châtelier, va arde carbonul, în reacție endotermă (2.17).

Întrucât conținutul în carbon în fonta brută, respectiv baia metalică, este net superior celorlalte elemente, ca impurități, atunci după legea maselor active, trebuie introduse în baie însemnate cantități de agenți oxidanți, minereu, Țunder sau oxigen insuflat în baie.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Bazele teoretice ale procesului de elaborare a oțelului

Reacția, conform (2.17), degajă bule de CO care provoacă efectul de fierbere a băii metalice. Prin fierbere se îndepărtează carbonul până la procentul admis și se îmbunătățește calitatea metalului lichid și se uniformizează termic baia de oțel lichid.

Tot în această etapă, se creează și condițiile pentru îndepărtarea sulfului. Sulful se află în metal sub formă de $[\text{FeS}]$, care se dizolvă de asemenea în zgura bazică (FeS). Cu cât temperatura este mai ridicată, crește și conținutul de FeS în zgură și prin urmare o cantitate tot mai mare de sulf va trece în zgură.

Sulfura de fier dizolvată în zgură, reacționează cu oxidul de calciu (de asemenea dizolvat în zgură), după reacția



Această reacție se produce și la interfața metal – zgură,



Sulfura de calciu formată este stabilă în zgură, nu se mai dizolvă în baie și prin urmare sulful se îndepărtează odată cu zgura.

Conform reacțiilor (2.19) și (2.20), desulfurarea va fi cu atât mai intensă, cu cât în zgură se va găsi o cantitate mai mare de CaO și mai mică de FeO . Cel mai bine desulfurarea se va executa în procedee bazice de elaborare a oțelului.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Bazele teoretice ale procesului de elaborare a oțelului

Față de cele de mai sus, în cuptoarele de elaborare cu căptușeală acidă, zise și procedee acide, neputându-se lucra în zguri bazice (care distrug căptușeala), nu se pot elimina S și P, de unde încărcătura/șarjă în aceste cazuri trebuie să conțină aceste elemente în procente admise.

În etapa a treia (finală), se procedează la dezoxidare, respectiv la reducerea oxidului feros conținut în baie. Dacă oxigenul a fost util în primele etape pentru afinare, în oțelul final nu este dorit, pentru că înrăutățește proprietățile fizico-chimice, îndeosebi la temperaturi ridicate.

Dezoxidarea băii se poate realiza fie *prin precipitare*, fie *prin difuzie*.

Prima variantă presupune introducerea în oțelul lichid a unor dezoxidanți care se dizolvă (de regulă feroaliajele Fe-Mn, Fe-Si, dar și aluminiu). Aceste adaosuri conțin elementele Si, Mn, Al, mai avide față de oxigen decât fierul și ca rezultat, se vor forma noii oxizi (MnO , SiO_2 , Al_2O_3 și alții), care având o densitate mai mică decât oțelul se ridică în zgură și sunt îndepărtați odată cu aceasta. Totuși o parte a acestor oxizi rămân și în oțel, înrăutățind proprietățile acestuia.

A doua variantă a dezoxidării, prin difuzie, presupune dezoxidarea prin intermediul zgurii. Astfel, dezoxidanții fero-siliciu, fero-mangan, pulverulenți se încarcă pe suprafața zgurii și provoacă dezoxidarea oxidului feros din zgură. În aceste condiții, după legea distribuțiilor, se reface echilibrul zgură – metal, prin trecerea de oxid feros din baie în zgură. Noii oxizi formați rămân în zgură iar fierul redus trece în baia de metal (fier obținut din reducerea oxidului feros din zgură).



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Bazele teoretice ale procesului de elaborare a oțelului

La procedeul acid, zgura acidă conține 55÷58% SiO_2 și dezoxidarea este și mai puternică, întrucât SiO_2 leagă FeO ca FeSiO_3 stabil în zgură. În acest caz, după o menținere suficientă, conținutul în oxid feros scade vertiginos și în final, oțelul se dezoxidează suplimentar numai cu un adaos mic de fero-mangan.

În funcție de gradul de dezoxidare, se pot elabora trei *calități de oțel*: calmat, necalmat, semicalmat.

Oțelul calmat, (k), este oțelul complet dezoxidat în baie și în oala de turnare.

Alierea oțelurilor presupune introducerea în baie de feroaliaje sau metale pure în cantitățile și procente prescrise de element de aliere necesar. La aliere, de o deosebită importanță este respectarea următoarelor reguli:

Oțelul necalmat, (n), este oțelul incomplet dezoxidat în baie. Dezoxidarea se continuă în lingotieră la turnarea oțelului, datorită interacțiunii oxidului feros cu carbonul, ambele existente în baia metalică. Prin această reacție ($\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$), oxidul de carbon se degajă din baie și antrenează totodată și alte gaze periculoase în oțel cum sunt azotul și hidrogenul. Acest tip de oțel nu conține incluziuni nemetalice, ca produse ale dezoxidării și prin urmare, va poseda proprietăți superioare de plasticitate.

Oțelul semicalmat, (s), este o calitate intermediară între cele două de mai sus. Dezoxidarea se execută în cuptor și în oală și parțial în lingotieră la turnarea oțelului (pe seama FeO și C existente în oțelul turnat).



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Bazele teoretice ale procesului de elaborare a oțelului

Alierea oțelurilor presupune introducerea în baie de feroaliaje sau metale pure în cantitățile și procentele prescrise de element de aliere necesar. La aliere, de o deosebită importanță este respectarea următoarelor reguli:

- *în cazul elementelor de aliere cu afinitate mai mică față de oxigen decât fierul (Ni, Co, Mo, Cu), la elaborare și turnare se pot introduce în orice etapă a topirii întrucât nu se oxidează în proces (de regulă odată cu alte adaosuri în încărcătură);*
- *în cazul elementelor de aliere la care afinitatea față de oxigen este mai mare decât a fierului (Si, Mn, Al, Cr, V, Ti ș.a.), se introduc în metal după sau în același timp cu dezoxidanții, la sfârșitul elaborării, iar uneori nemijlocit în oala de turnare.*

Transformarea fontei în oțel se diferențiază după principiul de funcționare a agregatului metalurgic, deosebindu-se următoarele variante de elaborare: în cuptoare cu flacăară (Martin–Siemens); în convertizoare cu oxigen; în cuptoare electrice.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele martin-siemens

Construcția și funcționarea cuptorului Martin-Siemens

Cuptorul Martin–Siemens este de tipul cu flacără și dotat cu baterii regeneratoare pentru preîncălzirea agentului comburant (aerul) și în unele variante și cu preîncălzirea agentului carburant (gazele combustibile). O schemă constructiv funcțională în varianta de preîncălzire numai a aerului se prezintă în *Figura 2.22*.

Cuptorul are un spațiu de ardere cuprins între *vatra 11*, *bolta 10* și *pereții laterali 5*. Vatra este construită în formă de baie sau cuvă, iar căptușeala cuptorului poate fi bazică sau acidă, respectiv pentru procedeul acid (cu zgură acidă) și procedeul bazic (cu zgură bazică). Căptușeala bazică se face din cărămizi magnezitice, iar cea acidă din refractare pe bază de silice, iar vatra din nisip cuarțos. Bolta se execută din silice sau cărămizi magnezito–cromitice.

În peretele anterior sunt plasate *gurile de încărcare 4*, iar în cel posterior, *orificiul 9* pentru eliminarea șarjei de oțel topit din cuptor.

Capetele de ardere 2, realizează alimentarea și amestecarea aerului cu combustibilul (gaze sau păcură) și produc *flăcările 7* care topesc *încărcătura 6*.

Capacitatea cuptoarelor Martin-Siemens variază pe plan mondial între 200 și 900 tone pe șarjă, caracteristica de bază a cuptorului fiind suprafața vetrei, care pentru 900 tone pe șarjă, atinge circa 115 m².

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele martin-siemens
Construcția și funcționarea cuptorului Martin-Siemens

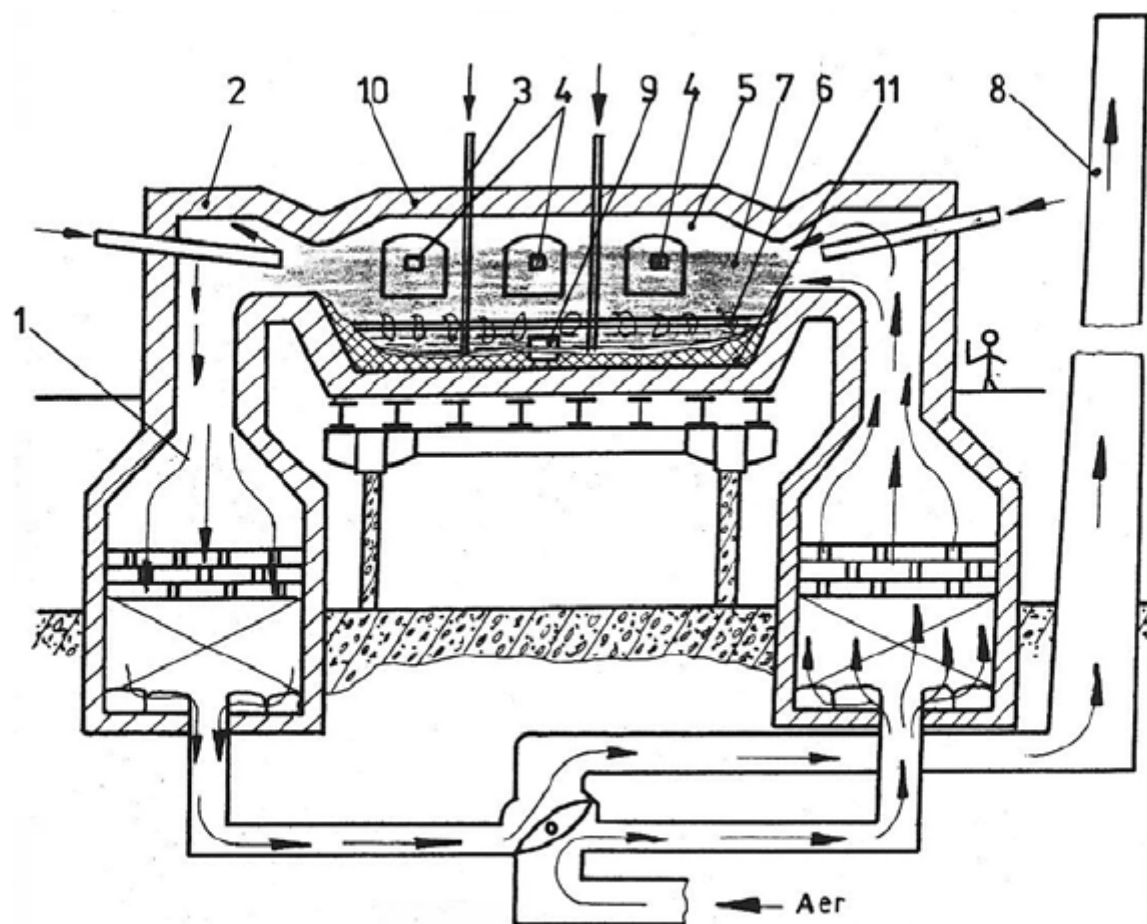


Figura 2.22. Schema cuptorului Martin-Siemens.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele martin-siemens

Construcția și funcționarea cuptorului Martin-Siemens

Pentru **preîncălzirea aerului** servesc *regeneratoarele 1*, ca schimbătoare de căldură, cu zidărie refractară interioară cu canale (labirinte) și funcționare alternativă. Astfel, prin bateria din stânga circulă spre *coșul 8* gazele arse fierbinți, care cedează căldură zidăriei refractare, în timp ce prin bateria din dreapta, deja caldă, circulă aerul rece care preia căldura. La momentul oportun, circulația gazelor arse și aerul își schimbă sensul prin reglarea corespunzătoare a clapetelor de la partea inferioară a canalelor de fum. Temperatura de preîncălzire a aerului poate să atingă $1100\div 1200^{\circ}\text{C}$. Gazele arse înainte de intrarea în regenerador trec și prin filtre de curățire sau epurare.

Flacăra atinge temperatura de $1750\div 1800^{\circ}\text{C}$, reușind să topească încărcătura și să realizeze mersul procesului de afinare.

După **rețeta de încărcare**, se deosebesc următoarele variante:

- *fontă solidă și fier vechi*, $25\div 40\%$ fontă brută de afinare și restul fier vechi și alte adaosuri, specific uzinelor constructoare de mașini care nu au furnale;
- *fontă lichidă și fier vechi*, $55\div 75\%$ fontă lichidă și restul fier vechi și minereu, specific uzinelor metalurgice care posedă cuptoare înalte.

Cea mai răspândită metodă de elaborare în cuptoarele Martin, este metoda bazică, întrucât poate elabora oțel din orice fel de fontă sau fier vechi.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele martin-siemens

Elaborarea prin procedeul bazic

În cuptor, cu ajutorul unor utilaje speciale se încarcă pe vatră minereul de fier și fondantul și după o preîncălzire a acestora se adaugă și fierul vechi. După preîncălzirea și a fierului vechi se încarcă și fonta lichidă.

În *perioada de topire*, pe seama oxizilor din minereu și fier vechi, se oxidează puternic impuritățile din fontă: siliciul, fosforul, manganul și carbonul, conform reacțiilor 2.14÷2.17. Oxizii formați (SiO_2 , P_2O_5 , MnO etc), împreună cu fondantul CaO , formează zgura cu un conținut ridicat de fier, trăgându-se mereu zgura neagră fosforoasă.

După defosforare are loc *perioada de fierbere a băii*, când se mai adaugă minereu de fier sau se insuflă oxigen prin *țevile 3*, *Figura 2.22*. Carbonul arde sub formă de oxid de carbon iar zgura formată în această perioadă se elimină mereu, de fiecare dată oprindu-se alimentarea cu gaze și aer. Pentru eliminarea sulfului, se formează o nouă zgură ultrabazică (cu CaO) adăugându-se totodată bauxită și alți fondanți de fluidizare, această operație asigurând legarea sulfului după reacțiile 2.19÷2.20.

În acest proces, oțelul poate fi obținut la procentul dorit de carbon și oprirea afinării (fierberii) trebuie corelată și cu procentul de fosfor minim admis.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele martin-siemens

Elaborarea prin procedeul bazic

În continuare, se procedează la **dezoxidarea** în două etape:

- în perioada de fierbere se întrerupe alimentarea cu minereu de fier și dezoxidarea are loc pe seama arderii carbonului și adaosurilor de feroaliaje specifice, respectiv feromangan, ferosiliciu sau aluminiu;
- în final, dezoxidarea se face cu aluminiu și ferosiliciu în oală la evacuarea oțelului din cuptor.

Totodată, se prelevează și probe care pun de acord, pe calea încercărilor, compoziția chimică și calitatea dezoxidării în baza condițiilor standardizate sau impuse de beneficiar.

În cuptoarele Martin bazice, se fabrică oțeluri carbon slab și mediu aliate pentru construcții.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele martin-siemens

Elaborarea prin procedeul acid

Prin acest procedeu se elaborează oțeluri de calitate. Cuptorul este căptușit cu refractare acide și nu trebuie să se formeze zguri bazice, de unde îndepărtarea fosforului și sulfurii nefiind posibilă, se vor utiliza încărcături care să conțină aceste impurități în limite admise în standarde pentru marca respectivă de oțel cerută.

Pe de altă parte, oțelurile acide obținute conțin mai puțin H_2 și O_2 , incluziuni nemetalice decât oțelurile bazice.

De aici oțelurile acide au proprietăți mecanice superioare și în mod deosebit de rezistență și plasticitate și se folosesc pentru piese deosebit de sollicitate, cum sunt arborii cotiți la motoarele cu ardere internă, rotori de turbină de mare putere, corpurile de rostogolire ale rulmenților (bile, role).

Indicatorii tehnico-economici de fabricație în cuptoarele Martin-Siemens sunt în principal următorii:

- *productivitatea cuptorului*, exprimată prin producția de oțel, în t/m^2 zi (tone oțel pe m^2 vatră și 24 ore);
- *consumul de combustibil* pe tona de oțel elaborat, în $kg/t_{oțel}$.

Orientativ, primul indicator atinge $10 t/m^2$ zi, iar al doilea până la $80 kg/t_{oțel}$.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

ELABORAREA OȚELURILOR ÎN CONVERTIZOARE

În acest caz, elaborarea oțelului se bazează pe oxidarea și arderea elementelor dăunătoare sau în exces de către oxigenul provenit dintr-un agent de insuflare și barbotare a băii lichide, de regulă aerul și în ultima vreme oxigenul tehnic. Ultima variantă este și varianta modernă, aplicată și în țara noastră, variantă care se tratează în continuare.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele martin-siemens

Construcția și funcționarea convertizorului cu oxigen

Convertizorul cu oxigen, de tip vertical (L. D.) – existând și metode cu convertizor înclinat (ROTOR) sau orizontal (Oberhausen) – este o construcție sudată din tablă de oțel și sub formă de pară, căptușită la interior cu refractare bazice. Capacitatea în fontă lichidă este de 130÷350 tone.

În timpul procesului de fabricație a oțelului, convertizorul are posibilitatea de a se roti în jurul unui ax orizontal cu 360°, pentru diversele operații cum sunt: introducerea fierului vechi; turnarea în convertizor a fontei; evacuarea oțelului și zgurii.

Materialele încărcăturii în convertizorul cu oxigen pot fi: *fontă brută de afinare* – lichidă; *deșeuri de oțel* (sub 30%); *fondantul CO*, minereu de fier, bauxită (Al_2O_3), fluorură de calciu (F_2Ca) pentru reducerea vâscozității zgurii etc.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele martin-siemens

Procesul de elaborare a oțelului

Mai întâi se înclină convertizorul, ca în *Figura 2.23a*, și se încarcă fierul vechi și fonta lichidă la $1250\div 1400^{\circ}\text{C}$, apoi se aduce convertizorul la verticală în poziție de funcționare (*Figura 2.23b*) și se introduce lancea din cupru cu pereți dubli răciți cu apă, prin care se suflă oxigenul la presiunea de $0,9\div 1,4$ MPa. Odată cu începerea insuflării oxigenului în convertizor se încarcă și fondantul, CaO , Al_2O_3 (bauxita) sau minereul de fier.

Jetul de oxigen pătrunde în baie producând barbotarea amestecului. Datorită reacțiilor interne de oxidare a impurităților din fontă în stratul de lichid de sub lance se dezvoltă o temperatură de până la 2400°C .

La contactul jetului de oxigen cu fonta, prima dată arde intens fierul în procent net superior celorlalte elemente, iar oxidul de fier format se dizolvă în zgură și baia metalică, oxidând la rândul său elementele Si, Mn, C, reducându-le puternic conținutul în baia metalică.

Datorită efectului exoterm al reacțiilor de oxidare și ardere se reușește menținerea unei temperaturi ridicate și a stării lichide a băii metalice.

Datorită zgurii cu un conținut ridicat de CaO și FeO și amestecării metalului cu zgura, se creează condițiile pentru eliminarea fosforului după reacția (2.18) chiar de la începutul insuflării cu O_2 când temperatura este relativ scăzută.

Totuși eficacitatea procedului va fi asigurată dacă procentul de fosfor nu depășește 0,15%, întrucât ridicarea numai până la 0,3% a fosforului, presupune eliminarea zgurii și formarea unei noi zguri, ceea ce reduce productivitatea.

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele martin-siemens

Procesul de elaborare a oțelului

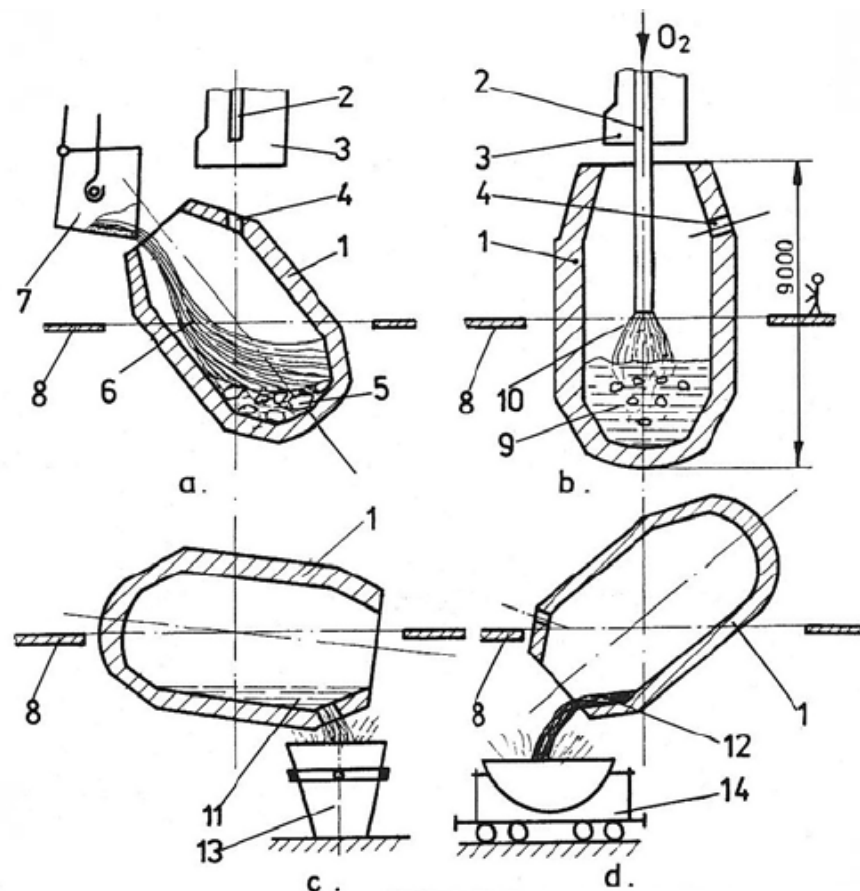


Figura 2.23. Succesiunea operațiilor în procesul de elaborare a oțelului în convertizorul cu O_2 :
a – încărcarea; b – insuflarea cu O_2 și afinarea; c – evacuare oțel; d – evacuare zgură;
1 – corpul convertizorului; 2 – lancea; 3 – hota; 4 – orificiu evacuare; 5 – componentă solidă
(fier vechi, fondanți); 6 – fonta lichidă; 7 – oală cu fontă; 8 – platformă; 9 – baie de afinare;
10 – jet de O_2 ; 11 – baie de oțel; 12 – zgură; 13 – oală pentru oțel; 14 – oală pentru zgură.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele martin-siemens

Procesul de elaborare a oțelului

Îndepărtarea sulfului din metal în zgură se desfășoară în tot timpul elaborării (reacțiile 2.19, 2.20), totuși datorită conținutului ridicat de FeO în zgură ($7\div 20\%$) încetinește eliminarea sulfului și ca urmare eficacitatea procedurii și din acest punct de vedere reclamă fontă de afinare cu până la $0,07\%$ S.

Insuflarea se execută până la conținutul dorit de carbon, când se procedează la evacuarea oțelului în oala 13, *Figura 2.23c*. După evacuarea oțelului se execută dezoxidarea în oală cu ferosiliciu, feromangan sau aluminiu și în final se evacuează din convertizor zgura, *Figura 2.23d*.

În convertizorul cu oxigen se elaborează oțeluri carbon de construcție, calmate și necalmate. Nu se pot obține oțeluri aliate cu elemente ușor oxidabile, cel mult unele oțeluri slab aliate cu $2\div 3\%$ elemente de aliere.

Elementele de aliere se introduc în oală, în prealabil topite în cuptoare electrice, sau se introduc în oală, în prealabil evacuării oțelului, feroaliaje solide. Durata elaborării în convertizorul cu capacitate de $130\div 300$ tone, este între 25 și 50 minute, elaborarea prin acest procedeu fiind mai productivă decât în cuptorul Martin–Siemens.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice

Comparativ cu elaborarea în cuptoarele Martin–Siemens și convertizoare, în cuptoarele electrice se pot obține temperaturi înalte pentru metal, se pot crea atmosfere oxidante, reducătoare, neutre sau vidate, ceea ce permite fabricarea oțelului de orice compoziție, cu un procent minim de incluziuni nemetalice ca produse ale dezoxidării.

Datorită acestor condiții, în cuptoarele electrice se pot elabora atât oțeluri de construcție cât mai ales oțeluri înalt aliate, de scule, speciale și alte aliaje.

După modul de funcționare deosebim două **tipuri de cuptoare** electrice și anume, *cu arc* și *cu inducție*.

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice cu arc

În *Figura 2.24* se prezintă schema constructivă a unui cuptor cu arc. Cuptorul este alimentat cu un curent alternativ, trifazat și are trei *electrozi cilindrici* de grafit. Între electrozi și *încărcătura metalică* se formează arcul electric, care transformă energia electrică în energie termică, care se transmite metalului și zgurii prin radiație. Tensiunea de lucru este de 160÷600 V, iar intensitatea curentului 1÷10 KA. Funcționarea arcului este reglată automat prin mișcarea electrozilor puși pe comandă automată electromagnetică.

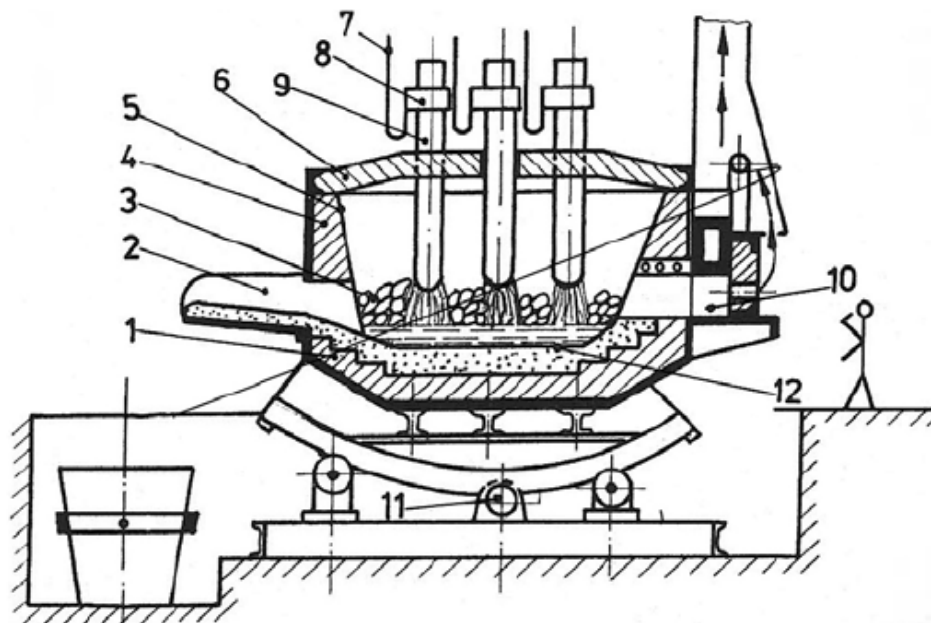


Figura 2.24. Schema cuptorului cu arc electric:

1 – zidărie refractară; 2 – jgheab; 3 – încărcătura metalică; 4 – manta metalică; 5 – pereți laterali; 6 – cupolă; 7 – cabluri electrice; 8 – portelectrod; 9 – electrod din grafit; 10 – gură de deservire; 11 – mecanism de acționare; 12 – vatră.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice cu arc

Corpul cuptorului este alcătuit dintr-o *manta metalică*, căptușită la interior cu cărămizi refractare bazice sau acide, magnezitice sau magnezitocromitice, respectiv silice.

Vatra se bate cu material refractar, iar *pereții laterali* și *cupola*, se căptușesc cu materiale refractare sub formă de cărămizi. Deservirea procesului de elaborare se face prin *gura de vizitare*, iar evacuarea din cuptor se face prin *jgheab*, basculând cuptorul cu ajutorul *mecanismului cremalieră – roată de cremalieră*.

Încărcarea cuptorului se face ridicând *cupola*, capacitatea acestor cuptoare variind între 0,5 și 400 tone (în secții metalurgice se folosesc cuptoare cu căptușeală bazică, iar în turnătorii cu căptușeală acidă).

Elaborarea în cuptorul electric cu arc, bazic, se practică în două variante:

- elaborarea cu topire și diluare;
- elaborarea cu oxidarea impurităților sau elementelor în exces.

După prima variantă, încărcătura trebuie să conțină Mn, Si sub limitele admise pentru marca de oțel, iar fosforul trebuie să fie în procent cât mai scăzut. În esență este o diluare, și totuși în procesul de elaborare impurități ca Al, Ti, Mn, Si, Cr, se oxidează. De asemenea încărcătura poate să conțină unii oxizi.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice cu arc

După topirea încărcăturii, din metal se îndepărtează sulful, formând o zgură ultrabazică care se trage continuu și după necesități se recarburează baia și se ajustează compoziția chimică finală. În continuare, se procedează la dezoxidarea prin difuzie, adăugând pe suprafața zgurii, sfărâmat în bucăți mici, ferosiliciu, aluminiu și cocs spart (capete de electrozi). În acest mod se fabrică oțelul aliat din deșeurile uzinelor constructoare de mașini.

După a doua variantă, se fabrică, în general, oțelurile de construcție. Încărcătura cuptorului se compune din deșeuri de oțel (90%), fontă de afinare (sub 10%), spătură de electrozi și cocs pentru recarburare și fondantul calcaros (CaO) în procent de 2÷3%.

În procesul de elaborare, oxigenul din aer, oxizii din încărcătură și arsurile, oxidează fierul, siliciul, fosforul, manganul și parțial carbonul. Fondantul calcaros și oxizii fierului, formează zgura bazică feroasă, care favorizează eliminarea fosforului din baia metalică.

După încălzirea metalului și zgurii până la temperatura de 1500÷1540°C, în cuptor se încarcă fondant și minereu, are loc fierberea băii, urmărindu-se arderea carbonului până sub 0,1%, când fierberea încetează și se elimină zgura. După această operație se procedează la eliminarea sulfului și dezoxidarea băii metalice, ajustând compoziția chimică la cea dorită.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice cu arc

Astfel, după îndepărtarea zgurii feroase, în cuptor se introduc dezoxidanți de precipitare cu silico-calciu și silico-mangan. În continuare, în cuptor se introduce var, bucăți de șamotă, care procură în proces o zgură ultrabazică. Pe suprafața acestei zguri, se aruncă apoi în amestec dezoxidanți de difuzie (var, cocs spart, ferosiliciu, fluorură de calciu), când carbonul cocsului și siliciul din feroaliaj, reduce oxidul feros din zgură și atunci după legea distribuției, oxigenul din baia metalică trece continuu în zgură. Pe măsura dezoxidării și scăderii conținutului de oxid feros din zgură, aceasta devine aproape albă, **dezoxidarea** numindu-se și *sub zgură albă*. Dezoxidarea sub zgură albă durează 30÷60 minute.

În această perioadă se creează totodată și condițiile desulfurării, întrucât zgura este ultrabazică (55÷60% CaO), conținutul de FeO este minim (sub 0,5%) și temperatura băii metalice este destul de ridicată.

Pentru reglarea și ajustarea compoziției chimice a băii de oțel, se iau probe și după necesități se mai introduc feroaliaje, după care se execută o nouă dezoxidare cu aluminiu, silico-calciu și se evacuează oțelul în oală.

Când se urmărește obținerea unor oțeluri aliate, în cuptor se introduc și elemente de aliere, sub formă de feroaliaje. Ordinea introducerii elementelor de aliere se face după afinitatea față de oxigen.

În cuptoarele electrice cu arc, se pot elabora oțeluri carbon de construcție de înaltă calitate, oțeluri de scule, oțeluri refractare și rezistente la temperatură.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice cu inducție

Constructiv, cuptorul industrial de inducție, *Figura 2.25*, se compune dintr-un *inductor* răcit cu apă, în interiorul căruia se află *creuzetul* cu încărcătura metalică. Prin inductor trece un curent alternativ monofazat de frecvență 500÷2000 Hz.

Creuzetul creează un flux magnetic variabil, care pătrunde în bucățile de material metalic, induc în acestea *curenți Foucault* puternici, încălzind *metalul* până la topire și temperatura necesară de încălzire.

Creuzetul se fabrică din cuarțit sau pulbere magnezitică (refractor bazic). Capacitatea creuzetului, merge de la 60 kg la 25 tone, iar pentru diminuarea pierderilor de căldură, cuptorul este prevăzut și cu un *capac de aerisire*.

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice cu inducție

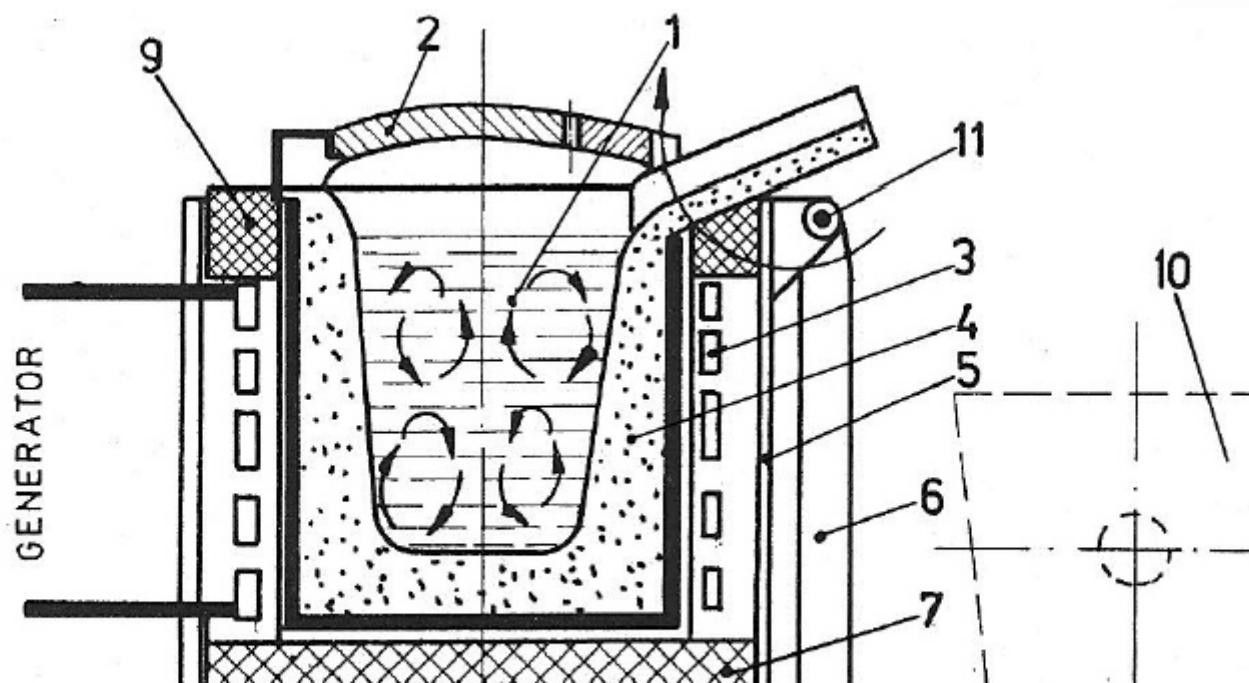


Figura 2.25. Schema constructivă a unui cuptor cu inducție:

1 – baie de oțel; 2 – capac; 3 – inductor; 4 – creuzet ștampat; 5 – platformă de basculare;
6 – structură suport; 7, 8, 9 – izolatori; 10 – oală de turnare; 11 – mecanism de basculare.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice cu inducție

Cuptorul cu inducție este superior celui cu arc. În acest caz lipsește arcul electric și prin urmare se pot elabora oțeluri cu procent scăzut de carbon, gaze și elemente volatile. În baie iau naștere forțe electrodinamice, care o amestecă și o omogenizează chimic, topind și dizolvând incluziunile nemetalice. Este de dimensiuni mici și se poate amenaja în spații mici sau spații cu atmosferă controlată sau vid.

Totuși, aceste cuptoare au căptușeala puțin rezistentă, iar temperatura zgurii nu poate desăvârși reacțiile metal-zgură.

Față de avantajele, în cuptorul cu inducție se pot elabora oțeluri și aliaje din deșeuri aliate prin metoda topirii și diluării sau pe baza unei încărcături curate din fier și fier vechi, cu adaos de feroaliaje, prin metodele alierii.

Componentele încărcăturii trebuie bine cunoscute chimic, în vederea obținerii unei anumite mărci de oțel.

După topirea încărcăturii se formează o zgură de protecție pentru diminuarea pierderilor de căldură și reducerea arderii elementelor de aliere și de asemenea, protejează baia de absorbția de gaze.

În cuptorul acid, după topirea și îndepărtarea zgurii formate, se formează o nouă zgură din bucăți de sticlă (SiO_2). Baia metalică se dezoxidează cu ferosiliciu, feromangan și aluminiu înainte de evacuarea din cuptor.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice

Elaborarea oțelului în cuptoarele electrice cu inducție

În cuptorul bazic, se elaborează oțeluri aliate de înaltă calitate, cu conținut ridicat de Mn, Ni, Ti, Al, iar în cuptorul acid, oțeluri de construcție și aliate cu alte elemente.

În aceste cuptoare se pot obține oțeluri cu conținut scăzut de carbon și aliaje fără carbon, întrucât în cuptor nu se întâlnesc agenți de carburare.

La elaborarea în vid, întregul agregat al cuptorului cu inducție se introduce în atmosferă vidată (o cameră cu vid), inclusiv lingotierele sau formele de turnare. Întregul proces de elaborare și turnare trebuie efectuat fără să se distrugă atmosfera vidată.

Pe această cale se pot obține oțeluri de înaltă calitate, cu un conținut scăzut de gaze, incluziuni nemetalice, aliaje din oricare elemente de aliere.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Turnarea oțelului în lingotiere

Oțelul lichid evacuat din cuptor în oală, se toarnă în lingotiere sau cu ajutorul mașinilor și instalațiilor de turnare continuă. În formă sau cristalizoare, oțelul se solidifică și se obțin lingouri sau semifabricate, care se supun în continuare prelucrării metalurgice prin laminare, forjare.

Lingotierele sunt forme metalice din fontă, destinate fabricării lingourilor. Geometric pot avea diferite forme: pătrate, dreptunghiulare, circulare sau poligonale, aceasta caracterizând forma geometrică a secțiunii transversale.

Lingourile pătrate în secțiune constituie materia primă pentru produse laminate ca bare, șine, corniere etc.

Lingourile dreptunghiulare cu raportul laturilor (lățime/grosime) de $1,5 \div 3$, se transformă prin laminare în tablă.

Lingourile de secțiune circulară, constituie materia primă pentru țevi, roți etc.

Lingourile cu secțiune poligonală se folosesc în realizarea produselor forjate.

Pentru laminare se toarnă lingouri cu masa de la 200 kg la 25 tone, iar pentru forjare masa lingoului poate să depășească 300 tone.

În mod obișnuit, oțelurile carbon calmate și necalmate, se toarnă în lingouri cu masa până la 25 tone, iar oțelurile aliate și de înaltă calitate, cu masa de la 500 kg la 7 tone, iar unele oțeluri înalt și bogat aliate, se toarnă în lingouri cu masa de câteva kilograme.

Turnarea oțelului în lingotiere se poate face în mai multe moduri care se prezintă în continuare.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Turnarea oțelului în lingotiere

Turnarea directă

Turnarea directă sau pe sus, *Figura 2.26*, se realizează atunci când oțelul se toarnă din oală direct în lingotieră.

Lingotierele din fontă rezistă la circa 90 turnări, în timp ce la cele de oțel seria merge până la 200 turnări.

Înclinarea pereților variază între $0,7\div 3\%$ pentru lingourile supuse laminării și până la 4% pentru cele supuse forjării.

Turnarea directă reclamă o bună centrare a jetului de metal și prin faptul că viteza de turnare este mare, se asigură o atenuare a pierderii temperaturii (nu trebuie să se piardă mai mult de 20°C în timp de 30 minute).

Ca urmare, metoda se folosește pentru umplerea lingotierelor cu capacitatea de peste 2 tone.

Dezavantajele metodei: posibilitatea unor incluziuni (metalice, nemetalice); durabilitatea lingotierelor mică; umplerea lingotierei se urmărește greu.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Turnarea oțelului în lingotiere

Turnarea indirectă

Turnarea indirectă sau prin sifon, *Figura 2.27*, de la început prezintă avantajul umplerii simultane a mai multor lingotiere ($4\div 60$).

*Lingotierele se amenajează pe podina-platformă, iar central se montează sistemul de alimentare, căptușit cu refractare tubulare și care prin intermediul canalelor de alimentare din sistemul stelat, asigură umplerea simultană a lingotierelor. La partea superioară a lingotierelor invers conice, se montează ramele prevăzute cu amestec *exoterm*, pentru formarea unei maselote suficiente pentru a îngloba retasura de contracție.*

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Turnarea oțelului în lingotiere

Turnarea indirectă

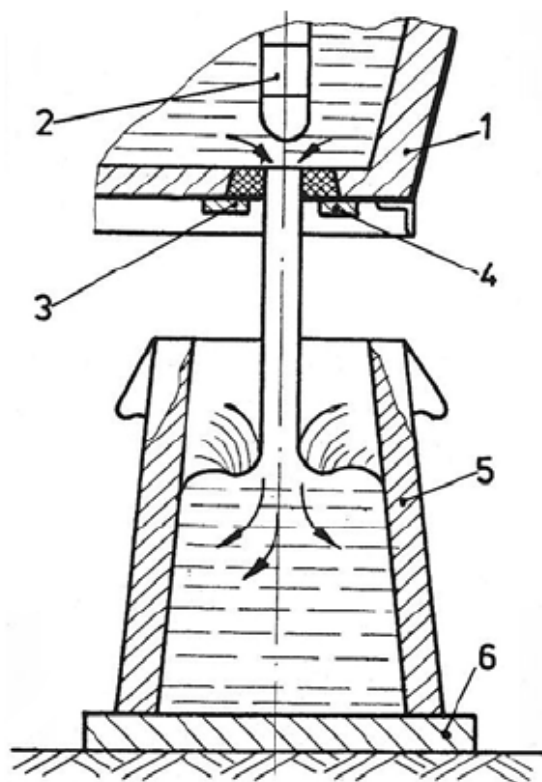


Figura 2.26. Schema turnării directe:

1 – oală cu oțel; 2 – tijă
căptușită cu refractare;
3 – orificiu schimbabil din
refractare; 4 – montură;
5 – lingotieră; 6 – placă de
închidere.

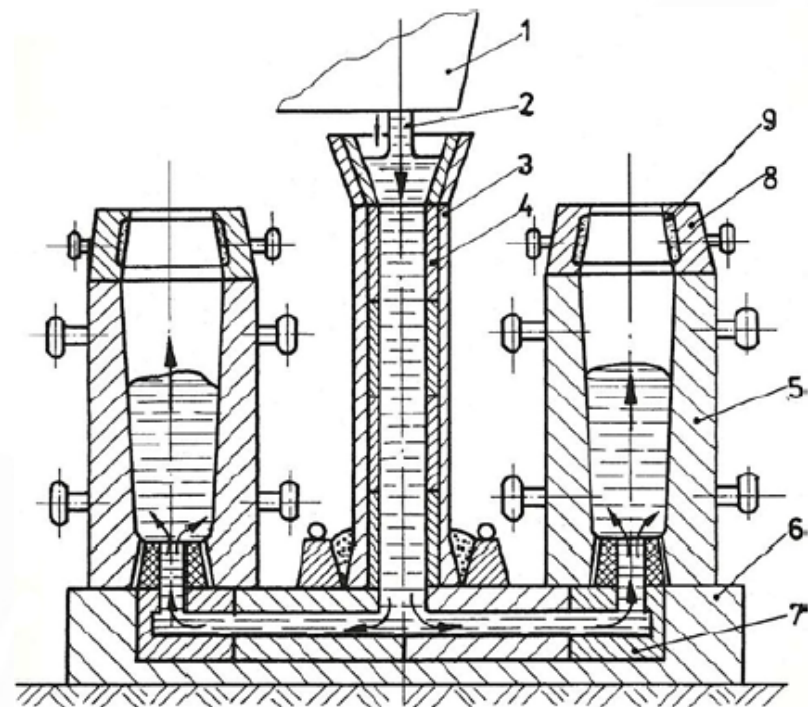


Figura 2.27. Schema turnării indirecte:

1 – oală cu oțel; 2 – jetul de metal; 3 – sistem
centralizat de turnare; 4 – căptușeală refractară;
5 – lingotiere; 6 – platformă de turnare;
7 – canale de alimentare; 8 – ramă pentru
maselotă; 9 – amestec exoterm.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Turnarea oțelului în lingotiere

Turnarea indirectă

Prin această metodă, suprafața lingourilor rezultă curată și o masă de metal lichid se poate concretiza simultan în mai multe lingouri. Un neajuns al metodei poate să provină totuși din antrenarea de impurități suplimentare de pe traiectul sistemului de turnare și de asemenea, se înregistrează și o pierdere de metal prin oțelul cuprins și solidificat în elementele sistemului centralizat de turnare.

Alegerea metodei de turnare se face după calitatea oțelului turnat, astfel:

- pentru turnarea oțelurilor carbon obișnuite, se folosește metoda turnării directe;
- pentru turnarea oțelurilor aliate și de înaltă calitate, turnarea se face indirect sau prin sifon;



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Turnarea oțelului în lingotiere

Turnarea continuă a oțelurilor

Metoda de turnare continuă, *Figura 2.28* și *Figura 2.29*, constă în faptul că oțelul lichid din *oală*, prin intermediul *sistemului de turnare*, umple continuu *cristalizerul*

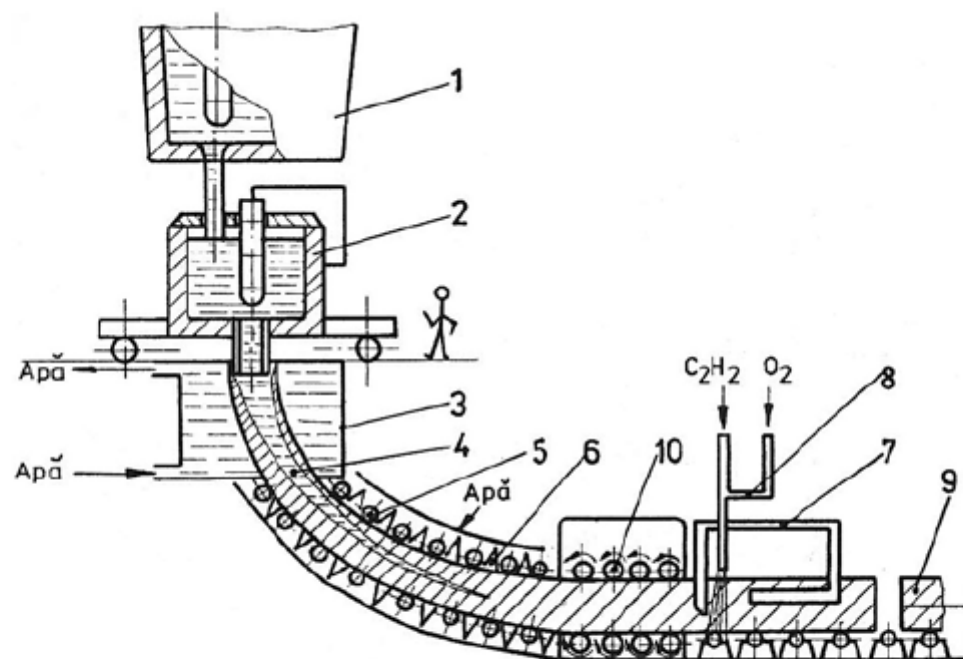


Figura 2.28. Schema unei mașini de turnare continuă:

1 – oală cu oțel; 2 – sistem intermediar de centrare; 3 – cristalizor; 4 – produsul turnat; 5 – role de ghidare; 6 – dușuri de apă; 7 – zona de tăiere; 8 – cap de tăiere oxigaz; 9 – semifabricatul debitat; 10 – role de antrenare.

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Turnarea oțelului în lingotiere

Turnarea continuă a oțelurilor

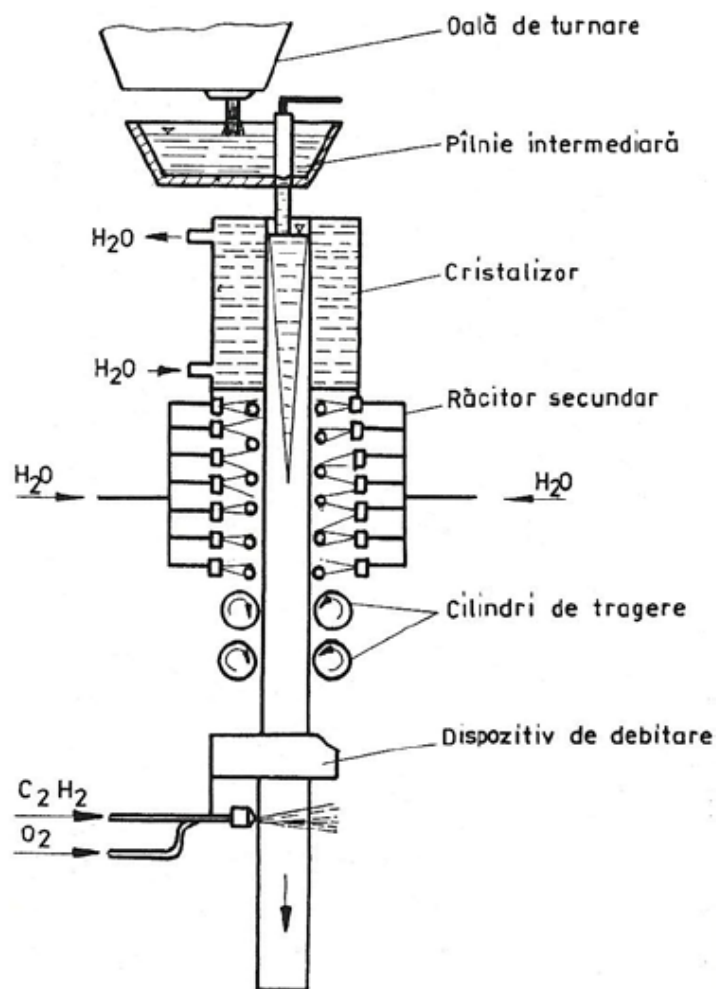


Figura 2.29. Schema unei mașini de turnat continuu cu poziție verticală.

(forma), din care pe la partea inferioară se extrage lingoul sau produsul turnat și solidificat.

Înainte de turnarea în cristalizor se introduce un dop de fund, care servește și pentru amorsarea tragerii solidificatului.

Metalul lichid în cristalizor, se răcește și se solidifică formând o coajă care rămâne solidară cu dopul. Cu ajutorul *rolelor* se trage din cristalizor metalul fără să se solidifice în totalitate pe întreaga secțiune transversală. Viteza de tragere depinde de secțiunea produsului (de exemplu, la produsul de secțiune 150x500 și 300x2000 mm, viteza de tragere este de cca 1m/minut).

Solidificarea totală se face în afara cristalizorului prin stropire cu apă, prin intermediul unei instalații special amenajate.

Semifabricatul turnat cu axă curbă, antrenat de *trenul de role*, cu ajutorul *capului de tăiere oxigaz* este debitat la lungimea necesară.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Turnarea oțelului în lingotiere

Turnarea continuă a oțelurilor

Se pot obține astfel semifabricate care suplinesc cu succes lingoul de orice secțiune rectangulară (mai puțin poligonală) sau circulară. Datorită cristalizării dirijate, semifabricatele rezultă compacte, cu structură fină, defectul de retasură lipsește.

Coeficientul de utilizare a metalului turnat (coeficientul de scoatere) poate să atingă 96÷98%.

Metoda turnării continui oferă semifabricate pentru laminare cu eliminarea fazei pe bluminguri și slebinguri, ceea ce reduce mult consumul energetic în fabricarea produselor finite ale laminării, față de cazul când se pleacă cu semifabricatul inițial, blumul.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Structura și defectele lingourilor de oțel

La turnarea oțelului în lingotiere, la contactul cu pereții formei, se produce absorbție de căldură și prin urmare cristalizarea va începe totdeauna de la peretele lingotierei de jos în sus și perpendicular pe perete, în sensul gradientului termic. Apoi crusta formată crește mereu în grosime și la un moment dat între axa lingoului și frontul solidificării se află o zonă în care alături de metalul lichid apar și se dezvoltă și grăunți cristalini. Cristalizarea se termină în axa lingoului, dimensiunile și forma dendritelor, cristalitelor, depinzând de calitatea oțelului și condițiile cristalizării.

Asupra structurii, o mare influență manifestă și gradul de dezoxidare.

În cazul oțelului calmat, *Figura 2.30*, care cristalizează fără degajare de gaze, în partea superioară se concentrează retasura, iar în miez, aproape de axa lingoului, apare pericolul porozității sau afinării datorită fenomenului de contracție. Pentru atenuarea defectului de retasură, turnarea oțelului calmat se face cu maselotă (*Figura 2.27*).

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OTELURILOR

Structura și defectele lingourilor de oțel

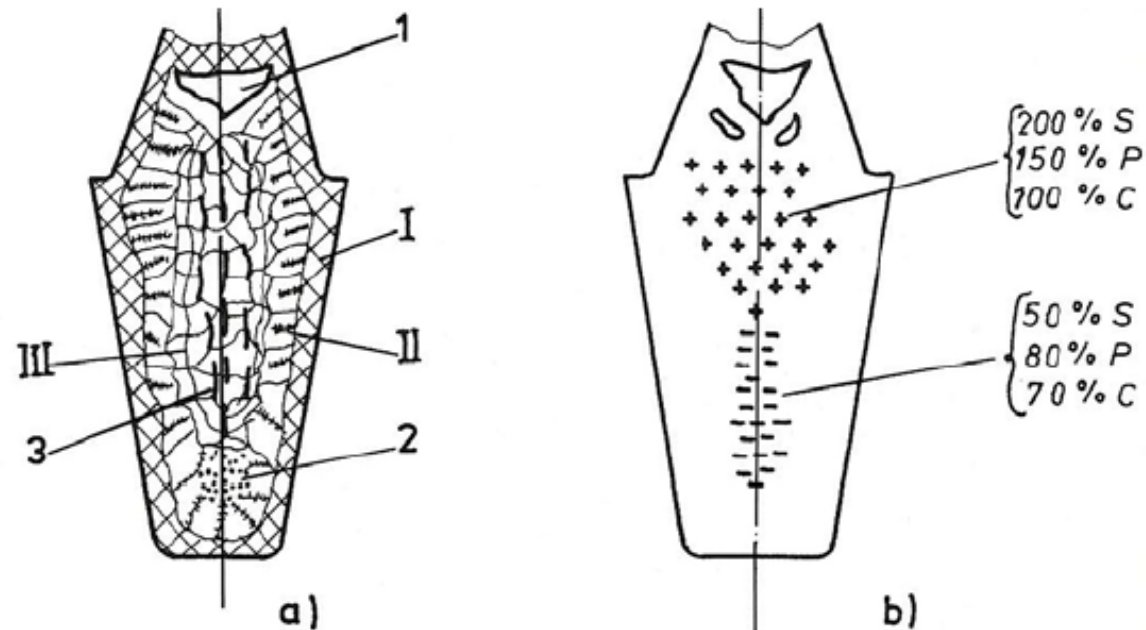


Figura 2.30. Structura lingoului din oțel calmat:

a – structură; b – distribuție chimică; 1 – retasură; 2 – neomogenitate chimică în piciorul lingoului; 3 – porozități axiale.

În aceste condiții spațiul maselotei menține metalul lichid un timp suficient pentru nutrirea fenomenului de retasură de contracție și retasura în final se va plasa în capul lingoului, în maselotă, care se șutează, se îndepărtează în procesele prelucrării plastice ulterioare.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Structura și defectele lingourilor de oțel

Structura lingoului din oțel calmat, *Figura 2.30a*, cuprinde următoarele zone caracteristice:

- o crustă exterioară de grosime mică *I*, din grăunți fini și echiaxiali;
- o zonă intermediară *II* cu cristale alungite (dendrite) grosolane;
- o zonă axială *III* cu grăunți mari, echiaxiali și neorientați;
- o zonă cu cristale mici în piciorul lingoului unde se localizează și unii precipitați.

Din punct de vedere chimic, lingoul de oțel este neomogen, caracterizat de așa numita segregare, care poate fi dendritică și zonală.

Segregația dendritică se referă la neomogenitatea chimică a oțelului în interiorul grăuntelui dendritic, între axă și ramuri sau stratul exterior. De exemplu, conținutul de sulf între axă și margine, crește către axă de două ori, conținutul de fosfor de 1,2 ori, iar procentul de carbon scade la jumătate.

Segregația zonală se referă la neomogenitatea chimică a lingoului de oțel în diverse zone, macrovolume. Astfel, în partea superioară datorită convecției metalului lichid, conținutul de sulf, fosfor, carbon se mărește de câteva ori, *Figura 2.30b*, iar în partea inferioară se micșorează.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Structura și defectele lingourilor de oțel

Datorită și efectului de segregare, de regulă în procesul laminării și forjării, atât capul lingoului, cât și piciorul lingoului sunt retezate, pierzându-se o mare cantitate de oțel din masa lingoului. Fără maselotă pierderea prin șutare (retezare) poate să atingă 40÷50%, iar prin folosirea maselotei această pierdere scade la circa 10%.

După cum se vede în *Figura 2.30b*, față de conținutul mediu al sulfului, fosforului și carbonului din oțel datorită procesului de cristalizare și factorilor de influență distribuția este diferențiată înspre capul lingoului și spre piciorul lingoului, mai puternic segregat este lingoul spre partea lui superioară.

În cazul oțelului necalmat, *Figura 2.31*, în general, nu se mai formează retasură de contracție întrucât efectul de contracție este preluat de microgolurile cauzate de efervescența gazelor, respectiv de sufluri. Prin laminare, de regulă suflurile dispar datorită procesului de sudare a pereților. În acest caz, al oțelului necalmat, fenomenul de segregare este mult mai puternic decât la oțelul calmat.

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Structura și defectele lingourilor de oțel

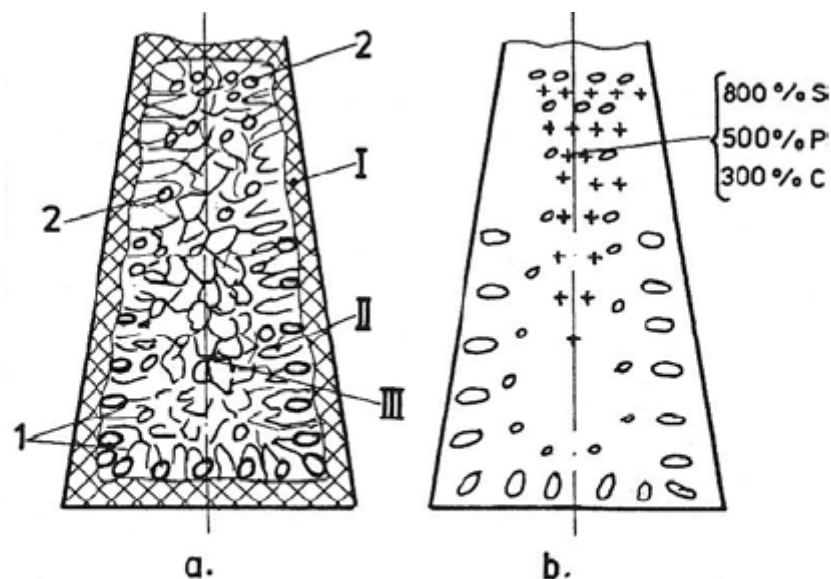


Figura 2.31. Structura lingoului din oțel necalmat:

a – structură; b – distribuție chimică; I – crustă; II – zona columnară; III – zona axială; 1 – sufluri orientate; 2 – sufluri arbitrare.

Carbonul, fosforul și sulful segregă intens spre capul lingoului, *Figura 2.31a*, și înrăutățește mult caracteristicile oțelului în această zonă. Pentru laminare se șutează numai capul lingoului, întrucât segregatia în piciorul lingoului este neglijabilă, *Figura 2.31b*.



ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Structura și defectele lingourilor de oțel

Pentru eliminarea defectului de segregatie, după umplerea lingotierei se poate proceda la acoperirea acesteia cu un capac mecanic sau se dezoxidează oțelul numai în această zonă cu aluminiu sau ferosiliciu (acoperire chimică).

Structura lingoului din oțel necălmăt, se compune din următoarele zone:

- *zona exterioară a crustei I*, densă și fără sufluri, cu o structură cu grăunți fini;
- *zona intermediară dendritică II*, în care se plasează și suflurile orientate;
- *zona centrală, axială III*, cu grăunți orientați arbitrar, echiaxiali, în care sunt plasate suflurile sudabile sferoidale.

În cazul oțelului semicalmat, *Figura 2.32*, se întâlnesc particularitățile celor două cazuri de mai sus, respectiv structură de oțel calmat la partea inferioară a lingoului și de oțel necalmat la partea superioară a lingoului.

Segregația în partea superioară a lingourilor este mai mică decât în cazul oțelului necalmat, iar retasura este neglijabilă.

ELABORAREA MATERIALELOR METALICE

FABRICAREA OȚELURILOR

Structura și defectele lingourilor de oțel

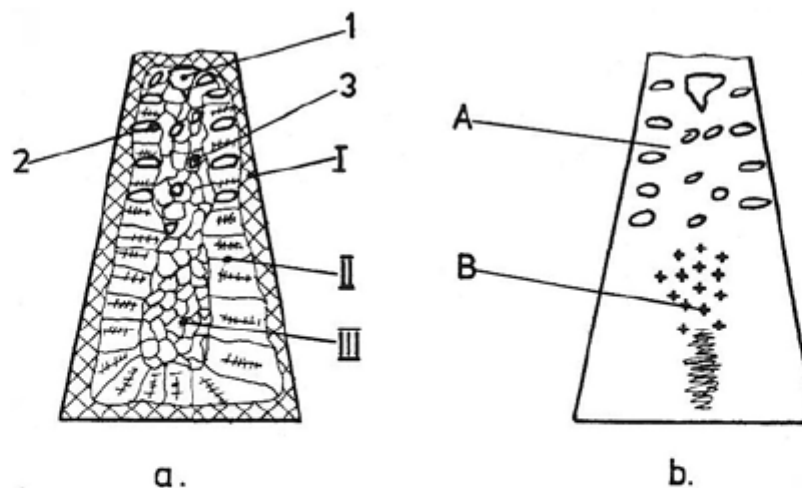
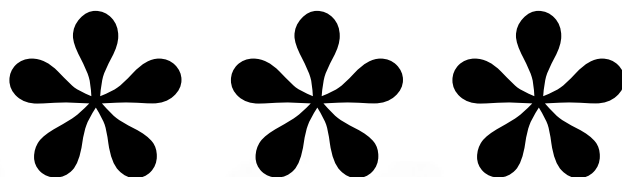


Figura 2.32. Structura lingoului din oțel semicalmat:
a – structură; b – distribuție chimică; I, II, III – cu semnificația din *Figurile 2.30 și 2.31*; 1 – retasură; 2 – sufluri orientate (elipsoidale); 3 – sufluri arbitrare (sferoidale);
A – zonă de oțel necalmat; B – zonă de oțel calmat.





TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Suport curs

ELABORAREA METALELOR NEFEROASE



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

- Fabricarea cuprului
- Fabricarea aluminiului
- Metalurgia magneziului
- Fabricarea titanului



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

Dintre cele mai importante metale neferoase, cu largă utilizare, pure și mai ales sub formă de aliaje, în construcția de mașini, se înscriu în ordine, următoarele: cuprul, aluminiul, magneziul și titanul.

În al doilea rând se înscriu unele metale grele, cum sunt zincul, plumbul, nichelul cromul etc., care formează o gamă de aliaje cu utilizări bine precizate în construcția de mașini și instalații.

Marea gamă a celorlalte metale sunt ori prea rare ori servesc indirect, prin participarea lor la alierea complexă a fontelor, oțelurilor și aliajelor de cupru, aluminiu, magneziu, titan, cu utilizare importantă în construcția de mașini și instalații.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA CUPRULUI

Elaborarea cuprului se bazează pe materii prime naturale (minereurile) cu 1÷6% Cu, dar și pe deșeuri de cupru sau aliaje de cupru.

Dintre minereurile mai importante se pot enumera:

- **minereuri cu sulf:** *calcopirita* (CuFeS_2), *calcozina* (Cu_2S) și *covelina* (CuS);
- **minereuri oxidice:** Cu_2O (*cupritul*) și CuO ;
- **minereuri de tip carbonați hidratați:** *malachitul* ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) și *azuritul* ($2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$).

În vederea extragerii, minereurile se îmbogățesc în Cu, prin prepararea mecanică până la flotație și prin preparare chimică, ultima operație fiind aplicată minereurilor cu sulf dar și carbonaților, prin prăjire la $740\div 800^\circ\text{C}$, în cuptoare cu vetre multiple, când SO_2 se captează și se direcționează în fabricația acidului sulfuric.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA CUPRULUI

Elaborarea cuprului

Cea mai bună metodă de extragere a cuprului din minereu este **metoda pirometalurgică**.

Concentratul se topește în cuptoare cu flacără sau electrice, la $1250\div 1300^{\circ}\text{C}$ și se obține **mata de cupru**, un amestec de sulfură de fier și de cupru. În continuare, mata se supune insuflării de oxigen în convertizoare, când sulfura de fier este oxidată și trecută în zgură, iar sulfura de cupru este eliberată de sulf (ca SO_2 care se degajă) și se obține o topitură care se numește **cupru negru**. Acest cupru conține $98,4\div 99,4\%$ Cu și impurități. Cuprul brut astfel obținut se toarnă în lingouri și constituie materia primă pentru obținerea de cupru de calitate superioare. Pentru aceasta, cuprul brut se supune rafinării, după caz aplicându-se rafinarea termică sau electrolitică.

Rafinarea termică se desfășoară în două etape. În prima se oxidează impuritățile sulf, fier, nichel, arseniu, stibiu etc. cu oxigenul din aer din atmosfera cuptorului cu flacără și insuflat cu ajutorul unor țevi din oțel, iar în etapa a doua, pentru dezoxidarea cuprului (întrucât în prima etapă se formează și Cu_2O) se introduc în baia acoperită cu mangal bușteni de lemn verde de mesteacăn. Apa lemnului și carbonul dau agenții reducători H_2 , CO etc. și prin barbotare elimină și alte gaze din baia lichidă.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA CUPRULUI

Elaborarea cuprului

Rafinarea termică asigură un cupru de puritate 99÷99,5%, din care se toarnă blocuri în vederea fabricării aliajelor de cupru (bronzuri și alame) sau plăci-anod în vederea rafinării superioare pe cale electrolitică.

Rafinarea electrolitică, de la început trebuie spus că, asigură o puritate înaintată de peste 99,95% Cu.

Plăcile anodice, *Figura 2.36*, se introduc într-o cuvă de electroliză în care catodii sunt formați din tablă subțire de cupru electrolitic.

Electrolitul este format dintr-o soluție de 15÷16% CuSO_4 și 10÷16% H_2SO_4 . Prin trecerea unui curent de 0,4V și 7000÷15000A, are loc procesul de electroliză ($\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$), când *cuprul anodului* trece pe *catod*, iar impuritățile trec în electrolit și precipită la fundul *cuvei*. Consumul de energie este 250÷300 kWh/tonă cupru.

ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA CUPRULUI

Elaborarea cuprului

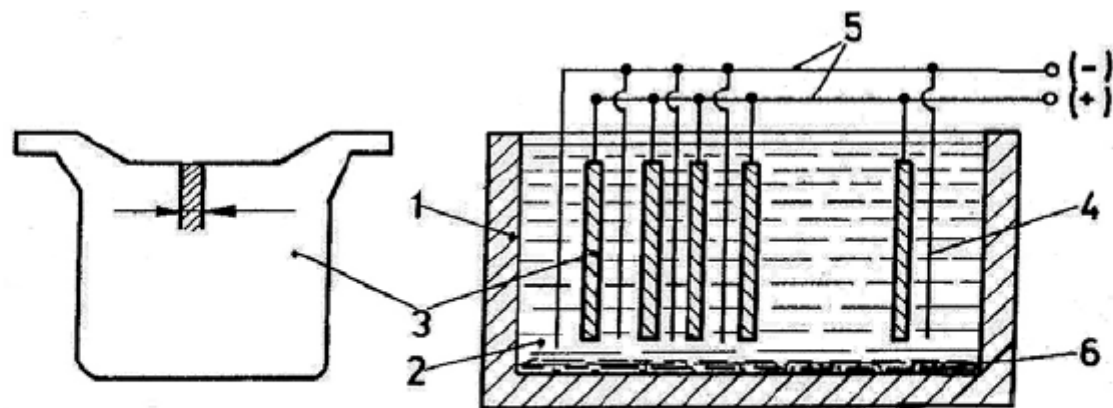


Figura 2.36. Schema rafinării electrolitice a cuprului:

1 – cuva; 2 – electrolit; 3 – anodi de cupru; 4 – catodi din cupru electrolitic; 5 – legături la sursa de curent continuu; 6 – nămol electrolitic.

Nămolul electrolitic servește ca materie primă pentru valorificare superioară în vederea obținerii altor elemente.

Catozii de cupru se retopesc în cuptoare electrice și se obține astfel *cuprul tehnic pur*, cu o puritate de minimum 99,95%.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA CUPRULUI

Proprietățile și utilizările cuprului

Cuprul este un metal plastic, de culoare roșu deschis, maleabil și ductil, putându-se lamina în foi subțiri (folii) de până la 0,0026 mm.

Principalele proprietăți fizico-mecanice ale cuprului se pot vedea pe *Tabelul 2.2*.

Tabelul 2.2. Proprietățile cuprului primar.

Proprietăți mecanice	Starea materialului			
	Turnat	Laminat	Deformat la rece	
			Ecruisat	Recopt
Rezistența la rupere, în daN/mm ²	17	25÷27	40÷50	20÷24
Alungirea, în %	18	40÷50	6	53
Duritatea, în HB	35	40÷53	100÷125	-
Proprietăți fizice	Gradul de puritate			
	99,99% Cu	cu 0,02%P	cu 0,04% O ₂	
Temperatura de topire, în °C	1083	-	-	
Densitatea, în g/cm ³	8,92	-	-	
Rezistivitatea, în Ω·cm ² /cm	1,673	2,03	1,71	
Conductivitatea termică (λ) la 20°C, în cal·cm/cm ² ·°C·sec.	0,941	0,81	0,934	

În ce privește proprietățile mecanice, acestea sunt influențate de gradul de puritate și starea structurală, dar sunt în general scăzute.

Cuprul este standardizat în SR ISO 431:1995, STAS 270/2,3-80 etc.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA CUPRULUI

Proprietățile și utilizările cuprului

Din punct de vedere chimic, cuprul este un metal puțin activ deși se combină direct cu O_2 , S, halogenii etc. Dacă aerul uscat și apa nu-l atacă separat, în aerul umed cu conținut de CO_2 , cuprul se acoperă cu carbonat bazic, foarte toxic.

Peste 50% din producția de cupru și aliaje de cupru o absoarbe industria electrotehnică și termotehnică. În ambele cazuri trebuie dată atenție la **boala de hidrogen** ($Cu_2O + H_2 \rightarrow 2Cu + H_2O$ – apa formată **in situ** ajunge în stare de vapori care sub influența temperaturii își mărește volumul și poate distruge metalul).

În industria construcțiilor de mașini se folosesc mult aliajele cuprului (alame, bronzuri, monel, constantan, maillechort etc.), atât sub formă de piese turnate sub presiune cât și piese prelucrate prin deformare plastică.

Datorită proprietăților anticorozive, cuprul și aliajele sale se folosesc în industria chimică, la lucrări subterane etc.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA ALUMINIULUI

Se extrage din minereuri naturale cum sunt bauxitele, caoline etc. Cele mai importante sunt **bauxitele**, în care aluminiul este conținut sub formă de minerale utile ca *hidroxizi* ($\text{Al}(\text{OH})_3$), *oxizi* (Al_2O_3) și *caolinita* ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).



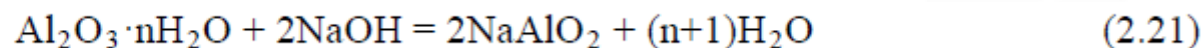
ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA ALUMINIULUI

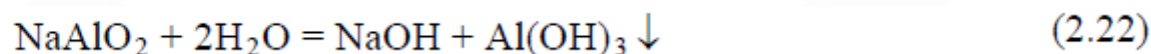
Elaborarea aluminiului

În principal, metoda extragerii aluminiului o constituie **electroliza ignee** a aluminei (Al_2O_3) topite, fluidizată cu criolită ($\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$) cu adaosuri de fluorură de aluminiu (AlF_3) și de sodiu (NaF).

Bauxita uscată și concasată se atacă cu o soluție de NaOH în autoclave speciale când se produce reacția:



Aluminatul de sodiu obținut se supune hidrolizei:



În urma hidrolizei se precipită hidroxidul de aluminiu (cristale de culoare albă) care se colectează și hidroxidul de sodiu se recuperează.

Hidroxidul de aluminiu se calcinează apoi, în cuptoare rotative, la $1150 \div 1200^\circ\text{C}$ și se obține alumina anhidră (Al_2O_3).



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA ALUMINIULUI

Elaborarea aluminiului

Pentru obținerea aluminiului, în continuare, alumina este prelucrată prin electroliză ignee, în cuve de electroliză căptușite cu materiale refractare carbonice, *Figura 2.37.*

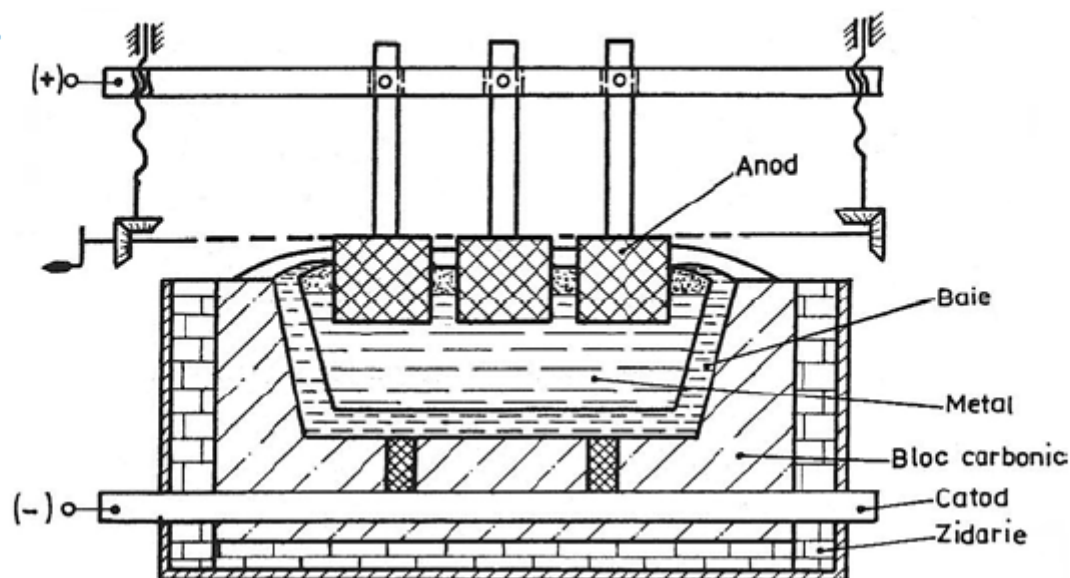


Figura 2.37. Schema unui electrolizor.

Pentru topirea mai ușoară a aluminei (2050°C), se adaugă criolită, cu rol de fondant, care la o proporție de 20% din încărcătură scade temperatura de topire a amestecului la $950\div 1000^{\circ}\text{C}$ și formează electrolitul.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA ALUMINIULUI

Elaborarea aluminiului

Prin trecerea unui curent continuu de $5\div 10$ V și $1000\div 50000$ A, alumina se topește și se descompune:



cu descompunerea de aluminiu la catod (vatra cuvei) și degajare de oxigen la anod (electrozi de cărbune). Oxigenul, în timp, arde electrozii ($2\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}$; $\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$) și periodic trebuie înlocuiți.

Metalul depus la catod se extrage la intervale de 3÷4 zile și se depune în cuptoare pentru afinare.

Pentru obținerea unei tone de aluminiu se consumă: 2 tone alumină, 600÷700 kg electrozi de cărbune, 80÷90 kg criolită și 18000÷20000 kWh.

Aluminiul obținut conține și unele impurități metalice, nemetalice și gaze. Din această cauză se procedează la rafinare care se face cu insuflare de clor, cu formare de AlCl_3 gazos care în degajare antrenează și impuritățile la suprafața băii lichide de unde sunt îndepărtate. Clorurarea băii mijlocește îndepărtarea Na, Ca, Mg și gazele dizolvate în aluminiu obținându-se o puritate de 99,5%.

O puritate și mai înaintată a aluminiului primar se va obține prin rafinarea electrolitică, respectiv într-o cuvă de electroliză cu polaritate inversă celei de la elaborarea brută.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA ALUMINIULUI

Proprietățile și utilizările aluminiului

Aluminiul este un metal de culoare alb-albastru, cu o bună conductivitate termică și electrică, este ușor, ductil și maleabil. Se pasivizează ușor și la cald tinde să se oxideze complet. În *Tabelul 2.3* se dau principalele proprietăți ale aluminiului primar.

Tabelul 2.3. Proprietățile aluminiului primar.

Proprietăți mecanice	Starea materialului			
	Turnat	Laminat	Deformat la rece	
			Ecruisat	Recopt
Rezistența la rupere, în daN/mm ²	9÷12	7÷9	15÷25	8÷11
Limita de curgere, în daN/mm ²	-	-	12÷24	5÷8
Alungirea, în %	25÷18	35÷25	7÷3	40÷32
Duritatea, în HB	24÷32	24÷15	40÷55	15÷25
Proprietăți fizice	Gradul de puritate, în %			
	99,996	99,950	99,000	98,200
Temperatura de topire, în °C	660,2	658,2	656	-
Densitatea, în g/cm ³	2,699	2,700	-	2,728
Rezistivitatea, în Ω·cm ² /cm	2,630	2,835	-	-
Conductivitatea termică (λ) la 20°C, în cal·cm/cm ² ·°C·sec.	0,534	0,51÷0,52	-	-

Aluminiul posedă și o bună rezistență la coroziune, acoperindu-se cu un strat de Al₂O₃, aderent, de grosime 10⁻⁴ mm, strat impenetrabil și dizolvabil numai de acizii neoxidanți și apele alcaline.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA ALUMINIULUI

Proprietățile și utilizările aluminiului

În industria alimentară (vase, recipiente, folii etc.) este preferat datorită unei bune rezistențe la coroziune, iar stratul de oxid nu este toxic.

În industria electrotehnică, se folosește la fabricarea conductorilor, ca înlocuitor al cuprului (are o conductivitate de 62% din cea a cuprului).

În construcția de mașini, cu mici excepții se folosesc numai aliaje de aluminiu. Alierea completă are drept scop fie creșterea proprietăților mecanice, fie îmbunătățirea celor tehnologice. Dintre cele mai importante se deosebesc Al-Si, Al-Mg, Al-Cu, Al-Si-Mg, Al-Si-Ni, Al-Si-Cu etc. Din aceste aliaje se fac piese importante turnate în forme metalice și sub presiune pentru industria motoarelor cu explozie, a compresoarelor, piese rezistente la temperatură precum și unele produse lungi laminate.

Aluminiul primar este standardizat în STAS 7607/2-86.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

METALURGIA MAGNEZIULUI

Ca și aluminiul, magneziul se obține prin electroliză din topitură. **Minereurile** din care se extrage magneziul, conțin ca minerale utile *carnalita* ($\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), *magnezita* (MgCO_3), *dolomita* ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), *bișofita* ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), cel mai utilizat procedeu fiind extragerea magneziului din carnalită.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

METALURGIA MAGNEZIULUI

Elaborarea magneziului

Pentru extragere metalurgică minereul (carnalita) se supune îmbogățirii și deshidratării, din concentratul obținut separându-se electrolitul.

Electroliza se efectuează în celule speciale în care drept anodi se folosesc plăci de grafit (impregnat la rece cu acid fosforic pentru prevenirea corodării prin oxidare), iar drept catodi plăci din oțel, electrozii fiind separați de elemente ceramice care asigură și captarea clorului.

Electrolitul este format din MgCl_2 și KCl , NaCl , CaF_2 și eventual CaCl_2 , menținându-se o concentrație de 10÷15% MgCl_2 .

Sub acțiunea curentului electric continuu, de 6÷7 V și densitate 50 A/dm², are loc disocierea:



iar magneziul fiind mai ușor se adună pe suprafața electrolitului, de unde se separă periodic, iar clorul se recuperează pentru fabricarea acidului clorhidric.

Magneziul brut se retopește în vederea rafinării cu ajutorul fluxurilor (așa numitele spălări cu flux), metodă industrială, obținându-se o puritate de 99,8÷99,9% Mg. Fluxurile folosite sunt alcătuite din MgCl_2 , KCl , BaCl_2 , CaF_2 , NaCl , CaCl_2 . Prin topire în cuptoare electrice la 700÷750°C și amestecare cu magneziul brut, impuritățile trec în zgură. Cea mai bună rafinare este însă rafinarea în vid.

După rafinare cuptorul se răcește până la temperatura de 670°C și magneziul se toarnă în blocuri.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

METALURGIA MAGNEZIULUI

Proprietățile și întrebuințările magneziului

Magneziul este un metal ușor, cu densitatea $1,74 \text{ g/cm}^3$. Este de culoare alb-argintie, ușor oxidabil în aer, se acoperă cu un strat de oxid mai puțin protector.

Principalele proprietăți fizico-mecanice se dau în *Tabelul 2.4*.

Tabelul 2.4. Proprietățile magneziului primar.

Proprietăți mecanice	Starea materialului		
	Turnat		Laminat
Rezistența la rupere, în daN/mm ²	10÷12		18
Alungirea, în %	2÷3		5
Duritatea, în HB	30		33
Proprietăți fizice	Gradul de puritate, în %		
	99,9	99,81	99,7
Temperatura de topire, în °C	651	656	649
Densitatea, în g/cm ³	1,738	-	-
Rezistivitatea, în Ω·cm ² /cm	4,4774	-	-
Conductivitatea termică (λ) la 20 °C, în cal·cm/cm ² ·°C·sec.	0,376	-	-

Magneziul are o rezistență satisfăcătoare la coroziune în atmosferă și în medii alcaline, fiind foarte sensibil la acizi și cloruri.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

METALURGIA MAGNEZIULUI

Proprietățile și întrebuințările magneziului

La cald reacționează violent cu oxigenul degajând o mare cantitate de căldură ($\text{Mg} + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{MgO} + 143000 \text{ cal.}$).

În stare pură, magneziul se folosește în industria chimică, în metalurgie și pirotehnie.

În construcția de mașini se folosesc aliajele de magneziu, din grupele cu mangan, aluminiu, zinc, aliaje apreciate după greutatea lor specifică mică și o bună rezistență mecanică și la coroziune.

Aliajele cu bază de magneziu excelează printr-o bună rezistență la vibrații (fiind ușoare), motiv pentru care se folosesc în construcția motoarelor de avion și automobile. De asemenea, din aliaje de magneziu se fabrică elice de avion, rezervoare pentru benzină și ulei, cartere, corpuri de pompă, șasiuri pentru aparate radio, binocluri, aparatură (camere) foto și video, componente mecanice pentru calculatoare etc.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA TITANULUI

Se extrage din minereuri de titan, din care se separă un concentrat de ilmenit, conținând 40÷45% TiO_2 , 30% FeO , 20% Fe_2O_3 și 5÷7% pulbere de steril (rocă). Ilmenitul este compusul natural $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$.



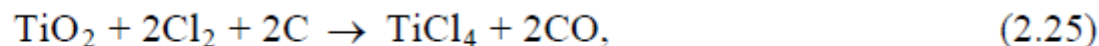
ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA TITANULUI

Elaborarea titanului

În vederea extracției metalurgice, concentratul împreună cu mangalul și antracitul se topesc în cuptor unde oxizii de fier și de titan se reduc. Ca urmare, fierul primește carbon și se formează fonta, iar oxizii de titan trec în zgură. Apoi se evacuează separat zgura și fonta, obținându-se deci o zgură de titan (care conține 80÷90% TiO_2 , 2÷5% FeO și impurități de SiO_2 , Al_2O_3 , CaO etc.). Fonta obținută și ea se utilizează în procesul metalurgic.

Zgura titanică, se supune clorurării în cuptoare speciale. Pe vatra cuptorului se încarcă un strat de cărbune care se încălzește sub acțiunea curentului electric, după care în cuptor se introduc brichete de zgură și se insuflă clor. La temperatura de 800÷1250°C, se produce următoarea reacție:



formându-se totodată și alte cloruri.

Tetraclorura de titan datorită diferenței de temperatură față de alte cloruri (CaCl_2 , MgCl_2 etc.), se separă de acestea în instalații speciale.



ELABORAREA METALELOR NEFEROASE

FABRICAREA TITANULUI

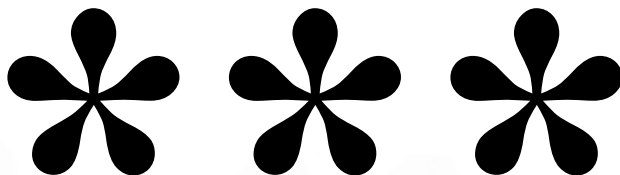
Elaborarea titanului

Titanul din tetraclorura de titan se separă la $950\div 1000^{\circ}\text{C}$ în reactoare speciale prin reacție cu magneziul, conform reacției:



Particulele de titan solide sunt înglobate într-un burete iar clorura de magneziu lichidă se scurge prin canalul de evacuare al reactorului. Buretele de titan conține $35\div 40\%$ Mg și MgCl_2 , de care scapă prin încălzire la $900\div 950^{\circ}\text{C}$ în vacuum (vid), operația se face sub vid pentru a se evita oxidarea titanului.

Lingourile de titan astfel obținute sunt poroase și se procedează la retopirea lor ca electrozi consumabili. Se obține astfel un titan de puritate $99,6\div 99,7\%$, iar după această a doua retopire, lingourile rezultă calitative și se pot supune prelucrării prin deformare plastică.





TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Suport curs

**PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR
PRIN TURNARE**



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

- Caracterizarea fabricării pieselor turnate
- Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Caracterizarea fabricării pieselor turnate

Prelucrarea materialelor metalice prin turnare, este o ramură a industriei construcțiilor de mașini, care se ocupă cu obținerea de piese fasonate sau organe de mașini, pe calea turnării metalului lichid într-o formă specială, a cărei cavitate reproduce configurația geometrică și la dimensiuni a piesei de fabricat.

Ulterior, prin răcire, metalul se solidifică și în stare solidă păstrează configurația formei în care a fost turnat.

În procesul de cristalizare primară și răcire ulterioară, metalul capătă proprietățile mecanice și de exploatare specifice pieselor turnate.

Prin turnare se fabrică piese metalice cu masa de la câteva grame până la 300 tone, cu lungimi de la câțiva centimetri la 20 m, cu grosime de perete de la 0,5 la 500 mm (blocul motor al cilindrilor, pistoanele, arborii cotiți, corpul și capacul reductoarelor, roți dințate, batiuri de mașini unelte pentru așchiere, batiuri pentru laminoare, palete de turbină etc.).



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Caracterizarea fabricării pieselor turnate

Pentru fabricarea de piese turnate se folosesc o multitudine de **metode de turnare**, dintre care, mai importante, sunt:

- în forme din amestec cu nisip, *Figura 3.1*;

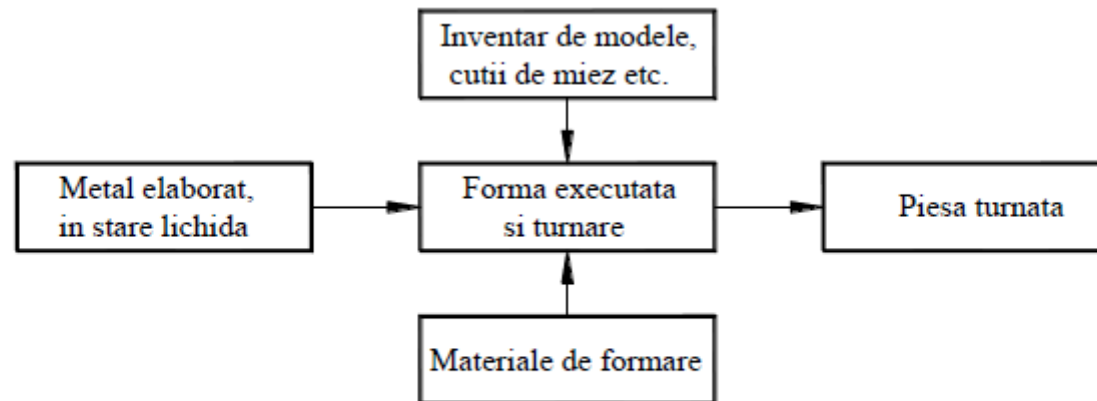


Figura 3.1. Schema simplă a obținerii unei piese prin turnare în forme din amestec cu nisip.

- în forme coji;
- cu modele ușor fuzibile;
- în forme metalice sau cochile;
- în forme antrenate centrifugal etc.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Caracterizarea fabricării pieselor turnate

Aplicarea uneia sau alteia dintre metodele de turnare, este determinată de mai mulți factori, dintre care cei mai importanți se pot enumera: volumul producției; precizia geometrică și dimensională cerută; calitatea suprafeței piesei turnate dorită; eficiența economică a fabricației.

Pe de altă parte, piesa turnată constituie un semifabricat, care pentru a fi adusă la cotele funcționale, se supune unor prelucrări ulterioare de așchiere, executate în afara turnătoriei, în altă secție a societății constructoare de mașini.

De asemenea, procesul fabricației poate fi însoțit și de unele tratamente termice, cu scopul detensionării sau pregătirii structurale pentru mai bune proprietăți fizico-mecanice sau de asigurare a unei bune așchiabilități.

Piese turnate se pot fabrica în turnătorii integrate societății constructoare de mașini (cazul cel mai frecvent în țara noastră) sau autonom cu un program omogen (tuburi, radiatoare) sau eterogen dar de produse speciale și de mari dimensiuni.

Forma de turnare, reprezintă un sistem de elemente care alcătuiesc cavitatea activă, prin umplerea căreia cu metal lichid și solidificarea acestuia se realizează piesa turnată, *Figura 3.2(a, b)*.

Forma de turnare este alcătuită din *semiforma inferioară 2 și superioară 6*, care este închisă în interiorul *ramelor 3 și 5*. Cele două rame sunt centrate cu ajutorul *știfturilor 4* care trec prin găurile urechilor *ramelor de formare*. Cavitatea formei se realizează cu ajutorul *modelului*, iar gaura interioară a piesei se realizează cu ajutorul *miezului 1*, reprezentat în *Figura 3.2(c)*, care se fixează în formă pe niște prelungiri denumite *mărți*. Pentru introducerea metalului topit în formă se prevede *rețeaua de turnare* alcătuită din: *pâlnia de turnare 8; canalele de alimentare 9; canalul de distribuție și colector de zgură 10 și răsuflătorile 11*. După umplerea formei, solidificarea metalului și răcire, forma se distruge și se obține *piesa 7* din *Figura 3.2(d)*.

PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Caracterizarea fabricării pieselor turnate

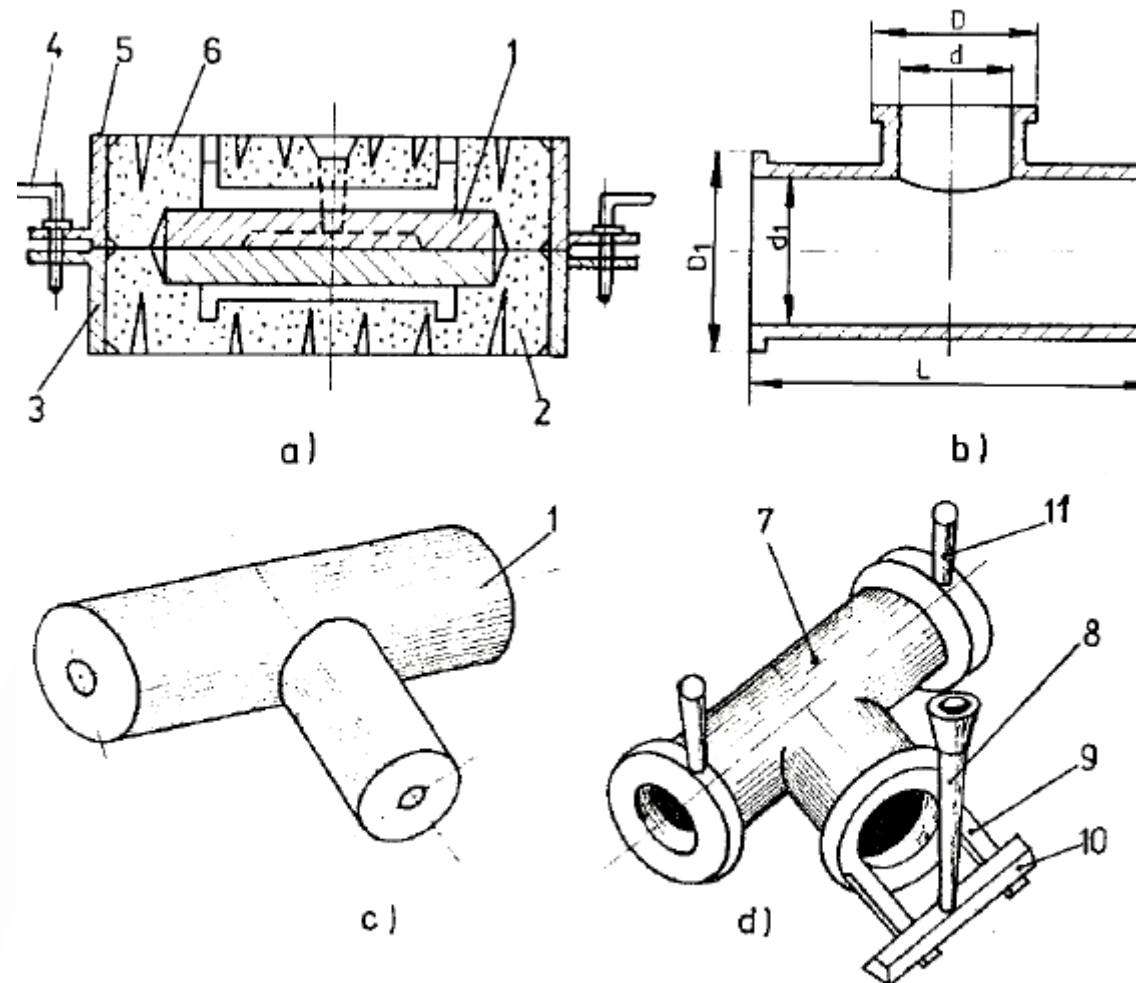


Figura 3.2. Forma de turnare și elementele ei:

a – forma de turnare; b – schița piesei de fabricat;

c – miezul; d – piesa turnată cu elementele rețelei de turnare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Caracterizarea fabricării pieselor turnate

Aliajele pentru turnătorie, constituie o largă gamă de materiale metalice, atât feroase cât și neferoase.

Dintre *aliajele feroase* deosebim: fonte cenușii, de înaltă rezistență și maleabile; oțeluri carbon și aliate.

Dintre *aliajele metalelor neferoase* se desprind mai ales: aliaje de cupru (alame și bronzuri); aliaje de zinc; aliaje de aluminiu; aliaje de magneziu; aliaje ale metalelor greu fuzibile; aliaje de titan; aliaje de molibden; aliaje de wolfram etc.

Aliajele pentru turnătorie trebuie să posede proprietăți superioare de **turnabilitate**, respectiv: o *fluiditate* cât mai bună; o *contractie* cât mai mică; *tendință de segregare și fisurare neglijabile* etc.

De asemenea, aliajele turnate, prin structura care se obține, trebuie să asigure pieselor turnate caracteristicile mecanice și de exploatare necesare.

Alegerea unui aliaj pentru diversele piese turnate, reprezintă o problemă deosebit de complexă, întrucât a ține cont de toate condițiile cerute, în coordonatele reale ale procesului de producție este aproape imposibil, iar atunci de mare importanță este cunoașterea turnabilității aliajului și corelarea performanțelor piesei turnate cu cerințele de exploatare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Este cea mai universală metodă, caracterizată de faptul că se aplică tuturor tipurilor de metale și aliaje și pentru orice tip de piesă.

Forma de turnare este temporară, adică servește numai pentru o singură turnare, respectiv pentru fabricarea unei singure piese.

Metoda de turnare cuprinde o serie de operațiuni în succesiune logică, trecând de la formă și asamblarea ei, elaborarea și turnarea metalului, până la obținerea piesei solide cu distrugerea formei și efectuarea controlului tehnic și recepției pieselor turnate. O schemă logică a procesului complet de fabricare a unei piese turnate în forme temporare din amestec se dă în *Figura 3.9*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

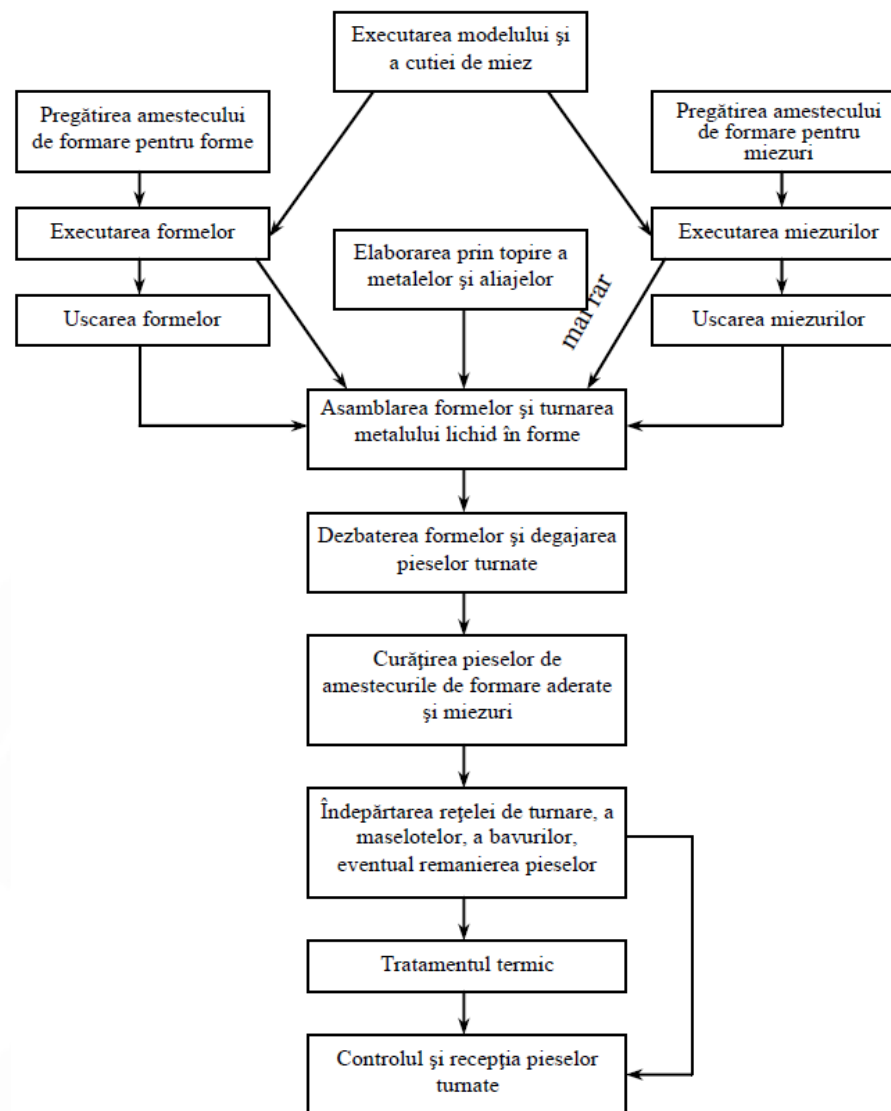


Figura 3.9. Schema procesului tehnologic de turnare în forme temporare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Inventarul de modele, reprezintă un ansamblu de elemente și dispozitive necesare executării formelor și miezurilor în care de regulă intră: modelul piesei; placa de model; cutii de miez; modele ale elementelor rețelei de turnare etc.

Modelul piesei, în vederea turnării, este dispozitivul cu ajutorul căruia se practică în formă, cavitatea activă, care are forma geometrică și dimensiunile apropiate de configurația piesei de obținut. Modelul poate fi, după complexitatea piesei, fără plan de separație, cu plan de separație și cu elemente detașabile.

Așa după cum se vede în *Figura 3.10*, plecând de la studiul desenului de execuție al piesei, *Figura 3.10(a)*, conceput de inginerul constructor-proiectant, inginerul tehnolog determină desenul semifabricatului turnat, *Figura 3.10(b)*.

Față de desenul de execuție, în desenul semifabricatului turnat pot să apară modificări de formă și dimensiuni. Aceste modificări sunt reclamate de precizia finală a piesei (care mai suferă și alte prelucrări) și de acele forme raționale ale piesei turnate, forme care dacă nu le-a cunoscut constructorul, trebuie să le creeze tehnologul.

Astfel, pentru realizarea unui model de turnătorie, corespunzător trebuie să se respecte o serie de principii de dimensionare și constructive.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

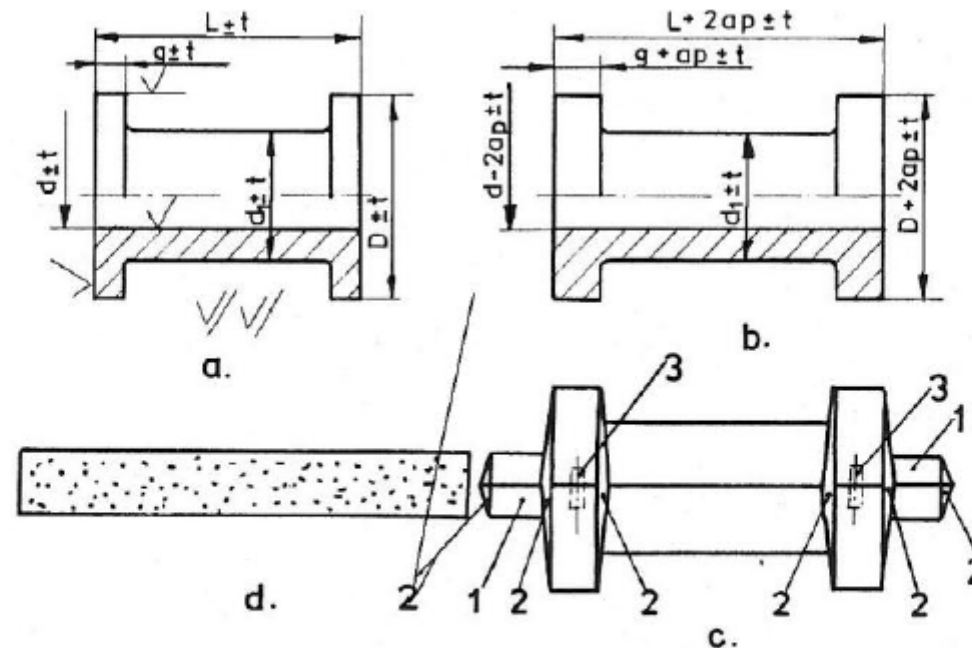


Figura 3.10. Elemente de proiectare a modelului:

a – desenul de execuție (schită) al piesei; b – desenul de execuție a piesei turnate; c – desenul de execuție al modelului; d – desenul de execuție al miezului; 1 – mărci de miez; 2 – înclinații pentru demulare; 3 – cepuri; a_p – adaos de prelucrare mecanică; t – toleranța la dimensiuni.

Dimensionarea modelelor. Principiile de dimensionare ale modelelor sunt aceleași pentru toate tipurile de metode de turnare, cu mici excepții, și sunt determinate de natura metalului turnat, materialul de formare, temperatura de formare, calitatea piesei turnate.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

O primă influență asupra dimensiunilor modelului, o manifestă *contractia metalului turnat în formă*. Dimensiunile piesei din desenul de execuție, *Figura 3.10(a)*, vor fi afectate în primul rând de adaosul de contracție, prin coeficientul de contracție α . În aceste condiții, orice dimensiune se calculează cu relația:

$$L_m = L_p [1 + \alpha(t_s - t_a)] \quad (3.5)$$

în care: L_m , L_p sunt dimensiunile liniare ale modelului, respectiv ale piesei;

α este coeficientul mediu de contracție al metalului turnat;

t_s – temperatura de solidificare a aliajului;

t_a – temperatura ambiantă (20 °C).

Relația (3.5) se aplică în metoda clasică de formare la temperatura ambiantă.

Dacă formarea se face la cald (forme coajă – la procedee speciale) și modificarea formei este neglijabilă, atunci dimensionarea modelului se va face cu relația:

$$L_m = \frac{\tilde{L}_p [1 + \alpha(t_s - t_a)]}{1 + \alpha'(t_f - t_a)} \quad (3.6)$$

în care: α' este coeficientul mediu de dilatare liniară a materialului din care este executat modelul;

t_f – temperatura modelului în momentul formării.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Dacă și forma suferă modificări, se contractă, atunci la proiectarea modelului trebuie să se țină cont și de acest fenomen.

În *Tabelul 3.1* se dau câteva valori ale coeficientului α de contracție al metalului turnat, iar în *Tabelul 3.2*, câteva valori medii α' ale coeficientului de dilatare a unor metale din care s-ar putea executa modelul.

Adaosurile de prelucrare trebuie prevăzute pe acele suprafețe ale modelului care vor genera părți ale piesei a căror precizie de formă, de poziție și dimensională, nu pot fi realizate din procesul de turnare. Mărimea adaosului de prelucrare $-a_p$ din *Figura 3.10(b)*, în funcție și de natura aliajului turnat și tehnologia de formare utilizată, este standardizată în SR ISO 8062:1995.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Tabelul 3.1.

Denumirea aliajului	Contrația liniară, [%]
Fontă cenușie	0,7÷1,0
Fontă maleabilă	1,0÷1,5
Oțel carbon și aliate	1,5÷2,2
Bronzuri cu staniu	1,0÷1,3
Bronzuri cu aluminiu	2,0÷2,4
Aliaje de aluminiu	0,8÷1,5
Aliaje de zinc	1,5
Aliaje de magneziu	1,25

Tabelul 3.2.

Metalul	Coeficientul de dilatare $\alpha' \cdot 10^{-6}$ (0-100°C)	Variația volumului de topire, [%]
Fier pur	12,5	+0,4
Aluminiu	27,4	+6,4
Antimoniu	10,0	+1,4
Bismut	13,0	-3,4
Cadmiu	31,0	+4,7
Cupru	16,5	+4,0
Plumb	29,0	+3,4
Magneziu	29,0	+3,8

Cum aceste adaosuri înseamnă pierdere de metal și consum de manoperă prin aşchiere, la alegerea lor se va tinde spre valorile minime.

Tot la dimensiuni, se prevăd apoi pe desenul de execuție al modelului și *toleranțele la dimensiuni* – *t* din Figura 3.10(b). Valorile toleranțelor pieselor turnate sunt prevăzute în SR ISO 8062:1995.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Principii constructive ale modelului. Modelul trebuie astfel conceput, încât să permită realizarea formei, extragerea sa (demularea) ușoară din formă, fără deteriorarea formei și asamblarea corectă a elementelor de formă, inclusiv a miezului, astfel:

- având în vedere că îndesarea amestecului pe model și extragerea modelului din formă se execută pe aceeași direcție (de regulă verticală), pe această direcție nu trebuie să existe zone moarte, *Figura 3.11*;

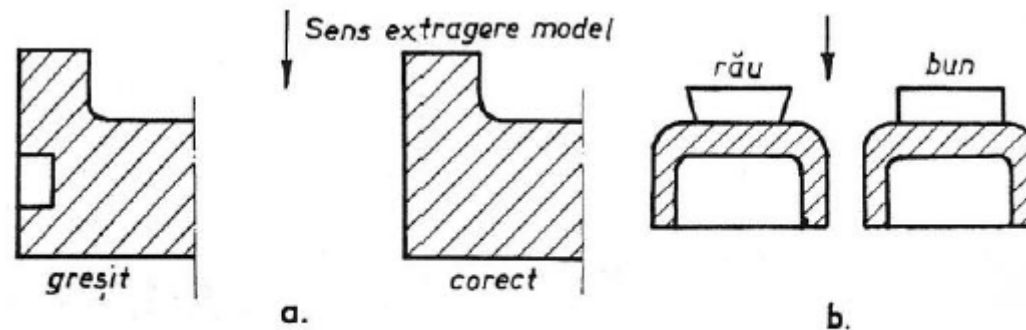


Figura 3.11. Exemple de formă geometrică piesă turnată în vederea extragerii ușoare a modelului.

- pentru a nu se lipi amestecurile de formare de suprafața modelului (și pentru a evita ruperea formei), modelele se prelucreză îngrijit pe suprafețele lor active;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea modelelor și a cutiilor de miez

- toate suprafețele paralele cu direcția de scoatere a modelului se fac ușor înclinate, evitându-se totodată și frecarea inutilă și periculoasă dintre model și formă, *Figura 3.12*. Valoarea înclinării α depinde de înălțimea peretelui, metoda de formare, nedepășind $3\div 5^\circ$, cu atât mai mică cu cât peretele este mai înalt și extragerea asigurată mecanic;

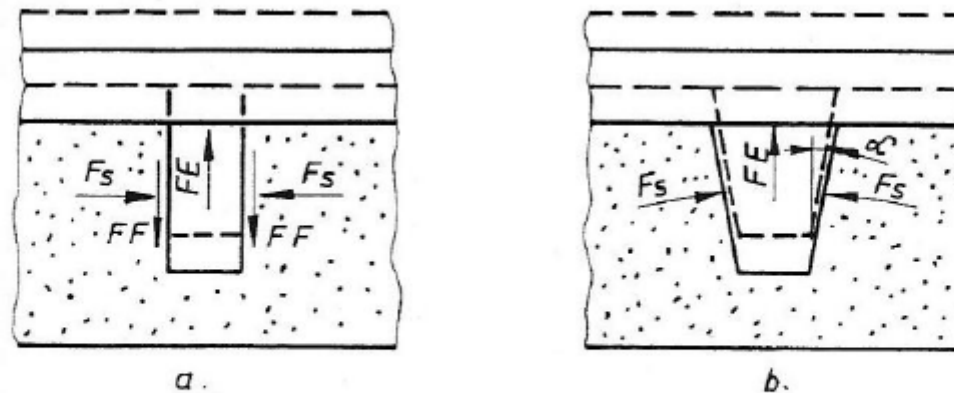


Figura 3.12. Efectele înclinării pereților modelului:

a – model fără înclinări; b – același model cu înclinări; F.E – forța de extragere model;
F.S – forța de apăsare a amestecului pe model; F.F – forța de frecare între model și formă.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

- toate unghiurile diedre sau poliedre vor fi racordate cu raze de racordare, *Figura 3.13*, cu atât mai mari cu cât unghiul este mai mic. Razele de racordare sunt impuse de fenomenele solidificării pentru a se evita la maximum tensiunile periculoase și fisurările și sunt proporționale cu grosimea pereților;

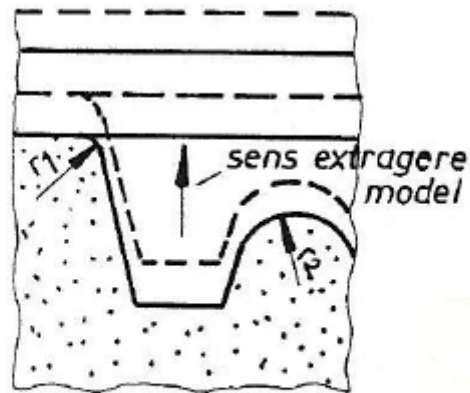


Figura 3.13. Aplicarea de raze de racordare la muchii și colțuri.

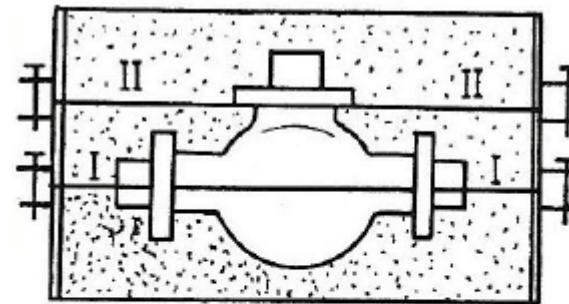


Figura 3.14. Influența complexității formei asupra numărului suprafețelor de separație:
I-I – plan de separație principal;
II-II – plan de separație suplimentar.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

- o problemă deosebită o constituie alegerea planului de separație al modelului, care este și al forme. Pe cât posibil, planul de separație să fie unic și de simetrie, un număr mai mare de plane de separație, îngreunează manopera formării și face dificilă obținerea preciziei piesei turnate. Numărul suprafețelor de separație, sigur, ține cont de complexitatea geometrică a piesei, suprafața principală de separație trebuind să tracă prin cea mai mare secțiune a piesei, respectiv a modelului, pentru a rezolva total problema extragerii modelului din formă, *Figura 3.14*;

- pentru asigurarea preciziei de contur geometric a piesei și nedeplasare la semiformă, modelul se assemblează pe planele de separație asigurându-se o centrare corespunzătoare, care se face cu cepuri și contracepuri, *Figura 3.10(c)*;

- modelele pentru piese cu goluri se completează și cu mărci, *Figura 3.10(c)*, care au rolul de a crea în formă suprafețe de sprijin și centrare a miezurilor. Diversele forme de mărci se prezintă în *Figura 3.15*.

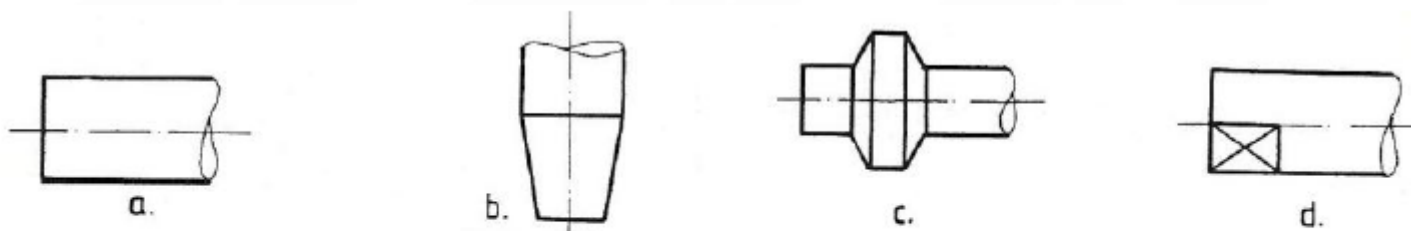


Figura 3.15. Tipuri de mărci:

a – cilindrică (miez orizontal); b – conică (miez vertical); c – cu guler (elimină deplasarea axială); d – cu țesătură (elimină rotirea).



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Față de principiile universale de mai sus, în cadrul procedeelor speciale de turnare, mai intervin și alte condiții specifice.

La proiectarea **cutiilor de miez**, în general se ține cont de aceleași principii ca și la modele.

În practica formării se întâlnește ca dispozitiv pentru formare, în loc de model simplu, așa numita **placă de model**, mai ales pentru metodele formării mecanizate, cu ajutorul mașinilor speciale. O placă de model are în suprafața activă atât modelul piesei cât și unele elemente ale rețelei de turnare, *Figura 3.16*.

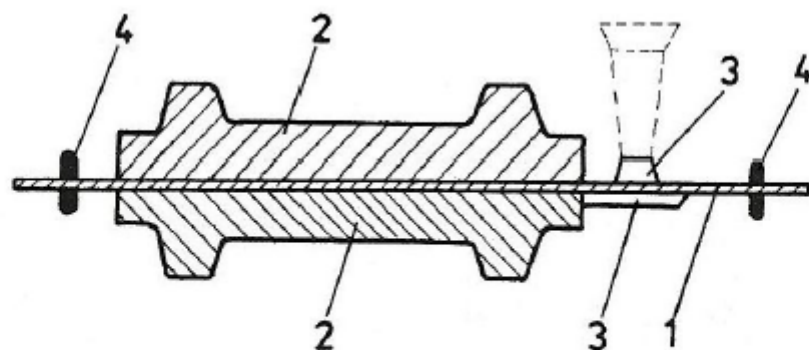


Figura 3.16. Placă de model:

1 – plăci; 2 – semimodele; 3 – elementele rețelei de turnare; 4 – cepuri de centrare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Modelele și cutiile de miez pentru fabricația unicat și de serie se execută din lemn, iar pentru producția de masă din fontă, aliaje de aluminiu și mase plastice.

Modelele din lemn se fac din esențe de *molid, tei, arțar, fag, stejar, cireș și nuc*. Teiul și arțarul sunt cele mai bune întrucât se prelucrează ușor și dau o suprafață netedă, fiind în același timp și mai puțin sensibile la umiditate.

Pentru precizarea destinației, modelele sunt anume **vopsite**, respectiv: *roșu* pentru turnarea fontei; *albastru* pentru turnarea oțelului; *galben* pentru neferoase; *negru* desemnează mărcile, *hașurul negru* marchează suprafețele prelucrate mecanic.

Modelele și cutiile de miez metalice se fac din semifabricate turnate, jucând la rândul lor rolul de model, după care se supun prelucrărilor mecanice de așchiere pe strunguri, mașini de rabotat, de frezat, de găurit etc. După prelucrare modelele se montează pe plăcile de model.

Aceste modele și cutii de miez metalice, folosite în producția de serie mare și masă au durabilitate bună, o precizie ridicată, o calitate superioară a suprafețelor și nu se deformează în perioada depozitării, ceea ce se răsfrânge și asupra calității pieselor turnate obținute.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Amestecuri pentru forme și miezuri

Prin **materiale de formare**, se înțelege *un conglomerat de materiale naturale și artificiale, care alcătuiește după caz amestecul pentru executarea formelor și respectiv amestecul pentru executarea miezurilor*.

Ca **materie primă de bază** se folosește de regulă *nisipul cuarțos*, iar ca liant diverse sorturi de *argilă* și alte substanțe.

Lianții folosiți, de fapt toate componentele amestecului, trebuie să posede o bună stabilitate chimică, pentru a rezulta piese fără arsuri și aderențe. În acest scop se utilizează și substanțe speciale ca adaos, cum sunt praful de piatră, grafitul etc.

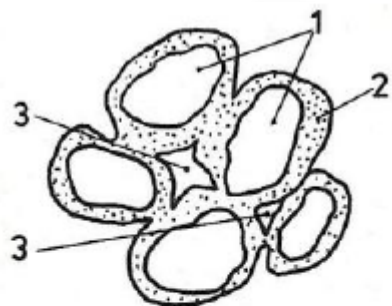


Figura 3.17 Schema macro a unui

. nisip de turnătorie:

- 1 – granule de nisip cuarțos;
- 2 – peliculă de argilă umedă;
- 3 – spații goale (pori).

Amestecul de formare, multicomponent, trebuie preparat după o rețetă care să corespundă metalului turnat și procedului de turnare ales. O structură macro, a unui amestec se vede în *Figura 3.17*.

După modul de utilizare, amestecurile de formare se împart în următoarele trei categorii: amestecuri de model sau de perete; amestecuri de umplutură; amestecuri unice.

Amestecul de model, este folosit pentru a executa stratul din suprafața activă a formei și este alcătuit din materiale de calitate (nisip și liant) și

posedă ridicate proprietăți fizico-mecanice și de plasticitate.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Amestecuri pentru forme și miezuri

Amestecul de umplură, este amestecul care se introduce în formă peste cel de model și asigură umplerea și consolidarea formei în vederea turnării. Acest amestec cuprinde și un procent ridicat din amestecul recirculat după o anumită preparare, respectiv, concasare, separare magnetică și cernere.

Amestecul unic, este amestecul care prin calitățile sale suplinește condițiile cerute atât de amestecul de model cât și de cel de umplură. Aceste amestecuri se folosesc în metodele formării mecanizate, cu ajutorul mașinilor de format și sunt mai scumpe.

Metoda folosirii succesive a celor două amestecuri de formare, de perete și respectiv de umplură, se întâlnește mai ales la turnarea unor piese mari și de formă complexă.

Pe de altă parte, după natura metalului turnat, se deosebesc: amestecuri pentru turnarea fontei; amestecuri pentru turnarea oțelului; amestecuri pentru turnarea neferoaselor, pentru care se prescriu anumite proprietăți, stipulate în literatura tehnică.

Amestecurile de formare, indiferent de tipul lor, trebuie să satisfacă următoarele caracteristici importante: refractaritate, rezistență mecanică, plasticitate, compresibilitate, permeabilitate la gaze și altele.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Amestecuri pentru forme și miezuri

***Refractaritatea**, este capacitatea amestecului și formei de a rezista la înmuiere sau topire sub acțiunea temperaturii metalului lichid. Din acest punct de vedere, cu cât nisipul va fi mai grosolan, cu cât conținutul de impurități va fi mai mic și cu cât praful de piatră va fi în procent mai ridicat, cu atât și refractaritatea amestecului va fi mai bună. Dacă refractaritatea amestecului de formare este necorespunzătoare pentru metalul ce se toarnă, atunci se formează pe suprafața piesei și în mod deosebit în detalii înguste (întrânde), cruste, aderențe, greu de îndepărtat și care necesită mult travaliu suplimentar.*

***Rezistența mecanică**, trebuie să asigure nedeteriorarea formei la extragerea modelului, la manipulări în procesul de depozitare, uscare, asamblare, transport și turnare. Rezistența mecanică va crește cu creșterea conținutului de liant, a compactității și micșorării granulației nisipului.*

***Permeabilitatea la gaze**, trebuie să fie astfel încât să permită în procesul de turnare și solidificare să se elimine gazele și vaporii. Va fi cu atât mai ridicată, cu cât granulația nisipului este mai mare și în procent ridicat în rețeta amestecului și respectiv cu cât liantul se găsește în cantitate mai mică.*

***Plasticitatea**, este capacitatea amestecului de formare de a se deforma plastic fără distrugere, astfel încât în procesul de formare să preia toate detaliile modelului, adică să muleze foarte bine la suprafața modelului. Plasticitatea va fi cu atât mai bună cu cât nisipul va fi mai fin și cu cât conținutul de liant și apă vor fi mai ridicate.*



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Amestecuri pentru forme și miezuri

Compresibilitatea, este capacitatea amestecului de formare, pentru forme și miezuri, de a se comprima sub acțiunea efectului de contracție al metalului turnat, în curs de solidificare și răcire. În caz contrar, piesa rezultă deformată, tensionată și chiar fisurată și cu crăpături.

Toate aceste caracteristici se pun în evidență pe calea încercărilor standardizate, pe o aparatură special creată, care alcătuiește așa numita *trusă de turnătorie*, iar aducerea amestecului de formare la valorile prescrise pentru diversele proprietăți, se face pe calea preparării în instalații speciale. O schemă a procesului de preparare a amestecului de formare este redată în *Figura 3.18*.

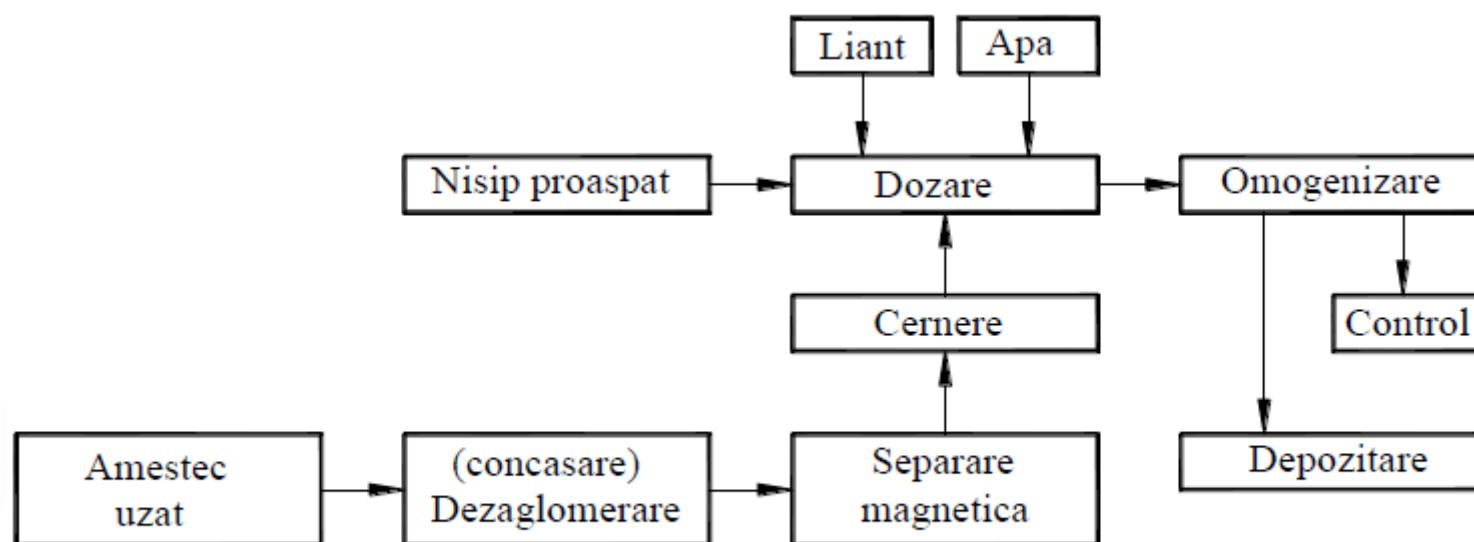


Figura 3.18. Schema de preparare a amestecului de formare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Amestecuri pentru forme și miezuri

În funcție de destinație, proprietățile amestecului de formare se asigură prin compoziția granulometrică, definită conform STAS 5609-87.

De mare importanță este apoi rețeta amestecului, respectiv procentul de participare a componentelor: nisip natural, liant argilos, apă și după caz alte componente și adaosuri.

În general, conținutul de argilă pentru aliajele turnate în forme crude nu depășește 8÷10%, pentru formele uscate nedepășind 15%.

Umiditatea amestecului de formare se încadrează, în general, în limitele 4,5÷5,5% indiferent de aliajul turnat.

Amestecurile de miez, sunt mai scumpe decât cele pentru forme, sunt îngrijit preparate și datorită acțiunilor termice și mecanice deosebite la care sunt supuse miezurile în procesul de turnare, trebuie proprietăți ridicate de refractaritate, permeabilitate la gaze, compresibilitate, să nu degaje gaze în reacție cu metalul lichid și să se dezbată ușor din piesă după solidificarea și răcirea acesteia.

Pe lângă amestecurile de formare și de miez, normale, mai sus prezentate, în practica turnării se utilizează și amestecuri speciale, respectiv cu întărire prin încălzire, cu rășini sintetice, cu sticlă solubilă și întărire cu CO₂, amestecuri cu autoîntărire la rece etc., amestecuri care vor fi prezentate în cadrul procedeele speciale de turnare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

În vederea executării formelor, trebuie precizat alături de model și amestecul de formare și tipul rețelei de turnare, respectiv de introducere a metalului topit în formă.

Pentru obținerea de piese calitativ superioare, o rețea de turnare, trebuie să asigure următoarele condiții:

- umplerea formei în timp determinat, corespunzător turnabilității optime a metalului sau aliajului lichid;
- umplerea să se facă uniform și continuu;
- să asigure evacuarea aerului și gazului din formă;
- să rețină zgura metalului turnat;
- să asigure controlul umplerii formei cu metal lichid.

Toate aceste condiții trebuie satisfăcute prin dimensionarea și construcția rețelei de turnare.

Pentru a defini mai bine rețeaua de turnare, să ne referim la elementele **rețelei normale de turnare**, la care în mod constant se întâlnesc elementele: pâlnia de turnare; piciorul pâlniei de turnare; canalul de distribuție și colectare a zgurii și canalele de alimentare, a căror semnificație se dă în *Figura 3.19*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

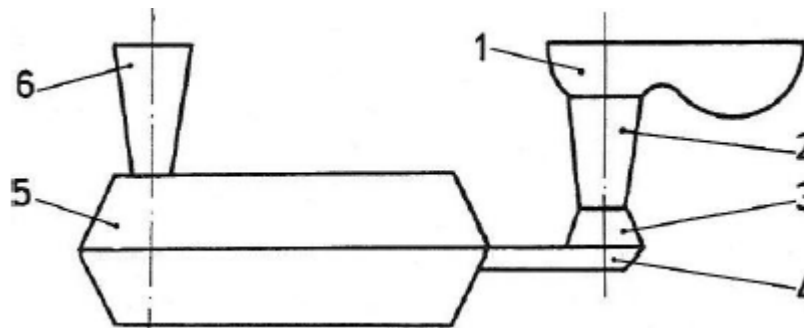


Figura 3.19. Rețeaua normală de turnare:

- 1 – pâlnie de turnare;
- 2 – piciorul pâlniei;
- 3 – canal de turnare;
- 4 – canal de alimentare;
- 5 – piesa;
- 6 – canal de evacuare aer, gaze (răsufătoare).

Pâlnia de turnare, prin formă și dimensiuni, trebuie să evite stropirile și turbionările și poate fi de diverse tipuri, așa cum se vede pe *Figura 3.20*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

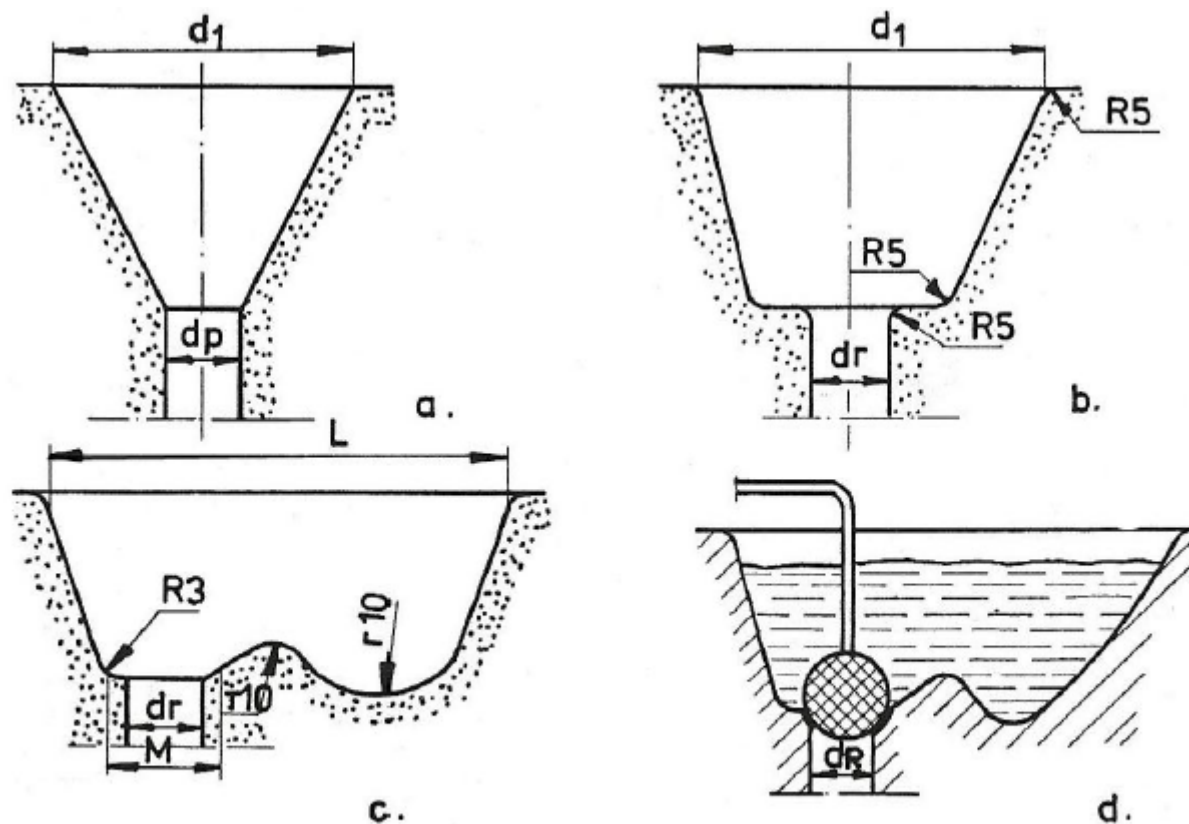


Figura 3.20 Tipuri de pânii de turnare:

a – conic; b – conic cu prag; c – oval; d – oval cu dop.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

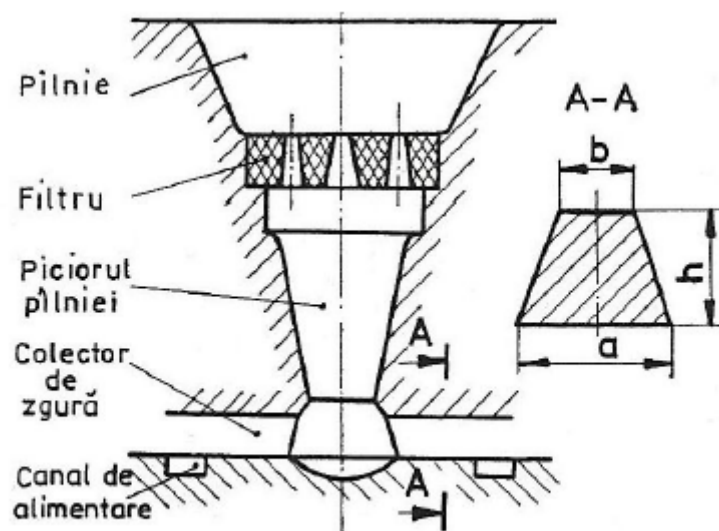


Figura 3.21. Schema picioarului de alimentare cu filtru.

Forma din *Figura 3.20(c, d)*, cu prag asigură reținerea zgurii provenită din metalul deversat din oala de turnare.

Picioarul de alimentare (picioarul pâlniei) se face invers conic pentru a evita ruperea coloanei de lichid, iar pentru înlăturarea mai eficace a zgurii se prevăd la partea superioară și cu filtre, așa cum se vede pe *Figura 3.21*. Dimensiunile filtrelor sunt cuprinse în STAS 4634-88.

Canalul de distribuție și colectare a zgurii prin lungime și poziție orizontală asigură alimentarea în toate punctele de atac ale piesei și are, în general, o secțiune trapezoidală (de exemplu, în *Figura 3.21*, secțiunea A-A).

Canalele de alimentare sunt canalele care introduc direct metalul în formă și fac legătura între canalul de distribuție și colectare a zgurii și cavitatea formei.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

Canalele de alimentare, *Figura 3.21*, atacă piesa de regulă în zonele cele mai subțiri, iar unghiul de atac să nu degradeze pereții formei. Din acest punct de vedere de mare importanță este și înălțimea punctului de atac în raport cu forma, deosebindu-se trei **moduri fundamentale de turnare** și anume:

- turnarea directă sau de sus;
- turnarea din lateral;
- turnarea indirectă sau prin sifon, așa cum se vede pe *Figura 3.22*.

Canalele de evacuare, completează rețeaua de turnare și respectă cu elementele rețelei și cavitatea formei principiul vaselor comunicante, *Figura 3.22*.

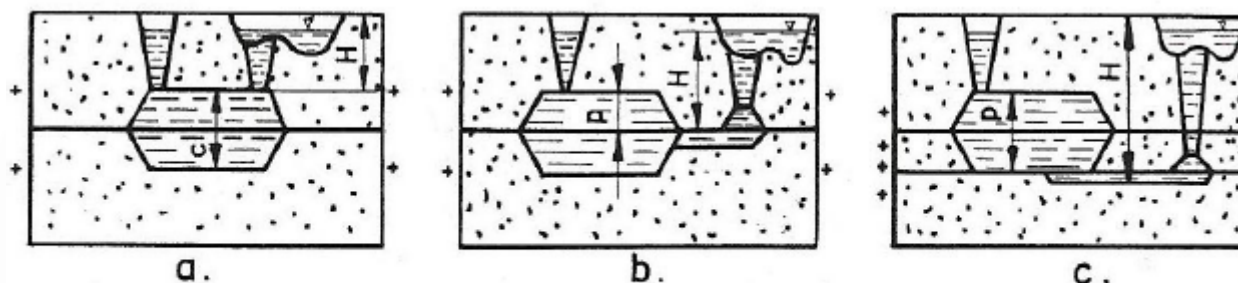


Figura 3.22. Înălțimea de atac H în funcție de metoda de turnare:
a – turnare directă; b – turnare laterală; c – turnare indirectă.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

La baza **dimensionării rețelei de turnare** stă principalul criteriu acoperitor, respectiv timpul de umplere a formei, care trebuie să fie mai mare decât timpul de evacuare al aerului și gazelor din formă și mai mic decât cel al turnabilității optime, al fluidității suficiente.

Calculul de dimensionare al rețelei de turnare, presupune în primul rând determinarea secțiunii totale a canalelor de alimentare, considerată ca cea mai mică din rețea. Secțiunea celorlalte elemente ale rețelei de turnare, respectiv canalul de distribuție și al piciorului de alimentare se determină pe bază de date experimentale în funcție de secțiunea alimentatorilor.

Exemplificând un mod de calcul, pentru cazul cel mai general industrial, respectiv al turnării de piese mici și mijlocii și concretizând pentru grosimea minimă de perete de $g_{min}=2,5$ mm și masa maximă a piesei $M_{max}=200$ Kg, secțiunea totală a alimentatorilor se poate determina cu relația:

$$S_a = \frac{M}{\mu \cdot t \cdot 0,31 \sqrt{H_p}} \text{ [cm}^2\text{]}, \quad (3.7)$$

în care: M este masa piesei turnate, în Kg;
 t – durata turnării, în s;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

$$t = S \cdot \sqrt{M} \quad [\text{s}], \quad (3.8)$$

- S – un coeficient funcție de grosimea minimă a pereților, de exemplu:
- pentru $g_{\min}=3\div 5$ mm corespunde $S = 1,63$;
 - pentru $g_{\min}=5\div 8$ mm corespunde $S = 1,85$;
 - pentru $g_{\min}=8\div 15$ mm corespunde $S = 2,20$;
- μ – coeficient de debit, a cărui valoare este funcție de natura metalului turnat și se încadrează între limitele:
- $\mu=0,27\div 0,55$ – pentru fontă;
 - $\mu=0,30\div 0,41$ – pentru oțel;
 - $\mu=0,60\div 0,70$ – pentru neferoase;
- H_p – presiunea metalostatică, funcție de înălțimea de atac a canalelor de alimentare și care se determină cu relația:

$$H_p = \frac{2H \cdot C - P^2}{2C} \quad [\text{cm}], \quad (3.9)$$

- H – înălțimea coloanei de metal măsurată de la nivelul canalelor de alimentare, *Figura 3.22*;
- C – înălțimea maximă a piesei în formă;
- P – înălțimea piesei măsurată de la nivelul canalelor de alimentare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

Înlocuind în relația (3.9) datele conform *Figurii 3.22*, cu următoarele particularizări pentru H_p , rezultă:

- la turnarea directă: $P = 0$ și $H_p = H$
- la turnarea laterală: $P = C/2$ și $H_p = H - C/8$
- la turnarea prin sifon: $P = C$ și $H_p = H - C/2$

Înlocuind acum totul în relația (3.7), pentru un caz dat va rezulta secțiunea totală a alimentatorilor.

Pentru celelalte canale ale rețelei S_{cz} (colectorul de zgură și de distribuție) și S_p (secțiunea medie a piciorului pâlniei), în baza principiului umplerii formei cu rețeaua plină, respectiv al continuității debitului, având în vedere accelerația gravitațională trebuie în general să se ajungă la un șir convergent în sensul scăderii gravitaționale, respectiv:

$$S_a < S_{cz} < S_p. \quad (3.10)$$



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

În practică se utilizează rapoartele supraetajate, considerând $S_a = 1$, rapoarte specifice pentru metalul turnat și care se înscriu cu valorile:

- pentru fontă: $S_p : S_{cz} : S_a = 1,15 : 1,1 : 1$;

- pentru oțel: $S_p : S_{cz} : S_a = 1,6 : 1,3 : 1$;

- pentru aliaje de Cu și Zn: $S_p : S_{cz} : S_a = 2,0 : 1,5 : 1$;

- pentru aliaje de Al și Mg: $S_p : S_{cz} : S_a = 1,25 : 1,5 : 1$.

Pentru cazul pieselor mari, cu masa de peste 200 Kg, secțiunea alimentatorilor se determină cu relația mai simplă:

$$S_a = \frac{M}{k \cdot t} \text{ [cm}^2\text{]}, \quad (3.11)$$

în care: t este durata turnării, în s;

k – viteza de turnare în funcție de natura metalului și a cărei valori se dau în literatura de specialitate.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea formelor

Executarea unei forme cu pereți groși din amestec cu nisip, presupune efectuarea următoarelor operații:

- îndesarea amestecului de formare în rame pentru obținerea configurației geometrice a piesei prin mulare perfectă pe model, ca și pentru asigurarea unei rezistențe suficiente;
- executarea canalelor de ventilare pentru evacuarea mai ușoară a gazelor rezultate în procesul de turnare;
- extragerea modelului din formă (demularea);
- finisarea și asamblarea formei în vederea turnării.

După gradul de mecanizare, se disting două direcții: formare manuală, cu mai multe variante și formare mecanizată, cu mai multe variante.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

Se aplică pentru obținerea de piese unicat sau câteva bucăți în condiții date ale procesului de producție (investiții mici) și respectiv pentru piese mari de până la 200 tone.

Se deosebesc mai multe variante ale formării manuale, dintre cele mai uzuale enumerându-se:

- formarea în solul turnătoriei;
- formarea în rame cu model secționat (cu plan de separație);
- formarea cu șablonul;
- formarea cu miezuri;
- formarea cu nisip și sticlă solubilă întărit cu CO_2 .

Inventarul de scule pentru formarea manuală și tipurile de rame cu particularități constructive, sunt probleme abordate în cadrul lucrărilor de laborator de la disciplina de *Tehnologia materialelor*, probleme prezentate în îndrumarul de lucrări practice.

Formarea în solul turnătoriei. Cunoaște două subvariante: *în sol deschis cu model monolitic*, pentru piese simple, fără goluri sau cu goluri simple și fără pretenții de calitate (de exemplu, bare, grătare sau elemente de grătar pentru focare, contragreutăți etc.) și *formare închisă*, când se folosește și o ramă suplimentară care rezolvă precizia piesei și la partea ei superioară, *Figura 3.23*.

PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

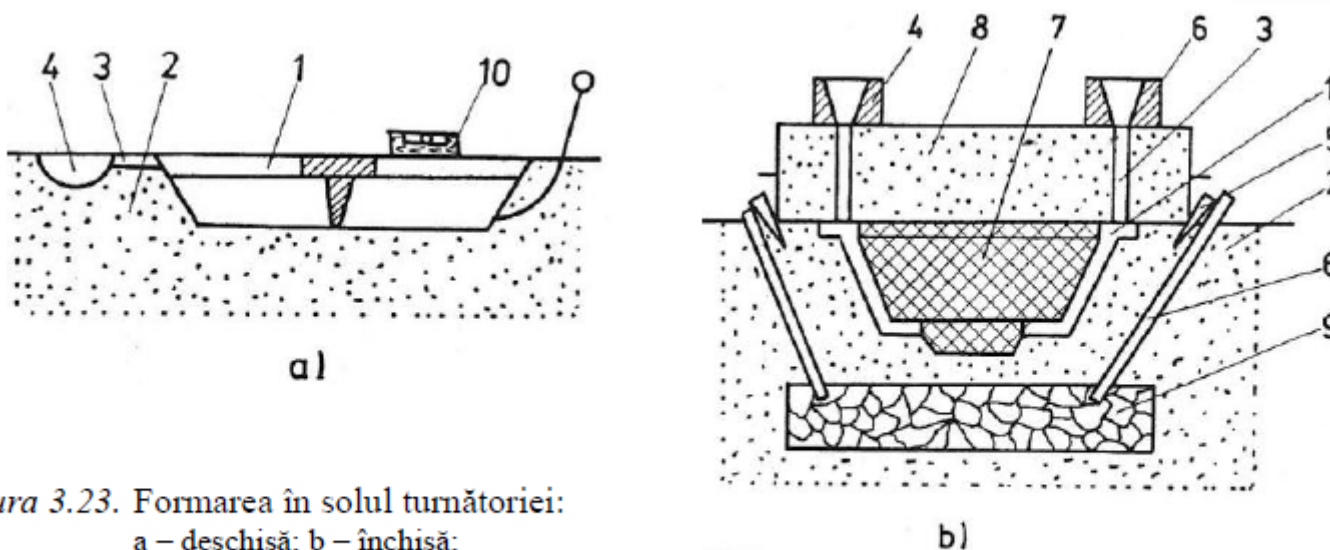


Figura 3.23. Formarea în solul turnătoriei:

a – deschisă; b – închisă;

1 – modelul; 2 – patul de formare în sol în prealabil pregătit; 3 – canal de alimentare; 4 – pâlnie de turnare; 5 – pene; 6 – țevi pentru aerisire și evacuare gaze; 7 – miez; 8 – ramă suplimentară; 9 – strat de cocs; 10 – nivelă cu bulă de aer.

Formarea în rame. Formarea în rame, cu model se execută în două sau mai multe rame de formare, de diferite dimensiuni și construcții, folosind modele de lemn sau metalice, și este procedeul de formare practicat cel mai frecvent.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

Modelul folosit poate fi executat dintr-o singură bucată, caz în care se formează în rama superioară rețeaua de turnare și eventual maselotele, *Figura 3.24*, sau din părți distincte, separate prin unul sau mai multe plane de separație, care coincid cu planul de separație al formei, *Figura 3.2(a)*. Executarea modelului demontabil este impusă de necesitatea scoaterii acestuia din formă, după batere.

În ambele cazuri, principalele faze de formare sunt prezentate în *Figura 3.25*. Astfel, conform figurii, avem:

1 – așezarea modelului *m* sau a semimodelului inferior (cu găuri de centrare) pe planșetă;

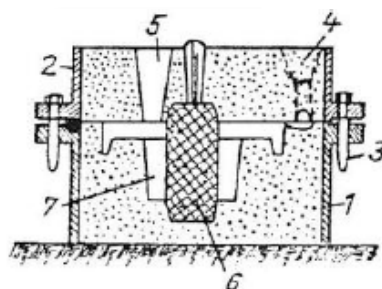


Figura 3.24. Formarea în rame cu model
dintr-o singură bucată:

1 – ramă de formare inferioară; 2 – ramă de formare superioară; 3 – cep de ghidare; 4 – pânză de turnare; 5 – maselotă deschisă; 6 – miez; 7 – cavitatea formei.

2 – așezarea ramei inferioare (cu urechi de centrare) pe planșetă, cu urechile pentru știfturi în jos, centrată cu modelul și pudrarea feței modelului cu o pudră de izolație care poate fi: *pudră de lycopodiu* obținută din sporii algei *Lycopodium clavatum* sau *praf de cuarț* (marșalita) obținut prin măcinarea fină a nisipului cuarțos. Cu aceeași pudră se pudrează și planul de separație al formei, respectiv planșeta pe care se materializează inițial acesta. Pudra are rolul de a preveni

aderența amestecului de formare la model și aderența dintre cele două semiforme;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

3 – cu ajutorul sitei se cerne peste model un amestec afânat numit *de model* sau *de perete*, în grosime de 20÷30 mm și îndesarea amestecului de model peste și în jurul modelului, în majoritatea cazurilor cu vârfurile degetelor, insistând mai ales asupra părților mai complicate ale modelului;

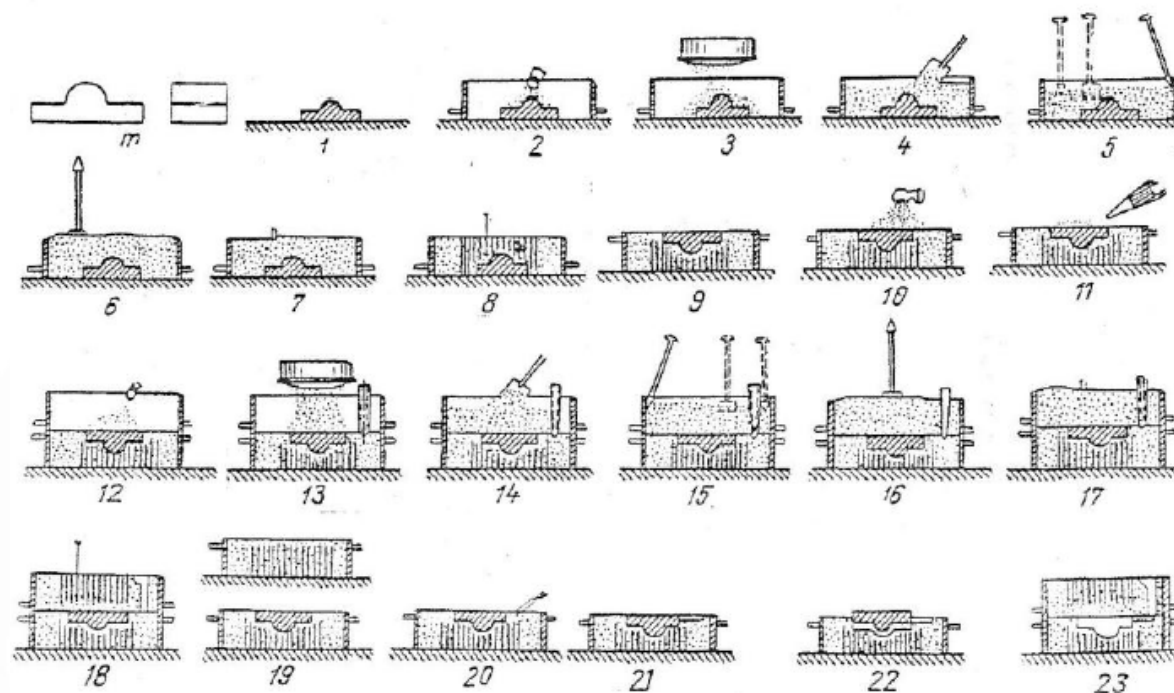


Figura 3.25. Succesiunea fazelor de lucru la formarea în două rame, cu model:

m – model; 1, 2, ..., 22 – fazele formării; 23 – forma pregătită pentru turnare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

- 4 – se adaugă cu lopata amestec de umplutură în straturi de până la 120 mm grosime;
- 5 – fiecare strat se bate cu partea ascuțită a băătorului, începând de la margini către centru (pentru formarea legăturii cu ramele) și nu prea insistent deasupra modelului pentru a nu înrăutăți permeabilitatea la gaze a formei;
- 6 – ultimul strat cu vârf de la partea superioară a ramei se bate cu partea lată a băătorului;
- 7 – se rade surplusul de amestec de formare cu ajutorul unei rigle de lemn sau metal (linial) care se ghidează pe marginea superioară a ramei. Se obține astfel o suprafață plană în vederea așezării pe planșetă sau pe patul de turnare;
- 8 – practicarea orificiilor de aerisire cu ajutorul acului de oțel. Aceste orificii, care servesc pentru evacuarea gazelor degajate în timpul turnării și solidificării, se execută deasupra modelului, până la 20÷30 mm de suprafața acestuia, pentru a nu-l deteriora;
- 9 – folosindu-se mânerul ramei, se întoarce semiforma inferioară cu 180° în plan vertical și se așează pe planșetă cu suprafața de separație în sus, după care se pot efectua și unele reparații, cu ajutorul sculelor de formare, dacă este cazul;
- 10 – pudrarea modelului și a suprafeței de separație. În cazul utilizării modelelor secționate, înainte de pudrare, se centrează semimodelul superior (cu știfturi de centrare) peste cel superior;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea formelor Formarea manuală

11 – suflarea ușoară a pudrei pe suprafața de separație pentru uniformizare și obținerea unui strat subțire;

12 – montarea ramei superioare, prin ghidare pe cepuri (știfturi) în găurile din urechile ramei inferioare, așezându-se totodată și modelele rețelei de turnare ale răsuflătorilor sau maselotelor. Se recomandă canale de alimentare scurte, care se sapă direct în procesul formării, iar răsuflătorile să se amplaseze în partea cea mai înaltă a piesei;

13, 14, 15, 16 și 17 – repetarea fazelor *3, 4, 5, 6* respectiv *7*, pentru realizarea semiformei superioare;

18 – tăierea cu lanțeta și formarea pâlniei de turnare, extragerea modelelor rețelei de turnare și ale răsuflătorilor și practicarea orificiilor de aerisire;

19 – ridicarea cu atenție și întoarcerea cu 180° în plan vertical a semiformei superioare și așezarea acesteia pe planșetă. Nu se admit neteziri sau planări în suprafața de separație pentru că se deteriorează astfel etanșarea cavității formei, riscând curgerea metalului la turnare prin planul de separație;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

20 – în planul de separație al semiformei inferioare se taie cu lanțeta canalele de alimentare, care fac legătura între piciorul pâlniei de alimentare și cavitatea formei prin intermediul canalului de distribuție și colectare a zgurii din semiforma superioară în planul de separație. La fel se procedează și în cazul când răsuflătorile sunt practicate nu direct deasupra cavității formei, ci lateral, în planul de separație;

21 – netezirea canalelor de alimentare tăiate, eventual ale răsuflătorilor;

22 – demularea – extragerea semimodelelor sau modelelor din forme. Pentru aceasta, întâi se umezește amestecul de formare pe conturul modelului, în planul de separație, cu o pensulă și apă pentru evitarea deteriorării muchiilor vii ale cavității formei. Folosind ciocanul de mână (obișnuit din lemn sau cauciuc) se introduce cuiul extractor în orificiul special din model sau semimodel și se bate ușor cu ciocanul în plan orizontal, în direcții opuse, pentru a forma un mic joc între model și formă. După aceasta, cu atenție, se extrag modelele perfect pe verticală dintr-o semiformă sau, după caz, din ambele semiforme. În eventualitatea unor deteriorări ale cavității în timpul demulării, cu ajutorul sculelor din trusă se execută reparațiile necesare;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

23 – asamblarea formei în vederea turnării. Dacă este cazul, se așează miezul sau miezurile în semiforma inferioară prin intermediul mărcilor. În continuare, se execută rabaterea semiformei superioare cu suprafața de separație în jos și aducerea ei în poziția de asamblare, care se face în afara semiformei inferioare și nu deasupra ei pentru a nu cădea eventual amestec de formare peste semiforma inferioară, urmând asamblarea și consolidarea ramelor în vederea turnării. Consolidarea este necesară pentru ca semiforma superioară să nu fie ridicată de presiunea metalostatică la turnare. După caz, formele se usucă sau se vopsesc, uneori pudrându-se numai cu pudră refractară.

Formarea cu șablonul. Se aplică în cazul fabricării unor piese unicat, care au formă de revoluție cu șabloane de rotație și mai rar pentru alte piese sau detalii manevrând șabloane de translație. Șabloanele, mai simple, înlocuiesc modelele de la metodele anterioare. Cel mai simplu, șabloanele se fac din lemn cu marginea curată, *Figura 3.26*,



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

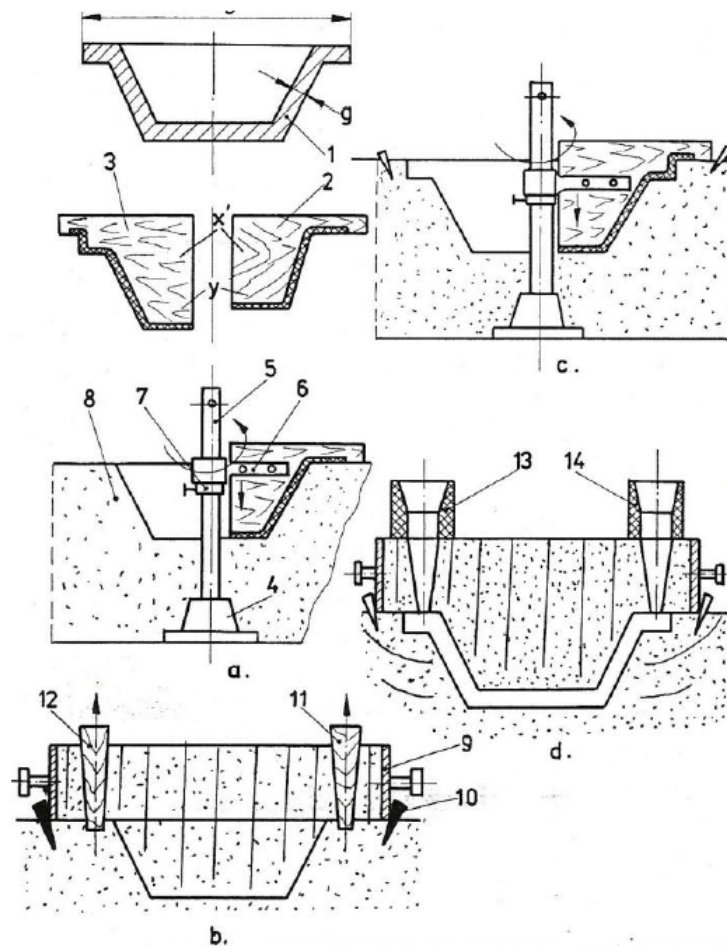


Figura 3.26. Succesiunea operațiilor de formare cu șablonul:

1 – schița piesei; 2, 3 – șabloane; 4 – suport; 5 – ax; 6 – braț; 7 – limitator; 8 – pat de formare;
9 – ramă; 10 – pene; 11, 12 – modele rețea de turnare; 13, 14 – pâlniile rețelilor de turnare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

iar pentru manevrarea șablonului în proces se folosește un dispozitiv special, respectiv un ax vertical sau orizontal pe care se prevăd și brațele de prindere a șabloanelor și inelele limitatoare. Pentru exemplificare să urmărim succesiunea operațiilor din *Figura 3.26*, care este următoarea:

- se pregătesc *șabloanele 2, 3* și dispozitivul de manevrare alcătuit din *suportul 4* și *axul 5*, ax pe care glisează *brațul 6* și *inelul limitator 7*, precum și *patul de formare 8*;
- prin șablonare conform săgeților din *Figura 3.26(a)*, folosind șablonul 2 se practică în sol cavitatea care va genera suprafața interioară a *piesei 1*;
- se extrage axul 5 și se execută o formare în sol acoperită (tehnologie anterior prezentată) utilizând *rama 9*, *penele 10* și *modelele 11, 12* pentru rețeaua de turnare, *Figura 3.26(b)*;
- după execuția ramei, aceasta se ridică, se întoarce cu 180° și se finisează. Se introduce din nou axul 5 cu șablonul 3, *Figura 3.26(c)*, șablonându-se suprafața exterioară a *piesei 1*;
- se scoate apoi din nou axul 5 și se procedează la asamblarea forme în vederea turnării, prevăzându-se și *pâlniile 14 și 15*, *Figura 3.26(d)*.

Formarea cu miezuri. Se practică în cazul producției de serie mare și de masă la fabricarea unor piese de configurație complexă cum sunt, blocuri motor, chiulase, cilindri și alte piese în construcția de mașini.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

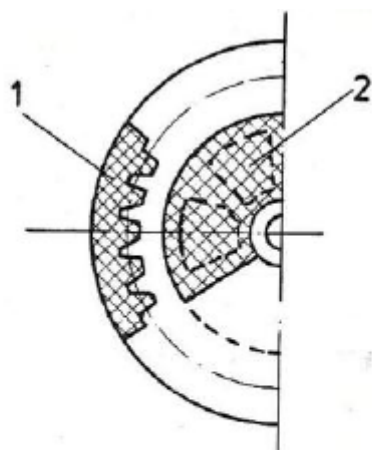


Figura 3.27. Formarea în miezuri:

1 – miez exterior (segmenti asamblați);

2 – miez interior (segmenti asamblați).

Metoda presupune realizarea unui gol (a unei cavități) numai cu ajutorul miezurilor, generându-se astfel atât suprafața interioară cât și cea exterioară a piesei.

Metoda prezintă importante avantaje: mărește precizia pieselor turnate; se scurtează procesul de formare și se reduc rebuturile. Realizarea formei de turnare, presupune deci, executarea separată a unor miezuri, care se assemblează și constituie forma.

Pentru exemplificare, în *Figura 3.27* se prezintă formarea numai cu miezuri a unei roți dințate cu bandaj, spițe și butuc.

Formarea cu nisip și sticlă solubilă întărit cu CO₂. Se aplică pentru turnarea de piese cu masa de până la 40 tone, fabricate unicat sau de serie.

Procesul de formare, constă în îndesarea pe model a unui amestec special cu sticlă solubilă, într-un strat de 50÷70 mm, în restul formei se umple cu amestec obișnuit de umplutură. Amestecul special este alcătuit din nisip cuarțos, cu 5÷6% silicat de sodiu (sticlă solubilă).



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

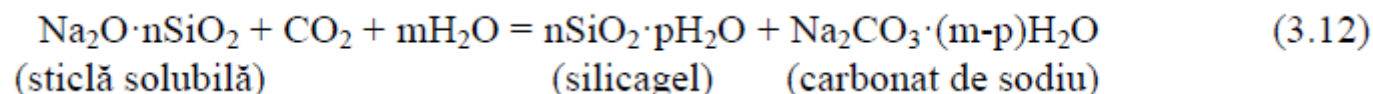
Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

După îndesarea totală a amestecului în formă se insuflă timp de 0,5÷3 minute CO₂ la o presiune de 1÷3 daN/cm².

Sub acțiunea bioxidului de carbon, sticla solubilă reacționează chimic formând silicagelul, care întărește forma eliminând uscarea. Rezistența formei ajunge la 13 daN/cm².



Nisipul cuarțos trebuie să aibă un conținut de argilă scăzut, sub 3÷4%, iar sticla solubilă să posede un *modul m* de 2÷3,028 și o densitate de 1,52÷1,56 g/cm³.

$$m = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Na}_2\text{O}} \times 1,032 \quad (3.13)$$

Cu cât modulul *m* este mai ridicat, cu atât autoîntărirea este mai rapidă (de exemplu, pentru *m*=2,9÷3, timpul de întărire este de 15÷20 secunde).

Metoda necesită o instalație amenajată de racord la buteliile cu CO₂ și de insuflare în formă. De regulă, insuflarea se face prin model (o rețea de perforații) cu ajutorul unor incinte de insuflare, așa cum se vede pe *Figura 3.28*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

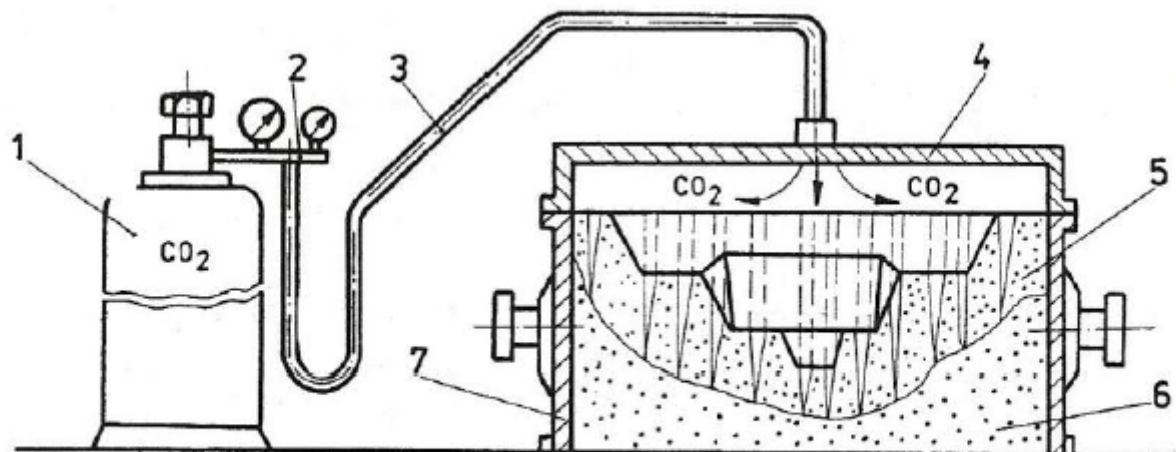


Figura 3.28. Schema insuflării cu CO₂ a formei din nisip și sticlă solubilă:

1 – butelie cu CO₂; 2 – reductor de presiune; 3 – furtune de cauciuc; 4 – capac; 5 – strat de nisip și sticlă solubilă; 6 – strat de amestec de umplură; 7 – ramă de formare.

Metoda prezintă următoarele *avantaje*: elimină lianții scumpi pentru executarea miezurilor; elimină uscarea și deci utilajele necesare și consumul energetic; precizia pieselor crește, întrucât demularea se face după ce amestecul este întărit; se reduce pericolul apariției suflurilor; se folosește același amestec pentru forme și miezuri; crește productivitatea datorită rapidității autoîntăririi.

Ca *dezavantaje* se pot enumera: consumul de CO₂; pericol de înghețare a conductelor de CO₂; dezbateră grea a formelor și în mod deosebit a miezurilor.

Față de avantaje, metoda se poate aplica pentru turnarea tuturor tipurilor de aliaje, feroase și neferoase.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

Se practică pentru producția de masă și de serie, când formele se execută cu ajutorul unor mașini și instalații mecanice de lucru. Pentru formare se folosesc în acest caz plăcile de model, separat pentru rama inferioară și respectiv rama superioară.

Formarea mecanică realizează de fapt următoarele operațiuni:

- așezarea ramei pe mașină;
- introducerea amestecului de formare în rame;
- îndesarea amestecului de formare pe model;
- extragerea modelului din formă (demularea);
- transportul și asamblarea semiramelor în vederea turnării.

Mașinile de format lucrează cu amestec unic și asigură o precizie geometrică ridicată a cavității formei, crește productivitatea muncii, reduce manopera și scurtează ciclul de fabricație a unei piese.

Cea mai completă clasificare a mașinilor de format se poate face după modul de îndesare a amestecului în forme, când pot fi:

- cu îndesare prin presare;
- cu îndesare prin scuturare;
- cu îndesare prin aruncare;
- cu îndesare prin vacuumare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

Formarea mecanică prin presare. Amestecul de formare dozat în rama de formare este îndesat la gradul dorit prin intermediul unei supraumpleri cu ajutorul unui cadru suplimentar, *Figura 3.29*.

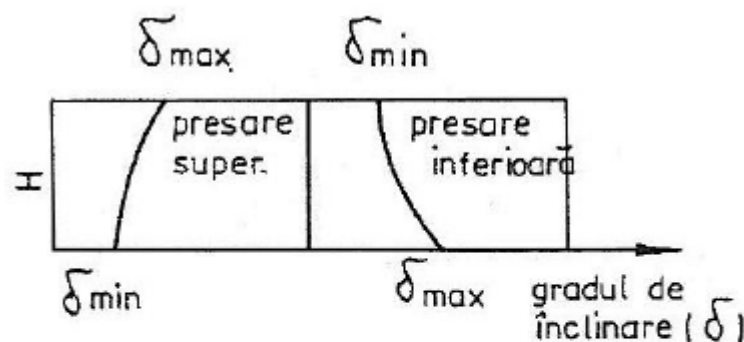
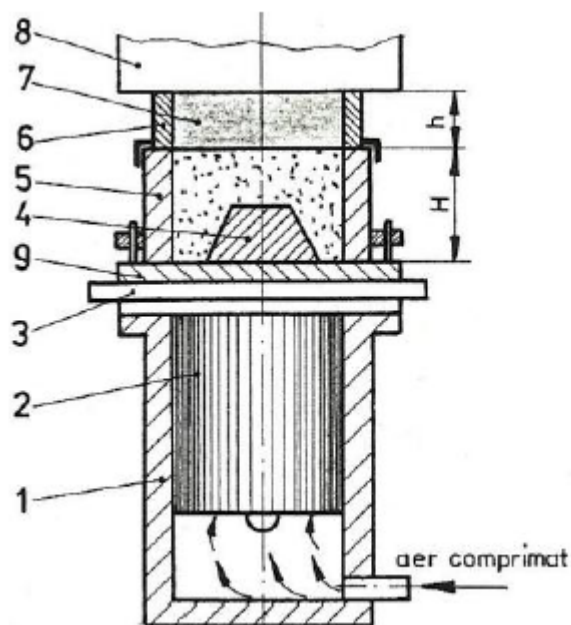


Figura 3.29. Schema îndesării mecanice prin presare:

1 – cilindru; 2 – piston; 3 – platou; 4 – semimodel;
5 – rama; 6 – cadru de supraumplere; 7 – sabot;
8 – sprijin sau acționare sabot; 9 – placa
modelului; c – cursa.

Presarea se realizează cu ajutorul pistonului mașinii (acționat hidropneumatic) și îndesarea se poate face în două moduri: cu presare de sus în jos sau din partea sabotului, respectiv amestecul este îndesat pe model; cu presare de jos în sus, când modelul presează amestecul în ramă.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

Între cele două variante se poate face următoarea analiză comparativă: dacă la presarea de sus în jos îndesarea în suprafața activă este mai slabă (asigurându-se o mai bună permeabilitate la gaze, dar o rezistență mecanică scăzută), în schimb la a doua variantă, cu toate că permeabilitatea la gaze este mai redusă, datorită rezistenței mecanice mai ridicate, crește și precizia geometrică și dimensională a pieselor turnate, acest lucru rezultând și din graficele reprezentate în *Figura 3.29*.

Neuniformitatea îndesării crește cu creșterea înălțimii modelului sau a ramelor și prin urmare, eficacitatea metodei limitează înălțimea ramei H între $200 \div 250$ mm, iar presiunile de compactare nu depășesc $10 \div 15$ daN/cm².

Determinarea înălțimii h a ramei de supraumplere pleacă de la faptul că în proces greutatea amestecului dozat nu se schimbă, ci numai volumul se modifică. Astfel, conform notațiilor din *Figura 3.29* se poate scrie:

$$G_1 = \rho_u \cdot V_1 = \rho_u \cdot [A_{rf}(H + h) - V_m], \quad (3.14)$$

în care: G_1 este greutatea amestecului de formare care intră în proces;

ρ_u – densitatea de umplere a amestecului de formare;

V_1 – volumul ramei de formare și a cadrului de supraumplere;

V_m – volumul modelului;

A_{rf} – aria secțiunii libere a ramelor de formare și supraumplere.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

După presare, se poate scrie din nou relația:

$$G_2 = \rho_{pm} \cdot (V_{rf} - V_m) = \rho_{pm} \cdot (A_{rf} \cdot H - V_m) \quad (3.15)$$

în care: G_2 este greutatea amestecului de formare presat în rame;

ρ_{pm} – densitatea medie după presare a amestecului de formare;

V_{rf} – volumul ramei de formare.

Cum greutatea amestecului în proces nu se schimbă, rezultă:

$$G_1 = G_2$$

și după înlocuire:

$$\rho_u \cdot [A_{rf}(H + h) - V_m] = \rho_{pm} \cdot (A_{rf} \cdot H - V_m),$$

de unde, ordonând termenii și explicitând pe h , rezultă:

$$h = \frac{\rho_{pm} - \rho_u}{\rho_u} \left(H - \frac{V_m}{A_{rf}} \right). \quad (3.16)$$

Prin simplificare, dacă se neglijează volumul modelului comparativ cu volumul ramelor, atunci:

$$h = H \cdot \frac{\rho_{pm} - \rho_u}{\rho_u} \quad (3.17)$$

PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

Din această relație, cu ρ_u determinat, H dat și ρ_{pm} impus, se dimensionează înălțimea h , astfel încât diferența $\delta_{max} - \delta_{min}$, *Figura 3.29*, să fie neglijabilă.

Formarea mecanică prin scuturare. Metoda se bazează pe ciocnirea a două mase, dintre care una este rigid legată de sursa de mișcare (modelul și rama de formare) și

cealaltă este liberă (amestecul de formare). Forțele de impact create în proces provoacă îndesarea amestecului pe model și din strat în strat pe înălțimea ramei. Gradul de îndesare scade întrucâtva pe înălțimea ramei, *Figura 3.30*, datorită faptului că și cantitatea de amestec scade pe măsură ce ne ridicăm pe înălțimea ramei. Acest neajuns la partea superioară a ramelor se poate corecta printr-o îndesare suplimentară, care se face operativ manual sau tot mecanizat, când mașina de scuturat este prevăzută și cu sistemul de presare mecanică finală după principiul mașinilor de formare mecanică prin presare.

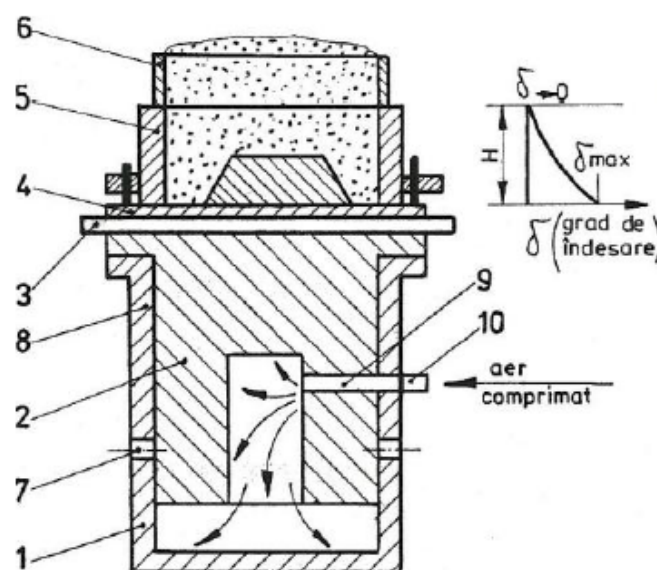


Figura 3.30. Schema formării mecanice prin scuturare:

1 – cilindru; 2 – piston; 3 – platou; 4 – placa de model; 5 – rama de formare; 6 – cadru de supraumplere; 7 – ferestre de refulare; 8 – capul de lovire al cilindrului; 9 – fereastră de admisie; 10 – racord la sursa de aer comprimat.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea formelor Formarea mecanizată

Cursa de ridicare a pistonului este în jur de $25 \div 80$ mm, iar numărul de șocuri-lovituri variază între $120 \div 200$ pe minut.

Metoda este eficace până la înălțimi de ramă de 800 mm, la rame mai înalte scuturarea combinându-se obligatoriu cu presarea suplimentară.

Formarea mecanică prin aruncare. Se bazează pe efectul de îndesare, obținut prin aruncarea unor cantități mici de amestec de formare, în mod continuu, asupra modelului și apoi asupra straturilor depuse, până la completarea ramei de formare.

Forța de aruncare, care condiționează și gradul de îndesare, depinde, conform teoriei ciocnirii corpurilor, de raportul maselor, de vitezele de ciocnire și de rigiditatea maselor.

PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor Formarea mecanizată

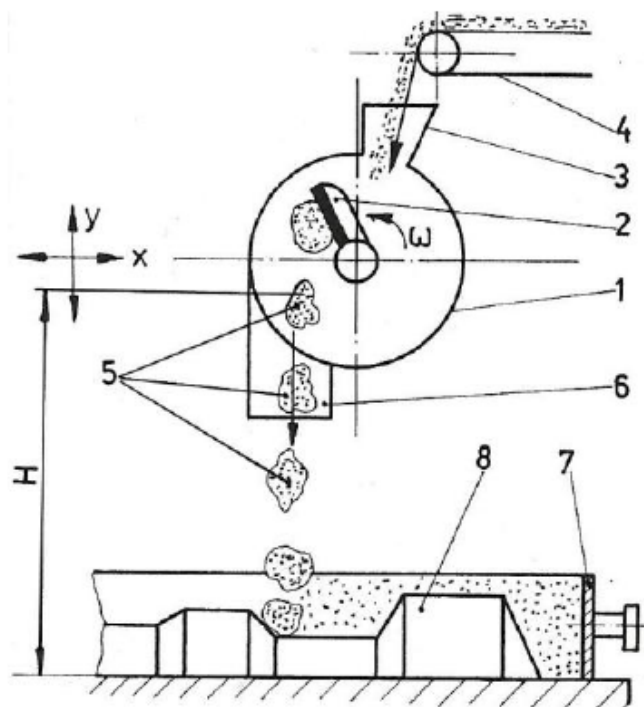


Figura 3.31. Schema formării mecanice prin aruncare:

- 1 – carcasă din tablă; 2 – paleta sau cupa;
- 3 – gura de încărcare; 4 – banda de alimentare;
- 5 – bulgăre de amestec; 6 – gura de aruncare centrifugală; 7 – rama de formare; 8 – modelul piesei.

Mașina de aruncat, are ca dispozitiv principal, capul aruncător, *Figura 3.31*, format dintr-o carcasă în care se învârtă un rotor cu palete, care aruncă tangențial pe verticală amestecul de formare.

Adaptarea mașinii la condițiile de lucru se face prin reglarea turației rotorului, care determină mărimea vitezei inițiale de aruncare a amestecului de formare și prin înălțimea H de aruncare, capul manevrându-se cu ușurință în planul orizontal $x-y$. Dacă înălțimea H este destul de mare față de înălțimea modelului (variabilă), variație care se poate neglija, atunci la un raport $H/h_{\text{model}} = \text{ct.}$, se reușește un grad uniform de îndesare în întreg volumul ramei de formare. Se asigură un grad de îndesare de $1,8 \div 1,9 \text{ g/cm}^3$.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

Prin avantajele, metoda se aplică numai pentru piese mari și foarte mari, cu mare gabarit în plan orizontal, la piese mici, crește prea mult risipa de amestec de formare în jurul ramei de formare.

Formarea prin vacuumare. Folosește ca amestec de formare nisipul calibrat, spălat, întrucât liantul este suplinat de efectul vidului.

Pentru aceasta, ramele și plăcile de model sunt speciale cu posibilitate de racordare la pompa de vid. În principiu, modul de executare a unei rame prin această metodă se vede schematic pe *Figura 3.32*.

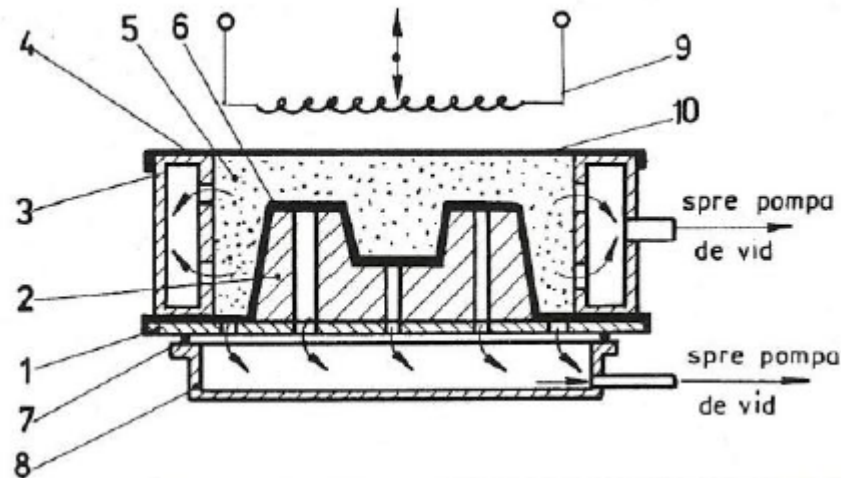


Figura 3.32. Schema executării unei

forme prin vidare:

- 1 – placă de model;
- 2 – model;
- 3 – rama de formare;
- 4, 6 – folii de polimeri;
- 5 – nisip calibrat;
- 7 – garnitură de etanșare;
- 8 – cameră de aer;
- 9 – radiator;
- 10 – cadru-colier.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea formelor Formarea mecanizată

Executarea unei rame, conform notațiilor din *Figura 3.32*, se realizează în următoarea succesiune a operațiilor:

- *placa de model 1*, cu *modelul 2*, se acoperă cu o *folie de polimer 6* cu o grosime sub 0,1 mm;
- prin racordarea la vacuum prin intermediul *camerei 8* și încălzirea ușoară a foliei cu *radiatorul 9*, aceasta mulează foarte bine pe model. Vacuumul necesar este 2,6÷5,2 MPa;
- peste placa de model se așează apoi *rama specială 3* care se umple cu nisip uscat, se vibrează pentru umplere uniformă și se nivelează la partea superioară a ramei;
- peste rama umplută ca mai sus se așează cea de-a doua *folie de polimer 4*, la fel preîncălzită cu *radiatorul 9* care se fixează cu un *cadru-colier 10*;
- îndesarea și solidarizarea nisipului se realizează acum prin simpla racordare a ramei la pompa de vid, vid de 4÷6 MPa;
- se extrage apoi rama de pe model menținută la vid și se depozitează.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

Se execută la fel și rama pereche și ambele rame menținute sub vid, se assemblează în vederea turnării. Vidul se menține pe tot timpul formării, asamblării, turnării și solidificării metalului.

La turnarea metalului, folia de contact δ arde, iar produsele arderii evită formarea aderențelor de nisip pe corpul piesei.

Dezbaterea, eliminarea piesei din formă, se face foarte ușor, prin simpla întrerupere a legăturii cu sursa de vacuum.

Rezultă piese cu suprafața curată, de precizie bună, dezavantajul constituindu-l nisipul calibrat care este scump și o pregătire specială a fabricației (rame și plăci de model speciale) ca și necesitatea echipamentului de vidare (electropompe de vidare).

Față de avantajele, metoda se folosește pentru fabricarea de piese turnate cu masa de la 0,1 la 10 tone, pe linii automate de formare-turnare.

La mașinile de format, extragerea modelului se face mecanizat, printr-o mișcare verticală și lină pentru a se evita degradarea formei și necesitatea de reparații.

Pentru o extragere mai ușoară se acționează asupra plăcii de model, cu vibrații transversale, realizate mecanic cu lovituri cu o contragreutate.

Dintre variantele de demulare, în *Figura 3.33* se prezintă câteva dintre cele mai uzuale.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

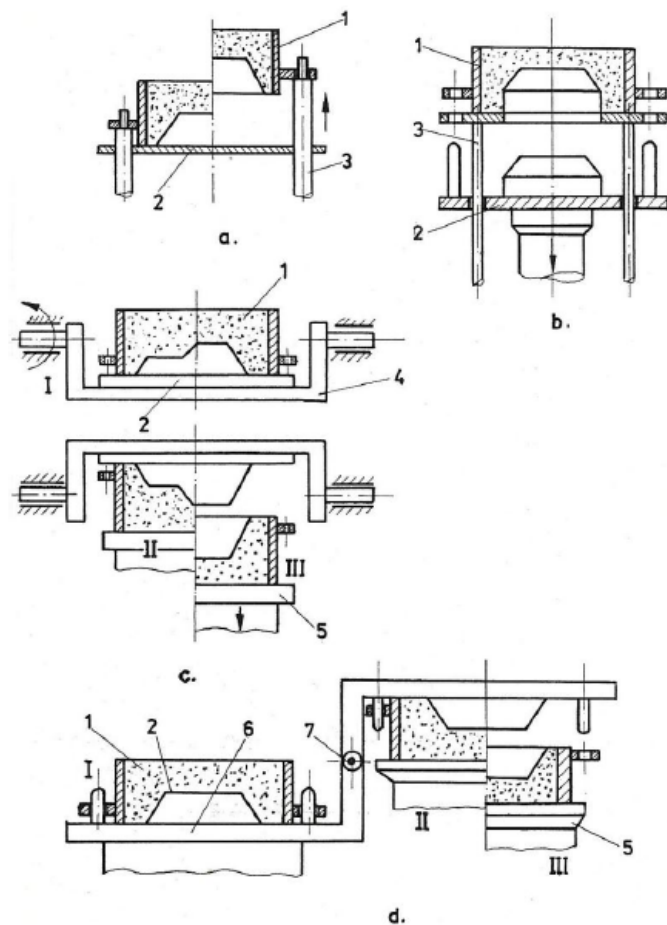


Figura 3.33. Scheme ale metodelor de demulare mecanică:

a - cu ridicarea ramei de pe model; b - cu extragerea modelului din ramă; c - cu masă rotitoare; d - cu braț rabatabil; 1 - ramă de formare; 2 - placă de model; 3 - tijă; 4 - masă de formare rotitoare; 5 - masă de primire formă; 6 - masă rabatabilă (braț); 7 - articulație.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea miezurilor

Procesul tehnologic de executare a unui miez presupune, în general, următoarele operațiuni: formarea miezului crud; uscarea miezului; finisarea și vopsirea miezului uscat; în cazul miezului din mai multe bucăți, acesta după uscare se assemblează prin lipire.

Ca și formele, miezurile se pot executa manual și mecanizat.

Formarea manuală reclamă folosirea cutiei de miez cu plan de separație, executându-se separat câte jumătate de miez, iar cele două jumătăți se lipesc pe planul de separație cu argilă.

După îndesarea amestecului și asamblarea miezului cu ajutorul unor ace se dau și orificiile de ventilație în cutia de miez asamblată. După această operație se extrage miezul din cutie și se așează pe o placă de uscare, care se introduce în cuptorul de uscare. După uscare, miezul cald se vopsește, uscarea după vopsire, având loc de la sine.

Cutiile de miez pot fi executate din lemn sau materiale metalice.

În secțiune transversală, pe un element de miez, fazele execuției manuale se prezintă în *Figura 3.34*.

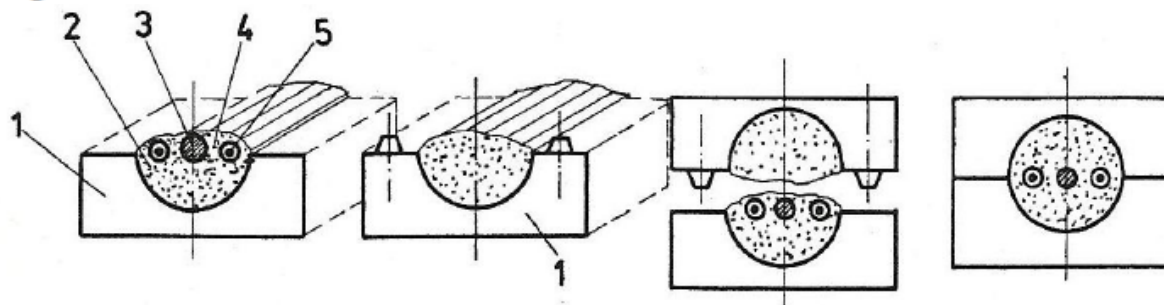


Figura 3.34. Schema executării manuale a miezului:

1 – semicutii de miez; 2 – amestec de miez; 3 – armătură; 4 – strat de argilă; 5 – fitile centrale.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea miezurilor

Formarea mecanică a miezurilor, se realizează cu ajutorul mașinilor care pot funcționa pe principiul presării, scuturării, suflării sau împușcării, fiind uneori echipate și

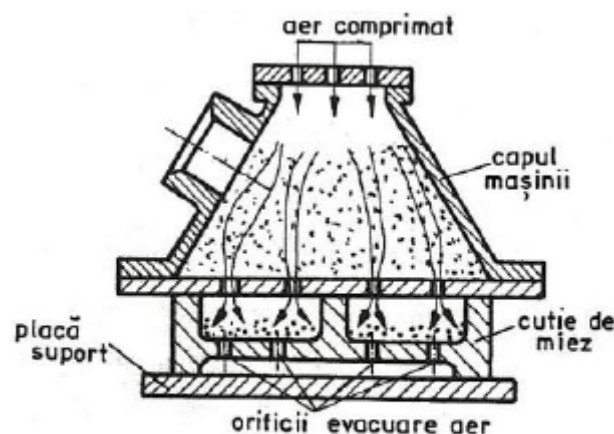


Figura 3.35. Schema capului mașinii de suflat sau împușcat miezuri.

superioară cu presiune constantă (suflare) sau instantanee mare (împușcare) prin orificiile amplasate la partea inferioară în cutia de miez. Aerul de transport a amestecului de miez este evacuat prin orificiile aflate la partea inferioară a cutiei de miez.

cu dispozitive de deschidere a cutiei de miez, extragerea miezului și plasarea acestuia pe tava de uscare.

Metoda suflării sau împușcării este de mare productivitate și se aplică pentru executarea miezurilor mici și mijlocii, de complexitate medie, în producție de serie și de masă. O schemă a capului mașinii după principiul suflării sau împușcării se dă în *Figura 3.35*.

Amestecul de miez aflat în capul mașinii este antrenat și îndesat de aerul comprimat pătruns prin orificiile de la partea



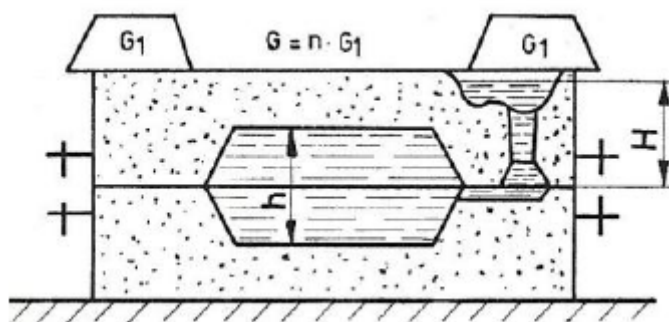
PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Pregătirea formelor în vederea turnării

Operațiile pregătitoare principale ale unei forme în vederea turnării, dacă rețeaua de turnare a fost bine proiectată și executată, mai cuprind: asamblarea formelor și a miezurilor; uscarea miezurilor și a formelor; asigurarea și consolidarea formelor.

Asamblarea formelor, începe cu așezarea ramei inferioare pe locul de turnare. Apoi după planul de operații sau desenul de asamblare, se așează miezurile corespunzătoare pe mărci în locașul acestora și se închide forma cu rama superioară centrată pe știfturi.



Asigurarea formei, urmează imediat după asamblare și are drept scop să contracareze acțiunea metalului turnat de a umfla și ridica rama superioară, compromițându-se astfel turnarea.

Pentru determinarea greutateilor necesare se pleacă de la determinarea forței ascensionale a metalului turnat în formă, *Figura 3.36*.

Presiunea cu care metalul tinde să umple rama superioară este egală cu greutatea unei coloane (imaginare) de metal lichid, având secțiunea piesei și înălțimea egală cu distanța de la nivelul superior a piesei până la nivelul metalului din pâlnia de turnare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Pregătirea formelor în vederea turnării

Pentru cazul schemei din *Figura 3.36*, forța ascensională F va fi deci:

$$F = A_p \cdot \left(H - \frac{h}{2} \right) \cdot \gamma = n \cdot G_l, \quad (3.18)$$

în care: A_p este aria piesei în plan orizontal;

H – înălțimea coloanei de metal lichid considerată de la planul de separație la nivelul superior din pâlnia de turnare;

h – înălțimea maximă a cavității formei;

γ – greutatea specifică a metalului turnat;

G_l – greutatea modulată;

n – numărul necesar de greutateți modulate.

Din relația (3.18) se poate deci cu ușurință determina n :

$$n = \frac{A_p \cdot \left(H - \frac{h}{2} \right) \cdot \gamma}{G_l} \quad (3.19)$$

și se obține astfel sarcina de balastare, consolidare a formei.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Pregătirea formelor în vederea turnării

Uscarea formelor și miezurilor. Așa cum se observă și în *Figura 3.9*, dacă miezurile se utilizează numai în stare uscată, formele pot fi utilizate atât în stare crudă cât și în stare uscată.

Prin urmare, se urmărește îmbunătățirea proprietăților fizico-mecanice și tehnologice ale miezurilor și formelor.

Uscarea, după caz, se poate face prin mai multe procedee: cu curent de aer cald sau amestec de gaze calde și aer (temperatura $250\div 600^{\circ}\text{C}$); cu raze infraroșii (temperatura de uscare $250\div 400^{\circ}\text{C}$); prin încălzire cu rezistențe electrice; prin încălzire cu microunde.

Regimul de uscare depinde de felul liantului, mărimea formelor și a miezurilor și de metalul care se toarnă. Principalii factori de influență asupra procesului de uscare sunt: temperatura de uscare, durata de uscare și fazele uscării.

Temperatura de uscare trebuie să fie optimă, întrucât o temperatură prea mică scade productivitatea, iar prea mare arde miezul sau forma. Orientativ, după tipul amestecului, temperaturile de uscare se încadrează între limitele prezentate în *Tabelul 3.3*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Pregătirea formelor în vederea turnării

Tabelul 3.3. Temperaturi recomandate pentru uscarea formelor și miezurilor.

Temperatura de uscare, în K	Tipul amestecului pentru formă sau miez
370÷420	Miezuri de nisip sărac.
448	Miezuri din amestec cu melasă sau colofoniu.
430÷450	Miezuri din amestec cu leșie sulfică sau dextrină.
470÷510	Miezuri din amestec cu ulei de in simplu și cu dextrină.
470÷620	Forme și miezuri din nisip cu liant de argilă.
670÷720	Forme și miezuri din amestecuri grase pentru fontă.
670÷900	Forme și miezuri pentru oțel.
1100÷1300	Forme din șamotă pentru oțel.

În ce privește *durata de uscare*, unele recomandări arată următoarele:

- miezurile cu masa sub 150 Kg, cu lianți organici se usucă 1÷6 ore, iar cu lianți minerali 2÷12 ore;
- formele din amestecuri și de mărimi uzuale se usucă în 6÷10 ore în cuptoare închise de uscare, formele mai mari în timp mai lung.

Pentru forme și miezuri un alt mod de analiză a duratei de uscare se bazează pe criteriul: 1 oră pentru fiecare 25 mm grosime.

Dacă uscarea se face în aer liber, atunci durata este de circa 24 ore, iar la formele în ciment între 3 și 12 ore.

Reușita uscării depinde și de *fazele ciclului de încălzire*, în sensul că la început se execută lent, apoi cu viteză maximă și în final cu egalizare termică, când temperatura scade lent.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Pregătirea formelor în vederea turnării

Instalațiile și utilajele de uscare, în funcție de necesități, sunt de o gamă largă, după aspectul constructiv –funcțional și sursa energetică folosită.

Dintre soluții se pot enumera: uscătoare fixe, cu funcționare intermitentă, cu recirculare de gaze; dulapuri de uscare; uscătoare fixe cu acțiune continuă; uscătoare transportabile; uscătoare cu flacără cu gaz metan; instalații portabile cu ventilator; uscătoare speciale; uscătoare cu raze infraroșii; uscătoare cu câmp electric de înaltă frecvență.

Cele mai utilizate sunt *uscătoarele de tip cuptor cu cameră și vatră mobilă*, în special pentru forme și miezuri mari, încălzirea făcându-se cu arzătoare și gaz combustibil.

Dulapurile de uscare sunt fixe, cu etajere în care se usucă de regulă miezurile mici și de serie mare.

Asemănător, sunt *uscătoarele continui*, folosite pentru uscarea miezurilor în producția de masă.

Pentru forme în sol și alte forme unicat se pot folosi instalațiile cele mai simple, un *grătar ad-hoc* acoperind forma cu table sau încălzire cu flacără deschisă direct de la sursa de gaz.

Uscătoarele speciale sunt amenajate în funcție de tipul formei, cum este cazul turnării lingotierelor, *Figura 3.37*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Pregătirea formelor în vederea turnării

Uscătoarele cu raze infraroșii, folosesc lămpi cu putere de 250÷500 W. Sunt transportabile și se așează deasupra formelor asigurând în circa 10 minute o uscare pe adâncimea de 5÷10 mm. Aceste lămpi pot fi montate și în cuptoare tunel, prin care banda cu forme circulând pe lungimea cuptorului se asigură acoperirea întregului ciclu de uscare.

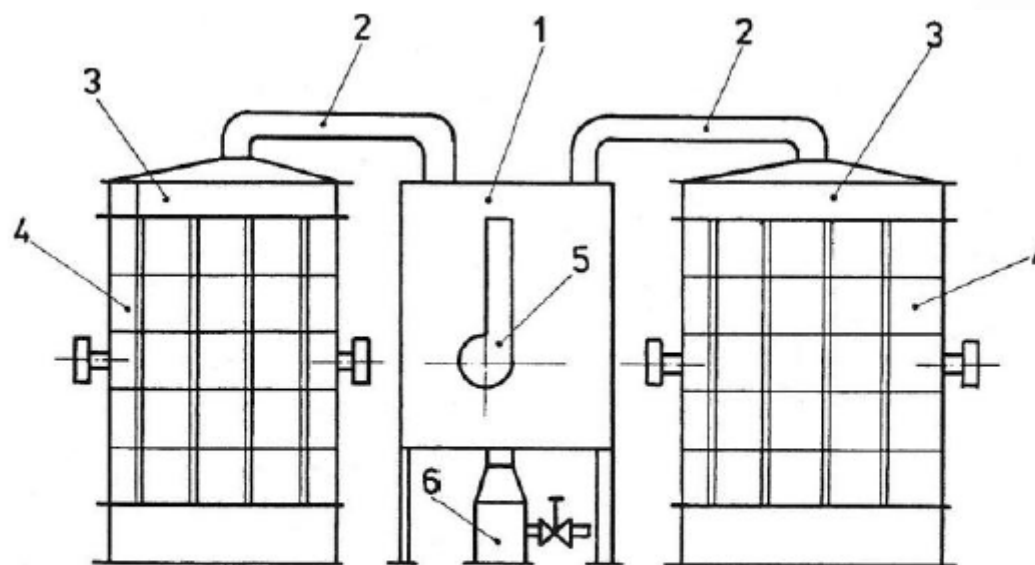


Figura 3.37. Uscător special pentru forme mari:

1 – corpul uscătorului; 2 – conducte de aer cald; 3 – clopot de închidere formă; 4 – ansamblul formelor; 5 – instalație de ardere.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Pregătirea formelor în vederea turnării

Uneori se pot folosi și *radiatoare cu rezistori*, amenajate modulat pentru scopul urmărit.

Uscătoarele cu câmp electric de înaltă frecvență, sunt fixe și miezurile se usucă trecând printre plăcile unui condensator electric, alimentat cu un curent alternativ de înaltă frecvență.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Turnarea metalului în forme

După mărimea pieselor și seria de fabricație, introducerea metalului topit în forme se realizează cu ajutorul unor oale de turnare de diferite capacități, specifice pentru fontă, oțel și neferoase.

De cea mai mare importanță, pentru reușita turnării, este alegerea corespunzătoare a temperaturii de turnare.

Astfel, dacă temperatura este ridicată, se îmbunătățește fluiditatea metalului și umplerea formelor, însă crește absorbția de gaze, oxidarea și pericolul de aderență a amestecului la suprafața pieselor. Dacă temperatura este sub cea optimă, atunci apare pericolul neumplerii formei și înglobării aerului în corpul piesei. În principiu, temperatura de turnare pentru orice aliaj, trebuie să se plaseze cu $100\div 150^{\circ}\text{C}$ deasupra liniei lichidus din diagrama sa de echilibru.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate

Răcirea pieselor turnate în formă, se face până la atingerea temperaturii admisă la dezbatere. Astfel:

- piesele turnate din oțel trebuie lăsate să se răcească până sub 700°C;
- piesele turnate din fontă trebuie lăsate să se răcească până sub 500°C;
- piesele cu configurații complexe, susceptibile la deformare, trebuie lăsate să se răcească până sub 300°C.

Durata de răcire în forme după mărimea pieselor, variază în limite foarte largi. De exemplu, o piesă din fontă sub 10 Kg se răcește în circa 9 minute, pe când una de 75÷100 tone pe sol merge de la 200 la 430 ore, iar una din oțel carbon turnat de 75÷100 tone merge de la 170 la 260 ore.

Pentru scurtarea timpului de răcire în formă, mai ales în cazul pieselor masive se aplică diverse soluții:

- se insuflă asupra formei aer sub presiune;
- se amenajează prin formă la formare, serpentine sau țevi prin care se insuflă aer sau circulă apă de răcire;
- părțile nepericuloase ale piesei din punct de vedere al stării de tensiuni și deformații se dezbat mai devreme decât întreaga piesă etc.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate

Dezbaterea, este procesul de distrugere a formei și de eliberare a piesei turnate. În mod curent, cele mai utilizate soluții de **utilaj de dezbatere** sunt: cobilițele de dezbatere și grătarele de dezbatere.

Cobilițele de dezbatere, *Figura 3.38*, se utilizează pentru producția de serie mică și de unicate. Sunt construite pentru sarcini de la 1 la 3 tone cu deschideri între 1400 și 2300 mm.

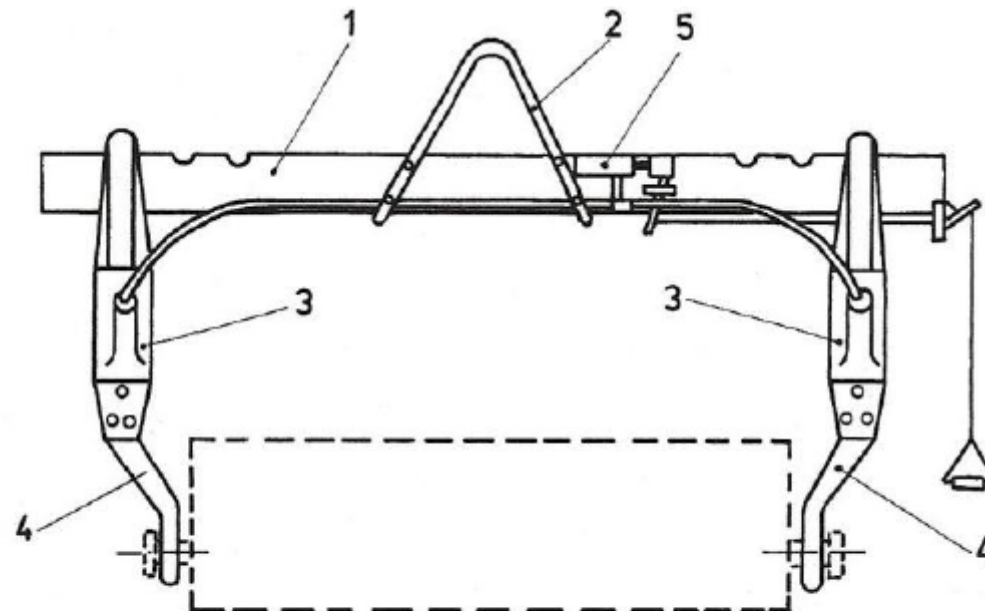


Figura 3.38. Cobiliță (traversă) de dezbatere:

- 1 – traversă; 2 – ureche de prindere în cârligul podului rulant;
- 3 – vibrator; 4 – cârlig de prindere formă; 5 – distribuitor de aer.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate

Productivitatea pentru forme crude, scunde, este de o formă la 1÷2 minute, iar presiunea de regim a aerului în vibratoare este de 5÷6 atmosfere.

Grătarele de dezbatere, Figura 3.39, se folosesc pentru producții de serie, intercalate pe liniile de turnare.

Curățirea pieselor turnate, este legată de procesul de îndepărtare de pe corpul piesei, a așa numitelor capete pierdute (maselote, elemente ale rețelei de turnare), dar și a bavurilor (la semiformă sau mărci de miez) ca și curățirea propriu-zisă a piesei, atât pe suprafața exterioară cât și pe suprafața interioară de crustele de aderență, amestec de formare și de miez ars și lipit de corpul piesei.

Astfel, îndepărtarea părților metalice, după caz, se realizează prin următoarele metode: cu dălți pneumatice; cu ferăstraie mecanice cu bandă sau disc; prin tăiere termică, cu gaze; prin forfecare la prese.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate

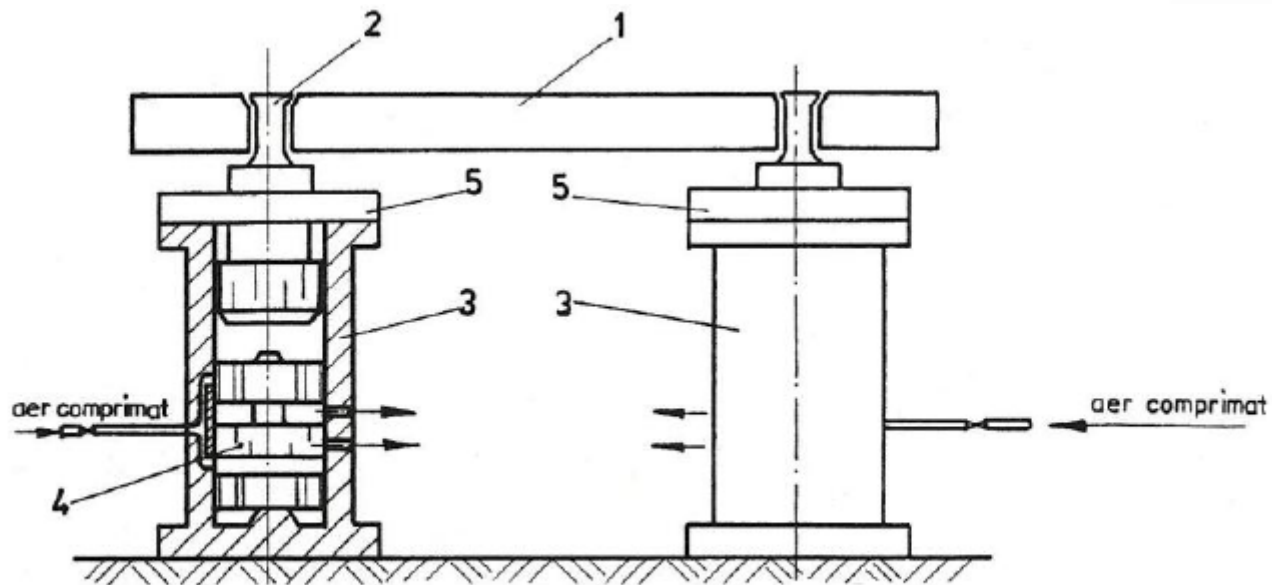


Figura 3.39. Grătar pneumatic de dezbatere:

1 – grătar; 2 – suport; 3 – cilindru; 4 – pistoane libere (sertăraș); 5 – piesă de șoc.

PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate

Rețeaua de turnare la fonte se îndepărtează și prin lovituri manuale de ciocan, bine dirijate, imediat după dezbaterea piesei din formă și înainte de dezbaterea miezurilor.

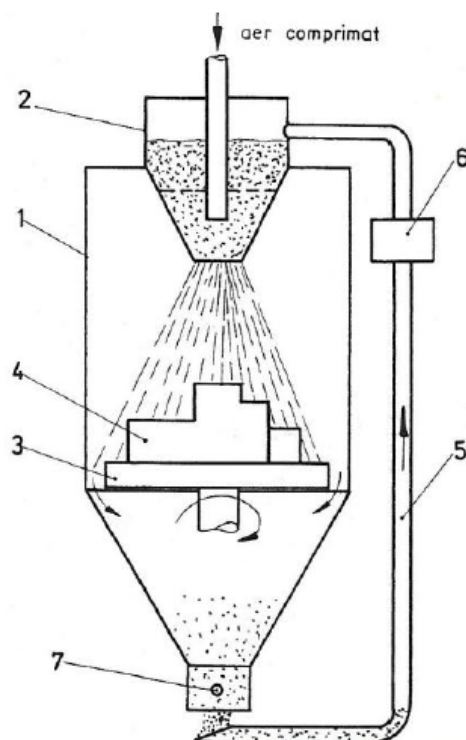


Figura 3.40. Instalație de sablare:
1 – cameră de sablare; 2 – cap de aruncare
particule de sablare; 3 – masă rotitoare; 4 – piesă
turnată; 5 – conductă de aspirație; 6 – aspirator;
7 – robinet.

Rețeaua de turnare și maselotele la piesele turnate din oțel se îndepărtează prin retezare cu flacără oxigaz sau cu plasmă.

Pentru aliajele neferoase, mai plastice, (de aluminiu, magneziu, cupru etc.), se execută retezarea cu ferăstraie mecanice.

Micile bavuri, după retezarea rețelei de turnare și maselotelor, se îndepărtează prin polizare, cu polizoare staționare la piese mici (admise în manipulare manuală de protecția muncii) și cu polizoare mobile pentru piese mari și grele.

Curățirea pieselor turnate de aderențe ceramice, datorită lipirii amestecurilor de formare și miez, după caz, se poate executa cu una din metodele: în tobe rotative cu acționare periodică sau continuă; în camere de sablare cu nisip sau alicie; prin metode de dizolvare chimică; prin prelucrare electrochimică etc.

Curățirea în tobe rotative se aplică pentru piese mici, sub 50 Kg pe bucată și la care pericolul de spargere este neglijabil.

În acest caz, curățirea se face mecanic prin frecare în prezența unor corpuri de fontă albă colțuroase (steluțe) de dimensiuni adecvate și în proporție de 30÷35% din încărcătura tobei.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate

De asemenea, funcționarea optimă reclamă ca încărcătura metalică din piese turnate și corpurile de frecare să nu depășească 70÷80% din volumul util al tobei. Praful degajat este continuu evacuat cu o sursă de aer comprimat. Durata curățirii este de 0,5÷1,5 ore cu turația de 30 rotații pe minut la tobe cu diametrul sub 700 mm și 25 rotații pe minut la tobe cu diametrul mai mare de 700 mm.

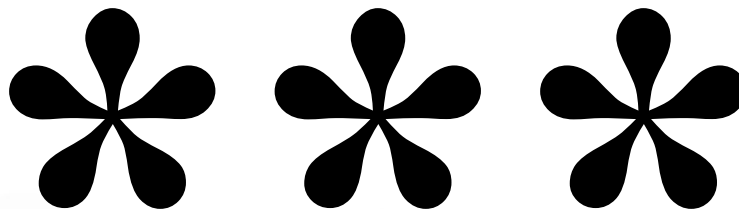
Curățirea prin sablare, presupune bombardarea suprafeței piesei turnate cu un jet de nisip sau alice în camere special amenajate. O schemă de principiu a unei instalații de sablat se vede pe *Figura 3.40*. Prin sablare, pe lângă curățirea de aderențe, se realizează totodată și o oarecare ecrusare superficială.

Granulația alicelor depinde de natura aliajului din care s-a turnat piesa fiind între 1,5 și 5 mm. Presiunea aerului necesar sablării este 2÷3 daN/cm² pentru nisip și de 5÷6 daN/cm² pentru alice din fontă sau oțel.

Un caz particular îl constituie și curățirea cu jet de apă și alice, la presiunea de până la 200 daN/cm², când se îmbunătățesc condițiile de muncă, datorită stingerii prafului fin care se degajă prin sablare.

În fabricația de serie se utilizează tunele de curățire cu acțiune continuă, în care funcționează simultan 2÷6 agregate de sablare.

Pentru piese mici turnate în forme coji cu silicat de sodiu, se recurge la *curățirea chimică*, realizată prin fierberea pieselor într-o soluție de sodă caustică, metoda este mai laborioasă, însă evită orice acțiune de deteriorare a configurației piesei, în procedeele speciale de turnare, tinzându-se către piese fine de precizie.





TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Suport curs

**PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR
PRIN TURNARE**



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

- Caracterizarea fabricării pieselor turnate
- Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Caracterizarea fabricării pieselor turnate

Prelucrarea materialelor metalice prin turnare, este o ramură a industriei construcțiilor de mașini, care se ocupă cu obținerea de piese fasonate sau organe de mașini, pe calea turnării metalului lichid într-o formă specială, a cărei cavitate reproduce configurația geometrică și la dimensiuni a piesei de fabricat.

Ulterior, prin răcire, metalul se solidifică și în stare solidă păstrează configurația formei în care a fost turnat.

În procesul de cristalizare primară și răcire ulterioară, metalul capătă proprietățile mecanice și de exploatare specifice pieselor turnate.

Prin turnare se fabrică piese metalice cu masa de la câteva grame până la 300 tone, cu lungimi de la câțiva centimetri la 20 m, cu grosime de perete de la 0,5 la 500 mm (blocul motor al cilindrilor, pistoanele, arborii cotați, corpul și capacul reductoarelor, roți dințate, batiuri de mașini unelte pentru așchiere, batiuri pentru laminoare, palete de turbină etc.).



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Caracterizarea fabricării pieselor turnate

Pentru fabricarea de piese turnate se folosesc o multitudine de **metode de turnare**, dintre care, mai importante, sunt:

- în forme din amestec cu nisip, *Figura 3.1*;

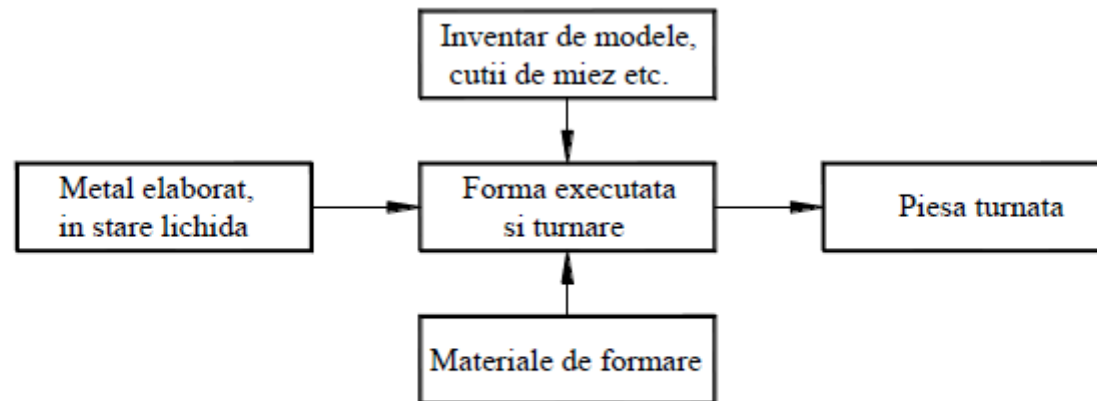


Figura 3.1. Schema simplă a obținerii unei piese prin turnare în forme din amestec cu nisip.

- în forme coji;
- cu modele ușor fuzibile;
- în forme metalice sau cochile;
- în forme antrenate centrifugal etc.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Caracterizarea fabricării pieselor turnate

Aplicarea uneia sau alteia dintre metodele de turnare, este determinată de mai mulți factori, dintre care cei mai importanți se pot enumera: volumul producției; precizia geometrică și dimensională cerută; calitatea suprafeței piesei turnate dorită; eficiența economică a fabricației.

Pe de altă parte, piesa turnată constituie un semifabricat, care pentru a fi adusă la cotele funcționale, se supune unor prelucrări ulterioare de aşchiere, executate în afara turnătoriei, în altă secție a societății constructoare de mașini.

De asemenea, procesul fabricației poate fi însoțit și de unele tratamente termice, cu scopul detensionării sau pregătirii structurale pentru mai bune proprietăți fizico-mecanice sau de asigurare a unei bune aşchiabilități.

Piese turnate se pot fabrica în turnătorii integrate societății constructoare de mașini (cazul cel mai frecvent în țara noastră) sau autonom cu un program omogen (tuburi, radiatoare) sau eterogen dar de produse speciale și de mari dimensiuni.

Forma de turnare, reprezintă un sistem de elemente care alcătuiesc cavitatea activă, prin umplerea căreia cu metal lichid și solidificarea acestuia se realizează piesa turnată, *Figura 3.2(a, b)*.

Forma de turnare este alcătuită din *semiforma inferioară 2 și superioară 6*, care este închisă în interiorul *ramelor 3 și 5*. Cele două rame sunt centrate cu ajutorul *știfturilor 4* care trec prin găurile urechilor *ramelor de formare*. Cavitatea formei se realizează cu ajutorul *modelului*, iar gaura interioară a piesei se realizează cu ajutorul *miezului 1*, reprezentat în *Figura 3.2(c)*, care se fixează în formă pe niște prelungiri denumite *mărți*. Pentru introducerea metalului topit în formă se prevede *rețeaua de turnare* alcătuită din: *pâlnia de turnare 8; canalele de alimentare 9; canalul de distribuție și colector de zgură 10 și răsuflătorile 11*. După umplerea formei, solidificarea metalului și răcire, forma se distruge și se obține *piesa 7* din *Figura 3.2(d)*.

PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Caracterizarea fabricării pieselor turnate

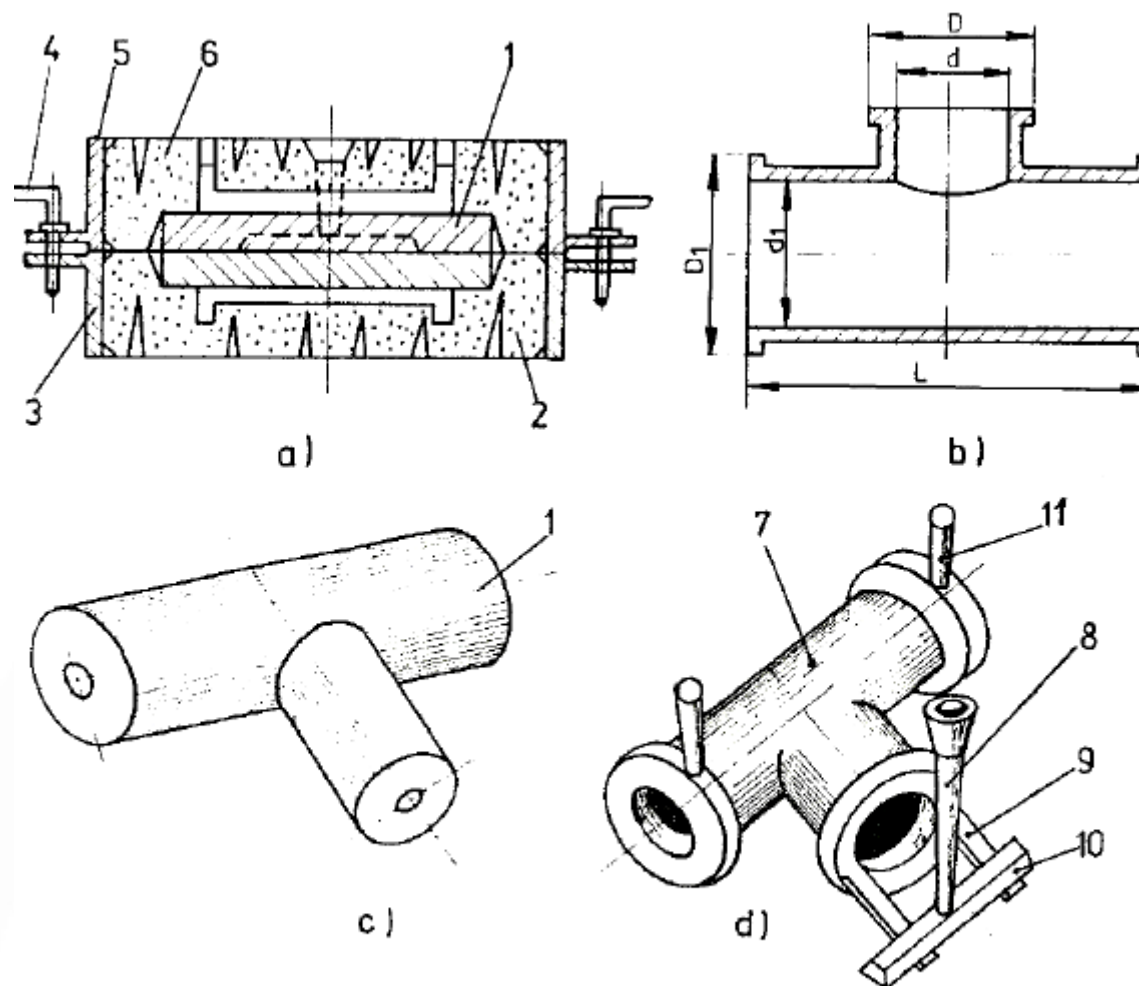


Figura 3.2. Forma de turnare și elementele ei:

a – forma de turnare; b – schița piesei de fabricat;

c – miezul; d – piesa turnată cu elementele rețelei de turnare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Caracterizarea fabricării pieselor turnate

Aliajele pentru turnătorie, constituie o largă gamă de materiale metalice, atât feroase cât și neferoase.

Dintre *aliajele feroase* deosebim: fonte cenușii, de înaltă rezistență și maleabile; oțeluri carbon și aliate.

Dintre *aliajele metalelor neferoase* se desprind mai ales: aliaje de cupru (alame și bronzuri); aliaje de zinc; aliaje de aluminiu; aliaje de magneziu; aliaje ale metalelor greu fuzibile; aliaje de titan; aliaje de molibden; aliaje de wolfram etc.

Aliajele pentru turnătorie trebuie să posede proprietăți superioare de **turnabilitate**, respectiv: o *fluiditate* cât mai bună; o *contractie* cât mai mică; *tendință de segregare și fisurare neglijabile* etc.

De asemenea, aliajele turnate, prin structura care se obține, trebuie să asigure pieselor turnate caracteristicile mecanice și de exploatare necesare.

Alegerea unui aliaj pentru diversele piese turnate, reprezintă o problemă deosebit de complexă, întrucât a ține cont de toate condițiile cerute, în coordonatele reale ale procesului de producție este aproape imposibil, iar atunci de mare importanță este cunoașterea turnabilității aliajului și corelarea performanțelor piesei turnate cu cerințele de exploatare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Este cea mai universală metodă, caracterizată de faptul că se aplică tuturor tipurilor de metale și aliaje și pentru orice tip de piesă.

Forma de turnare este temporară, adică servește numai pentru o singură turnare, respectiv pentru fabricarea unei singure piese.

Metoda de turnare cuprinde o serie de operațiuni în succesiune logică, trecând de la formă și asamblarea ei, elaborarea și turnarea metalului, până la obținerea piesei solide cu distrugerea formei și efectuarea controlului tehnic și recepției pieselor turnate. O schemă logică a procesului complet de fabricare a unei piese turnate în forme temporare din amestec se dă în *Figura 3.9*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

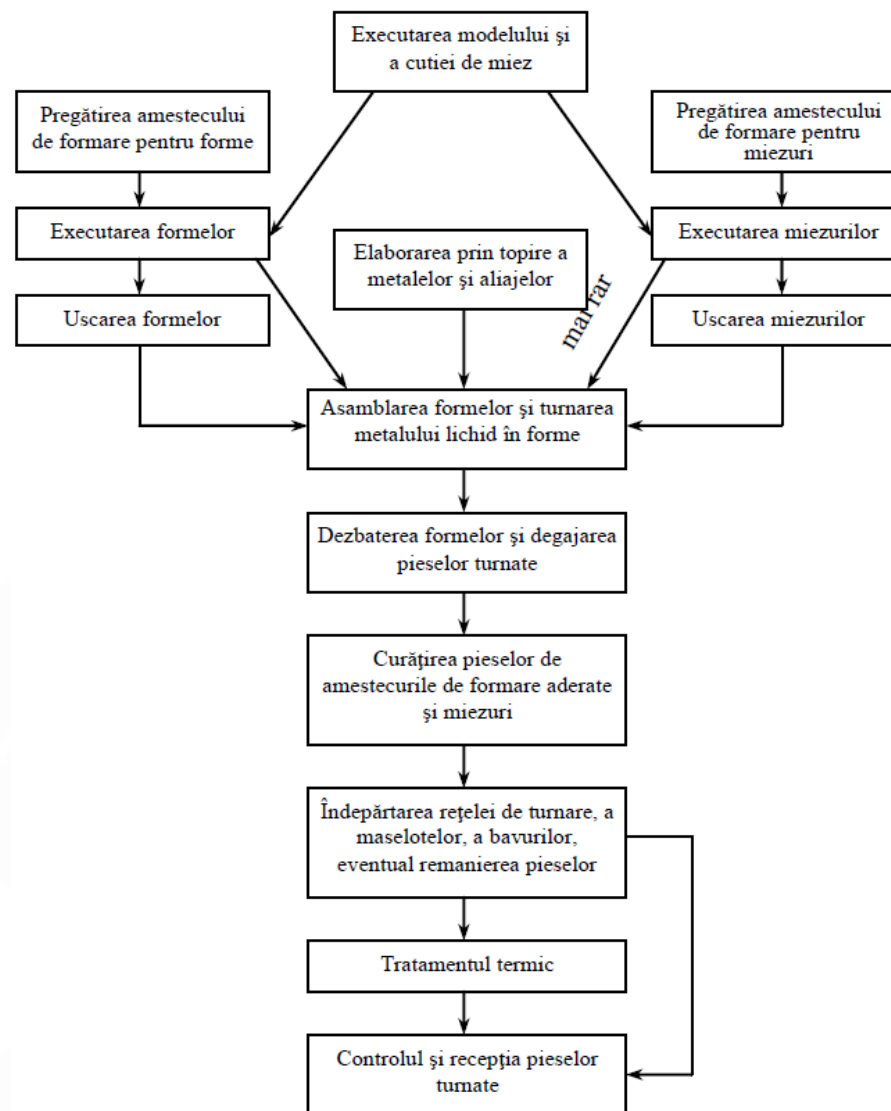


Figura 3.9. Schema procesului tehnologic de turnare în forme temporare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Inventarul de modele, reprezintă un ansamblu de elemente și dispozitive necesare executării formelor și miezurilor în care de regulă intră: modelul piesei; placa de model; cutii de miez; modele ale elementelor rețelei de turnare etc.

Modelul piesei, în vederea turnării, este dispozitivul cu ajutorul căruia se practică în formă, cavitatea activă, care are forma geometrică și dimensiunile apropiate de configurația piesei de obținut. Modelul poate fi, după complexitatea piesei, fără plan de separație, cu plan de separație și cu elemente detașabile.

Așa după cum se vede în *Figura 3.10*, plecând de la studiul desenului de execuție al piesei, *Figura 3.10(a)*, conceput de inginerul constructor-proiectant, inginerul tehnolog determină desenul semifabricatului turnat, *Figura 3.10(b)*.

Față de desenul de execuție, în desenul semifabricatului turnat pot să apară modificări de formă și dimensiuni. Aceste modificări sunt reclamate de precizia finală a piesei (care mai suferă și alte prelucrări) și de acele forme raționale ale piesei turnate, forme care dacă nu le-a cunoscut constructorul, trebuie să le creeze tehnologul.

Astfel, pentru realizarea unui model de turnătorie, corespunzător trebuie să se respecte o serie de principii de dimensionare și constructive.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

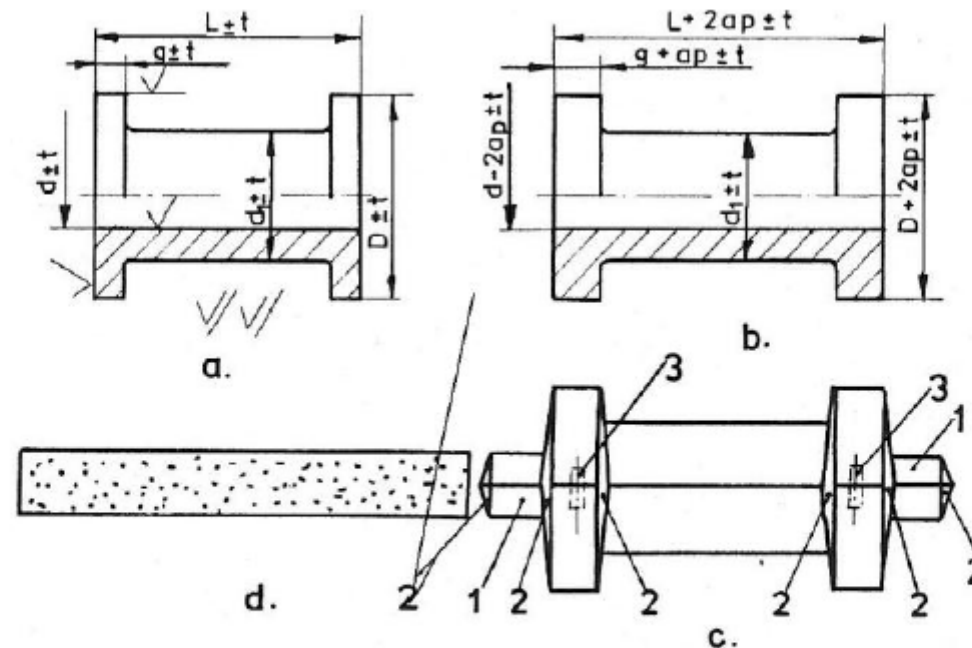


Figura 3.10. Elemente de proiectare a modelului:

a – desenul de execuție (schită) al piesei; b – desenul de execuție a piesei turnate; c – desenul de execuție al modelului; d – desenul de execuție al miezului; 1 – mărci de miez; 2 – înclinații pentru demulare; 3 – cepuri; a_p – adaos de prelucrare mecanică; t – toleranța la dimensiuni.

Dimensionarea modelelor. Principiile de dimensionare ale modelelor sunt aceleași pentru toate tipurile de metode de turnare, cu mici excepții, și sunt determinate de natura metalului turnat, materialul de formare, temperatura de formare, calitatea piesei turnate.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

O primă influență asupra dimensiunilor modelului, o manifestă *contractia metalului turnat în formă*. Dimensiunile piesei din desenul de execuție, *Figura 3.10(a)*, vor fi afectate în primul rând de adaosul de contracție, prin coeficientul de contracție α . În aceste condiții, orice dimensiune se calculează cu relația:

$$L_m = L_p [1 + \alpha(t_s - t_a)] \quad (3.5)$$

în care: L_m , L_p sunt dimensiunile liniare ale modelului, respectiv ale piesei;

α este coeficientul mediu de contracție al metalului turnat;

t_s – temperatura de solidificare a aliajului;

t_a – temperatura ambiantă (20 °C).

Relația (3.5) se aplică în metoda clasică de formare la temperatura ambiantă.

Dacă formarea se face la cald (forme coajă – la procedee speciale) și modificarea formei este neglijabilă, atunci dimensionarea modelului se va face cu relația:

$$L_m = \frac{\tilde{L}_p [1 + \alpha(t_s - t_a)]}{1 + \alpha'(t_f - t_a)} \quad (3.6)$$

în care: α' este coeficientul mediu de dilatare liniară a materialului din care este executat modelul;

t_f – temperatura modelului în momentul formării.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Dacă și forma suferă modificări, se contractă, atunci la proiectarea modelului trebuie să se țină cont și de acest fenomen.

În *Tabelul 3.1* se dau câteva valori ale coeficientului α de contracție al metalului turnat, iar în *Tabelul 3.2*, câteva valori medii α' ale coeficientului de dilatare a unor metale din care s-ar putea executa modelul.

Adaosurile de prelucrare trebuie prevăzute pe acele suprafețe ale modelului care vor genera părți ale piesei a căror precizie de formă, de poziție și dimensională, nu pot fi realizate din procesul de turnare. Mărimea adaosului de prelucrare $-a_p$ din *Figura 3.10(b)*, în funcție și de natura aliajului turnat și tehnologia de formare utilizată, este standardizată în SR ISO 8062:1995.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Tabelul 3.1.

Denumirea aliajului	Contrația liniară, [%]
Fontă cenușie	0,7÷1,0
Fontă maleabilă	1,0÷1,5
Oțel carbon și aliate	1,5÷2,2
Bronzuri cu staniu	1,0÷1,3
Bronzuri cu aluminiu	2,0÷2,4
Aliaje de aluminiu	0,8÷1,5
Aliaje de zinc	1,5
Aliaje de magneziu	1,25

Tabelul 3.2.

Metalul	Coeficientul de dilatare $\alpha' \cdot 10^{-6}$ (0-100°C)	Variația volumului de topire, [%]
Fier pur	12,5	+0,4
Aluminiu	27,4	+6,4
Antimoniu	10,0	+1,4
Bismut	13,0	-3,4
Cadmiu	31,0	+4,7
Cupru	16,5	+4,0
Plumb	29,0	+3,4
Magneziu	29,0	+3,8

Cum aceste adaosuri înseamnă pierdere de metal și consum de manoperă prin aşchiere, la alegerea lor se va tinde spre valorile minime.

Tot la dimensiuni, se prevăd apoi pe desenul de execuție al modelului și *toleranțele la dimensiuni – t* din Figura 3.10(b). Valorile toleranțelor pieselor turnate sunt prevăzute în SR ISO 8062:1995.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Principii constructive ale modelului. Modelul trebuie astfel conceput, încât să permită realizarea formei, extragerea sa (demularea) ușoară din formă, fără deteriorarea formei și asamblarea corectă a elementelor de formă, inclusiv a miezului, astfel:

- având în vedere că îndesarea amestecului pe model și extragerea modelului din formă se execută pe aceeași direcție (de regulă verticală), pe această direcție nu trebuie să existe zone moarte, *Figura 3.11*;

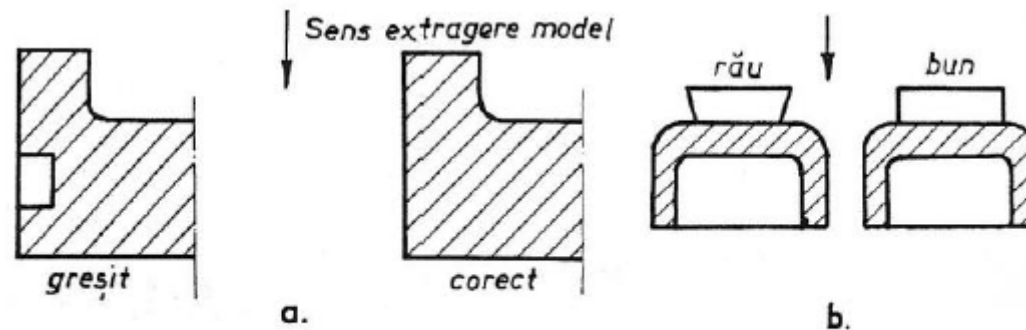


Figura 3.11. Exemple de formă geometrică piesă turnată în vederea extragerii ușoare a modelului.

- pentru a nu se lipi amestecurile de formare de suprafața modelului (și pentru a evita ruperea formei), modelele se prelucreză îngrijit pe suprafețele lor active;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

- toate suprafețele paralele cu direcția de scoatere a modelului se fac ușor înclinate, evitându-se totodată și frecarea inutilă și periculoasă dintre model și formă, *Figura 3.12*. Valoarea înclinării α depinde de înălțimea peretelui, metoda de formare, nedepășind $3\div 5^\circ$, cu atât mai mică cu cât peretele este mai înalt și extragerea asigurată mecanic;

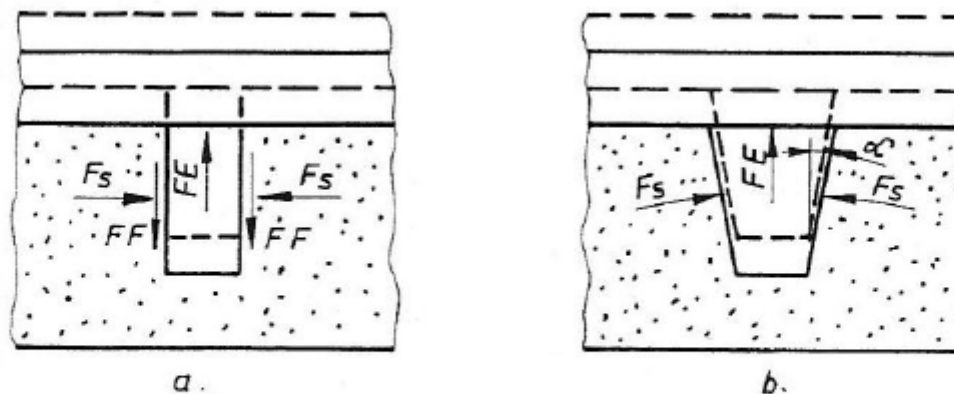


Figura 3.12. Efectele înclinării pereților modelului:

a – model fără înclinări; b – același model cu înclinări; F.E – forța de extragere model;
F.S – forța de apăsare a amestecului pe model; F.F – forța de frecare între model și formă.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

- toate unghiurile diedre sau poliedre vor fi racordate cu raze de racordare, *Figura 3.13*, cu atât mai mari cu cât unghiul este mai mic. Razele de racordare sunt impuse de fenomenele solidificării pentru a se evita la maximum tensiunile periculoase și fisurările și sunt proporționale cu grosimea pereților;

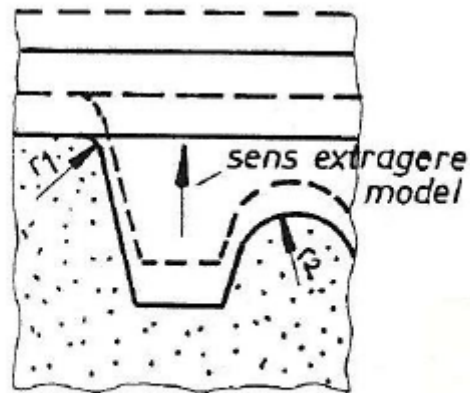


Figura 3.13. Aplicarea de raze de racordare la muchii și colțuri.

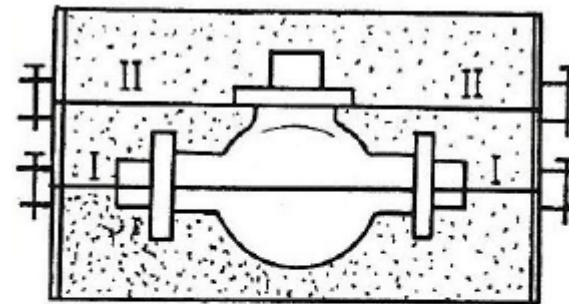


Figura 3.14. Influența complexității formei asupra numărului suprafețelor de separație:
I-I – plan de separație principal;
II-II – plan de separație suplimentar.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

- o problemă deosebită o constituie alegerea planului de separație al modelului, care este și al forme. Pe cât posibil, planul de separație să fie unic și de simetrie, un număr mai mare de plane de separație, îngreunează manopera formării și face dificilă obținerea preciziei piesei turnate. Numărul suprafețelor de separație, sigur, ține cont de complexitatea geometrică a piesei, suprafața principală de separație trebuind să tracă prin cea mai mare secțiune a piesei, respectiv a modelului, pentru a rezolva total problema extragerii modelului din formă, *Figura 3.14*;

- pentru asigurarea preciziei de contur geometric a piesei și nedeplasare la semiformă, modelul se assemblează pe planele de separație asigurându-se o centrare corespunzătoare, care se face cu cepuri și contracepuri, *Figura 3.10(c)*;

- modelele pentru piese cu goluri se completează și cu mărci, *Figura 3.10(c)*, care au rolul de a crea în formă suprafețe de sprijin și centrare a miezurilor. Diversele forme de mărci se prezintă în *Figura 3.15*.

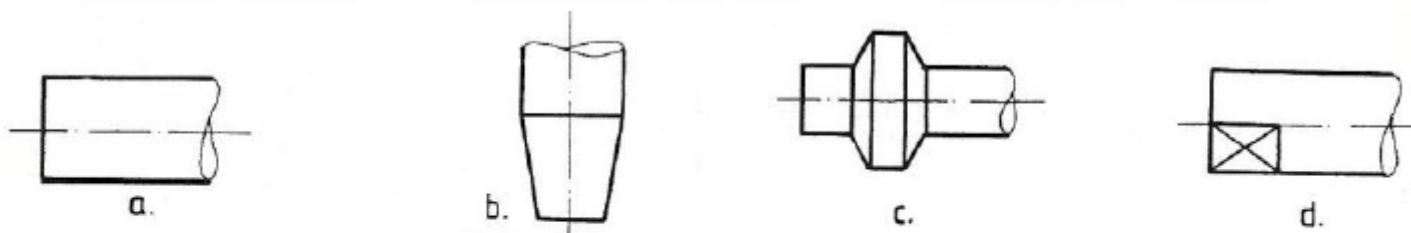


Figura 3.15. Tipuri de mărci:

a – cilindrică (miez orizontal); b – conică (miez vertical); c – cu guler (elimină deplasarea axială); d – cu teșitură (elimină rotirea).



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Față de principiile universale de mai sus, în cadrul procedeelor speciale de turnare, mai intervin și alte condiții specifice.

La proiectarea **cutiilor de miez**, în general se ține cont de aceleași principii ca și la modele.

În practica formării se întâlnește ca dispozitiv pentru formare, în loc de model simplu, așa numita **placă de model**, mai ales pentru metodele formării mecanizate, cu ajutorul mașinilor speciale. O placă de model are în suprafața activă atât modelul piesei cât și unele elemente ale rețelei de turnare, *Figura 3.16*.

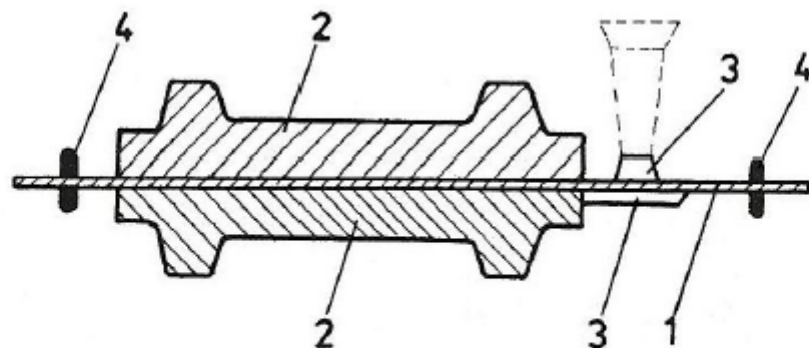


Figura 3.16. Placă de model:

1 – plăci; 2 – semimodele; 3 – elementele rețelei de turnare; 4 – cepuri de centrare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea modelelor și a cutiilor de miez

Modelele și cutiile de miez pentru fabricația unicat și de serie se execută din lemn, iar pentru producția de masă din fontă, aliaje de aluminiu și mase plastice.

Modelele din lemn se fac din esențe de *molid, tei, arțar, fag, stejar, cireș și nuc*. Teiul și arțarul sunt cele mai bune întrucât se prelucrează ușor și dau o suprafață netedă, fiind în același timp și mai puțin sensibile la umiditate.

Pentru precizarea destinației, modelele sunt anume **vopsite**, respectiv: *roșu* pentru turnarea fontei; *albastru* pentru turnarea oțelului; *galben* pentru neferoase; *negru* desemnează mărcile, *hașurul negru* marchează suprafețele prelucrate mecanic.

Modelele și cutiile de miez metalice se fac din semifabricate turnate, jucând la rândul lor rolul de model, după care se supun prelucrărilor mecanice de așchiere pe strunguri, mașini de rabotat, de frezat, de găurit etc. După prelucrare modelele se montează pe plăcile de model.

Aceste modele și cutii de miez metalice, folosite în producția de serie mare și masă au durabilitate bună, o precizie ridicată, o calitate superioară a suprafețelor și nu se deformează în perioada depozitării, ceea ce se răsfrânge și asupra calității pieselor turnate obținute.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Amestecuri pentru forme și miezuri

Prin **materiale de formare**, se înțelege *un conglomerat de materiale naturale și artificiale, care alcătuiește după caz amestecul pentru executarea formelor și respectiv amestecul pentru executarea miezurilor*.

Ca **materie primă de bază** se folosește de regulă *nisipul cuarțos*, iar ca liant diverse sorturi de *argilă* și alte substanțe.

Lianții folosiți, de fapt toate componentele amestecului, trebuie să posedă o bună stabilitate chimică, pentru a rezulta piese fără arsuri și aderențe. În acest scop se utilizează și substanțe speciale ca adaos, cum sunt praful de piatră, grafitul etc.

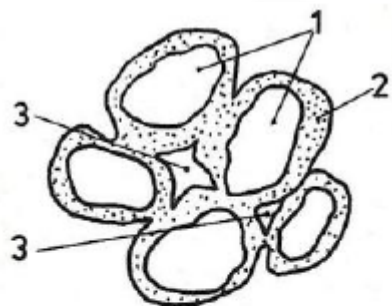


Figura 3.17 Schema macro a unui

amestec de nisip de turnătorie:

- 1 – granule de nisip cuarțos;
- 2 – peliculă de argilă umedă;
- 3 – spații goale (pori).

Amestecul de formare, multicomponent, trebuie preparat după o rețetă care să corespundă metalului turnat și procedului de turnare ales. O structură macro, a unui amestec se vede în Figura 3.17.

După modul de utilizare, amestecurile de formare se împart în următoarele trei categorii: amestecuri de model sau de perete; amestecuri de umplutură; amestecuri unice.

Amestecul de model, este folosit pentru a executa stratul din suprafața activă a formei și este alcătuit din materiale de calitate (nisip și liant) și

posedă ridicate proprietăți fizico-mecanice și de plasticitate.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Amestecuri pentru forme și miezuri

Amestecul de umplură, este amestecul care se introduce în formă peste cel de model și asigură umplerea și consolidarea formei în vederea turnării. Acest amestec cuprinde și un procent ridicat din amestecul recirculat după o anumită preparare, respectiv, concasare, separare magnetică și cernere.

Amestecul unic, este amestecul care prin calitățile sale suplinește condițiile cerute atât de amestecul de model cât și de cel de umplură. Aceste amestecuri se folosesc în metodele formării mecanizate, cu ajutorul mașinilor de format și sunt mai scumpe.

Metoda folosirii succesive a celor două amestecuri de formare, de perete și respectiv de umplură, se întâlnește mai ales la turnarea unor piese mari și de formă complexă.

Pe de altă parte, după natura metalului turnat, se deosebesc: amestecuri pentru turnarea fontei; amestecuri pentru turnarea oțelului; amestecuri pentru turnarea neferoaselor, pentru care se prescriu anumite proprietăți, stipulate în literatura tehnică.

Amestecurile de formare, indiferent de tipul lor, trebuie să satisfacă următoarele caracteristici importante: refractaritate, rezistență mecanică, plasticitate, compresibilitate, permeabilitate la gaze și altele.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Amestecuri pentru forme și miezuri

Refractaritatea, este capacitatea amestecului și formei de a rezista la înmuiere sau topire sub acțiunea temperaturii metalului lichid. Din acest punct de vedere, cu cât nisipul va fi mai grosolan, cu cât conținutul de impurități va fi mai mic și cu cât praful de piatră va fi în procent mai ridicat, cu atât și refractaritatea amestecului va fi mai bună. Dacă refractaritatea amestecului de formare este necorespunzătoare pentru metalul ce se toarnă, atunci se formează pe suprafața piesei și în mod deosebit în detalii înguste (întrânde), cruste, aderențe, greu de îndepărtat și care necesită mult travaliu suplimentar.

Rezistența mecanică, trebuie să asigure nedeteriorarea formei la extragerea modelului, la manipulări în procesul de depozitare, uscare, asamblare, transport și turnare. Rezistența mecanică va crește cu creșterea conținutului de liant, a compactității și micșorării granulației nisipului.

Permeabilitatea la gaze, trebuie să fie astfel încât să permită în procesul de turnare și solidificare să se elimine gazele și vaporii. Va fi cu atât mai ridicată, cu cât granulația nisipului este mai mare și în procent ridicat în rețeta amestecului și respectiv cu cât liantul se găsește în cantitate mai mică.

Plasticitatea, este capacitatea amestecului de formare de a se deforma plastic fără distrugere, astfel încât în procesul de formare să preia toate detaliile modelului, adică să muleze foarte bine la suprafața modelului. Plasticitatea va fi cu atât mai bună cu cât nisipul va fi mai fin și cu cât conținutul de liant și apă vor fi mai ridicate.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Amestecuri pentru forme și miezuri

Compresibilitatea, este capacitatea amestecului de formare, pentru forme și miezuri, de a se comprima sub acțiunea efectului de contracție al metalului turnat, în curs de solidificare și răcire. În caz contrar, piesa rezultă deformată, tensionată și chiar fisurată și cu crăpături.

Toate aceste caracteristici se pun în evidență pe calea încercărilor standardizate, pe o aparatură special creată, care alcătuiește așa numita *trusă de turnătorie*, iar aducerea amestecului de formare la valorile prescrise pentru diversele proprietăți, se face pe calea preparării în instalații speciale. O schemă a procesului de preparare a amestecului de formare este redată în *Figura 3.18*.

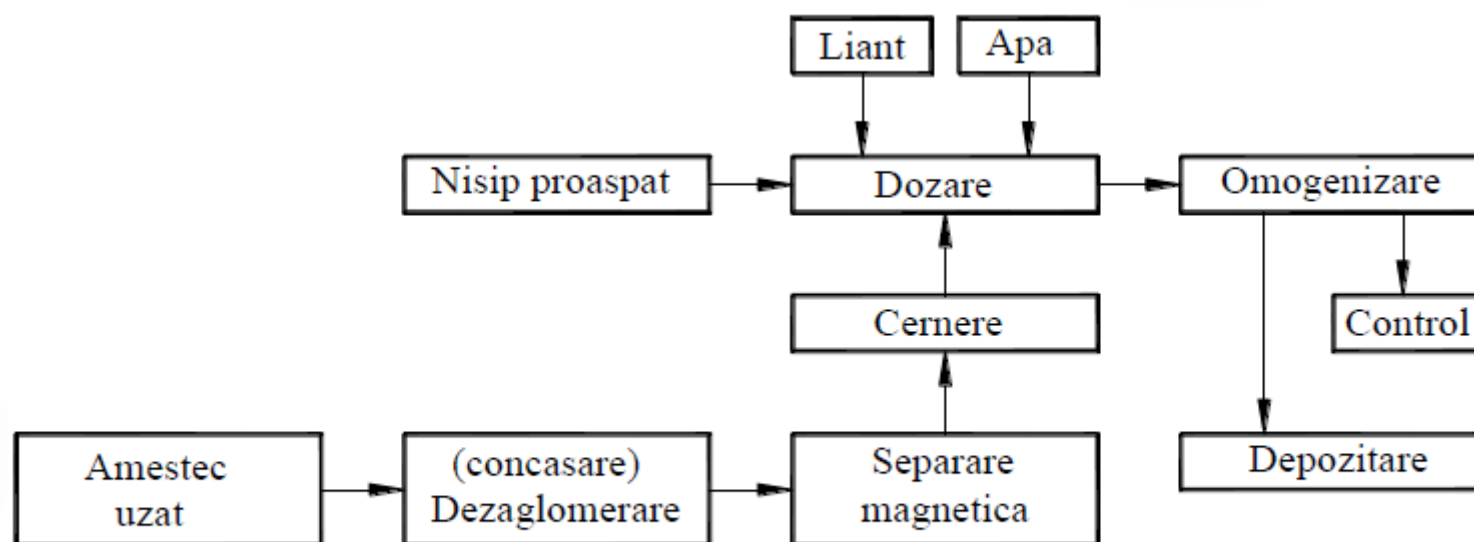


Figura 3.18. Schema de preparare a amestecului de formare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Amestecuri pentru forme și miezuri

În funcție de destinație, proprietățile amestecului de formare se asigură prin compoziția granulometrică, definită conform STAS 5609-87.

De mare importanță este apoi rețeta amestecului, respectiv procentul de participare a componentelor: nisip natural, liant argilos, apă și după caz alte componente și adaosuri.

În general, conținutul de argilă pentru aliajele turnate în forme crude nu depășește 8÷10%, pentru formele uscate nedepășind 15%.

Umiditatea amestecului de formare se încadrează, în general, în limitele 4,5÷5,5% indiferent de aliajul turnat.

Amestecurile de miez, sunt mai scumpe decât cele pentru forme, sunt îngrijit preparate și datorită acțiunilor termice și mecanice deosebite la care sunt supuse miezurile în procesul de turnare, trebuie proprietăți ridicate de refractaritate, permeabilitate la gaze, compresibilitate, să nu degaje gaze în reacție cu metalul lichid și să se dezbată ușor din piesă după solidificarea și răcirea acesteia.

Pe lângă amestecurile de formare și de miez, normale, mai sus prezentate, în practica turnării se utilizează și amestecuri speciale, respectiv cu întărire prin încălzire, cu rășini sintetice, cu sticlă solubilă și întărire cu CO₂, amestecuri cu autoîntărire la rece etc., amestecuri care vor fi prezentate în cadrul procedeele speciale de turnare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

În vederea executării formelor, trebuie precizat alături de model și amestecul de formare și tipul rețelei de turnare, respectiv de introducere a metalului topit în formă.

Pentru obținerea de piese calitativ superioare, o rețea de turnare, trebuie să asigure următoarele condiții:

- umplerea formei în timp determinat, corespunzător turnabilității optime a metalului sau aliajului lichid;
- umplerea să se facă uniform și continuu;
- să asigure evacuarea aerului și gazului din formă;
- să rețină zgura metalului turnat;
- să asigure controlul umplerii formei cu metal lichid.

Toate aceste condiții trebuie satisfăcute prin dimensionarea și construcția rețelei de turnare.

Pentru a defini mai bine rețeaua de turnare, să ne referim la elementele **rețelei normale de turnare**, la care în mod constant se întâlnesc elementele: pâlnia de turnare; piciorul pâlniei de turnare; canalul de distribuție și colectare a zgurii și canalele de alimentare, a căror semnificație se dă în *Figura 3.19*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

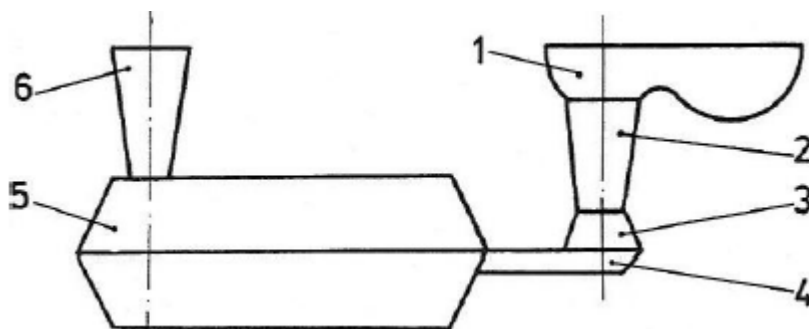


Figura 3.19. Rețeaua normală de turnare:

- 1 – pâlnie de turnare;
- 2 – piciorul pâlniei;
- 3 – canal de turnare;
- 4 – canal de alimentare;
- 5 – piesa;
- 6 – canal de evacuare aer, gaze (răsuflătoare).

Pâlnia de turnare, prin formă și dimensiuni, trebuie să evite stropirile și turbionările și poate fi de diverse tipuri, așa cum se vede pe *Figura 3.20*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

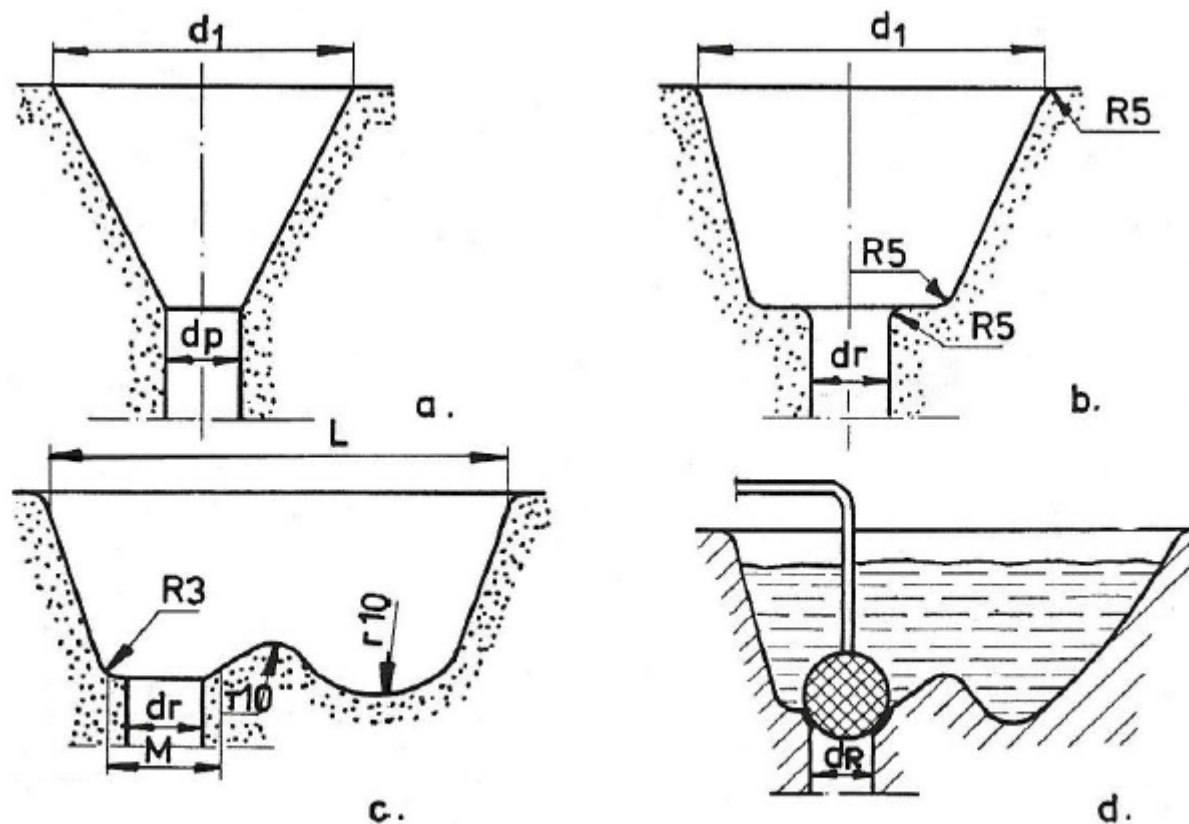


Figura 3.20 Tipuri de pânii de turnare:

a – conic; b – conic cu prag; c – oval; d – oval cu dop.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

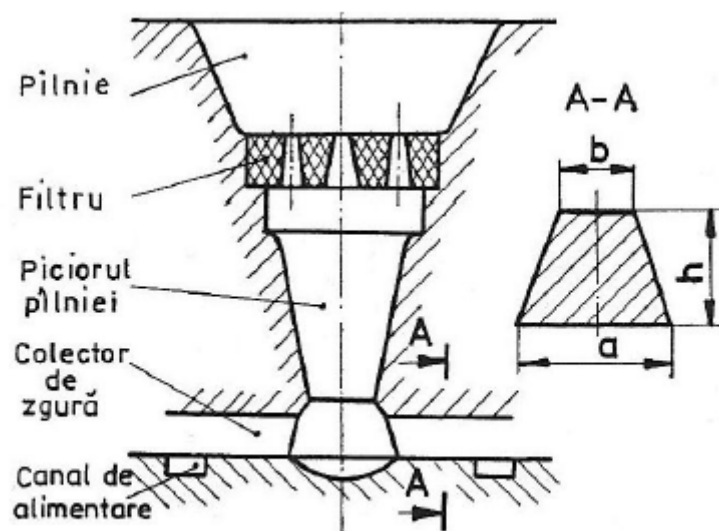


Figura 3.21. Schema piciorului de alimentare cu filtru.

Forma din *Figura 3.20(c, d)*, cu prag asigură reținerea zgurii provenită din metalul deversat din oala de turnare.

Piciorul de alimentare (piciorul pâlniei) se face invers conic pentru a evita ruperea coloanei de lichid, iar pentru înlăturarea mai eficace a zgurii se prevăd la partea superioară și cu filtre, așa cum se vede pe *Figura 3.21*. Dimensiunile filtrelor sunt cuprinse în STAS 4634-88.

Canalul de distribuție și colectare a zgurii prin lungime și poziție orizontală asigură alimentarea în toate punctele de atac ale piesei și are, în general, o secțiune trapezoidală (de exemplu, în *Figura 3.21*, secțiunea A-A).

Canalele de alimentare sunt canalele care introduc direct metalul în formă și fac legătura între canalul de distribuție și colectare a zgurii și cavitatea formei.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

Canalele de alimentare, *Figura 3.21*, atacă piesa de regulă în zonele cele mai subțiri, iar unghiul de atac să nu degradeze pereții formei. Din acest punct de vedere de mare importanță este și înălțimea punctului de atac în raport cu forma, deosebindu-se trei **moduri fundamentale de turnare** și anume:

- turnarea directă sau de sus;
- turnarea din lateral;
- turnarea indirectă sau prin sifon, așa cum se vede pe *Figura 3.22*.

Canalele de evacuare, completează rețeaua de turnare și respectă cu elementele rețelei și cavitatea formei principiul vaselor comunicante, *Figura 3.22*.

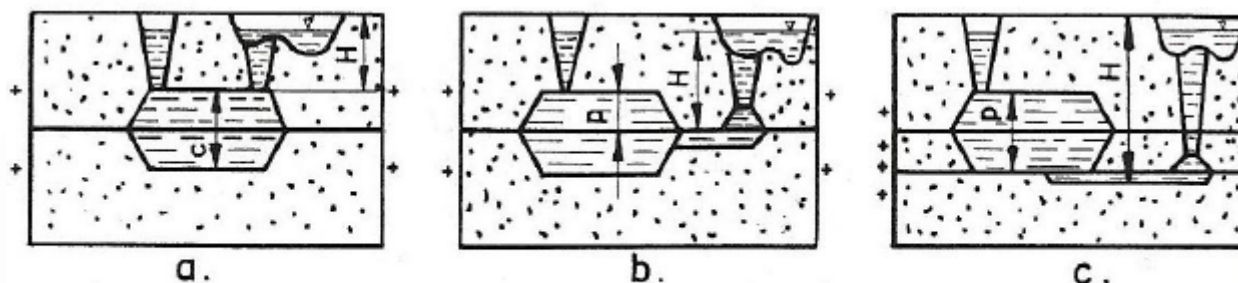


Figura 3.22. Înălțimea de atac H în funcție de metoda de turnare:
a – turnare directă; b – turnare laterală; c – turnare indirectă.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

La baza **dimensionării rețelei de turnare** stă principalul criteriu acoperitor, respectiv timpul de umplere a formei, care trebuie să fie mai mare decât timpul de evacuare al aerului și gazelor din formă și mai mic decât cel al turnabilității optime, al fluidității suficiente.

Calculul de dimensionare al rețelei de turnare, presupune în primul rând determinarea secțiunii totale a canalelor de alimentare, considerată ca cea mai mică din rețea. Secțiunea celorlalte elemente ale rețelei de turnare, respectiv canalul de distribuție și al piciorului de alimentare se determină pe bază de date experimentale în funcție de secțiunea alimentatorilor.

Exemplificând un mod de calcul, pentru cazul cel mai general industrial, respectiv al turnării de piese mici și mijlocii și concretizând pentru grosimea minimă de perete de $g_{min}=2,5$ mm și masa maximă a piesei $M_{max}=200$ Kg, secțiunea totală a alimentatorilor se poate determina cu relația:

$$S_a = \frac{M}{\mu \cdot t \cdot 0,31 \sqrt{H_p}} \text{ [cm}^2\text{]}, \quad (3.7)$$

în care: M este masa piesei turnate, în Kg;
 t – durata turnării, în s;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

$$t = S \cdot \sqrt{M} \quad [\text{s}], \quad (3.8)$$

- S – un coeficient funcție de grosimea minimă a pereților, de exemplu:
- pentru $g_{\min}=3\div5$ mm corespunde $S = 1,63$;
 - pentru $g_{\min}=5\div8$ mm corespunde $S = 1,85$;
 - pentru $g_{\min}=8\div15$ mm corespunde $S = 2,20$;
- μ – coeficient de debit, a cărui valoare este funcție de natura metalului turnat și se încadrează între limitele:
- $\mu=0,27\div0,55$ – pentru fontă;
 - $\mu=0,30\div0,41$ – pentru oțel;
 - $\mu=0,60\div0,70$ – pentru neferoase;
- H_p – presiunea metalostatică, funcție de înălțimea de atac a canalelor de alimentare și care se determină cu relația:

$$H_p = \frac{2H \cdot C - P^2}{2C} \quad [\text{cm}], \quad (3.9)$$

- H – înălțimea coloanei de metal măsurată de la nivelul canalelor de alimentare, *Figura 3.22*;
- C – înălțimea maximă a piesei în formă;
- P – înălțimea piesei măsurată de la nivelul canalelor de alimentare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

Înlocuind în relația (3.9) datele conform *Figurii 3.22*, cu următoarele particularizări pentru H_p , rezultă:

- la turnarea directă: $P = 0$ și $H_p = H$
- la turnarea laterală: $P = C/2$ și $H_p = H - C/8$
- la turnarea prin sifon: $P = C$ și $H_p = H - C/2$

Înlocuind acum totul în relația (3.7), pentru un caz dat va rezulta secțiunea totală a alimentatorilor.

Pentru celelalte canale ale rețelei S_{cz} (colectorul de zgură și de distribuție) și S_p (secțiunea medie a piciorului pâlniei), în baza principiului umplerii formei cu rețeaua plină, respectiv al continuității debitului, având în vedere accelerația gravitațională trebuie în general să se ajungă la un șir convergent în sensul scăderii gravitaționale, respectiv:

$$S_a < S_{cz} < S_p. \quad (3.10)$$



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Rețele de turnare

În practică se utilizează rapoartele supraetajate, considerând $S_a = 1$, rapoarte specifice pentru metalul turnat și care se înscriu cu valorile:

- pentru fontă: $S_p : S_{cz} : S_a = 1,15 : 1,1 : 1$;

- pentru oțel: $S_p : S_{cz} : S_a = 1,6 : 1,3 : 1$;

- pentru aliaje de Cu și Zn: $S_p : S_{cz} : S_a = 2,0 : 1,5 : 1$;

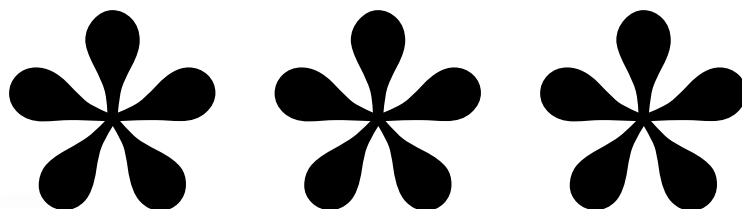
- pentru aliaje de Al și Mg: $S_p : S_{cz} : S_a = 1,25 : 1,5 : 1$.

Pentru cazul pieselor mari, cu masa de peste 200 Kg, secțiunea alimentatorilor se determină cu relația mai simplă:

$$S_a = \frac{M}{k \cdot t} \text{ [cm}^2\text{]}, \quad (3.11)$$

în care: t este durata turnării, în s;

k – viteza de turnare în funcție de natura metalului și a cărei valori se dau în literatura de specialitate.





TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Suport curs

**PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR
PRIN TURNARE**



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

- Caracterizarea fabricării pieselor turnate
- Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea formelor

Executarea unei forme cu pereți groși din amestec cu nisip, presupune efectuarea următoarelor operații:

- îndesarea amestecului de formare în rame pentru obținerea configurației geometrice a piesei prin mulare perfectă pe model, ca și pentru asigurarea unei rezistențe suficiente;
- executarea canalelor de ventilare pentru evacuarea mai ușoară a gazelor rezultate în procesul de turnare;
- extragerea modelului din formă (demularea);
- finisarea și asamblarea formei în vederea turnării.

După gradul de mecanizare, se disting două direcții: formare manuală, cu mai multe variante și formare mecanizată, cu mai multe variante.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

Se aplică pentru obținerea de piese unicat sau câteva bucăți în condiții date ale procesului de producție (investiții mici) și respectiv pentru piese mari de până la 200 tone.

Se deosebesc mai multe variante ale formării manuale, dintre cele mai uzuale enumerându-se:

- formarea în solul turnătoriei;
- formarea în rame cu model secționat (cu plan de separație);
- formarea cu șablonul;
- formarea cu miezuri;
- formarea cu nisip și sticlă solubilă întărit cu CO_2 .

Inventarul de scule pentru formarea manuală și tipurile de rame cu particularități constructive, sunt probleme abordate în cadrul lucrărilor de laborator de la disciplina de *Tehnologia materialelor*, probleme prezentate în îndrumarul de lucrări practice.

Formarea în solul turnătoriei. Cunoaște două subvariante: *în sol deschis cu model monolitic*, pentru piese simple, fără goluri sau cu goluri simple și fără pretenții de calitate (de exemplu, bare, grătare sau elemente de grătar pentru focare, contragreutăți etc.) și *formare închisă*, când se folosește și o ramă suplimentară care rezolvă precizia piesei și la partea ei superioară, *Figura 3.23*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

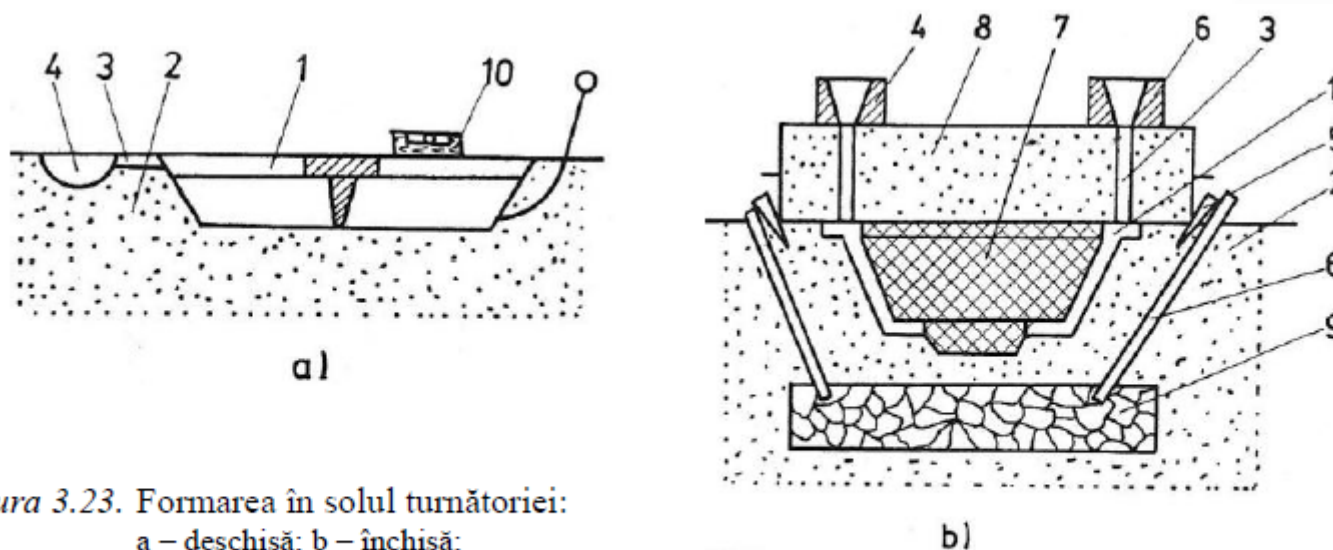


Figura 3.23. Formarea în solul turnătoriei:

a – deschisă; b – închisă;

1 – modelul; 2 – patul de formare în sol în prealabil pregătit; 3 – canal de alimentare; 4 – pâlnie de turnare; 5 – pene; 6 – țevi pentru aerisire și evacuare gaze; 7 – miez; 8 – ramă suplimentară; 9 – strat de cocs; 10 – nivelă cu bulă de aer.

Formarea în rame. Formarea în rame, cu model se execută în două sau mai multe rame de formare, de diferite dimensiuni și construcții, folosind modele de lemn sau metalice, și este procedeul de formare practicat cel mai frecvent.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

Modelul folosit poate fi executat dintr-o singură bucată, caz în care se formează în rama superioară rețeaua de turnare și eventual maselotele, *Figura 3.24*, sau din părți distincte, separate prin unul sau mai multe plane de separație, care coincid cu planul de separație al formei, *Figura 3.2(a)*. Executarea modelului demontabil este impusă de necesitatea scoaterii acestuia din formă, după batere.

În ambele cazuri, principalele faze de formare sunt prezentate în *Figura 3.25*. Astfel, conform figurii, avem:

1 – așezarea modelului *m* sau a semimodelului inferior (cu găuri de centrare) pe planșetă;

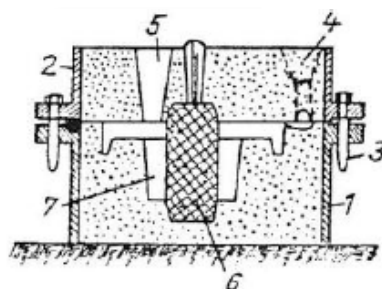


Figura 3.24. Formarea în rame cu model
dintr-o singură bucată:

1 – ramă de formare inferioară; 2 – ramă de formare superioară; 3 – cep de ghidare; 4 – pâlnie de turnare; 5 – maselotă deschisă; 6 – miez; 7 – cavitatea formei.

2 – așezarea ramei inferioare (cu urechi de centrare) pe planșetă, cu urechile pentru știfturi în jos, centrată cu modelul și pudrarea feței modelului cu o pudră de izolație care poate fi: *pudră de lycopodiu* obținută din sporii algei *Lycopodium clavatum* sau *praf de cuarț* (marșalita) obținut prin măcinarea fină a nisipului cuarțos. Cu aceeași pudră se pudrează și planul de separație al formei, respectiv planșeta pe care se materializează inițial acesta. Pudra are rolul de a preveni

aderența amestecului de formare la model și aderența dintre cele două semiforme;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

3 – cu ajutorul sitei se cerne peste model un amestec afânat numit *de model* sau *de perete*, în grosime de 20÷30 mm și îndesarea amestecului de model peste și în jurul modelului, în majoritatea cazurilor cu vârfurile degetelor, insistând mai ales asupra părților mai complicate ale modelului;

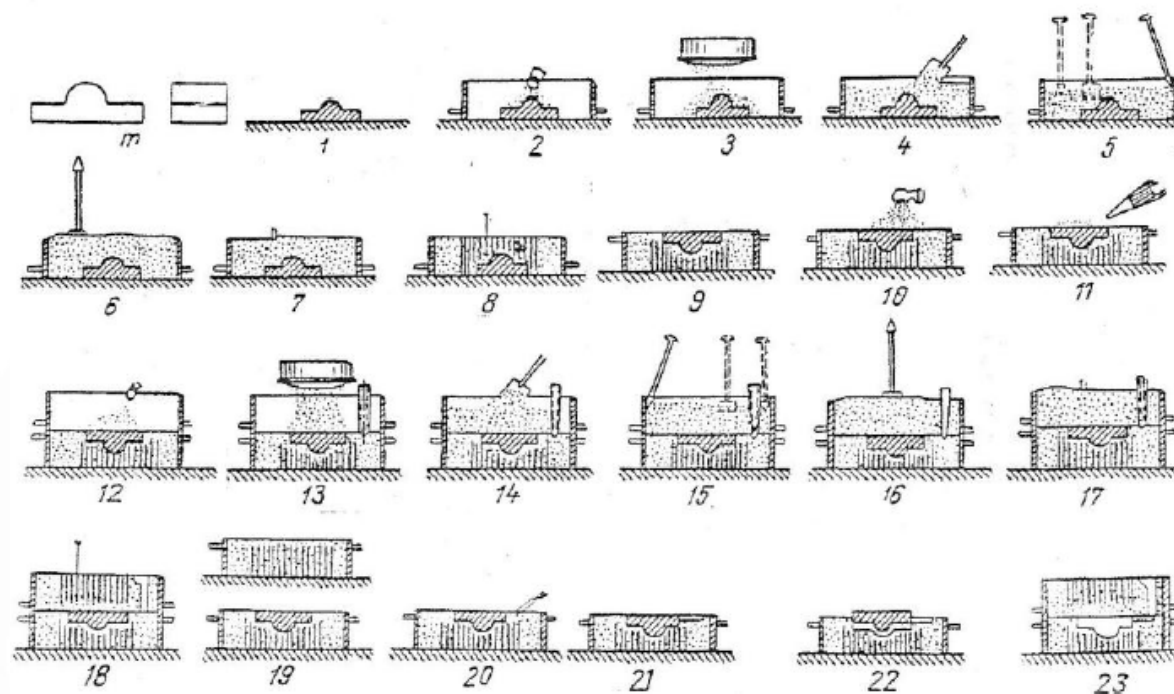


Figura 3.25. Succesiunea fazelor de lucru la formarea în două rame, cu model:

m – model; 1, 2, ..., 22 – fazele formării; 23 – forma pregătită pentru turnare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

- 4 – se adaugă cu lopata amestec de umplutură în straturi de până la 120 mm grosime;
- 5 – fiecare strat se bate cu partea ascuțită a bătătorului, începând de la margini către centru (pentru formarea legăturii cu ramele) și nu prea insistent deasupra modelului pentru a nu înrăutăți permeabilitatea la gaze a formei;
- 6 – ultimul strat cu vârf de la partea superioară a ramei se bate cu partea lată a bătătorului;
- 7 – se rade surplusul de amestec de formare cu ajutorul unei rigle de lemn sau metal (linial) care se ghidează pe marginea superioară a ramei. Se obține astfel o suprafață plană în vederea așezării pe planșetă sau pe patul de turnare;
- 8 – practicarea orificiilor de aerisire cu ajutorul acului de oțel. Aceste orificii, care servesc pentru evacuarea gazelor degajate în timpul turnării și solidificării, se execută deasupra modelului, până la 20÷30 mm de suprafața acestuia, pentru a nu-l deteriora;
- 9 – folosindu-se mânerul ramei, se întoarce semiforma inferioară cu 180° în plan vertical și se așează pe planșetă cu suprafața de separație în sus, după care se pot efectua și unele reparații, cu ajutorul sculelor de formare, dacă este cazul;
- 10 – pudrarea modelului și a suprafeței de separație. În cazul utilizării modelelor secționate, înainte de pudrare, se centrează semimodelul superior (cu știfturi de centrare) peste cel superior;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea formelor Formarea manuală

11 – suflarea ușoară a pudrei pe suprafața de separație pentru uniformizare și obținerea unui strat subțire;

12 – montarea ramei superioare, prin ghidare pe cepuri (știfturi) în găurile din urechile ramei inferioare, așezându-se totodată și modelele rețelei de turnare ale răsuflătorilor sau maselotelor. Se recomandă canale de alimentare scurte, care se sapă direct în procesul formării, iar răsuflătorile să se amplaseze în partea cea mai înaltă a piesei;

13, 14, 15, 16 și 17 – repetarea fazelor 3, 4, 5, 6 respectiv 7, pentru realizarea semiformei superioare;

18 – tăierea cu lanțeta și formarea pâlniei de turnare, extragerea modelelor rețelei de turnare și ale răsuflătorilor și practicarea orificiilor de aerisire;

19 – ridicarea cu atenție și întoarcerea cu 180° în plan vertical a semiformei superioare și așezarea acesteia pe planșetă. Nu se admit neteziri sau planări în suprafața de separație pentru că se deteriorează astfel etanșarea cavității formei, riscând curgerea metalului la turnare prin planul de separație;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

20 – în planul de separație al semiformei inferioare se taie cu lanțeta canalele de alimentare, care fac legătura între piciorul pâlniei de alimentare și cavitatea formei prin intermediul canalului de distribuție și colectare a zgurii din semiforma superioară în planul de separație. La fel se procedează și în cazul când răsuflătorile sunt practicate nu direct deasupra cavității formei, ci lateral, în planul de separație;

21 – netezirea canalelor de alimentare tăiate, eventual ale răsuflătorilor;

22 – demularea – extragerea semimodelelor sau modelelor din forme. Pentru aceasta, întâi se umezește amestecul de formare pe conturul modelului, în planul de separație, cu o pensulă și apă pentru evitarea deteriorării muchiilor vii ale cavității formei. Folosind ciocanul de mână (obișnuit din lemn sau cauciuc) se introduce cuiul extractor în orificiul special din model sau semimodel și se bate ușor cu ciocanul în plan orizontal, în direcții opuse, pentru a forma un mic joc între model și formă. După aceasta, cu atenție, se extrag modelele perfect pe verticală dintr-o semiformă sau, după caz, din ambele semiforme. În eventualitatea unor deteriorări ale cavității în timpul demulării, cu ajutorul sculelor din trusă se execută reparațiile necesare;



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

23 – asamblarea formei în vederea turnării. Dacă este cazul, se așează miezul sau miezurile în semiforma inferioară prin intermediul mărcilor. În continuare, se execută rabaterea semiformei superioare cu suprafața de separație în jos și aducerea ei în poziția de asamblare, care se face în afara semiformei inferioare și nu deasupra ei pentru a nu cădea eventual amestec de formare peste semiforma inferioară, urmând asamblarea și consolidarea ramelor în vederea turnării. Consolidarea este necesară pentru ca semiforma superioară să nu fie ridicată de presiunea metalostatică la turnare. După caz, formele se usucă sau se vopsesc, uneori pudrându-se numai cu pudră refractară.

Formarea cu șablonul. Se aplică în cazul fabricării unor piese unicat, care au formă de revoluție cu șabloane de rotație și mai rar pentru alte piese sau detalii manevrând șabloane de translație. Șabloanele, mai simple, înlocuiesc modelele de la metodele anterioare. Cel mai simplu, șabloanele se fac din lemn cu marginea curată, *Figura 3.26*,



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

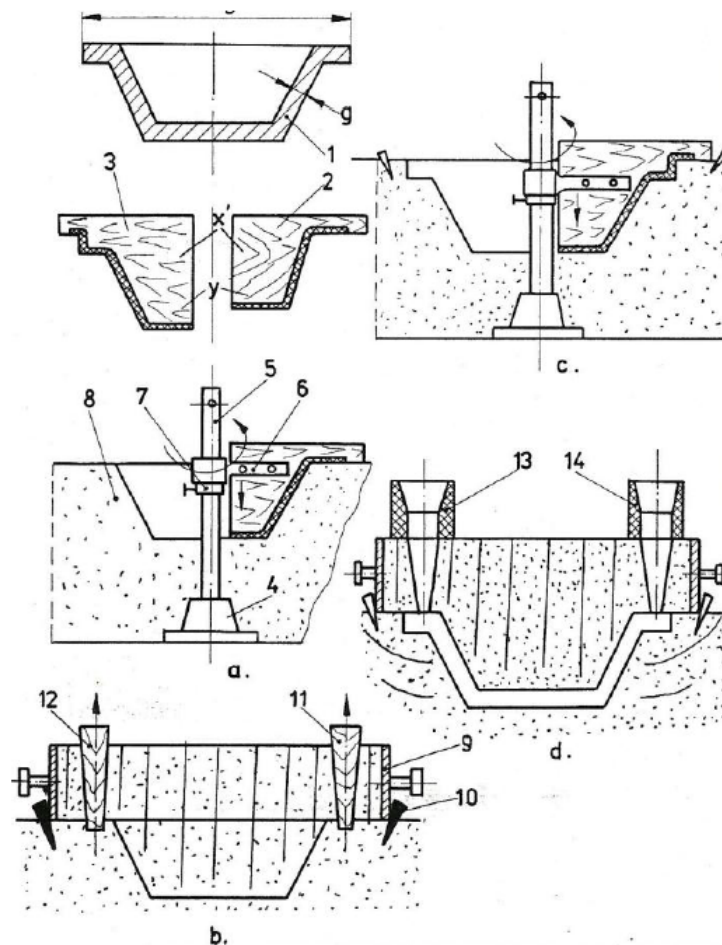


Figura 3.26. Succesiunea operațiilor de formare cu șablonul:

1 - schița piesei; 2, 3 - șabloane; 4 - suport; 5 - ax; 6 - braț; 7 - limitator; 8 - pat de formare;
9 - ramă; 10 - pene; 11, 12 - modele rețea de turnare; 13, 14 - pâlniile rețelilor de turnare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

iar pentru manevrarea șablonului în proces se folosește un dispozitiv special, respectiv un ax vertical sau orizontal pe care se prevăd și brațele de prindere a șabloanelor și inelele limitatoare. Pentru exemplificare să urmărim succesiunea operațiilor din *Figura 3.26*, care este următoarea:

- se pregătesc *șabloanele 2, 3* și dispozitivul de manevrare alcătuit din *suportul 4* și *axul 5*, ax pe care glisează *brațul 6* și *inelul limitator 7*, precum și *patul de formare 8*;
- prin șablonare conform săgeților din *Figura 3.26(a)*, folosind șablonul 2 se practică în sol cavitatea care va genera suprafața interioară a *piesei 1*;
- se extrage axul 5 și se execută o formare în sol acoperită (tehnologie anterior prezentată) utilizând *rama 9*, *penele 10* și *modelele 11, 12* pentru rețeaua de turnare, *Figura 3.26(b)*;
- după execuția ramei, aceasta se ridică, se întoarce cu 180° și se finisează. Se introduce din nou axul 5 cu șablonul 3, *Figura 3.26(c)*, șablonându-se suprafața exterioară a *piesei 1*;
- se scoate apoi din nou axul 5 și se procedează la asamblarea formei în vederea turnării, prevăzându-se și *pâlniile 14 și 15*, *Figura 3.26(d)*.

Formarea cu miezuri. Se practică în cazul producției de serie mare și de masă la fabricarea unor piese de configurație complexă cum sunt, blocuri motor, chiulase, cilindri și alte piese în construcția de mașini.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

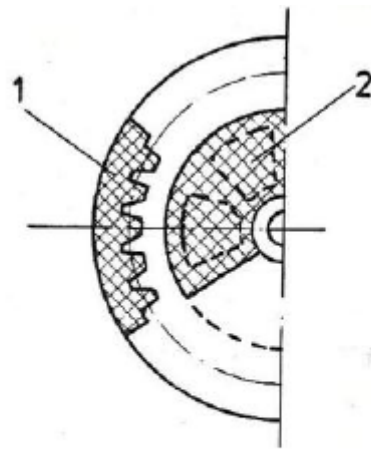


Figura 3.27. Formarea în miezuri:

1 – miez exterior (segmenti asamblați);

2 – miez interior (segmenti asamblați).

Metoda presupune realizarea unui gol (a unei cavități) numai cu ajutorul miezurilor, generându-se astfel atât suprafața interioară cât și cea exterioară a piesei.

Metoda prezintă importante avantaje: mărește precizia pieselor turnate; se scurtează procesul de formare și se reduc rebuturile. Realizarea formei de turnare, presupune deci, executarea separată a unor miezuri, care se assemblează și constituie forma.

Pentru exemplificare, în *Figura 3.27* se prezintă formarea numai cu miezuri a unei roți dințate cu bandaj, spițe și butuc.

Formarea cu nisip și sticlă solubilă întărit cu CO₂. Se aplică pentru turnarea de piese cu masa de până la 40 tone, fabricate unicat sau de serie.

Procesul de formare, constă în îndesarea pe model a unui amestec special cu sticlă solubilă, într-un strat de 50÷70 mm, în restul formei se umple cu amestec obișnuit de umplutură. Amestecul special este alcătuit din nisip cuarțos, cu 5÷6% silicat de sodiu (sticlă solubilă).



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

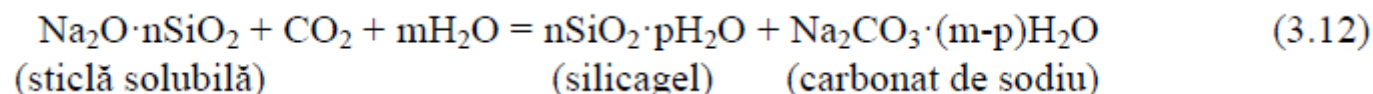
Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

După îndesarea totală a amestecului în formă se insuflă timp de 0,5÷3 minute CO₂ la o presiune de 1÷3 daN/cm².

Sub acțiunea bioxidului de carbon, sticla solubilă reacționează chimic formând silicagelul, care întărește forma eliminând uscarea. Rezistența formei ajunge la 13 daN/cm².



Nisipul cuarțos trebuie să aibă un conținut de argilă scăzut, sub 3÷4%, iar sticla solubilă să posede un *modul m* de 2÷3,028 și o densitate de 1,52÷1,56 g/cm³.

$$m = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Na}_2\text{O}} \times 1,032 \quad (3.13)$$

Cu cât modulul *m* este mai ridicat, cu atât autoîntărirea este mai rapidă (de exemplu, pentru *m*=2,9÷3, timpul de întărire este de 15÷20 secunde).

Metoda necesită o instalație amenajată de racord la buteliile cu CO₂ și de insuflare în formă. De regulă, insuflarea se face prin model (o rețea de perforații) cu ajutorul unor incinte de insuflare, așa cum se vede pe *Figura 3.28*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea manuală

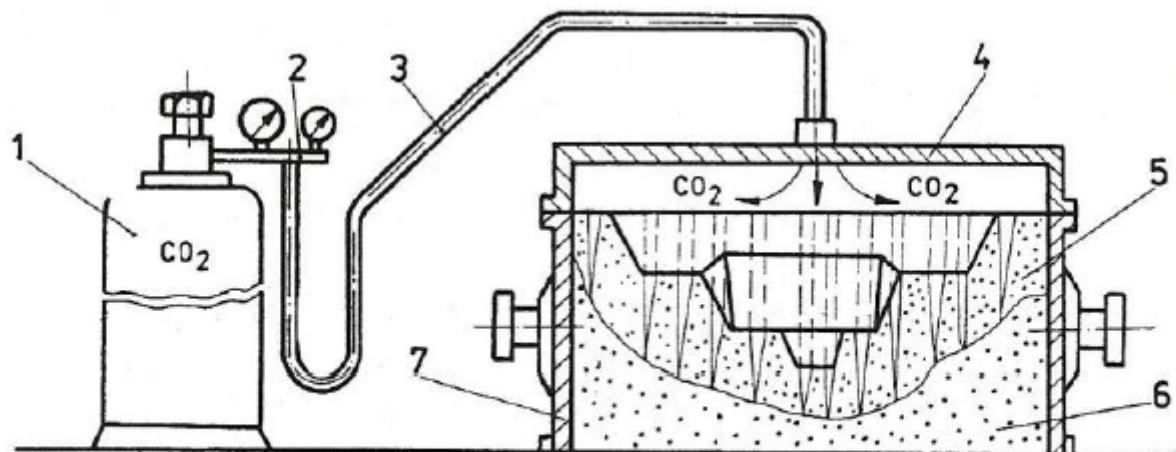


Figura 3.28. Schema insuflării cu CO_2 a formei din nisip și sticlă solubilă:

1 – butelie cu CO_2 ; 2 – reductor de presiune; 3 – furtune de cauciuc; 4 – capac; 5 – strat de nisip și sticlă solubilă; 6 – strat de amestec de umplutură; 7 – ramă de formare.

Metoda prezintă următoarele *avantaje*: elimină lianții scumpi pentru executarea miezurilor; elimină uscarea și deci utilajele necesare și consumul energetic; precizia pieselor crește, întrucât demularea se face după ce amestecul este întărit; se reduce pericolul apariției suflurilor; se folosește același amestec pentru forme și miezuri; crește productivitatea datorită rapidității autoîntăririi.

Ca *dezavantaje* se pot enumera: consumul de CO_2 ; pericol de înghețare a conductelor de CO_2 ; dezbateră grea a formelor și în mod deosebit a miezurilor.

Față de avantaje, metoda se poate aplica pentru turnarea tuturor tipurilor de aliaje, feroase și neferoase.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

Se practică pentru producția de masă și de serie, când formele se execută cu ajutorul unor mașini și instalații mecanice de lucru. Pentru formare se folosesc în acest caz plăcile de model, separat pentru rama inferioară și respectiv rama superioară.

Formarea mecanică realizează de fapt următoarele operațiuni:

- așezarea ramei pe mașină;
- introducerea amestecului de formare în rame;
- îndesarea amestecului de formare pe model;
- extragerea modelului din formă (demularea);
- transportul și asamblarea semiramelor în vederea turnării.

Mașinile de format lucrează cu amestec unic și asigură o precizie geometrică ridicată a cavității formei, crește productivitatea muncii, reduce manopera și scurtează ciclul de fabricație a unei piese.

Cea mai completă clasificare a mașinilor de format se poate face după modul de îndesare a amestecului în forme, când pot fi:

- cu îndesare prin presare;
- cu îndesare prin scuturare;
- cu îndesare prin aruncare;
- cu îndesare prin vacuumare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

Formarea mecanică prin presare. Amestecul de formare dozat în rama de formare este îndesat la gradul dorit prin intermediul unei supraumpleri cu ajutorul unui cadru suplimentar, *Figura 3.29*.

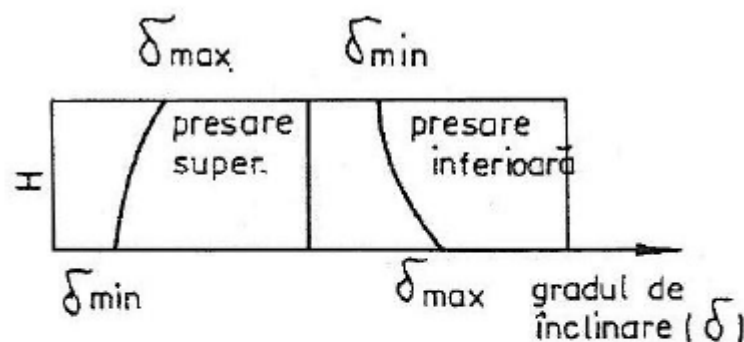
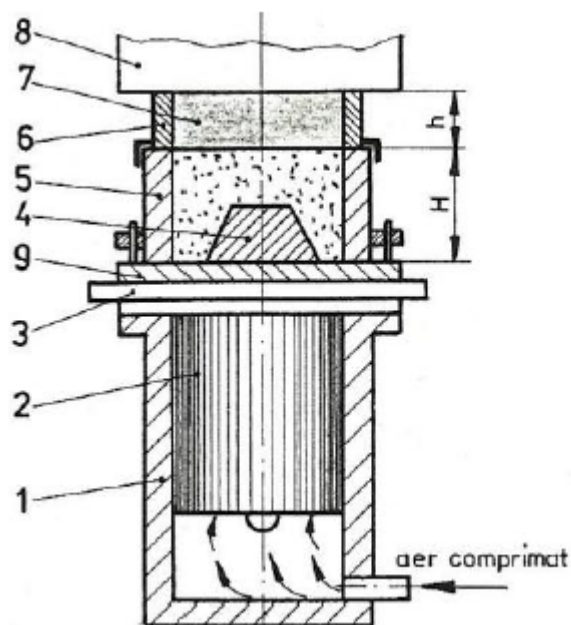


Figura 3.29. Schema îndesării mecanice prin presare:

1 – cilindru; 2 – piston; 3 – platou; 4 – semimodel;
5 – rama; 6 – cadru de supraumpleri; 7 – sabot;
8 – sprijin sau acționare sabot; 9 – placa
modelului; c – cursa.

Presarea se realizează cu ajutorul pistonului mașinii (acționat hidropneumatic) și îndesarea se poate face în două moduri: cu presare de sus în jos sau din partea sabotului, respectiv amestecul este îndesat pe model; cu presare de jos în sus, când modelul presează amestecul în ramă.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

Între cele două variante se poate face următoarea analiză comparativă: dacă la presarea de sus în jos îndesarea în suprafața activă este mai slabă (asigurându-se o mai bună permeabilitate la gaze, dar o rezistență mecanică scăzută), în schimb la a doua variantă, cu toate că permeabilitatea la gaze este mai redusă, datorită rezistenței mecanice mai ridicate, crește și precizia geometrică și dimensională a pieselor turnate, acest lucru rezultând și din graficele reprezentate în *Figura 3.29*.

Neuniformitatea îndesării crește cu creșterea înălțimii modelului sau a ramelor și prin urmare, eficacitatea metodei limitează înălțimea ramei H între $200 \div 250$ mm, iar presiunile de compactare nu depășesc $10 \div 15$ daN/cm².

Determinarea înălțimii h a ramei de supraumplere pleacă de la faptul că în proces greutatea amestecului dozat nu se schimbă, ci numai volumul se modifică. Astfel, conform notațiilor din *Figura 3.29* se poate scrie:

$$G_1 = \rho_u \cdot V_1 = \rho_u \cdot [A_{rf}(H + h) - V_m], \quad (3.14)$$

în care: G_1 este greutatea amestecului de formare care intră în proces;

ρ_u – densitatea de umplere a amestecului de formare;

V_1 – volumul ramei de formare și a cadrului de supraumplere;

V_m – volumul modelului;

A_{rf} – aria secțiunii libere a ramelor de formare și supraumplere.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

După presare, se poate scrie din nou relația:

$$G_2 = \rho_{pm} \cdot (V_{rf} - V_m) = \rho_{pm} \cdot (A_{rf} \cdot H - V_m) \quad (3.15)$$

în care: G_2 este greutatea amestecului de formare presat în rame;

ρ_{pm} – densitatea medie după presare a amestecului de formare;

V_{rf} – volumul ramei de formare.

Cum greutatea amestecului în proces nu se schimbă, rezultă:

$$G_1 = G_2$$

și după înlocuire:

$$\rho_u \cdot [A_{rf}(H + h) - V_m] = \rho_{pm} \cdot (A_{rf} \cdot H - V_m),$$

de unde, ordonând termenii și explicitând pe h , rezultă:

$$h = \frac{\rho_{pm} - \rho_u}{\rho_u} \left(H - \frac{V_m}{A_{rf}} \right). \quad (3.16)$$

Prin simplificare, dacă se neglijează volumul modelului comparativ cu volumul ramelor, atunci:

$$h = H \cdot \frac{\rho_{pm} - \rho_u}{\rho_u} \quad (3.17)$$



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

Din această relație, cu ρ_u determinat, H dat și ρ_{pm} impus, se dimensionează înălțimea h , astfel încât diferența $\delta_{max} - \delta_{min}$, *Figura 3.29*, să fie neglijabilă.

Formarea mecanică prin scuturare. Metoda se bazează pe ciocnirea a două mase, dintre care una este rigid legată de sursa de mișcare (modelul și rama de formare) și

cealaltă este liberă (amestecul de formare). Forțele de impact create în proces provoacă îndesarea amestecului pe model și din strat în strat pe înălțimea ramei. Gradul de îndesare scade întrucâtva pe înălțimea ramei, *Figura 3.30*, datorită faptului că și cantitatea de amestec scade pe măsură ce ne ridicăm pe înălțimea ramei. Acest neajuns la partea superioară a ramelor se poate corecta printr-o îndesare suplimentară, care se face operativ manual sau tot mecanizat, când mașina de scuturat este prevăzută și cu sistemul de presare mecanică finală după principiul mașinilor de formare mecanică prin presare.

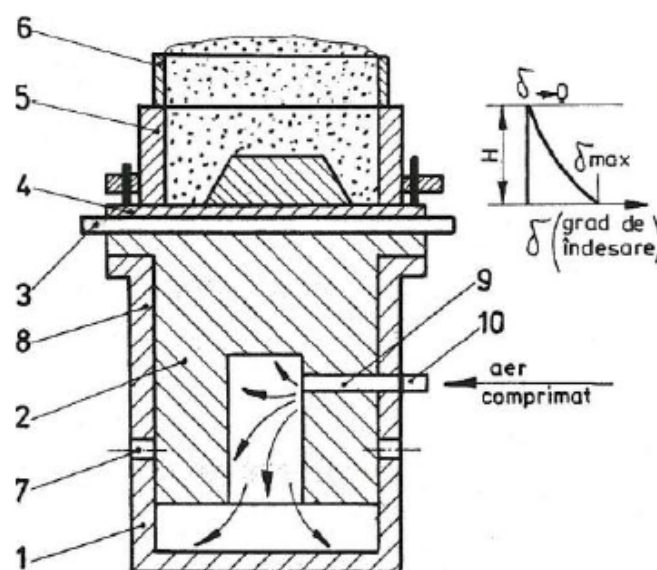


Figura 3.30. Schema formării mecanice prin scuturare:

1 – cilindru; 2 – piston; 3 – platou; 4 – placa de model; 5 – rama de formare; 6 – cadru de supraumplere; 7 – ferestre de refulare; 8 – capul de lovire al cilindrului; 9 – fereastră de admisie; 10 – racord la sursa de aer comprimat.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea formelor Formarea mecanizată

Cursa de ridicare a pistonului este în jur de $25 \div 80$ mm, iar numărul de șocuri-lovituri variază între $120 \div 200$ pe minut.

Metoda este eficace până la înălțimi de ramă de 800 mm, la rame mai înalte scuturarea combinându-se obligatoriu cu presarea suplimentară.

Formarea mecanică prin aruncare. Se bazează pe efectul de îndesare, obținut prin aruncarea unor cantități mici de amestec de formare, în mod continuu, asupra modelului și apoi asupra straturilor depuse, până la completarea ramei de formare.

Forța de aruncare, care condiționează și gradul de îndesare, depinde, conform teoriei ciocnirii corpurilor, de raportul maselor, de vitezele de ciocnire și de rigiditatea maselor.

PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor Formarea mecanizată

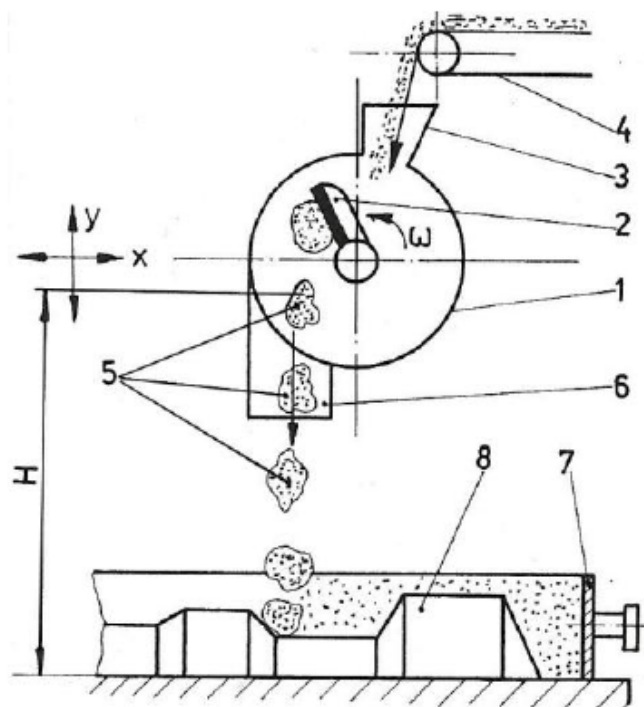


Figura 3.31. Schema formării mecanice prin aruncare:

- 1 – carcasă din tablă; 2 – paleta sau cupa;
- 3 – gura de încărcare; 4 – banda de alimentare;
- 5 – bulgăre de amestec; 6 – gura de aruncare centrifugală; 7 – rama de formare; 8 – modelul piesei.

Mașina de aruncat, are ca dispozitiv principal, capul aruncător, *Figura 3.31*, format dintr-o carcasă în care se învârtă un rotor cu palete, care aruncă tangențial pe verticală amestecul de formare.

Adaptarea mașinii la condițiile de lucru se face prin reglarea turației rotorului, care determină mărimea vitezei inițiale de aruncare a amestecului de formare și prin înălțimea H de aruncare, capul manevrându-se cu ușurință în planul orizontal $x-y$. Dacă înălțimea H este destul de mare față de înălțimea modelului (variabilă), variație care se poate neglija, atunci la un raport $H/h_{\text{model}} = \text{ct.}$, se reușește un grad uniform de îndesare în întreg volumul ramei de formare. Se asigură un grad de îndesare de $1,8 \div 1,9 \text{ g/cm}^3$.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

Prin avantajele, metoda se aplică numai pentru piese mari și foarte mari, cu mare gabarit în plan orizontal, la piese mici, crește prea mult risipa de amestec de formare în jurul ramei de formare.

Formarea prin vacuumare. Folosește ca amestec de formare nisipul calibrat, spălat, întrucât liantul este suplinat de efectul vidului.

Pentru aceasta, ramele și plăcile de model sunt speciale cu posibilitate de racordare la pompa de vid. În principiu, modul de executare a unei rame prin această metodă se vede schematic pe *Figura 3.32*.

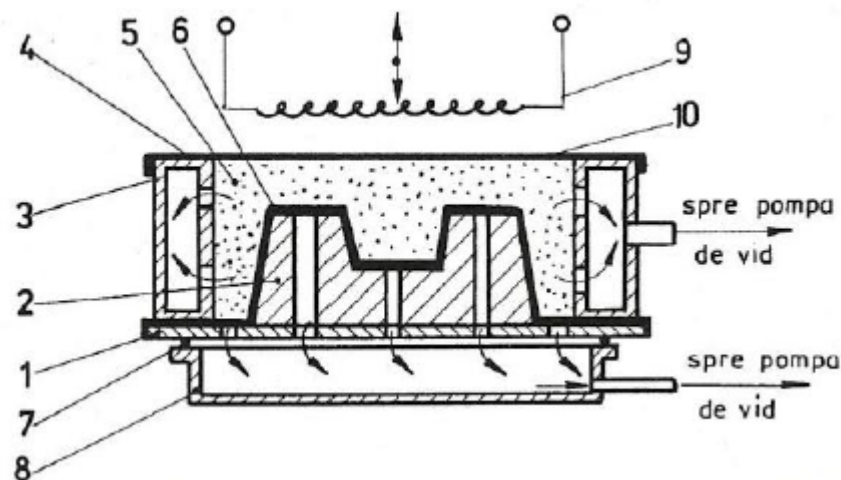


Figura 3.32. Schema executării unei forme prin vidare:
1 – placă de model;
2 – model;
3 – rama de formare;
4, 6 – folii de polimeri;
5 – nisip calibrat;
7 – garnitură de etanșare;
8 – cameră de aer;
9 – radiator;
10 – cadru-colier.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea formelor Formarea mecanizată

Executarea unei rame, conform notațiilor din *Figura 3.32*, se realizează în următoarea succesiune a operațiilor:

- *placa de model 1*, cu *modelul 2*, se acoperă cu o *folie de polimer 6* cu o grosime sub 0,1 mm;
- prin racordarea la vacuum prin intermediul *camerei 8* și încălzirea ușoară a foliei cu *radiatorul 9*, aceasta mulează foarte bine pe model. Vacuumul necesar este 2,6÷5,2 MPa;
- peste placa de model se așează apoi *rama specială 3* care se umple cu nisip uscat, se vibrează pentru umplere uniformă și se nivelează la partea superioară a ramei;
- peste rama umplută ca mai sus se așează cea de-a doua *folie de polimer 4*, la fel preîncălzită cu *radiatorul 9* care se fixează cu un *cadru-colier 10*;
- îndesarea și solidarizarea nisipului se realizează acum prin simpla racordare a ramei la pompa de vid, vid de 4÷6 MPa;
- se extrage apoi rama de pe model menținută la vid și se depozitează.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea formelor Formarea mecanizată

Se execută la fel și rama pereche și ambele rame menținute sub vid, se assemblează în vederea turnării. Vidul se menține pe tot timpul formării, asamblării, turnării și solidificării metalului.

La turnarea metalului, folia de contact δ arde, iar produsele arderii evită formarea aderențelor de nisip pe corpul piesei.

Dezbaterea, eliminarea piesei din formă, se face foarte ușor, prin simpla întrerupere a legăturii cu sursa de vacuum.

Rezultă piese cu suprafața curată, de precizie bună, dezavantajul constituindu-l nisipul calibrat care este scump și o pregătire specială a fabricației (rame și plăci de model speciale) ca și necesitatea echipamentului de vidare (electropompe de vidare).

Față de avantajele, metoda se folosește pentru fabricarea de piese turnate cu masa de la 0,1 la 10 tone, pe linii automate de formare-turnare.

La mașinile de format, extragerea modelului se face mecanizat, printr-o mișcare verticală și lină pentru a se evita degradarea formei și necesitatea de reparații.

Pentru o extragere mai ușoară se acționează asupra plăcii de model, cu vibrații transversale, realizate mecanic cu lovituri cu o contragreutate.

Dintre variantele de demulare, în *Figura 3.33* se prezintă câteva dintre cele mai uzuale.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea formelor

Formarea mecanizată

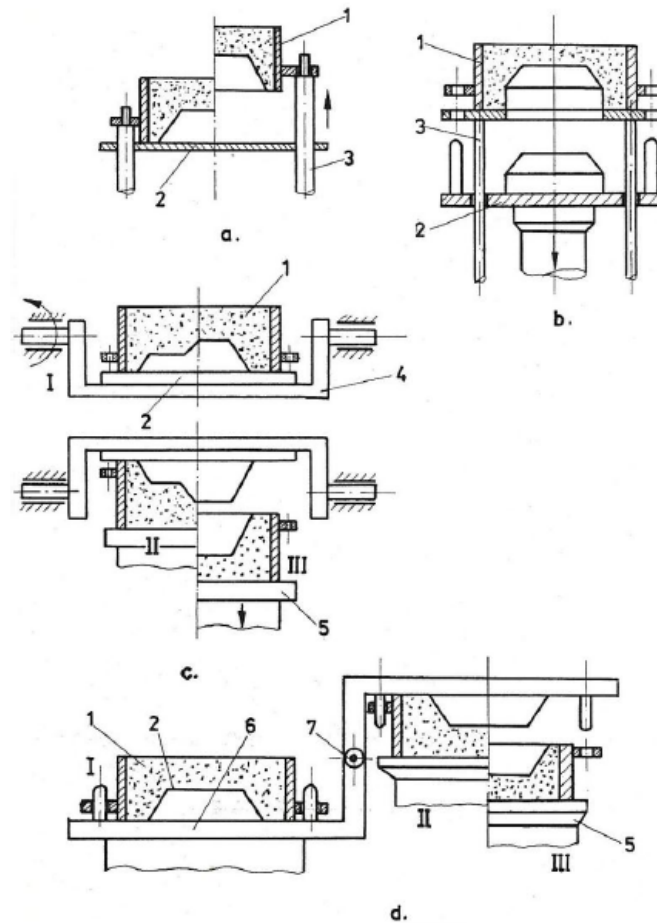


Figura 3.33. Scheme ale metodelor de demulare mecanică:

a – cu ridicarea ramei de pe model; b – cu extragerea modelului din ramă; c – cu masă rotitoare; d – cu braț rabatabil; 1 – ramă de formare; 2 – placă de model; 3 – tijă; 4 – masă de formare rotitoare; 5 – masă de primire formă; 6 – masă rabatabilă (braț); 7 – articulație.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Executarea miezurilor

Procesul tehnologic de executare a unui miez presupune, în general, următoarele operațiuni: formarea miezului crud; uscarea miezului; finisarea și vopsirea miezului uscat; în cazul miezului din mai multe bucăți, acesta după uscare se assemblează prin lipire.

Ca și formele, miezurile se pot executa manual și mecanizat.

Formarea manuală reclamă folosirea cutiei de miez cu plan de separație, executându-se separat câte jumătate de miez, iar cele două jumătăți se lipesc pe planul de separație cu argilă.

După îndesarea amestecului și asamblarea miezului cu ajutorul unor ace se dau și orificiile de ventilație în cutia de miez asamblată. După această operație se extrage miezul din cutie și se așează pe o placă de uscare, care se introduce în cuptorul de uscare. După uscare, miezul cald se vopsește, uscarea după vopsire, având loc de la sine.

Cutiile de miez pot fi executate din lemn sau materiale metalice.

În secțiune transversală, pe un element de miez, fazele execuției manuale se prezintă în *Figura 3.34*.

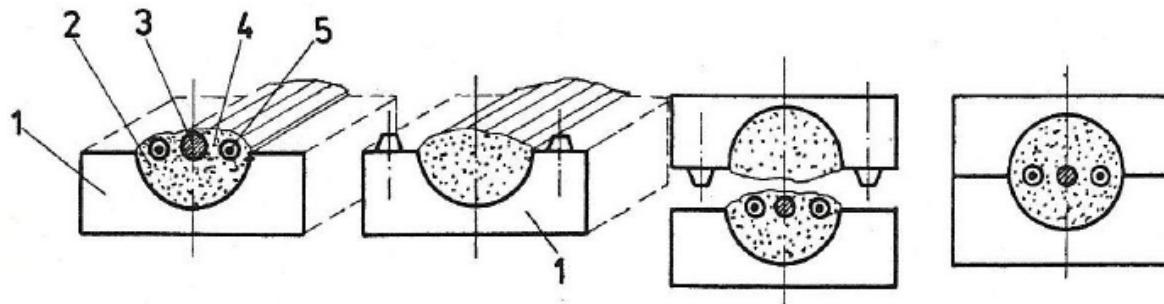


Figura 3.34. Schema executării manuale a miezului:

1 – semicutii de miez; 2 – amestec de miez; 3 – armătură; 4 – strat de argilă; 5 – fitile centrale.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Executarea miezurilor

Formarea mecanică a miezurilor, se realizează cu ajutorul mașinilor care pot funcționa pe principiul presării, scuturării, suflării sau împușcării, fiind uneori echipate și

cu dispozitive de deschidere a cutiei de miez, extragerea miezului și plasarea acestuia pe tava de uscare.

Metoda suflării sau împușcării este de mare productivitate și se aplică pentru executarea miezurilor mici și mijlocii, de complexitate medie, în producție de serie și de masă. O schemă a capului mașinii după principiul suflării sau împușcării se dă în *Figura 3.35*.

Amestecul de miez aflat în capul mașinii este antrenat și îndesat de aerul comprimat pătruns prin orificiile de la partea superioară cu presiune constantă (suflare) sau instantanee mare (împușcare) prin orificiile amplasate la partea inferioară în cutia de miez. Aerul de transport a amestecului de miez este evacuat prin orificiile aflate la partea inferioară a cutiei de miez.

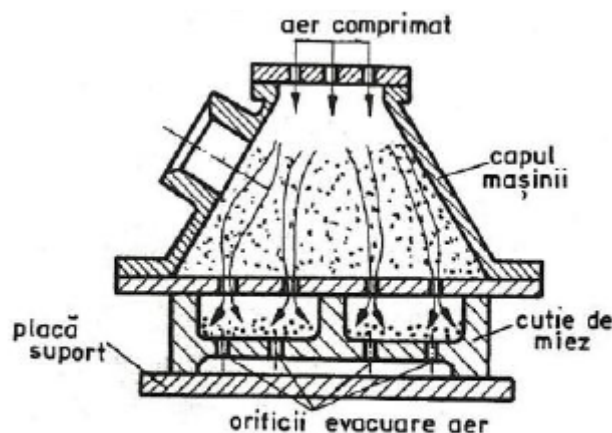


Figura 3.35. Schema capului mașinii de suflat sau împușcat miezuri.



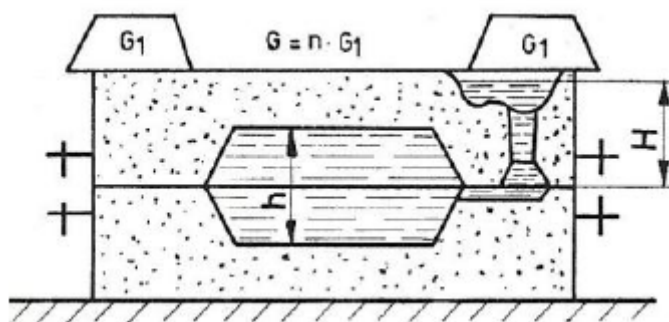
PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Pregătirea formelor în vederea turnării

Operațiile pregătitoare principale ale unei forme în vederea turnării, dacă rețeaua de turnare a fost bine proiectată și executată, mai cuprind: asamblarea formelor și a miezurilor; uscarea miezurilor și a formelor; asigurarea și consolidarea formelor.

Asamblarea formelor, începe cu așezarea ramei inferioare pe locul de turnare. Apoi după planul de operații sau desenul de asamblare, se așează miezurile corespunzătoare pe mărci în locașul acestora și se închide forma cu rama superioară centrată pe știfturi.



Asigurarea formei, urmează imediat după asamblare și are drept scop să contracareze acțiunea metalului turnat de a umfla și ridica rama superioară, compromițându-se astfel turnarea.

Pentru determinarea greutateilor necesare se pleacă de la determinarea forței ascensionale a metalului turnat în formă, *Figura 3.36*.

Presiunea cu care metalul tinde să umple rama superioară este egală cu greutatea unei coloane (imaginare) de metal lichid, având secțiunea piesei și înălțimea egală cu distanța de la nivelul superior a piesei până la nivelul metalului din pâlnia de turnare.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Pregătirea formelor în vederea turnării

Pentru cazul schemei din *Figura 3.36*, forța ascensională F va fi deci:

$$F = A_p \cdot \left(H - \frac{h}{2} \right) \cdot \gamma = n \cdot G_l, \quad (3.18)$$

în care: A_p este aria piesei în plan orizontal;

H – înălțimea coloanei de metal lichid considerată de la planul de separație la nivelul superior din pâlnia de turnare;

h – înălțimea maximă a cavității formei;

γ – greutatea specifică a metalului turnat;

G_l – greutatea modulată;

n – numărul necesar de greutateți modulate.

Din relația (3.18) se poate deci cu ușurință determina n :

$$n = \frac{A_p \cdot \left(H - \frac{h}{2} \right) \cdot \gamma}{G_l} \quad (3.19)$$

și se obține astfel sarcina de balastare, consolidare a formei.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Pregătirea formelor în vederea turnării

Uscarea formelor și miezurilor. Așa cum se observă și în *Figura 3.9*, dacă miezurile se utilizează numai în stare uscată, formele pot fi utilizate atât în stare crudă cât și în stare uscată.

Prin urmare, se urmărește îmbunătățirea proprietăților fizico-mecanice și tehnologice ale miezurilor și formelor.

Uscarea, după caz, se poate face prin mai multe procedee: cu curent de aer cald sau amestec de gaze calde și aer (temperatura $250\div 600^{\circ}\text{C}$); cu raze infraroșii (temperatura de uscare $250\div 400^{\circ}\text{C}$); prin încălzire cu rezistențe electrice; prin încălzire cu microunde.

Regimul de uscare depinde de felul liantului, mărimea formelor și a miezurilor și de metalul care se toarnă. Principalii factori de influență asupra procesului de uscare sunt: temperatura de uscare, durata de uscare și fazele uscării.

Temperatura de uscare trebuie să fie optimă, întrucât o temperatură prea mică scade productivitatea, iar prea mare arde miezul sau forma. Orientativ, după tipul amestecului, temperaturile de uscare se încadrează între limitele prezentate în *Tabelul 3.3*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Pregătirea formelor în vederea turnării

Tabelul 3.3. Temperaturi recomandate pentru uscarea formelor și miezurilor.

Temperatura de uscare, în K	Tipul amestecului pentru formă sau miez
370÷420	Miezuri de nisip sărac.
448	Miezuri din amestec cu melasă sau colofoniu.
430÷450	Miezuri din amestec cu leșie sulfatică sau dextrină.
470÷510	Miezuri din amestec cu ulei de in simplu și cu dextrină.
470÷620	Forme și miezuri din nisip cu liant de argilă.
670÷720	Forme și miezuri din amestecuri grase pentru fontă.
670÷900	Forme și miezuri pentru oțel.
1100÷1300	Forme din șamotă pentru oțel.

În ce privește *durata de uscare*, unele recomandări arată următoarele:

- miezurile cu masa sub 150 Kg, cu lianți organici se usucă 1÷6 ore, iar cu lianți minerali 2÷12 ore;
- formele din amestecuri și de mărimi uzuale se usucă în 6÷10 ore în cuptoare închise de uscare, formele mai mari în timp mai lung.

Pentru forme și miezuri un alt mod de analiză a duratei de uscare se bazează pe criteriul: 1 oră pentru fiecare 25 mm grosime.

Dacă uscarea se face în aer liber, atunci durata este de circa 24 ore, iar la formele în ciment între 3 și 12 ore.

Reușita uscării depinde și de *fazele ciclului de încălzire*, în sensul că la început se execută lent, apoi cu viteză maximă și în final cu egalizare termică, când temperatura scade lent.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Pregătirea formelor în vederea turnării

Instalațiile și utilajele de uscare, în funcție de necesități, sunt de o gamă largă, după aspectul constructiv –funcțional și sursa energetică folosită.

Dintre soluții se pot enumera: uscătoare fixe, cu funcționare intermitentă, cu recirculare de gaze; dulapuri de uscare; uscătoare fixe cu acțiune continuă; uscătoare transportabile; uscătoare cu flacără cu gaz metan; instalații portabile cu ventilator; uscătoare speciale; uscătoare cu raze infraroșii; uscătoare cu câmp electric de înaltă frecvență.

Cele mai utilizate sunt *uscătoarele de tip cuptor cu cameră și vatră mobilă*, în special pentru forme și miezuri mari, încălzirea făcându-se cu arzătoare și gaz combustibil.

Dulapurile de uscare sunt fixe, cu etajere în care se usucă de regulă miezurile mici și de serie mare.

Asemănător, sunt *uscătoarele continui*, folosite pentru uscarea miezurilor în producția de masă.

Pentru forme în sol și alte forme unicat se pot folosi instalațiile cele mai simple, un *grătar ad-hoc* acoperind forma cu table sau încălzire cu flacără deschisă direct de la sursa de gaz.

Uscătoarele speciale sunt amenajate în funcție de tipul formei, cum este cazul turnării lingotierelor, *Figura 3.37*.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Pregătirea formelor în vederea turnării

Uscătoarele cu raze infraroșii, folosesc lămpi cu putere de 250÷500 W. Sunt transportabile și se așează deasupra formelor asigurând în circa 10 minute o uscare pe adâncimea de 5÷10 mm. Aceste lămpi pot fi montate și în cuptoare tunel, prin care banda cu forme circulând pe lungimea cuptorului se asigură acoperirea întregului ciclu de uscare.

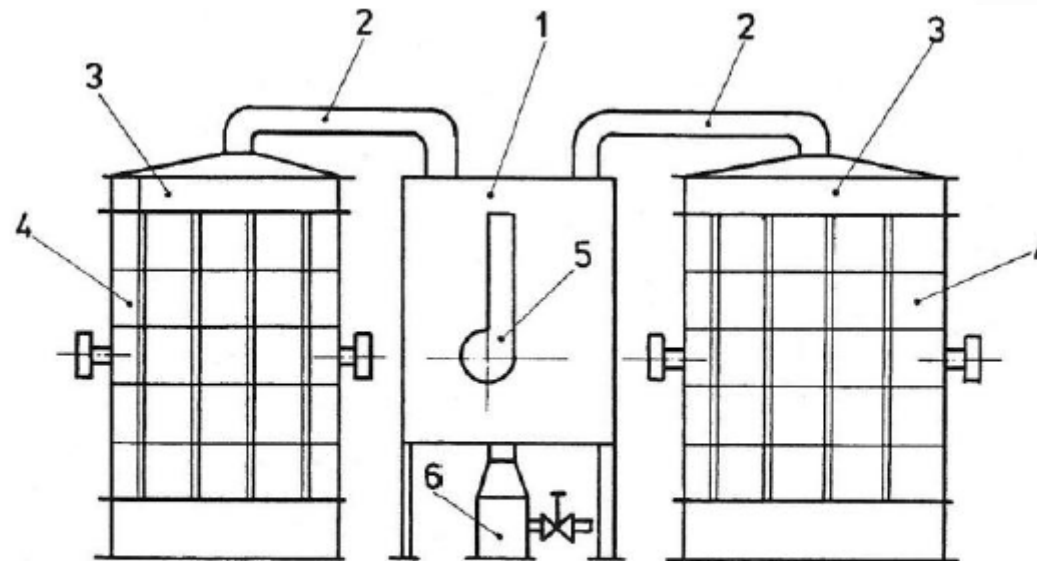


Figura 3.37. Uscător special pentru forme mari:

1 – corpul uscătorului; 2 – conducte de aer cald; 3 – clopot de închidere formă; 4 – ansamblul formelor; 5 – instalație de ardere.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip Pregătirea formelor în vederea turnării

Uneori se pot folosi și *radiatoare cu rezistori*, amenajate modulat pentru scopul urmărit.

Uscătoarele cu câmp electric de înaltă frecvență, sunt fixe și miezurile se usucă trecând printre plăcile unui condensator electric, alimentat cu un curent alternativ de înaltă frecvență.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Turnarea metalului în forme

După mărimea pieselor și seria de fabricație, introducerea metalului topit în forme se realizează cu ajutorul unor oale de turnare de diferite capacități, specifice pentru fontă, oțel și neferoase.

De cea mai mare importanță, pentru reușita turnării, este alegerea corespunzătoare a temperaturii de turnare.

Astfel, dacă temperatura este ridicată, se îmbunătățește fluiditatea metalului și umplerea formelor, însă crește absorbția de gaze, oxidarea și pericolul de aderență a amestecului la suprafața pieselor. Dacă temperatura este sub cea optimă, atunci apare pericolul neumplerii formei și înglobării aerului în corpul piesei. În principiu, temperatura de turnare pentru orice aliaj, trebuie să se plaseze cu $100\div 150^{\circ}\text{C}$ deasupra liniei lichidus din diagrama sa de echilibru.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate

Răcirea pieselor turnate în formă, se face până la atingerea temperaturii admisă la dezbatere. Astfel:

- piesele turnate din oțel trebuie lăsate să se răcească până sub 700°C;
- piesele turnate din fontă trebuie lăsate să se răcească până sub 500°C;
- piesele cu configurații complexe, susceptibile la deformare, trebuie lăsate să se răcească până sub 300°C.

Durata de răcire în forme după mărimea pieselor, variază în limite foarte largi. De exemplu, o piesă din fontă sub 10 Kg se răcește în circa 9 minute, pe când una de 75÷100 tone pe sol merge de la 200 la 430 ore, iar una din oțel carbon turnat de 75÷100 tone merge de la 170 la 260 ore.

Pentru scurtarea timpului de răcire în formă, mai ales în cazul pieselor masive se aplică diverse soluții:

- se insuflă asupra formei aer sub presiune;
- se amenajează prin formă la formare, serpentine sau țevi prin care se insuflă aer sau circulă apă de răcire;
- părțile nepericuloase ale piesei din punct de vedere al stării de tensiuni și deformații se dezbat mai devreme decât întreaga piesă etc.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate

Dezbaterea, este procesul de distrugere a formei și de eliberare a piesei turnate. În mod curent, cele mai utilizate soluții de **utilaj de dezbatere** sunt: cobilițele de dezbatere și grătarele de dezbatere.

Cobilițele de dezbatere, *Figura 3.38*, se utilizează pentru producția de serie mică și de unicate. Sunt construite pentru sarcini de la 1 la 3 tone cu deschideri între 1400 și 2300 mm.

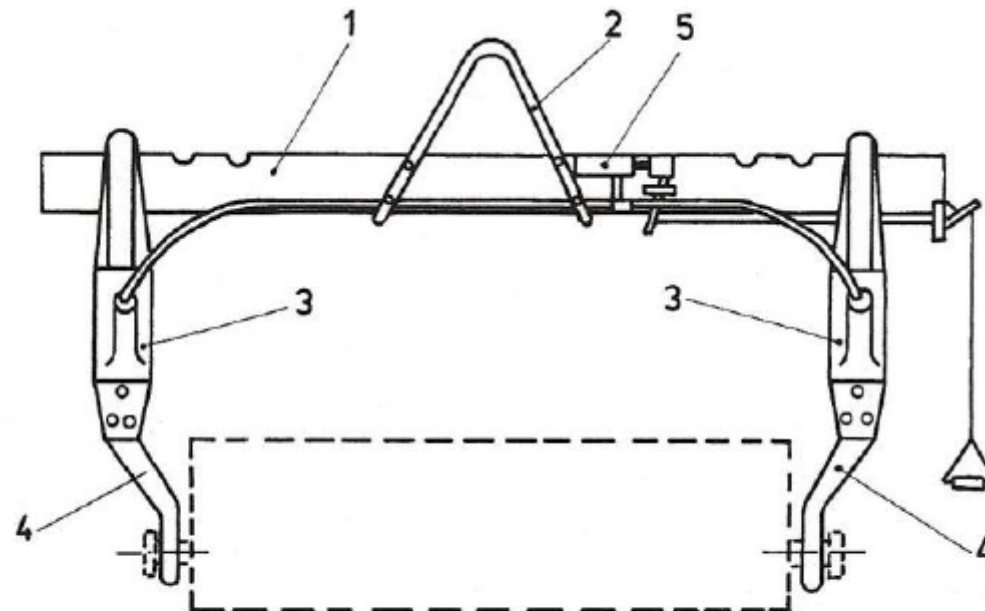


Figura 3.38. Cobiliță (traversă) de dezbatere:

- 1 – traversă; 2 – ureche de prindere în cârligul podului rulant;
- 3 – vibrator; 4 – cârlig de prindere formă; 5 – distribuitor de aer.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate

Productivitatea pentru forme crude, scunde, este de o formă la 1÷2 minute, iar presiunea de regim a aerului în vibratoare este de 5÷6 atmosfere.

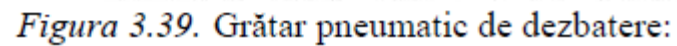
Grătarele de dezbatere, Figura 3.39, se folosesc pentru producții de serie, intercalate pe liniile de turnare.

Curățirea pieselor turnate, este legată de procesul de îndepărtare de pe corpul piesei, a așa numitelor capete pierdute (maselote, elemente ale rețelei de turnare), dar și a bavurilor (la semiformă sau mărci de miez) ca și curățirea propriu-zisă a piesei, atât pe suprafața exterioară cât și pe suprafața interioară de crustele de aderență, amestec de formare și de miez ars și lipit de corpul piesei.

Astfel, îndepărtarea părților metalice, după caz, se realizează prin următoarele metode: cu dălți pneumatice; cu ferăstraie mecanice cu bandă sau disc; prin tăiere termică, cu gaze; prin forfecare la prese.



Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate



1 – grătar; 2 – suport; 3 – cilindru; 4 – pistoane libere (sertăraș); 5 – piesă de șoc.

PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate

Rețeaua de turnare la fonte se îndepărtează și prin lovituri manuale de ciocan, bine dirijate, imediat după dezbaterea piesei din formă și înainte de dezbaterea miezurilor.

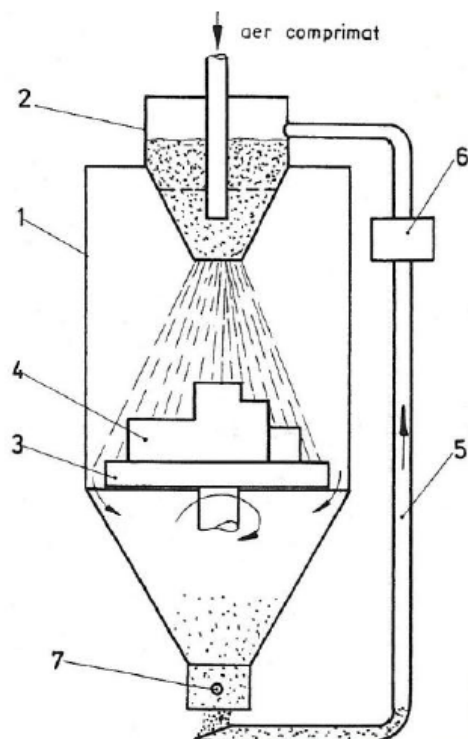


Figura 3.40. Instalație de sablare:
1 – cameră de sablare; 2 – cap de aruncare
particule de sablare; 3 – masă rotitoare; 4 – piesă
turnată; 5 – conductă de aspirație; 6 – aspirator;
7 – robinet.

Rețeaua de turnare și maselotele la piesele turnate din oțel se îndepărtează prin retezare cu flacără oxigaz sau cu plasmă.

Pentru aliajele neferoase, mai plastice, (de aluminiu, magneziu, cupru etc.), se execută retezarea cu ferăstraie mecanice.

Micile bavuri, după retezarea rețelei de turnare și maselotelor, se îndepărtează prin polizare, cu polizoare staționare la piese mici (admise în manipulare manuală de protecția muncii) și cu polizoare mobile pentru piese mari și grele.

Curățirea pieselor turnate de aderențe ceramice, datorită lipirii amestecurilor de formare și miez, după caz, se poate executa cu una din metodele: în tobe rotative cu acționare periodică sau continuă; în camere de sablare cu nisip sau alicie; prin metode de dizolvare chimică; prin prelucrare electrochimică etc.

Curățirea în tobe rotative se aplică pentru piese mici, sub 50 Kg pe bucată și la care pericolul de spargere este neglijabil.

În acest caz, curățirea se face mecanic prin frecare în prezența unor corpuri de fontă albă colțuroase (steluțe) de dimensiuni adecvate și în proporție de 30÷35% din încărcătura tobei.



PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN TURNARE

Fabricarea pieselor prin turnare în forme din amestec cu nisip

Răcirea, dezbaterea și curățirea pieselor turnate

De asemenea, funcționarea optimă reclamă ca încărcătura metalică din piese turnate și corpurile de frecare să nu depășească 70÷80% din volumul util al tobei. Praful degajat este continuu evacuat cu o sursă de aer comprimat. Durata curățirii este de 0,5÷1,5 ore cu turația de 30 rotații pe minut la tobe cu diametrul sub 700 mm și 25 rotații pe minut la tobe cu diametrul mai mare de 700 mm.

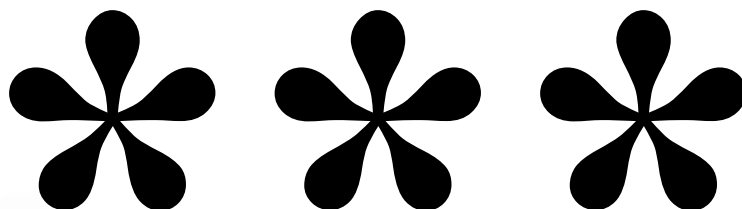
Curățirea prin sablare, presupune bombardarea suprafeței piesei turnate cu un jet de nisip sau alice în camere special amenajate. O schemă de principiu a unei instalații de sablat se vede pe *Figura 3.40*. Prin sablare, pe lângă curățirea de aderențe, se realizează totodată și o oarecare ecrusare superficială.

Granulația alicelor depinde de natura aliajului din care s-a turnat piesa fiind între 1,5 și 5 mm. Presiunea aerului necesar sablării este 2÷3 daN/cm² pentru nisip și de 5÷6 daN/cm² pentru alice din fontă sau oțel.

Un caz particular îl constituie și curățirea cu jet de apă și alice, la presiunea de până la 200 daN/cm², când se îmbunătățesc condițiile de muncă, datorită stingerii prafului fin care se degajă prin sablare.

În fabricația de serie se utilizează tunele de curățire cu acțiune continuă, în care funcționează simultan 2÷6 agregate de sablare.

Pentru piese mici turnate în forme coji cu silicat de sodiu, se recurge la *curățirea chimică*, realizată prin fierberea pieselor într-o soluție de sodă caustică, metoda este mai laborioasă, însă evită orice acțiune de deteriorare a configurației piesei, în procedeele speciale de turnare, tinzându-se către piese fine de precizie.





TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Suport curs

PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

- Turnarea în forme metalice
- Turnarea sub presiune
- Turnarea prin aspirație sub vid
- Turnarea în câmp de forțe centrifuge
- Turnarea în forme coji cu liant termoreactiv
- Turnarea în forme realizate cu modele ușor fuzibile



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Prin prisma dezavantajelor întâlnite la turnarea în forme temporare cu pereți groși (o formă pentru o singură turnare nu se realizează o precizie ridicată, adaosurile de prelucrare sunt prea mari, manoperă greoaie, productivitate scăzută etc.), producția de serie și în special de masă a impus găsirea unor metode de turnare mai eficiente.

Dintre metodele speciale de turnare mai mult folosite în construcția de mașini se vor prezenta în continuare următoarele: turnarea în forme metalice; turnarea sub presiune; turnarea centrifugă; turnarea cu modele ușor fuzibile; turnarea în forme coji; turnarea continuă; turnarea prin aspirație sub vid și altele.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în forme metalice

În acest procedeu forma de turnare este executată din fontă sau oțel. După configurația piesei, pot fi fără plan de separație, cu plan de separație vertical și cu plan de separație orizontal.

Cavitatea pieselor se realizează prin folosirea de miezuri din amestec de miez, uscate, iar pentru aliajele aluminiului și magneziului, se pot folosi și miezuri metalice. Pentru exemplificare, să luăm cazul turnării unui piston din aliaj de aluminiu, *Figura 3.41*, la care miezul metalic axial este alcătuit din bucăți cu două plane de separație.

Astfel, după umplerea formei și așteptarea timpului de constituire a piesei, printr-o cămașă solidă destul de rezistentă, se procedează la extragerea *miezului axial 3*, apoi a celor *laterale 4 și 5* și în final *miezurile 6* care realizează gaura bolțului de piston.

Ultima operație se combină și cu demontarea matriței și extragerea piesei solidificate, realizată de *extractoarele 10*.

Pentru asigurarea ventilației formei și permeabilității la gaze, în planul de separație se practică prin prelucrare mecanică orificii cu diametrul $0,2 \div 0,5$ mm și se prevăd în rețeaua de turnare răsuflători.

În procesul turnării regimul termic al cochilei trebuie susținut prin acțiuni de preîncălzire la început și de răcire pe parcursul fabricației.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în forme metalice

Pentru aceasta se determină, de regulă, temperatura la interfața metal lichid-formă metalică solidă, θ_0 , cu o relație de forma:

$$\theta_0 = \frac{\theta_1 \cdot \sqrt{\lambda_1 c_1 \gamma_1} + \theta_2 \cdot \sqrt{\lambda_2 c_2 \gamma_2}}{\sqrt{\lambda_1 c_1 \gamma_1} + \sqrt{\lambda_2 c_2 \gamma_2}}, \quad (3.20)$$

în care: θ_1 este temperatura metalului lichid;
 λ_1 – conductivitatea termică liniară a metalului lichid;
 c_1 – căldura specifică a metalului lichid;
 γ_1 – greutatea specifică a metalului lichid;
 θ_2 – temperatura metalului formei;
 λ_2 – conductivitatea termică liniară a metalului formei;
 c_2 – căldura specifică a metalului formei;
 γ_2 – greutatea specifică a metalului formei;

De exemplu, turnarea unui oțel la temperatura $\theta_1=1500^\circ\text{C}$, într-o formă preîncălzită la $\theta_2=200^\circ\text{C}$, face ca să se poată folosi drept material pentru formă chiar cuprul, întrucât $\theta_0=500^\circ\text{C}$ și este sub temperatura de topire a cuprului (1083°C).

PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în forme metalice

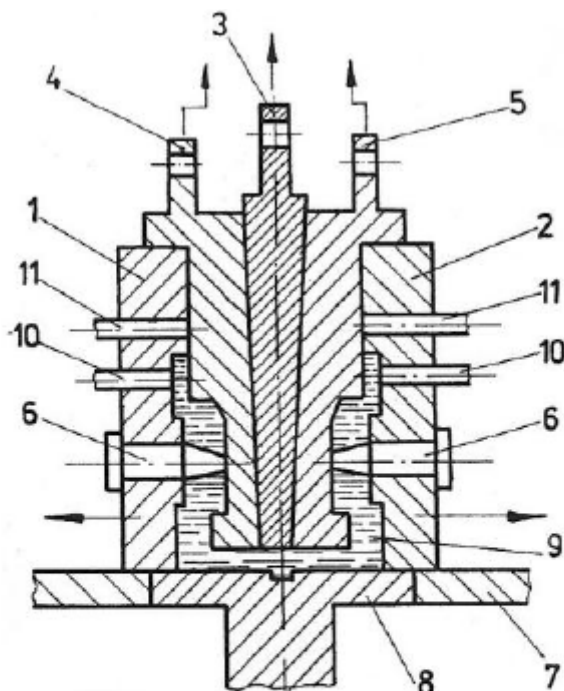


Figura 3.41. Sistemul cochilei pentru turnarea unui piston din aliaje de aluminiu:

1, 2 – semiforme metalice; 3, 4, 5, 6 – miezuri metalice; 7, 8 – masă de sprijin; 9 – pistonul turnat; 10, 11 – extractoare.

Pregătirea pentru turnare presupune curățirea cochilelor și a miezurilor metalice și asigurarea protecției refractare a cochilelor. Această protecție se asigură prin vopsirea sau pulverizarea suprafețelor active cu o vopsea refractară alcătuită din material refractar (pulbere de cuarț, șamotă, grafit, cretă etc.), liant (sticlă solubilă) și apă. Grosimea stratului de protecție este între 0,2 și 0,8 mm și se aplică pe cochila preîncălzită la $140\div 180^{\circ}\text{C}$.

De mare importanță în pregătirea cochilei în vederea turnării este preîncălzirea, care după natura metalului turnat și grosimea peretelui pieselor, reclamă următoarele temperaturi:

- pentru piese din fontă cenușie cu grosimea pereților de $5\div 10$ mm, temperatura de preîncălzire este de $300\div 350^{\circ}\text{C}$;



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în forme metalice

- pentru același material, dar la o grosime de piesă de 10÷20 mm, temperatura de preîncălzire scade la 150÷250°C;
- pentru aliaje de aluminiu și magneziu temperatura de preîncălzire este de 250÷350°C.

Temperatura de dezbatere, de scoatere a piesei turnate din cochilă, este de circa 0,6÷0,8 din temperatura solidus a aliajului turnat.

Piesa evacuată din cochile este supusă în continuare operațiilor tehnologice de completare, respectiv, retezare capete pierdute, curățire și după caz tratamente termice adecvate.

De regulă, în producția de serie și de masă, acolo unde se recomandă acest mod de turnare, toate operațiile procesului de turnare sunt mecanizate și automatizate. Se cunosc astfel, mașini monopost sau multipost, linii automate de turnare.

Se pot turna pe această cale toate tipurile de aliaje (fonte, oțeluri și neferoase) cu grosimi variabile de perete de la 3 la 100 mm, cu masa de la câteva zeci de grame la câteva sute de kilograme.

Metoda prezintă următoarele particularități:

- **avantaje:** se reduce consumul de amestec de formare și miez; crește viteza de solidificare (ceea ce asigură o structură mai bună și proprietăți mecanice superioare); precizia dimensională a pieselor este ridicată; calitatea suprafeței piesei net superioară turnării în forme din amestec; se reduc adaosurile de prelucrare prin așchiere; productivitatea este ridicată.

- **dezavantaje:** consum ridicat de manoperă în fabricarea formelor metalice; durabilitatea limitată; greutate în obținerea pieselor de complexitate geometrică mare; tendință de albire a pieselor turnate din fontă cenușie.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea sub presiune

În cadrul acestui procedeu, umplerea și formarea piesei în cavitatea formei metalice se face sub acțiunea exercitată de o presiune exterioară, prin intermediul unei surse de presiune.

Se deosebesc diverse tipuri de mașini de turnat sub presiune dintre care mai importante se pot enumera: mașini cu cameră de compresie rece și respectiv cu cameră de compresie caldă.

Mașinile cu cameră de compresie rece, pot avea camera de compresie dispusă orizontal sau vertical. Pentru primul caz, o schemă a părții de lucru a mașinii se vede pe *Figura 3.42*.

Astfel, porția de metal umple *camera de compresie 4*, de unde sub acțiunea *pistonului 5*, la presiuni între 40 și 100 MPa, pătrunde în forma metalică închisă alcătuită din *semiforma fixă 3* și *mobila 1*. Cavitatea formei este definitivată și de *pistonul miez 2*. După solidificare, *piesa 7* este extrasă din formă prin acționarea *semimatriței 1* și *extractorului 6*.

Înainte de turnare, forma se preîncălzește la $120\div 320^{\circ}\text{C}$, iar după extragerea piesei, suprafața activă se suflă cu aer și se unge cu substanțe care să împiedice lipirea piesei de matriță.

Asigurarea eliminării gazelor se face prin practicarea în planul de separație a unor orificii de $0,05\div 0,15\times 15$ mm sau prin vacuumarea cavității active a matriței.

Aceste mașini se folosesc pentru turnarea de piese din aliaje de cupru, aluminiu, magneziu și zinc, cu masa până la 45 Kg.

PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea sub presiune

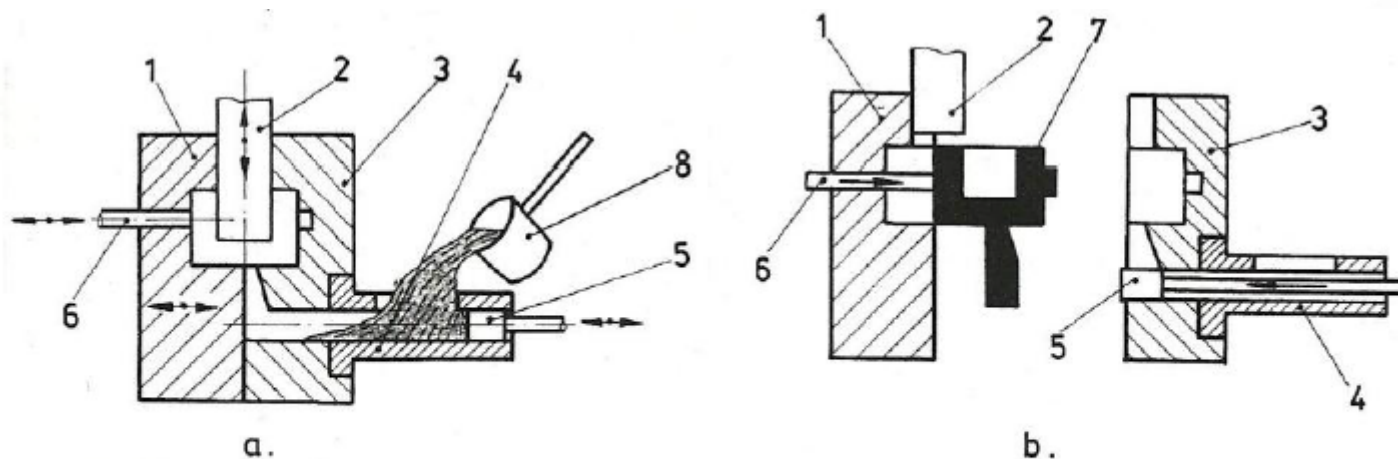


Figura 3.42. Schema turnării sub presiune cu cameră rece:

a – stadiul inițial; b – stadiul final; 1, 2 – semimatrițe; 3 – piston miez; 4 – cameră de compresie rece; 5 – piston de lucru (plunger); 6 – extractoare; 7 – piesa; 8 – lingură de turnare.

Mașinile cu cameră de compresie caldă, au această cameră în interiorul băii cu metal lichid menținută continuu caldă sub acțiunea unei surse termice adecvate.

Așa cum se vede pe *Figura 3.43*, cu *pistonul 3* la punctul mort superior, prin *orificiile 4* metalul umple *camera de compresie 2*. La deplasarea spre punctul mort inferior, *plungerul 3* acoperă *orificiile 4* și doza de metal rămasă este presată cu $10\div 30$ MPa prin *canalul 11* și *dăza 7* în *cavitatea matriței 10*. După solidificare, la retragerea plungerului *3* spre punctul mort superior, se deschid automat semimatrițele și sub acțiunea *extractorului 6*, *piesa* este eliminată, după care ciclul se reia de la capăt.

PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea sub presiune

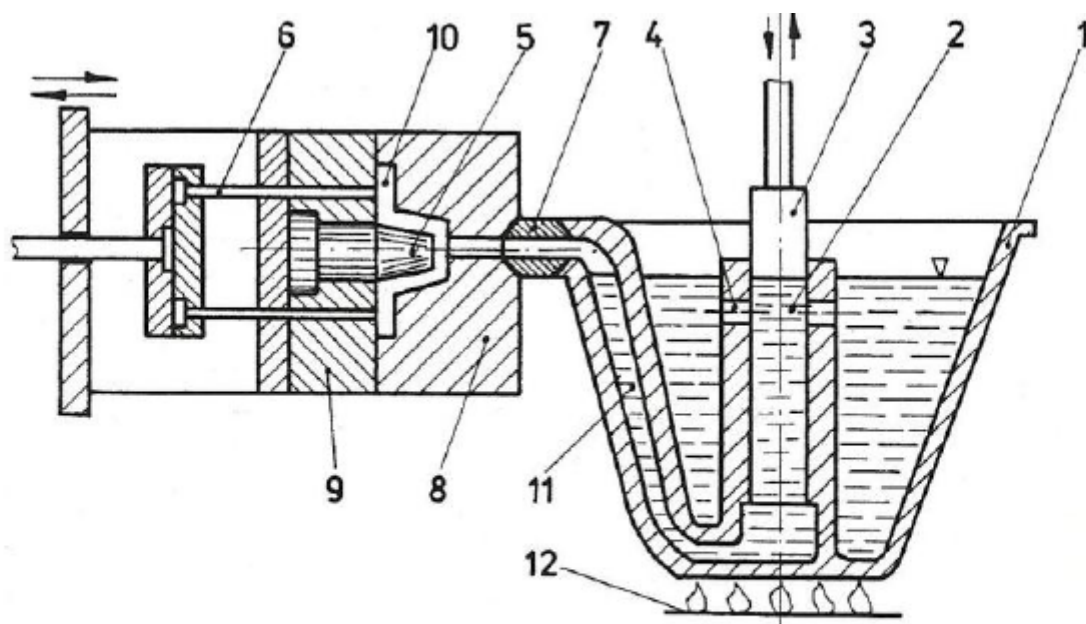


Figura 3.43. Schema turnării sub presiune cu cameră caldă:

- 1 – creuzet cu metal lichid; 2 – cameră caldă de compresie; 3 – piston de lucru (plunger);
- 4 – orificii de dozare; 5 – miez metalic; 6 – extractor; 7 – duză; 8, 9 – semimatrițe;
- 10 – cavitate piesă; 11 – cameră de alimentare cu metal lichid; 12 – sursă de încălzire.

Pe această cale se toarnă aliaje de zinc și magneziu în piese de la câteva grame la 25 Kg, temperatura de turnare luându-se cu $10\div 20^{\circ}\text{C}$ superioară liniei lichidus.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea sub presiune

Turnarea sub presiune se caracterizează prin următoarele particularități:

- **avantaje:** se pot turna piese în serie și masă, cu grosimea minimă de perete de 0,8 mm; se toarnă piese de precizie la dimensiuni și o calitate superioară a suprafeței, calitate dependentă de gradul de prelucrare fină a suprafeței matrițelor; adaosurile de prelucrare lipsesc sau sunt foarte mici; mare productivitate (ciclu automat).
- **dezavantaje:** costul ridicat al matrițelor și mașinii; piese de gabarit și masă, limitate; pericol de pori umpluți cu aer în părțile mai groase ale piesei, ceea ce le slăbește rezistența mecanică.

Durabilitatea medie a matrițelor din oțel (orientativ) este: la turnarea aliajelor pe bază de zinc, 100000÷500000 turnări; la turnarea aliajelor pe bază de aluminiu, 5000÷50000 turnări; la turnarea aliajelor pe bază de cupru, 5000÷15000 turnări.

PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea prin aspirație sub vid

Metoda se bazează pe o formă metalică răcită cu apă (cristalizor), în care metalul lichid din creuzetul unui cuptor, urcă la o înălțime determinată de intensitatea sau mărimea vidului creat de o pompă de vid la care este racordat cristalizorul, *Figura 3.44*.

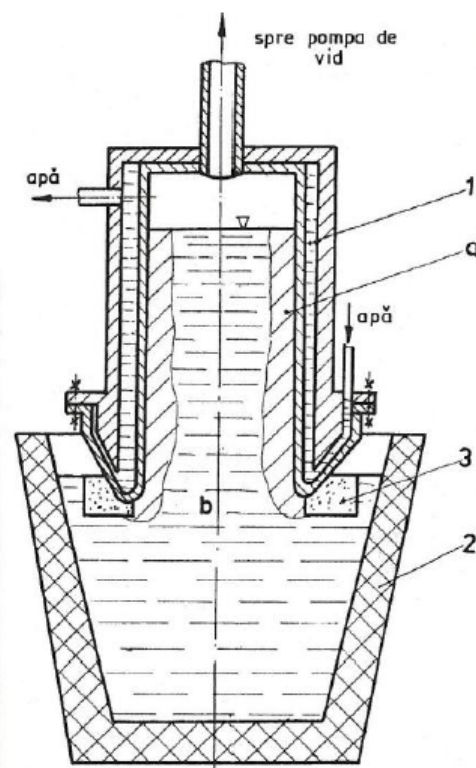


Figura 3.44. Schema turnării prin aspirație sub vid:
1 – cristalizor (formă metalică); 2 – creuzetul din grafit al cuptorului; 3 – plutitor (inel ceramic); a – metal solidificat; b – metal lichid.

Se pot folosi și miezuri, când gaura interioară rezultă mult mai precisă.

Plecând de la experiența lui Toricelli, considerând că asupra mercurului din vasul în care s-a introdus tubul de diametru mic, nu acționează constant decât presiunea atmosferică (de 760 mm coloană de mercur), atunci presiunea de echilibru a coloanei de mercur din tubul vidat va fi:

Forma metalică se sprijină pe baia metalică prin intermediul unui plutitor ceramic. Piesa sau produsul turnat se constituie apoi și în funcție de timpul de menținere sub vid, comparativ cu timpul de solidificare pe întreaga secțiune transversală.

După solidificarea metalului în coordonatele produsului de obținut, simpla decuplare de la racordul sursei de vidare, provoacă scurgerea gravitațională a restului de metal lichid și piesa rămâne cu o grosime de perete atât cât s-a solidificat.

Această metodă se pretează pentru turnarea aliajelor neferoase de cupru, aluminiu și alte aliaje în general ușoare.

Se pot fabrica bușe, inele, piulițe, roți de compresor.

Principalul avantaj al turnării prin această metodă, constă în eliminarea pericolului de sufluri și porozitate, întrucât solidificarea se face dirijat și sub vid.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea prin aspirație sub vid

$$H_{Hg} \cdot \gamma_{Hg} = 7,6 \cdot 13,6 = 103,36 \text{ daN/dm}^2 = 1,0336 \text{ daN/cm}^2.$$

Deci, înălțimea maximă ce se poate realiza pentru orice alt metal, a cărui greutate specifică se cunoaște (γ_p a metalului piesei turnate) nu poate fi decât:

$$H_{p_{max}} = \frac{7,6 \cdot 13,6}{\gamma_p} \text{ [dm]}.$$

Ca aplicație, în *Tabelul 3.4* se dau câteva exemple.

Tabelul 3.4. Înălțimea $H_{p_{max}}$.

Metalul	Greutatea specifică, γ_p [daN/dm ³]	$H_{p_{max}}$ [cm]	Metalul	Greutatea specifică, γ_p [daN/dm ³]	$H_{p_{max}}$ [cm]
Aluminiu	2,7	382,80	Nichel	8,90	116,13
Cupru	8,92	115,80	Plumb	11,34	91,14
Fier	7,86	131,50	Staniu	7,28	141,97
Magneziu	1,74	594,00	Titan	4,50	229,68
Molibden	10,20	101,33	Zinc	7,14	144,76

Rezultă că se pot obține piese lungi de circa 3800 mm pentru aluminiu și aliajele sale, de 1100 mm pentru cupru și aliajele sale, de 1300 mm pentru oțeluri și fonte, cunoscând că practic este și foarte greu de a realiza în condiții industriale depresiunea de 1 daN/cm².



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea centrifugă este procedeul de turnare la care particulele de metal lichid sunt supuse unui câmp de forțe centrifuge, produs prin mișcarea de rotație care se imprimă formei în timpul turnării și care determină metalul să umple forma de turnare în care a fost introdus. Sub acțiunea forței centrifuge, metalul (care are masă specifică mare) se deplasează spre părțile periferice ale formei de turnare, iar zgura, impuritățile nemetalice și gazele se distribuie la interior, spre axa de rotație a formei. Metalul se solidifică de la exterior spre interior obținându-se o structură densă și fină. La turnare se pot folosi fie forme permanente, fie forme semipermanente. Axa de rotație poate fi poziționată spațial, în principal, vertical sau orizontal.

Turnarea centrifugă se efectuează la mașini de turnat centrifuge, la care se pot realiza turații înalte și variabile ale formelor metalice sau ale formelor din amestec de formare.

Formele metalice folosite sunt solicitate termic și mecanic, executându-se din fontă sau oțel, cu suprafața interioară ușor conică, pentru a ușura scoaterea pieselor turnate și solidificate. La turnarea centrifugă în forme semipermanente (din amestec de formare) interiorul din amestec a formelor se execută într-o carcasă de material refractar, care se montează într-o carcasă metalică, fixată pe mașina de turnare centrifugă.

Turnarea centrifugă se aplică, în special, la piese de oțel, de fontă cenușie și de aliaje neferoase pe bază de cupru sau aluminiu, cu formă de revoluție (inele, bușe, țevi etc.), iar de curând, și la turnarea pieselor cu alte configurații. În general, se toarnă piese cu diametrul interior mai mare de 50 mm, la dimensiuni mai mici apărând dificultăți la alimentarea cu metal lichid.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Forța centrifugă F_c , pentru o particulă materială este dată de relația:

$$F_c = m\omega^2 r \text{ [N]}, \quad (3.21)$$

în care: m este masa particulei de metal, în kg;

ω – viteza unghiulară, în rad/s;

r – raza de rotație, în m.

Viteza unghiulară ω se determină cu relația:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \text{ [rad/s]}, \quad (3.22)$$

în care n reprezintă turația, în rot/min.

Înlocuind relația (3.22) în (3.21) se deduce:

$$F_c = \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 m \cdot n^2 r \text{ [N]}. \quad (3.23)$$

Lungimea și diametrul exterior al piesei turnate depind de dimensiunile formei, iar grosimea peretelui piesei turnate de cantitatea de metal topit introdusă în formă. Precizia dimensională a piesei depinde de mărimea forței centrifuge și în special de n .

Se deosebesc, în principal, două variante de turnare centrifugă:

- turnarea în forme cu axă de rotație verticală;
- turnarea în forme cu axă de rotație orizontală.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

Se consideră o formă cilindrică, în secțiune axială, cu metal lichid până la înălțimea h_l , *Figura 3.45(a)*, căreia i se atașează un sistem de coordonate $Oxyz$ cu originea pe axa de rotație la partea inferioară a formei. În repaus, suprafața liberă, $S_l: z = h_l$, a metalului este plană.

Atunci când formei i se imprimă o mișcare de rotație, cu turația n , *Figura 3.45(b)*, suprafața liberă a lichidului devine curbă. La turație constantă, forma suprafeței se menține neschimbată, datorită menținerii câmpului de forțe centrifuge. De asemenea, orice punct material din interiorul metalului lichid se află pe o suprafață din aceeași familie cu suprafața liberă S_l a lichidului.

Prin mărirea intensității câmpului de forțe centrifuge, care se realizează la o turație $n_t > n$, se poate obține situația prezentată în *Figura 3.45(c)*. Dacă se menține turația n_t până la solidificarea completă a materialului metalic se obține piesa turnată centrifug, *Figura 3.45(d)*.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

De regulă, turnarea se realizează în forme aflate în mișcare de rotație cu turația n_t predeterminată, în vederea obținerii pieselor de calitate, în condițiile unui consum minim de metal. Pentru realizarea acestor obiective, în continuare se vor prezenta: ecuația carteziană explicită a familiei de curbe, P_f , pe care se distribuie particulele materiale aflate în câmp de forțe centrifuge, pentru secțiunea axială a formei; turația maximă admisă de formă, n_{max} , în urma turnării metalului lichid; determinarea turației tehnologice, n_t ; ecuația curbei P_f corespunzătoare suprafeței interioare a piesei turnate în secțiune axială; determinarea diferenței de grosime Δg în lungul axei piesei turnate; masa minimă de metal sau aliaj lichid m_l necesară la turnare.

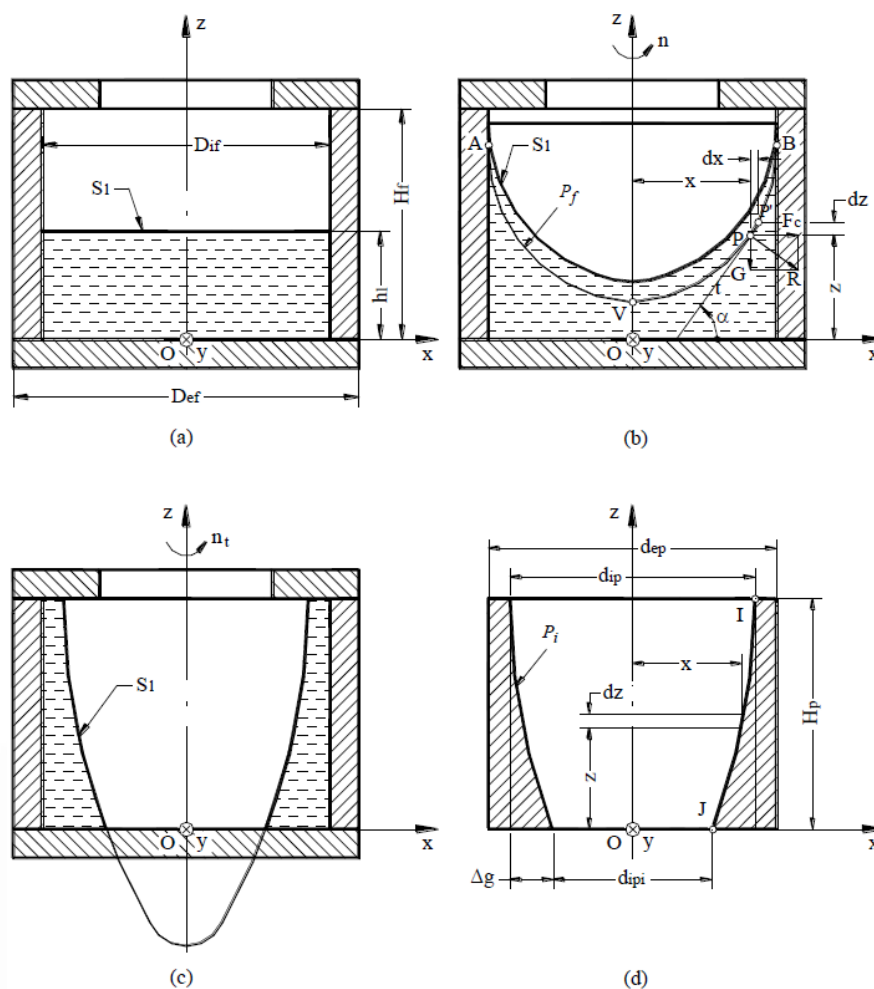
Ecuația familiei de curbe P_f . Să considerăm un punct material oarecare P în masa de metal lichid la distanța x față de Oz , *Figura 3.45(b)*. Asupra punctului material acționează forța centrifugă F_c și forța gravitațională G , care prin compunere dau forța rezultantă R , perpendiculară pe tangenta t la curba AVB , corespunzătoare punctului P .



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{F_c}{G} \quad (3.24)$$

Figura 3.45. Turnarea în forme cu axă de rotație verticală.

Din condiția de echilibru a punctului material P , pe tangenta t situată la unghiul α față de Ox , se obține: $G \cdot \sin \alpha = F_c \cdot \cos \alpha$ sau



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

Raportul $\frac{F_c}{G} = K_g$ poartă denumirea de *coeficient gravitațional* sau de *supraîncărcare* și arată de câte ori forța centrifugă F_c este mai mare decât forța gravitațională $G = mg$, în care $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ este accelerația gravitațională. Prin explicitare și considerând $\pi^2 \cong g$, se obține:

$$K_g = \frac{\left(\frac{\pi}{30}\right)^2 m \cdot n^2 x}{mg} = \left(\frac{n}{30}\right)^2 \cdot x. \quad (3.25)$$

Prin înlocuirea relației (3.25) în (3.24), rezultă:

$$\operatorname{tg} \alpha = \left(\frac{n}{30}\right)^2 \cdot x. \quad (3.26)$$

Pe de altă parte, considerând punctul P' , într-o vecinătate a punctului P , pe curba corespunzătoare acestuia, se poate scrie:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dz}{dx}. \quad (3.27)$$



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

Coroborând relațiile (3.26) și (3.27) se deduce ecuația diferențială de echilibru, în planul $y = 0$. Deci:

$$\begin{cases} \frac{dz}{dx} = \left(\frac{n}{30}\right)^2 \cdot x \\ y = 0 \end{cases} \quad \text{sau} \quad \begin{cases} dz = \left(\frac{n}{30}\right)^2 \cdot x \cdot dx \\ y = 0 \end{cases} \quad (3.28)$$

Prin integrare se obține ecuația carteziană explicită a unei familii de parabole:

$$P_f : \begin{cases} z = \frac{1}{2} \left(\frac{n}{30}\right)^2 \cdot x^2 + C_v \\ y = 0 \end{cases}, \quad (3.29)$$

cu parametrul C_v , care este constanta de integrare.

Turația maximă admisă de formă în urma turnării metalului lichid se determină ținând seama de tensiunile care apar în forma goală, în mișcare de rotație, de presiunea exercitată de metalul lichid asupra formei la temperatura de regim.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

Tensiunile care apar în forma goală aflată în mișcare de rotație, σ_f [N/m²], se determină astfel:

$$\begin{aligned}\sigma_f &= \frac{F_c}{S_{ef}} = \frac{m\omega^2 \frac{D_{ef}}{2}}{\pi D_{ef} H_f} = \frac{\rho_f \cdot V_f \cdot \omega^2}{2\pi \cdot H_f} = \frac{\rho_f \pi H_f \left(\frac{D_{ef}^2}{4} - \frac{D_{if}^2}{4} \right) \cdot \omega^2}{2\pi \cdot H_f} = \\ &= \frac{\rho_f \cdot \omega^2}{8} (D_{ef}^2 - D_{if}^2)\end{aligned}\quad (3.30)$$

în care: S_{ef} este suprafața exterioară a formei, în m²;

D_{ef} – diametrul exterior al formei, în m;

D_{if} – diametrul interior al formei, în m;

H_f – înălțimea formei, în m;

ρ_f – densitatea materialului formei, în kg/m³;

V_f – volumul materialului formei, fără capace, în m³.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

Analog, se determină presiunea exercitată de metalul lichid asupra formei, p_l , după turnare. Astfel:

$$p_l = \frac{\rho_l \cdot \omega^2}{8} (d_{ep}^2 - d_{ip}^2) \text{ [N/m}^2\text{]}, \quad (3.31)$$

în care: ρ_l este densitatea metalului lichid, în kg/m³;
 d_{ep} – diametrul exterior al piesei turnate, în m;
 d_{ip} – diametrul interior al piesei turnate, în m.

Suma acestor tensiuni trebuie să fie sub rezistența admisibilă a formei de turnare, σ_{adm} , care, la limită, se consideră rezistența la curgere a materialului formei la temperatura de regim, σ_c , adică:

$$p_l + \sigma_f \leq \sigma_{adm} = \sigma_c. \quad (3.32)$$

Pentru câteva oțeluri, rezistența la curgere este dată în *Tabelul 3.5*.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

Tabelul 3.5. Rezistența la curgere $\sigma_c = R_{p0,2}$ pentru unele oțeluri la temperaturi de regim.

Material STAS 500/1;2-801	σ_c [N/m ²] la temperatura formei T_f					
	100°C	150°C	200°C	250°C	300°C	350°C
OL 37	$216 \cdot 10^6$	$205 \cdot 10^6$	$195 \cdot 10^6$	$175 \cdot 10^6$	$150 \cdot 10^6$	$135 \cdot 10^6$
OL 42	$225 \cdot 10^6$	$215 \cdot 10^6$	$200 \cdot 10^6$	$185 \cdot 10^6$	$165 \cdot 10^6$	$145 \cdot 10^6$
OL 50	$260 \cdot 10^6$	$225 \cdot 10^6$	$210 \cdot 10^6$	$195 \cdot 10^6$	$175 \cdot 10^6$	$155 \cdot 10^6$
OL 60	$300 \cdot 10^6$	$240 \cdot 10^6$	$220 \cdot 10^6$	$200 \cdot 10^6$	$185 \cdot 10^6$	$165 \cdot 10^6$

Înlocuind relațiile (3.30), (3.31) și (3.22) în relația (3.32) se obține:

$$\left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 \left[\frac{\rho_l}{8} (d_{ep}^2 - d_{ip}^2) + \frac{\rho_f}{8} (D_{ef}^2 - D_{if}^2) \right] \leq \sigma_c.$$

Notând:

$$q = \left[\frac{\rho_l}{8} (d_{ep}^2 - d_{ip}^2) + \frac{\rho_f}{8} (D_{ef}^2 - D_{if}^2) \right] \quad (3.33)$$

rezultă, turația maximă admisă de formă după turnare, n_{max} :

$$n_{max} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_c}{q}} \text{ [rot/min]}. \quad (3.34)$$



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

Determinarea turației tehnologice. În practica industrială, turația tehnologică n_t se determină impunând valori determinate experimental pentru coeficientul gravitațional. De exemplu, pentru turnarea cu axă de rotație verticală, în vederea prevenirii fisurilor longitudinale, se recomandă $K_{gv} = 90 \div 100$. Astfel, în cazul cel mai nefavorabil, relația (3.25), devine:

$$K_{gv} = \left(\frac{n_t}{30} \right)^2 \cdot \frac{d_{ep}}{2} \text{ sau } \left(\frac{n_t}{30} \right)^2 = \frac{2K_{gv}}{d_{ep}}, \quad (3.35)$$

de unde:

$$n_t = 30 \sqrt{\frac{2K_{gv}}{d_{ep}}} \quad (3.36)$$

Se impune verificarea:

$$n_t < n_{max}. \quad (3.37)$$

În cazul în care nu se realizează verificarea, se înlocuiește materialul formei cu un material care prezintă o rezistență la curgere mai mare, astfel încât să fie satisfăcută condiția (3.37).



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

Ecuția curbei, P_i , corespunzătoare suprafeței interioare a piesei turnate în planul $y=0$ se obține prin particularizarea relației (3.29) în condițiile: $n = n_t$ și $I(d_{ip} / 2; H_p) \in P_f$, conform Figurii 3.45(d). Astfel, relația (3.29) devine:

$$P_i : z = \frac{K_{gv}}{d_{ep}} \cdot x^2 + \left(H_p - \frac{l}{4} K_{gv} \frac{d_{ip}^2}{d_{ep}} \right) \quad (3.38)$$

sau, utilizând notațiile:

$$p_v = \frac{K_{gv}}{d_{ep}}; \quad c_v = \left(H_p - \frac{l}{4} K_{gv} \frac{d_{ip}^2}{d_{ep}} \right), \quad (3.39)$$

ecuația parabolei P_i , corespunzătoare suprafeței interioare a piesei turnate, în planul $y=0$, are forma:

$$P_i : z = p_v \cdot x^2 + c_v \quad (3.40)$$



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

Determinarea diferenței de grosime Δg în lungul axei piesei turnate. Această diferență este definită de relația:

$$\Delta g = \frac{d_{ip} - d_{ipi}}{2}, \quad (3.41)$$

în care d_{ipi} reprezintă diametrul interior al piesei turnate la partea inferioară, în planul $z = 0$, care se determină cu relația:

$$d_{ipi} = 2 \cdot x_J. \quad (3.42)$$

Din $J(d_{ipi} / 2; 0) \in P_i$, rezultă:

$$d_{ipi} = 2 \sqrt{-\frac{c_v}{p_v}} \text{ [m]} \quad (3.43)$$

Prin înlocuirea relației (3.43) în (3.41) se obține:

$$\Delta g = \frac{d_{ip}}{2} - \sqrt{-\frac{c_v}{p_v}} \text{ [m]}. \quad (3.44)$$



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

Analizând relația (3.44), știind că $p_v > 0$, se impune $c_v < 0$ (vârful parabolei se află sub axa Ox) care conform relației (3.39) se realizează atunci când H_p are valoare mică, K_{gv} se alege la valoarea maxim posibilă din punct de vedere tehnologic și când raportul $\frac{d_{ip}^2}{d_{ep}}$ este mare, care reprezintă și condițiile de realizare a pieselor de calitate în condițiile unui consum minim de material. Din această analiză se deduce că turnarea centrifugă a pieselor în forme cu axă de rotație verticală se poate aplica în bune condiții numai la realizarea pieselor subțiri, de înălțime mică și diametru mare, cum sunt bușele, coroanele, inelele, flanșele, bandajele etc.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație verticală

Masa minimă de metal sau aliaj lichid m_l necesară la turnare se determină utilizând relația:

$$m_l = \rho_l \cdot V_l \text{ [kg]},$$

în care V_l [m³] este volumul de metal lichid determinat ca diferență dintre volumul cilindrului de dimensiuni H_p și d_{ep} , *Figura 3.45(d)*, și volumul zonei paraboloidale din interior. Astfel:

$$m_l = \rho_l \cdot \left(\frac{\pi d_{ep}^2}{4} \cdot H_p - \pi \int_0^{H_p} x^2 \cdot dz \right) = \rho_l \cdot \left[\frac{\pi d_{ep}^2}{4} \cdot H_p - \pi \int_0^{H_p} \frac{1}{p_v} (z - c_v) \cdot dz \right].$$

Calculând, rezultă:

$$m_l = \frac{\pi}{4} H_p \rho_l \left(d_{ep}^2 - \frac{2}{p_v} H_p + \frac{4}{p_v} c_v \right) \text{ [kg]}. \quad (3.45)$$



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație orizontală

În cazul rotației în jurul unei axe orizontale a unei forme parțial umplute cu metal lichid, *Figura 3.46*, se disting trei situații caracteristice, în funcție de turația n . Astfel:

- la turația $n = n_0$, foarte mică, metalul lichid este practic imobil, *Figura 3.46(a)*;
- la turația $n = n_1 > n_0$, metalul lichid este antrenat prin frecare de către forma în rotație și în mică măsură de forța centrifugă, luând o poziție cu suprafața liberă înclinată, conform *Figurii 3.46(b)*;
- la turația $n = n_2 > n_1$, metalul este supus mișcării de rotație împreună cu forma de turnare cilindrică, în principal datorită forței centrifuge, *Figura 3.46(c)*.

Orice punct material din interiorul metalului lichid se află pe o suprafață din aceeași familie cu suprafața liberă S_l a lichidului. În vederea proiectării tehnologiei de turnare a pieselor în forme cu axă de rotație orizontală este necesară cunoașterea următoarelor elemente: ecuația carteziană implicită a familiei de curbe, K_f , pe care se distribuie particulele materiale aflate în câmp de forțe centrifuge, în secțiunea transversală a formei; turația maximă admisă de formă, n_{max} , în urma turnării metalului lichid; turația tehnologică, n_t ; ecuația curbei K_i corespunzătoare suprafeței interioare a piesei turnate, în secțiune transversală; diferența de grosime Δg în secțiune transversală; masa minimă de material metalic lichid m_l necesară la turnare.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE **Turnarea în câmp de forțe centrifuge** Turnarea în forme cu axă de rotație orizontală

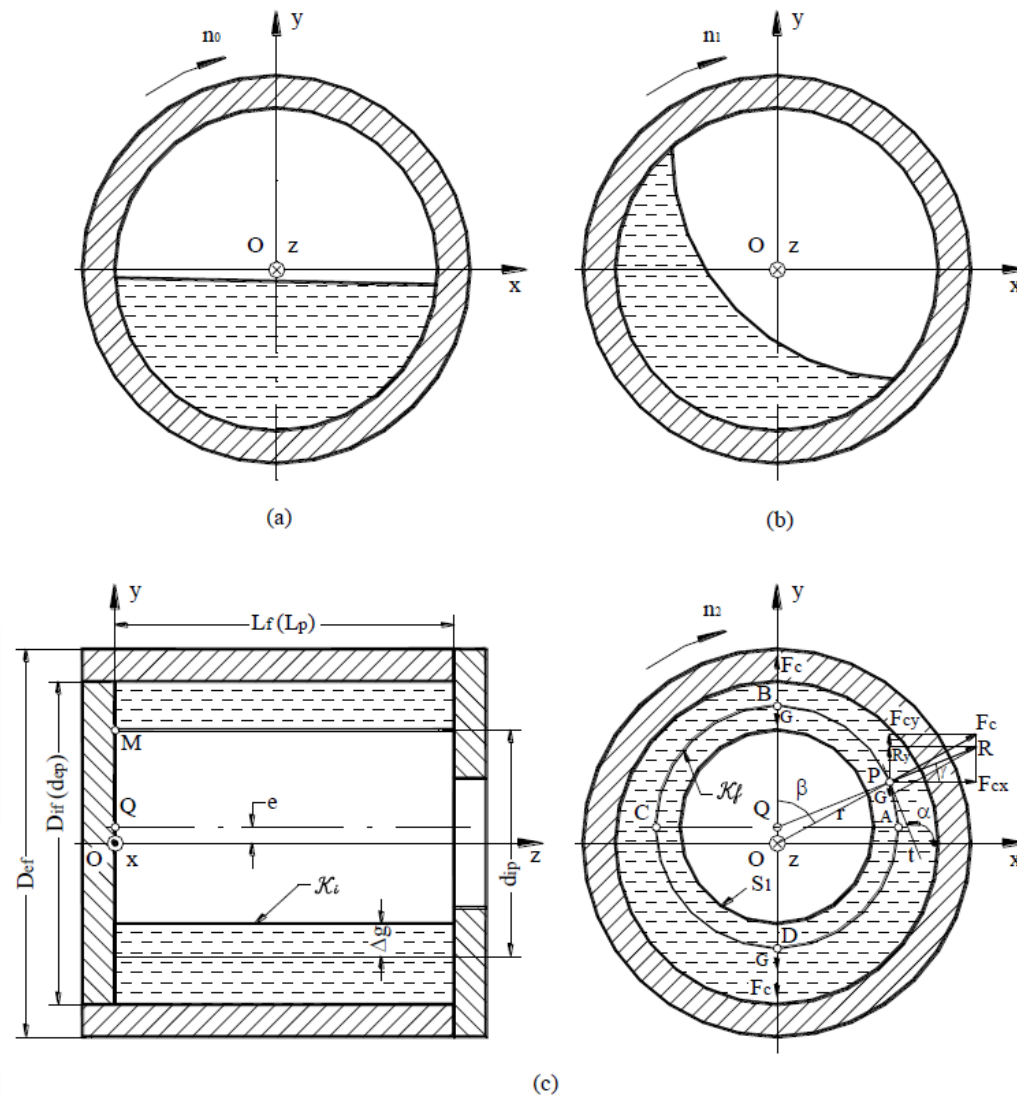


Figura 3.46. Turnarea în forme cu axă de rotație orizontală.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație orizontală

Ecuatia familiei de curbe K_f . Să considerăm un punct material oarecare P în masa de metal lichid la distanța r față de axa de rotație Oz , *Figura 3.46(c)*. Asupra punctului material acționează forța centrifugă F_c și forța gravitațională G , care prin compunere dau rezultanta R , perpendiculară pe tangenta t (situată la unghiul α față de Ox) la curba ABC corespunzătoare punctului P .

Forța F_c se descompune după xOy în componentele F_{cx} și F_{cy} . Deoarece F_{cy} și G au aceeași direcție și sensuri diferite, se poate scrie că $R_y = F_{cy} - G$, iar $R_x = F_{cx}$. Notăm unghiul dintre OP și Oy cu β , iar unghiul dintre R și Ox cu γ . Astfel:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{R_y}{R_x} = \frac{F_{cy} - G}{F_{cx}} = \frac{m\omega^2 r \cdot \cos \beta - mg}{m\omega^2 r \cdot \sin \beta} = \frac{\omega^2 r \cdot \cos \beta - g}{\omega^2 r \cdot \sin \beta}. \quad (3.46)$$

Știind că:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{dy}{dx} \text{ și } \alpha = \frac{\pi}{2} + \gamma, \quad (3.47)$$

se deduce: $\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg} \left(\frac{\pi}{2} + \gamma \right) = -\frac{1}{\operatorname{tg} \gamma}$ sau

$$\operatorname{tg} \gamma = -\frac{dx}{dy}. \quad (3.48)$$



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație orizontală

Coroborând relațiile (3.46) și (3.47) se obține:

$$-\frac{dx}{dy} = \frac{\omega^2 r \cdot \cos \beta - g}{\omega^2 r \cdot \sin \beta}. \quad (3.49)$$

Ținând seama de coordonatele punctului P , exprimate prin relațiile $x = r \cdot \sin \beta$

și $y = r \cdot \cos \beta$, se deduce $-\frac{dx}{dy} = \frac{\omega^2 y - g}{\omega^2 x}$ sau:

$$\omega^2 x \cdot dx = -(\omega^2 y - g) \cdot dy, \quad (3.50)$$

care reprezintă ecuația diferențială de echilibru în planul $z = 0$ sau chiar $z = ct$.

Prin integrare și prelucrare se obține ecuația carteziană implicită a unei familii de cercuri:

$$K_f : \begin{cases} x^2 + \left(y - \frac{g}{\omega^2}\right)^2 = C_o, \\ z = ct. \end{cases} \quad (3.51)$$

cu parametrul C_o și excentricitatea față de Oz , în planul $x = 0$,

$$e = \frac{g}{\omega^2} \cong \left(\frac{30}{n}\right)^2. \quad (3.52)$$



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație orizontală

Astfel:

$$F_c = G \quad (3.54)$$

de unde, pentru poziția cea mai defavorabilă (dreapta $x = 0$; $y = y_M = \frac{d_{ip}}{2}$), se deduce:

$$m\omega^2 y_M = mg \text{ sau } \left(\frac{\pi n}{30}\right)^2 \cdot \frac{d_{ip}}{2} = g.$$

Rezultă:

$$n_{cr} = 30 \sqrt{\frac{2}{d_{ip}}} \text{ [rot/min]}. \quad (3.55)$$

În practica industrială s-a constatat experimental necesitatea unei turații mai mari a formei de turnare, față de turația critică. Astfel, pentru determinarea turației tehnologice

n_t , se utilizează coeficientul gravitațional, dat de relația (3.25), pentru $x = \frac{d_{ep}}{2}$. Rezultă:

$$n_t = 30 \sqrt{\frac{2K_{go}}{d_{ep}}} \text{ [rot/min]}. \quad (3.56)$$



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație orizontală

Relația (3.51), devine:

$$K_f : \begin{cases} x^2 + \left[y - \left(\frac{30}{n} \right)^2 \right]^2 = C_o, \\ z = ct. \end{cases} \quad (3.53)$$

Relația (3.53) arată că, în forma cu axă de rotație orizontală, când aceasta se rotește cu o turație n , materialul metalic lichid se distribuie după o familie de suprafețe cilindrice cu excentricitatea e față de axa Oz în planul $x = 0$.

Turația maximă admisă de formă, n_{max} , în urma turnării metalului lichid se poate determina, cu suficientă precizie, utilizând relația (4.34) obținută pentru cazul turnării în forme cu axă de rotație verticală.

Determinarea turației tehnologice. Deoarece solicitarea particulei de metal este variabilă cu poziția pe cercul corespunzător K_f , *Figura 3.46(c)*, (în punctul B , F_c și G se scad, iar în punctul D se însumează) pentru a obține piese de grosime relativ constantă se pleacă de la condiția de echilibru în punctul B (poziția cea mai defavorabilă) pentru a determina turația critică, n_{cr} . Astfel:

Se impune verificarea:

$$n_{cr} < n_t < n_{max}. \quad (3.57)$$



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație orizontală

Ecuatia curbei K_i corespunzătoare suprafeței interioare a piesei turnate în planul $z = 0$, se obține prin particularizarea relației (3.53) pentru $n = n_t$ și $M(0; d_{ip} / 2)$, conform Figurii 3.46(c).

Astfel, membrul stâng a primei expresii din relația (3.53) devine:

$$x^2 + \left(y - \frac{d_{ep}}{2K_{go}} \right)^2 = \left(\frac{d_{ip}}{2} - \frac{d_{ep}}{2K_{go}} \right)^2 \quad (3.58)$$

sau utilizând notațiile:

$$e_i = \frac{d_{ep}}{2K_{go}} \quad \text{și} \quad c_o = \frac{d_{ip}}{2} - e_i, \quad (3.59)$$

ecuația cercului K_i , în orice secțiune transversală a piesei turnate, are forma:

$$K_i: x^2 + (y - e_i)^2 = c_o^2. \quad (3.60)$$

Cercul K_i , de exemplu în planul $z = 0$, are centrul în punctul $Q(0, e_i)$ și raza cu valoarea c_o .

Diferența de grosime Δg în secțiunea transversală a piesei turnate se definește prin relația:

$$\Delta g = 2e_i. \quad (3.61)$$



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Turnarea în forme cu axă de rotație orizontală

Pentru obținerea pieselor de calitate, în condițiile unui consum minim de material este de preferat ca $\Delta g \rightarrow 0$, de unde $e_i \rightarrow 0$. Această condiție este satisfăcută, conform relației (3.59), dacă diametrul exterior a piesei d_{ep} este mic, iar K_{go} este mare. Coeficientul gravitațional K_{go} , la turnarea pieselor cu axă de rotație orizontală se recomandă în limitele $K_{go} = 60 \div 65$ din condiția prevenirii fisurilor longitudinale după solidificare, datorate contracției piesei.

Din această analiză și ținând seama de relația (3.60), se deduce că turnarea centrifugă a pieselor în forme cu axă de rotație orizontală se poate aplica în bune condiții numai la realizarea pieselor cu diametru exterior relativ mic și de lungime mare, cum ar fi: bucșe lungi, tuburi, cămăși pentru cilindri etc.

Masa minimă de material metalic lichid, m_l , necesară la turnare se determină utilizând relația $m_l = \rho_l \cdot V_l$ [kg], în care V_l [m³] este volumul de metal lichid, determinat ca diferență între volumul cilindrului de dimensiuni L_p și d_{ep} , *Figura 3.46(c)*, și

volumul cilindrului de dimensiuni L_p și $2c_o$. Astfel: $m_l = \rho_l \left(\frac{\pi d_{ep}^2}{4} L_p - \pi c_o^2 L_p \right)$ sau

$$m_l = \frac{\pi}{4} \rho_l L_p (d_{ep}^2 - 4c_o^2) \text{ [kg]}. \quad (3.62)$$

Prin calculul masei ținând seama de piesa finală s-a considerat practic și adaosul de contracție.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Utilaje pentru turnarea centrifugă

Utilajele folosite la turnarea centrifugă sunt relativ simple fiind acționate mecanic (cu motor electric și reductor) sau pneumatic (cu turbină).

Pentru turnarea centrifugă în forme cu axă de rotație verticală, în *Figura 3.47(a)* se prezintă o schemă de principiu a unui utilaj. Metalul lichid din *oala 4* se toarnă în *forma 2* solidară cu *axul 1* antrenat în mișcare de rotație de *motorul electric 5* prin intermediul unor roți de curea. După solidificare se obține *piesa 3*. În afara pieselor cilindrice se pot turna și *piese de profile diferite*. Forma *2* din *Figura 3.47(a)* poate fi înlocuită cu forma din *Figura 3.47(b)*. În acest caz, alimentarea cu metal lichid se realizează printr-o rețea de turnare centrală formată din pâlnie, piciorul pâlniei și canalele de alimentare. Pieseile turnate pot fi profilate, cu forme complexe, cu dimensiuni mici, cum ar fi armături pentru apă și abur, piese pentru pompe și compresoare etc. Formele pot fi executate pe mai multe etaje, în funcție de mărimea pieselor turnate, realizându-se astfel o turnare în ciorchine.

Schema de principiu a unei mașini pentru turnare centrifugă în forme cu axă de rotație orizontală este prezentată în *Figura 3.47(c)*. *Lingotiera 2*, sprijinită pe *rolele 7* se rotește în jurul axei longitudinale, mișcare transmisă prin intermediul unor roți de curea de la *motorul electric 1*, montat pe *carcasa 6* în interiorul căreia se află *lingotiera (forma)*. Metalul lichid din *oala 4* se toarnă prin *jgheabul deplasabil 3* care asigură umplerea de formare a *piesei 5*. Pentru flanșa piesei turnate (tubului) se folosește un *miez 8* din amestec de formare pe bază de nisip sau un miez coajă.

PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Utilaje pentru turnarea centrifugă

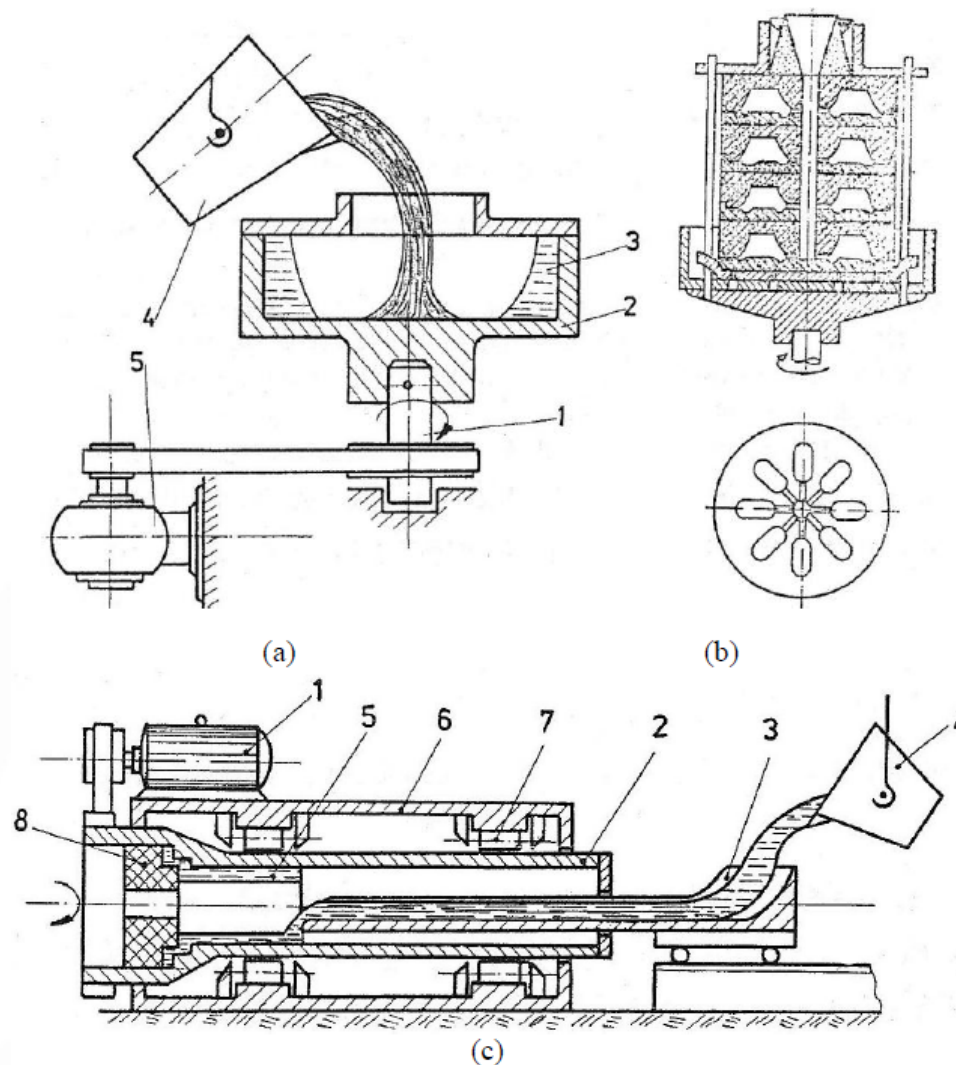


Figura 3.47. Utilaje pentru turnarea centrifugă.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în câmp de forțe centrifuge

Avantajele și dezavantajele turnării centrifuge

Turnarea centrifugă este caracterizată de o serie de *avantaje*, dintre care, în principal, avem:

- productivitatea muncii este mai mare decât la multe alte procedee de turnare, datorită utilizării formelor permanente și, mai rar, a celor semipermanente;
- coeficientul de utilizare a materialului este în jur de 90%, față de 40÷45% în cazul turnării gravitaționale, aceasta datorită lipsei rețelei de turnare, a răsuflătorilor și maselotelor;
- compactitate bună a peretelui piesei, datorită faptului că zgura, incluziunile și gazele se separă spre suprafața interioară a piesei;
- structură granulară fină a piesei turnate, datorită turnării, de regulă, în cochile;
- golurile interioare se obțin fără utilizarea miezurilor.

Ca *dezavantaje*, în principal, se pot aminti:

- posibilitatea apariției fisurilor longitudinale în cazul utilizării unui coeficient gravitațional mare;
- separarea componentelor unui aliaj cu interval mare de solidificare datorită greutateii specifice diferite a acestora. Acest dezavantaj poate fi transformat într-un avantaj, în cazul turnării pieselor bimetalice.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în forme coji cu liant termoreactiv

Procedeul, numit și *procedeul C* (după inventator: J. Cronin), realizează forme cu pereți subțiri, forme obținute la cald prin termodurificarea liantului adăugat nisipului cuarțos, o rășină termoreactivă (pulbere de bachelită).

Tehnologia executării formei reclamă un amestec de nisip cuarțos (93÷96%) și rășină termoreactivă – bachelita, în proporție de 4÷7%, precum și plăci de model metalice. Schematic, fluxul operațional de executare a unei coji este prezentat în *Figura 3.48*.

Placa de model metalică 1, încălzită într-un cuptor adiacent la 200÷250°C, se fixează pe gura *buncărului* 2, *Figura 3.48(a)*, încărcat cu *amestecul de formare special* 3 și se rotește apoi întregul ansamblu cu 180°, *Figura 3.48(b)*.

Amestecul de formare cade pe placa de model caldă și se menține 10÷30 secunde. Rășina termoreactivă se înmoaie (până la starea lichidă) și înglobează nisipul cu formarea *cojii crude* 4 de grosime 5÷20 mm în funcție de timpul de menținere.

În continuare, tot ansamblul se rotește din nou cu 180° și revine în poziție inițială, *Figura 3.48(c)*, când amestecul care nu a reacționat termic, gravitațional cade pe fundul buncărului.

Placa de model cu *coaja crudă* 4 se ridică de pe buncăr și se încălzește în cuptorul adiacent la 300÷350°C timp de 1÷1,5 minute, operație prin care rășina termoreactivă trece ireversibil în stare dură.

Coaja tare, se extrage acum de pe model centrat, cu ajutorul unui *extractor* 5. Pentru extragere ușoară, modelul piesei este prevăzut cu înclinații și suprafața sa activă se unge cu ulei de silicon.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în forme coji cu liant termoreactiv

După ce semiformele și eventual și miezurile sunt executate după tehnologia de mai sus, se procedează la asamblarea formei în vederea turnării prin lipire cu cleiuri rapide sau cu scoabe și cleme.

În vederea turnării, forma se montează și se consolidează, *Figura 3.48(d)*, în containere 7 în care se balastează nisip cuarțos sau alicie metalice.

După turnare și solidificare-răcire, dezbaterea formei se face în instalații speciale sau prin vibrație.

În continuare, se procedează la îndepărtarea capetelor pierdute, se polizează microbavurile după retezare și se execută sablarea cu alicie.

Turnarea prin acest procedeu prezintă următoarele *avantaje*:

- asigură o înaltă precizie geometrică a piesei, întrucât forma reproduce fidel detaliile modelului și posedă suficientă rigiditate;
- precizia crește și datorită demulării cu extractoare;
- precizia ridicată reduce până la de două ori adaosul de prelucrare mecanică;
- calitatea suprafeței piesei este net superioară, datorită fineții amestecului de formare;
- forma coajă cu pereți subțiri, reduce mult consumul de amestecuri de formare.

Singura dificultate constă în faptul că utilajele și instalațiile necesare necesită investiții, iar amestecurile de formare sintetice sunt mai scumpe.

PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în forme coji cu liant termoreactiv

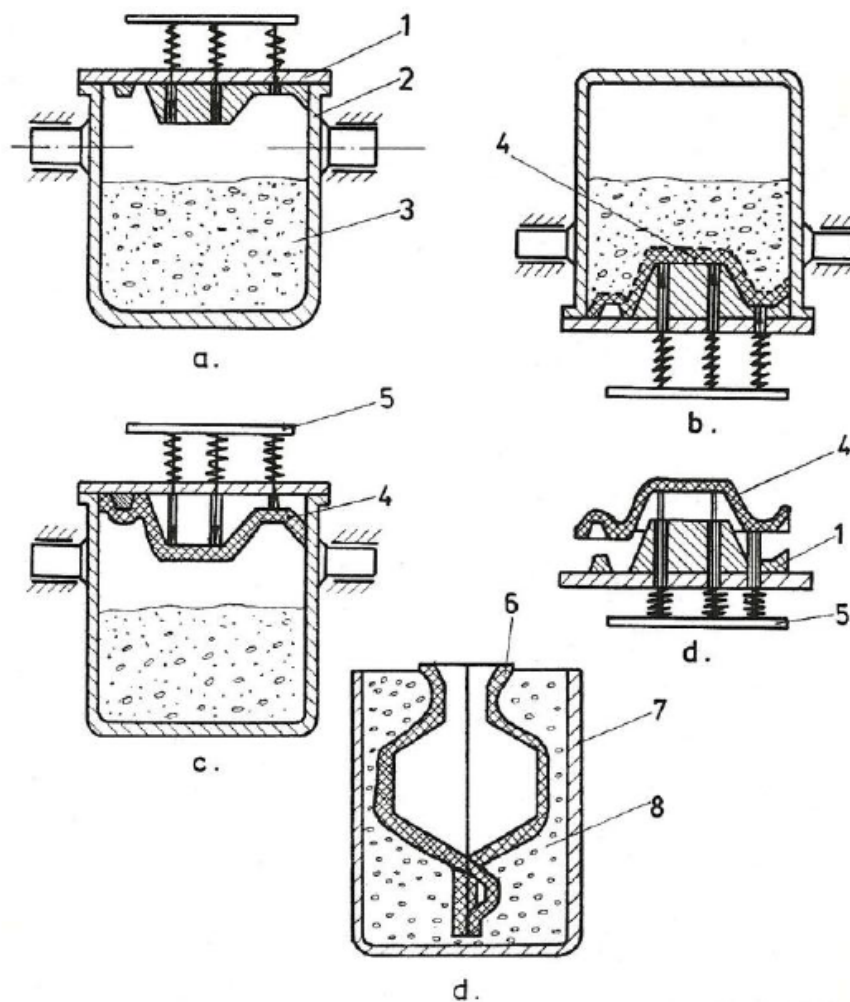


Figura 3.48. Succesiunea operațiilor de executare a unei forme coajă:

1 – placă de model; 2 – buncăr; 3 – amestec de formare; 4 – coajă crudă;
5 – extractor; 6 – forma asamblată; 7 – cadru metalic; 8 – balast.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în forme coji cu liant termoreactiv

Față de avantajele, în forme coji se toarnă piese cu grosime de perete de $3 \div 15$ mm și masa de $0,25 \div 100$ Kg, pentru automobile, tractoare, mașini agricole, din fontă, oțeluri carbon, aliaje ale metalelor neferoase.

Metoda se pretează la mecanizare și posedă o productivitate ridicată (până la 600 forme pe oră) cu posibilități de depozitare a formelor în spații reduse, cu păstrarea îndelungată a proprietăților bune pentru turnare.

PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în forme realizate cu modele ușor fuzibile

În acest caz, formele coajă sau mască, se obțin prin scufundarea modelelor ușor fuzibile în vopsele refractare, care se întăresc apoi pe cale chimică. După depunerea unui număr de 3÷4 straturi refractare, modelele se evacuează din cavitatea formei coajă prin topire.

Modelele ușor fuzibile se fabrică prin presare sau turnare în matrițe din materiale ușor fuzibile, cum sunt: parafina; stearina; ceara de albine; ceruzina și altele.

Sucesiunea operațiilor se vede pe *Figura 3.49*.

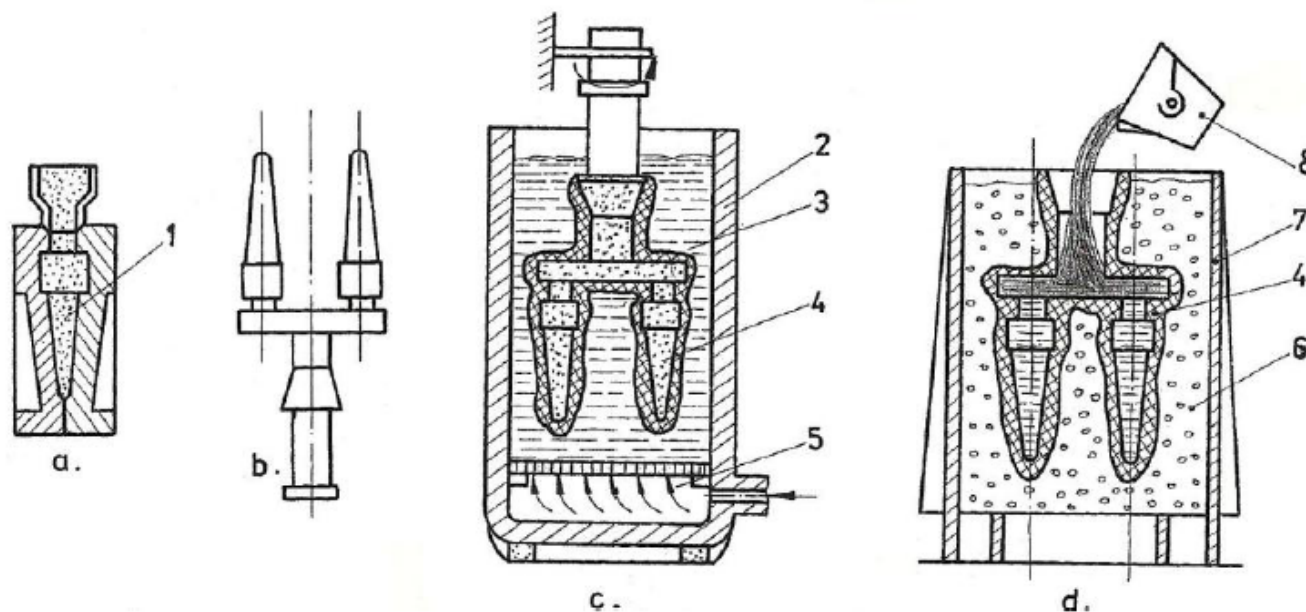


Figura 3.49. Sucesiunea operațiilor principale la turnarea cu modele fuzibile:

1 – model fuzibil; 2 – rezervor cu vopsea; 3 – vopsea refractară; 4 – formă coajă crudă; 5 – sursă de încălzire; 6 – balast; 7 – container; 8 – oală cu metal lichid.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în forme realizate cu modele ușor fuzibile

Modelele din substanțe ușor fuzibile se assemblează în ciorchine (2÷100 modele într-un ciorchine).

Ciorchinele se imersează succesiv în rezervorul cu vopsea refractară (nisip cuarțos, electrocomud în suspensie de sticlă solubilă) cu rețeta 2/3 nisip cuarțos, 1/3 silicat de sodiu și circa 0,1% oxid de magneziu, ultimul adaos este necesar pentru completarea discontinuităților.

Vopsirea ciorchinelui (executarea formei) se face astfel: ciorchinele degresat în soluție de săpun se scufundă în baia de vopsea, *Figura 3.49(c)*, și se agită ușor timp de 10 secunde, apoi se scoate, se lasă să se scurgă, se pudrează cu nisip cuarțos și se introduce în soluția apoasă de clorură de amoniu timp de 1,5÷2 minute pentru întărirea vopselei. Apoi, ciorchinele se usucă natural pe un suport, timp de 20÷30 minute. Această operație se va repeta de 4÷6 ori, cu uscare după fiecare strat.

În continuare, extragerea modelului din formă se face, de regulă, în baie de apă caldă cu recuperarea materialului de model. După această operație formele se usucă în dulapuri speciale timp de 1,5÷2 ore la temperatura de 200°C. În vederea turnării, formele coajă se montează în *containere 7*, și se balastează pentru consolidare cu *nisip cuarțos 6*. În această stare, tot ansamblul se introduce într-un cuptor electric pentru calcinare la 900÷950°C, nu mai puțin de 2 ore, timp în care se produce evaporarea apei și arderea tuturor resturilor de material de model din detaliile fine ale pieselor de fabricat.



PROCEDEE SPECIALE DE TURNARE

Turnarea în forme realizate cu modele ușor fuzibile

Se extrage forma caldă după calcinare și este supusă direct umplerii cu metal lichid, *Figura 3.49(d)*.

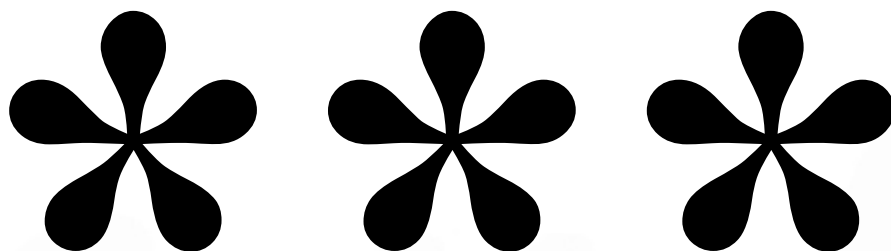
După solidificare și răcire forma se distruge, piesa supunându-se în continuare îndepărtării capetelor pierdute și curățirii chimice în soluție apoasă 45% sodă caustică la temperatura de 150°C.

După curățire chimică, piesele se spală, se usucă, se supun după caz tratamentelor termice și în final controlului tehnic.

Metoda prezintă următoarele avantaje:

- reproduce cu precizie detaliile piesei, precizie datorată și lipsei planului de separație ($\pm 50/\mu\text{m}$);
- vopseaua refractară fină, asigură și o calitate ridicată a suprafeței piesei;
- se reduc substanțial adaosurile de prelucrare prin așchiere, se obțin piese de precizie (adaosul este de $0,2 \div 0,7$ mm);
- umplerea formei calde asigură obținerea de piese cu configurații geometrice complexe, cu grosimi mici de peste 1÷3 mm;
- se pot obține piese cu masa de la câteva grame la câteva zeci de kilograme.

Față de avantajele de mai sus, metoda se pretează la turnarea aliajelor greu fuzibile (palete de turbină), a oțelurilor rezistente la coroziune (roți pentru pompe), a oțelurilor carbon în producția de masă din domeniul construcției de automobile, aparatură și alte ramuri ale industriei construcțiilor de mașini.





TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Suport curs

FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

- Turnarea pieselor din fontă cenușie
- Turnarea pieselor din fontă de înaltă rezistență
- Turnarea pieselor din fontă maleabilă
- Turnarea pieselor din oțel
- Turnarea pieselor din aliaje de aluminiu
- Turnarea pieselor din aliaje de magneziu
- Turnarea pieselor din aliaje de cupru
- Turnarea pieselor din aliaje greu fuzibile



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

În baza cunoștințelor asupra teoriei și practicii turnării, în continuare se vor prezenta unele considerații asupra turnării de piese din aliajele mai uzuale din construcția de mașini.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă cenușie

Fonta cenușie este cel mai răspândit material pentru fabricarea de piese turnate în industria constructoare de mașini.

Fonta cenușie, structural se caracterizează printr-o matrice metalică și formațiuni de grafit lamelar, care cu cât este mai fin, mai sinuos și mai uniform distribuit și proprietățile mecanice sunt superioare.

Astfel, fonta mecanică pentru piese turnate posedă o rezistență mecanică de $100\div 450$ MPa, o duritate ridicată ($140\div 283$ HB) și o alungire relativă foarte scăzută ($\delta=0,2\div 0,5\%$).

Datorită plasticității scăzute aceste fonte nu se folosesc pentru fabricarea de piese care lucrează cu sarcini de șoc. Cel mai bine rezistă fonta la sarcini de compresie.

Nu este sensibilă la creștături exterioare, absoarbe vibrațiile, posedă ridicate proprietăți de antifricțiune, se prelucrează ușor prin așchiere.

După tipul masei metalice de bază, fonta cenușie poate fi feritică, ferito-perlitică și perlitică.

Fonta feritică, datorită plasticității feritei și lipsei de rezistență a grafitului, posedă o rezistență globală scăzută.

Fonta perlitică este cea mai bună pentru construcția de mașini și se utilizează pentru piese importante ale mașinilor.

Asupra structurii și proprietăților fontelor cenușii, o mare influență o manifestă compoziția chimică și viteza de răcire.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă cenușie

Carbonul, siliciul și manganul îmbunătățesc proprietățile mecanice și de turnare ale fontei. Sulful provoacă albirea fontei în pereți subțiri, iar fosforul provoacă fragilitate și prin urmare, conținutul în aceste elemente trebuie să fie minim.

Mărimea vitezei de răcire se poate realiza fie prin micșorarea grosimii pereților piesei, fie prin creșterea conductivității termice a formei.

Datorită vitezei de răcire, în pereții subțiri structura va rezulta cu grăunți mai fini, față de pereții mai groși, în ultimul caz această diferențiere păstrându-se și între straturile de suprafață și miezul piesei sau peretelui piesei și în consecință și proprietățile mecanice vor fi diferite în zonele mai sus menționate.

Îmbunătățirea proprietăților mecanice a fontelor cenușii se poate face prin mai multe metode:

- prin aliere cu Ni, Cr, Ti etc.;
- prin modificare cu ferosiliciu, silicocalciu etc., când se obține fontă cu grafit acicular fin și uniform distribuit;
- prin aplicarea de tratamente termice de detensionare sau normalizare.

Caracteristicile de turnabilitate ale fontei cenușii se înscriu între limitele:

- fluiditate ridicată, care permite obținerea de piese cu grosime de perete de 3÷4 mm;
- o contracție scăzută (0,9÷1,3%), ceea ce asigură fabricarea de piese fără retasuri, pori și crăpături.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă cenușie

Ca elaborare, se obține în *cubilouri*, cuptoare rotative cu flacără și cuptoare electrice.

Industrial, în peste 85% din producție, fonta cenușie se elaborează în cubilouri, *Figura 3.50*. Se construiesc în două variante: fără antecreuzet, *Figura 3.50(a)*, și cu antecreuzet, *Figura 3.50(b)*, fiind alimentat cu aer rece sau aer cald. De altfel, scopul insuflării cu aer cald sau îmbogățit cu O_2 , nu este altul decât al creșterii randamentului termic de ardere al cocsului, o ardere completă la CO_2 , întrucât arderea până la CO este un potențial energetic nefolosit.

Elaborarea se bazează pe topirea și amestecarea, omogenizarea celor trei componente ale încărcăturii, în straturi alternante, respectiv un strat de metal, un strat de cocs și fondant și aceasta până la gura de încărcare și în tot timpul topirii.

Încărcătura metalică este alcătuită din deșeuri ale fontei turnate în piese, fontă de primă fuziune (de furnal), fontă veche și oțel casat, feroaliaje.

Prin arderea cocsului încărcătura se topește și se depune în creuzetul cubiloului.

Din punct de vedere constructiv, cubiloul este o manta metalică cilindrică, căptușită cu refractare, al cărei diametru interior variază între 400 și 1200 mm, diametru de la care se deduc toate celelalte dimensiuni (STAS 2839-67).



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă cenușie

Productivitatea cubiloului se calculează cu relația:

$$Q = S \cdot A = (6 \div 8) \cdot \frac{\pi D^2}{4} \text{ [t/h]}, \quad (3.63)$$

în care: S este coeficientul de topire, $S = 6 \div 8 \text{ t/m}^2\text{h}$;
 D – diametrul cubiloului, în m.

Cantitatea de cocs necesară se calculează cu relația:

$$Q_{\text{cocks}} = (5 \div 9) \cdot D^2 \text{ kg/h.} \quad (3.64)$$

Fondantul necesar se calculează în baza indicatorului de 0,3 Kg fondant (calcar) la 1Kg cocs.

Înălțimea patului de cocs (stratul de pornire) este funcție de presiunea aerului insuflat:

$$H_{p.\text{cocks}} = \sqrt{p} \text{ [mm]}, \quad (3.65)$$

în care: $H_{p.\text{cocks}}$ este înălțimea patului de cocs, în mm;
 p – presiunea aerului insuflat.

Aerul insuflat trebuie să corespundă la un debit de $100 \div 130 \text{ m}^3 \text{ aer/m}^2$ secțiune cubilou.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă cenușie

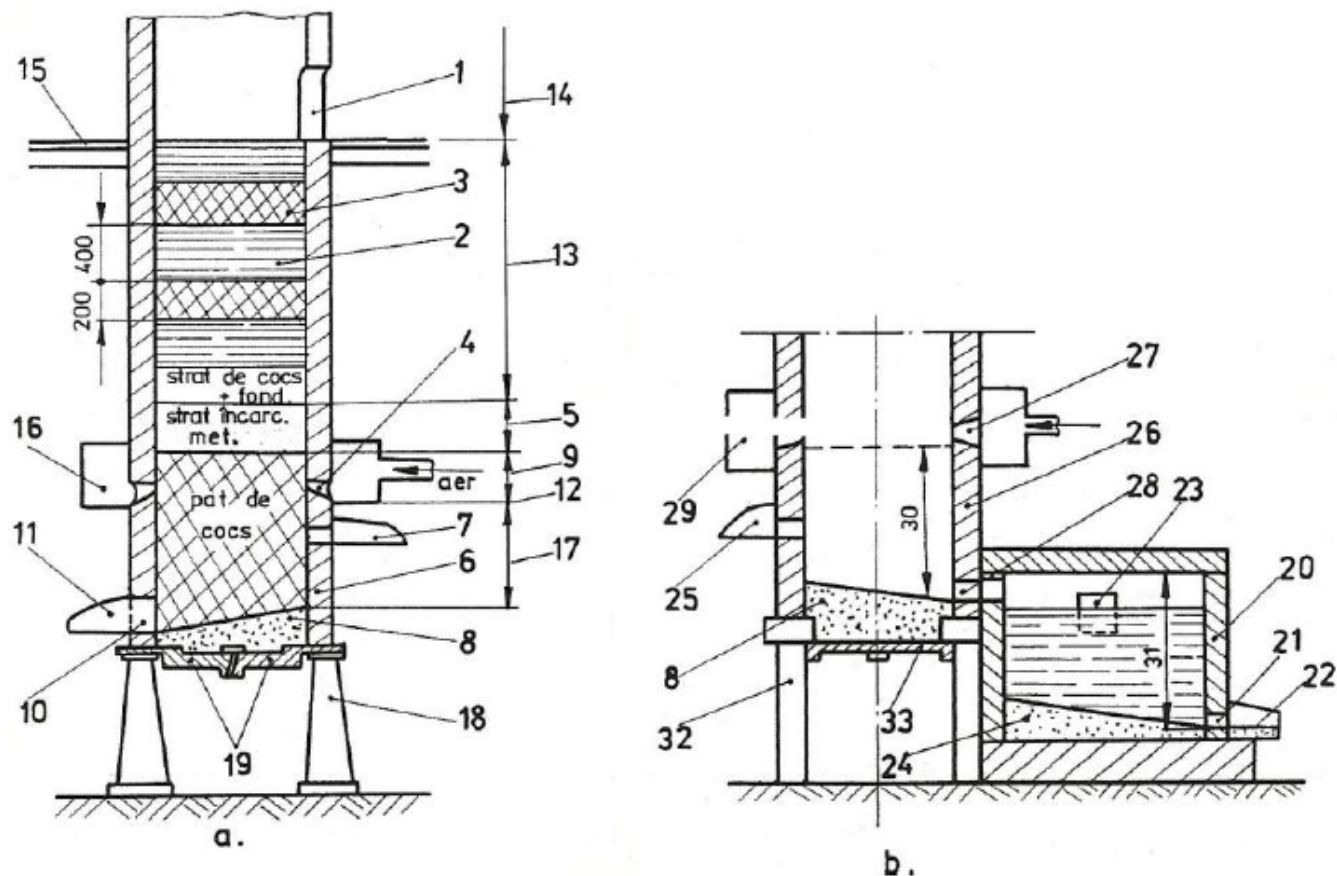


Figura 3.50. Scheme de cubilou:

a – fără antecreuzet; b – cu antecreuzet; 1 – gură de încărcare; 2 – încărcătură metalică (strat); 3 – strat de cocs; 4, 27 – gură de aer (duză); 5 – zona de topire; 6, 20, 26 – căptușeală din material refractar; 7, 25, 23 – jgheab pentru evacuarea zgurii; 8, 24 – vatră; 9 – zona de ardere a cocsului; 10, 28, 21 – orificiu pentru evacuarea fontei lichide; 11, 22 – jgheab evacuare fontă; 12 – nivelul duzelor; 13 – zona de preîncălzire a încărcăturii; 14 – zonă evacuare gaze arse; 15 – platformă de încărcare; 16, 29 – centura de insuflare aer; 17, 30, 31 – creuzet; 18, 32 – coloana de sprijin; 19, 33 – ușițe de vizitare.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă cenușie

În procesul de elaborare a fontei lichide intervin modificări destul de greu de controlat. Astfel, conținutul de carbon prin contactul păturilor de fontă cu cocsul tinde să crească, conținutul de siliciu și mangan tinde să scadă cu $10\div 40\%$, iar conținutul de sulf crește cu $50\div 100\%$. Pentru compensare, la sfârșitul elaborării se adaugă porții corespunzătoare de ferosiliciu și feromangan.

În general, o fontă de calitate superioară în cubilou, se obține greu din următoarele considerente: cel mai mic conținut de carbon este de $2,9\div 3\%$; temperatura maximă a fontei elaborate nu depășește $1350\div 1420^{\circ}\text{C}$; conținutul de sulf crește în mod inevitabil.

Ca urmare, o fontă cenușie de înaltă calitate se poate obține numai în cuptoarele electrice cu arc și cu inducție.

Ca procedeu de turnare, în cea mai mare pondere fonta cenușie se toarnă în forme din nisip, când datorită unei bune fluidități nu este nevoie în general de maselote (numai în anumite cazuri).

Piese de precizie ridicată se obțin prin turnarea fontei în cochile și în special în forme coji cu liant de rășină termoreactivă sau cu modele ușor fuzibile.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă cenușie

La turnarea în forme metalice, apare tendința de albire, datorită vitezei mari de răcire. Pentru înlăturarea acestui pericol, cochilele se căptușesc cu vopsele refractare cu conductivitate termică scăzută, înainte de turnare, cochilele se preîncălzesc, iar fonta se supune modificării. În ultimă instanță dacă piesa rezultă și cu zone albite, se va aplica un tratament specific de recoacere.

Piese turnate din fontă se întâlnesc mai ales în:

- construcția mașinilor unelte: batiuri de strung; mese; sănii și ghidaje; planșaibe; corpul păpușii mobile; carcasa cutiei de viteze; corpul pompelor; bușe; cuzineți etc.
- construcția de automobile: blocul cilindrilor; cămăși de cilindru; segmenti de piston; suporti; cartere; tobe de eșapament; capace etc.
- construcția de mașini grele;
- electrotehnică și alte ramuri.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă de înaltă rezistență

Fonta de înaltă rezistență are specific grafitul sub formă sferoidală. Aceste fonte se obțin cu ajutorul modificatorilor Ce, Mg, urmate de modificarea cu ferosiliciu.

Caracteristicile mecanice deosebite ale acestor fonte, se încadrează în limitele: rezistență mecanică $373 \div 1180$ MPa; alungirea relativă $2 \div 17\%$; duritatea $170 \div 360$ HB, caracteristici datorate grafitului sferoidal (nodular), care elimină concentratorul de tensiuni prin efect de creștătură.

Această fontă are o înaltă rezistență la uzură, o bună rezistență la coroziune, rezistă la cald și la rece. Această fontă înlocuiește cu succes unele piese din oțel.

Ca structură, masa metalică poate fi feritică, ferito-perlitică sau perlitică.

Din punct de vedere al compoziției chimice conținutul în carbon nu influențează proprietățile mecanice, influență manifestă siliciul, manganul, fosforul, care scad plasticitatea și se limitează la : $2 \div 2,4\%$ Si; sub $0,04\%$ Mn; și sub $0,1\%$ P; sulful antimodificator să fie sub $0,02\%$.

Fonta modificată-nodulară, de înaltă rezistență are o fluiditate bună, ceea ce asigură obținerea de piese cu grosime minimă de perete de $3 \div 4$ mm.

Contrația de $1,25 \div 1,7\%$, reclamă maselote pentru a elimina din corpul piesei defectul de retasură.

În procesul de modificare cu magneziu, temperatura fontei trebuie să fie de $1420 \div 1450^\circ\text{C}$, mai ridicată decât la fonta cenușie obișnuită, datorită faptului că $80 \div 90^\circ\text{C}$ din temperatură sunt consumate de topirea și evaporarea magneziului.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă de înaltă rezistență

Elaborarea fontei cenușii pentru modificare, se face în cubilouri cu căptușeală bazică, în cuptoare electrice cu arc de capacitate 5÷50 tone sau cu inducție de capacitate 1÷60 tone.

Încărcătura metalică se compune din aceleași componente ca și în cazul fontei cenușii obișnuite (fontă brută, fontă și fier vechi, deșeuri, feroaliaje, prealiaje etc.).

Piese din fontă nodulară se toarnă atât în forme din nisip, cât și prin procedeele speciale, cum sunt: forme coji; forme metalice; turnare centrifugală și alte procedee.

Datorită contracției ridicate, pentru a preveni formarea de retasuri și porozități în părțile groase ale piesei se recomandă solidificarea dirijată sau folosirea răcitorilor.

Pentru prevenirea crăpăturilor în piese, formele și miezurile trebuie să fie compresibile, iar temperatura de turnare cu 100÷150°C deasupra liniei lichidus.

Din această fontă de înaltă rezistență se fabrică piese importante din construcția de mașini grele și energetice, industria metalurgică, în condiții de solicitări statice și dinamice ridicate.

Se fabrică astfel detalii (piese) pentru laminare, prese de forjă și utilaje miniere. Piese din construcția motoarelor cu explozie și a turbinelor cu aburi, cu gaze și hidraulice.

Ca tipuri de piese se pot enumera: cilindri de laminor; arbori cotiți; corpuri de ventil; turbine cu aburi etc., a căror masă merge de la câteva kilograme, la zeci de tone.

Reușita turnării reclamă ca de la atacul modifcatorilor și până la solidificare să nu treacă mai mult de 30 minute.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă maleabilă

Prin fontă maleabilă se înțelege fonta obținută printr-o recoacere de lungă durată aplicată fontei albe turnată în piese. În urma recoacerii cementita se descompune și carbonul liber se separă sub formă de cuiburi, cu forme mai mult sau mai puțin compacte.

Fonta maleabilă posedă o rezistență mecanică ridicată de $300\div 630$ MPa, o alungire relativă de $2\div 12\%$ și o duritate de $150\div 270$ HB, rezistă bine la uzare și la șoc, se prelucrează bine prin așchiere.

După masa metalică, poate fi feritică sau perlitică, ultima având o plasticitate mai scăzută.

Din punct de vedere al compoziției chimice: cu cât conținutul de carbon este mai scăzut, proprietățile mecanice cresc; conținutul ridicat de mangan mărește durata recoacerii, scade plasticitatea și ridică rezistența mecanică; sulful și fosforul scad plasticitatea și reziliența și se limitează conținutul lor la un procent de sub 0,12%.

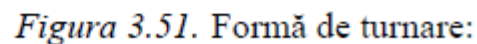
Turnabilitatea fontei albe în piese, prezintă următoarele particularități: fluiditate scăzută, ceea ce reclamă o temperatură mai mare de turnare; contracția ridicată poate conduce la retasuri, porozități și crăpături.

Elaborarea fontei pentru maleabilizare, se face de regulă prin sistem duplex: se obține fonta în cubilou și apoi se trece într-un cuptor electric cu arc sau cu inducție, unde se ridică temperatura la $1500\div 1550^{\circ}\text{C}$ și se ajustează controlat compoziția chimică a fontei în conținut de C, Si și Mn. Prin supraîncălzire se elimină și zgura mai ușor, iar în vederea reducerii timpului de recoacere, se poate modifica fonta cu aluminiu, bor, bismut.

Piese se toarnă în forme de nisip, dar și în forme coji și cochile.



- se prevăd maselote la părțile groase pentru prevenirea retasurii și porozităților;
- maselotele se amplasează cât mai apropiat de zona din piesă deservită și pe rețeaua de turnare (canal de alimentare), în vederea detașării ușoare după turnare, *Figura 3.51*;



1 – semiforma inferioară; 2 – semiforma superioară; 3 – miez;
4 – maselotă; 5 – sistem de turnare; 6 – canal de alimentare.

- se pot folosi răcitori;
- pentru reținerea zgurii se folosesc filtre pe sistemul de turnare;
- amestecurile de formare și de miez să fie compresibile;
- datorită fluidității scăzute, temperatura de turnare este $1390\div 1450^{\circ}\text{C}$ și amestecul de formare trebuie să posede o bună refractaritate și permeabilitate.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă maleabilă

După turnare, solidificare, răcire și curățire, piesele din fontă albă se încarcă în cutii speciale de maleabilizare, ermetic închise și se introduc într-un cuptor special pentru tratamentul de recoacere.

Astfel, pentru obținerea fontei maleabile feritice, ciclul de tratament se face timp de 22÷32 ore după un grafic conform *Figurii 3.52(a)*, iar în cazul fontei perlitice, graficul arată ca în *Figura 3.52(b)*, mecanismul descompunerii cementitei afectând după caz atât cementita liberă, cât și cementita din perlită.

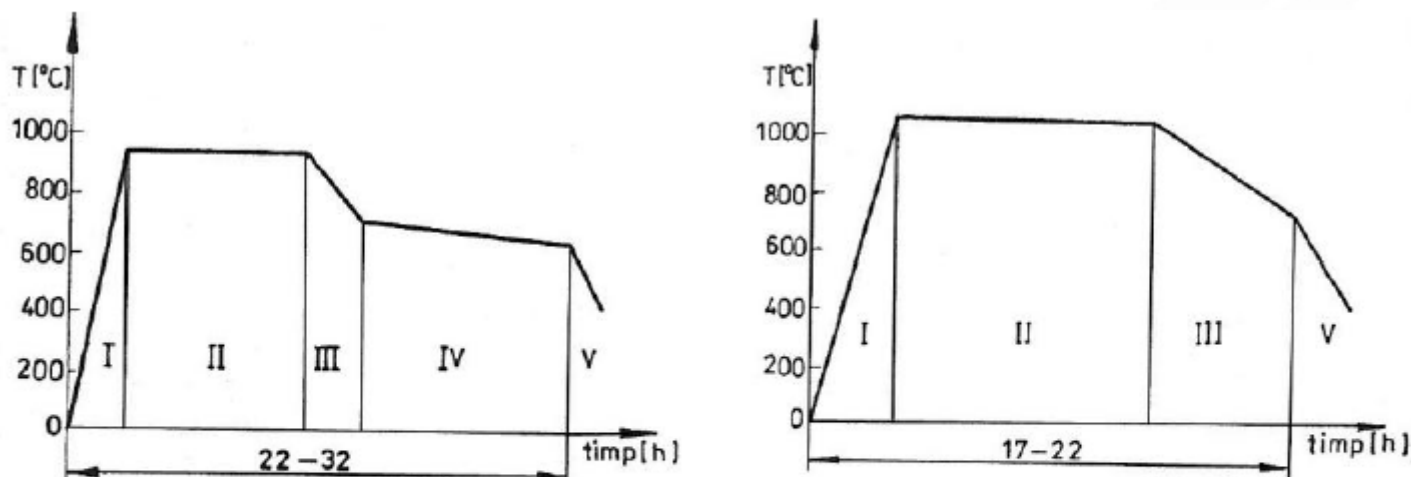


Figura 3.52. Cicluri termice de recoacere de maleabilizare:

a – ciclu pentru fonta maleabilă feritică; b – ciclu pentru fonta maleabilă perlitică; I – zonă de încălzire; II – zonă de menținere pentru descompunerea cementitei libere; III – zonă de răcire și transformare a austenitei în perlită; IV – zonă de descompunere a cementitei din perlită; V – zonă de răcire.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din fontă maleabilă

Din fontă maleabilă se fabrică piese turnate cu masa de la câteva grame la 250 Kg cu o grosime de perete de 3÷50 mm.

Dintre piesele mai importante în construcția de mașini, se pot aminti:

- pentru construcția de automobile: butucul roții; suporti; pârghii; carcasa (caseta) diferențialului; corpuri de angrenare etc.
- pentru construcția de mașini agricole: piese de șasiu; pârghii; suporti etc.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din oțel

Se toarnă piese atât din oțel carbon, cât și din oțeluri aliate.

Oțelurile carbon turnate au o rezistență mecanică de 400÷600 MPa, o alungire de 10÷24% și o bună reziliență și rezistență la uzare și la șoc. Proprietățile mecanice sunt direct influențate de conținutul de carbon.

În cazul oțelurilor aliate, acestea capătă și proprietăți noi, cum sunt: de refractaritate (datorită cromului); de rezistență la uzare (datorită manganului); de rezistență la coroziune (datorită nichelului) și altele, la care, sigur, se adaugă creșterea însemnată a proprietăților mecanice.

Ca turnabilitate oțelul prezintă următoarele particularități: o fluiditate scăzută; o contracție ridicată (2,5%) care conduce la formarea de retasuri și porozități; tendință de fisurare.

Elaborarea oțelului se face în cuptoarele cu arc și cu inducție și în ultima vreme în cuptoarele cu plasmă cu un consum redus de energie.

Încărcătura se compune din: fier vechi; deșeuri din producția proprie; fontă de primă fuziune; minereu; fluxuri și alte materiale. Turnarea în principal se face în forme de nisip și forme coji, cu modele ușor fuzibile, centrifugal, în cochile și alte metode.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din oțel

Reușita turnării pieselor din oțel reclamă următoarele măsuri:

- pentru prevenirea retasurilor și porozității se folosesc maselote și răcitori la părțile masive sau intersecții;
- pentru prevenirea fisurării, datorită contracției neuniforme, formele și miezurile trebuie să fie compresibile și pe corpul piesei se prevăd nervuri care se vor îndepărta prin aşchiere;
- temperatura de turnare ridicată ($1550\div 1650^{\circ}\text{C}$) reclamă amestecuri de formare și de miez cu refractaritate ridicată;
- piesele mici și mijlocii sunt prevăzute cu rețele de turnare directă și la planul de separație, iar la piesele masive, alimentarea se face prin sifon;
- fluiditatea scăzută reclamă alimentatori de $1,5\div 2$ ori mai mari decât la turnarea fontei;
- după turnare îmbunătățirea proprietăților mecanice și de exploatare se poate face și prin recoacere, normalizare și alte tratamente termice.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din oțel

Piesele turnate din oțel carbon, fac obiectul multor ramuri din construcția de mașini și metalurgie, cum ar fi construcția mașinilor unelte, tractoarelor, a mijloacelor de transport etc., dintre piese putându-se enumera: valțuri de laminor; batiuri de laminor; cilindri; roți dințate etc.

Oțelurile aliate se folosesc în construcția de mașini energetice, utilaje chimice, industria de petrol și gaze, metalurgie etc., dintre piesele mai importante enumerându-se: palete de turbină; ventile pentru presele hidraulice; armături în industria chimică, petrol și gaze; dinții cupei excavatoarelor și alte piese.

Se toarnă piese de la câteva grame la zeci de tone, cu o grosime de perete variabilă de la 1 la 300 mm.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din aliaje de aluminiu

Ca material pentru construcția de mașini, aliajele de aluminiu se apreciază în baza următoarelor caracteristici: rezistența mecanică $150\div340$ MPa; alungirea relativă $1,5\div2\%$; duritatea $50\div90$ HB. Unele aliaje rezistă bine la vibrații și toate aliajele de aluminiu se prelucrează bine prin așchiere

Siluminurile sunt cele mai bine turnabile, au o fluiditate ridicată, o contracție scăzută ($0,8\div1,1\%$), nu au tendință de fisurare la rece sau la cald, întrucât au o compoziție chimică apropiată de eutectic (interval de cristalizare $10\div30^{\circ}\text{C}$).

Marea majoritate a celorlalte aliaje de aluminiu au o fluiditate scăzută, contracție ridicată, tendință mare de fisurare, și absorb în stare lichidă o mare cantitate de hidrogen.

Elaborarea industrială se face în cuptoare electrice cu rezistență sau cu inducție de frecvență industrială.

Încărcătura se compune din: aluminiu pur blocuri; silumin; deșeuri din producția proprie; prealiaje și alte adaosuri. De regulă, elaborarea se termină cu rafinare cu hexaclorețan ($\text{CCl}_3\text{-CCl}_3$), care la temperatura de $740\div750^{\circ}\text{C}$ se dizolvă în procent de $0,3\div0,4\%$ din masa topiturii. Bulele de clorură de aluminiu (AlCl_3) formate și de tetraclorețilenă, ca urmare a reacțiilor chimice din proces, ridicându-se la suprafață, antrenează în zgură impuritățile, iar hidrogenul din baie difuzează și el în bulele care se ridică la suprafață.

Pentru finisarea structurii, siluminurile se supun modificării cu sodiu și stronțiu, sodiul sub formă de clorură la temperatura de $730\div780^{\circ}\text{C}$, iar stronțiul prin intermediul prealiajelor.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din aliaje de aluminiu

Turnarea aliajelor de aluminiu se face în principal în cochile, sub presiune, în forme de nisip și alte metode.

Reușita turnării pieselor reclamă următoarele măsuri:

- cochilele se fac cu plan de separație vertical;
- compactitatea piesei se asigură prin prevederea de maselote și realizarea solidificării dirijate în proces;
- pentru umplerea cochilei, aceasta se preîncălzește la $250\div 350^{\circ}\text{C}$ pentru piesele simple și la $400\div 500^{\circ}\text{C}$ pentru piesele mai complexe;
- aerul și gazele din formă se evacuează prin orificii practice în planul de separație al cochilelor;
- rețeaua de alimentare atacă piesa la peretele subțire, de regulă prin sifon, întreaga rețea fiind amplasată în planul de separație.

Din aliaje de aluminiu, prin turnare se fac piese importante în industria de aviație și rachete, automobile, aparatură, în construcția de mașini, în construcția de nave, în electrotehnică, dintre tipurile de piese enumerându-se: blocuri motor cu explozie; chiulase; corpuri de pompă; elice de navă; piese de aviație; electrotehnice și radiotehnice.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din aliaje de magneziu

Aliajele de magneziu, turnate, se caracterizează prin rezistență mecanică bună ($150\div350\text{MPa}$), alungire relativă $3\div9\%$ și duritate scăzută ($30\div70\text{HB}$). Rezistă bine la sarcini dinamice, au o rezistență satisfăcătoare la coroziune, se prelucrează bine prin așchiere și suportă sarcini până la temperatura de $200\div300^\circ\text{C}$.

Ca turnabilitate, aceste aliaje prezintă următoarele particularități: fluiditate scăzută; contracție ridicată; tendință de fisurare, datorită intervalului mare de solidificare absorb mult hidrogen ($24\text{ cm}^3/100\text{g metal}$) și se pot autoaprinde la elaborare și turnare.

Aliajele de magneziu se topesc în creuzete de oțel încălzite în cuptoare electrice cu rezistență sau inducție.

Încărcătura metalică se compune din: magneziu blocuri (calupuri); aluminiu calupuri; deșeuri din producția proprie; prealiaje la care se adaugă fluxurile.

Pentru a elimina autoaprinderea, elaborarea se face sub strat de protecție din fluxuri universale (cloruri și fluoruri ale metalelor alcaline sau alcalino-pămâtoase).

După topirea încărcăturii și încălzire la $700\div720^\circ\text{C}$, se execută rafinarea. Se îndepărtează zgura și se introduce flux universal 1% din masa topiturii, amestecându-se bine pe $2/3$ din înălțimea creuzetului. Pe măsura melanjării, periodic se presară flux uscat. Rafinarea se consideră gata, când suprafața băii metalice capătă luciu de oglindă. Prin rafinare se îndepărtează astfel incluziunile nemetalice și hidrogenul.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din aliaje de magneziu

Și în acest caz, ca și la aliajele aluminiului, pentru îmbunătățirea proprietăților mecanice și de exploatare, aliajele magneziului se pot modifica. Astfel topitura se supraîncălzește la $850\div 925^{\circ}\text{C}$, se menține la această temperatură $10\div 15$ minute și apoi se răcește brusc la temperatura de turnare ($680\div 720^{\circ}\text{C}$) introducându-se modificatori, praf de cretă, de marmură, hexaclorețan, substanțe conținând carbon, când se formează carbura de aluminiu care joacă rol de nucleu forțat de cristalizare.

Turnarea se poate face în forme din nisip, în cochile, sub presiune etc.

Reușita turnării reclamă următoarele măsuri:

- la turnarea în forme din nisip, pentru evitarea retasurilor și porozităților în corpul piesei se folosesc maselote și răcitori;
- pentru reținerea zgurii se folosesc filtre metalice;
- umplerea formei trebuie să se facă liniștit, fără antrenare de aer și oxigen;
- pentru evitarea aprinderii la turnare, amestecurile de formare sunt prevăzute cu componente de protecție, iar jetul de metal se presară mereu cu sulf;
- evitarea fisurării la turnarea în cochile, reclamă preîncălzirea acestora și a miezurilor metalice la $250\div 350^{\circ}\text{C}$;
- solidificarea dirijată se realizează prin amplasare de maselote și acoperirea suprafeței active a cochilelor cu vopsele refractare.

Aliajele de magneziu sunt mult utilizate în industria de automobile, mașini textile, de aviație, aparatură, tehnica rachetelor etc. Dintre piese deosebit: corpuri de pompă; armături; aparate pentru benzină și ulei; corpuri de aparatură în general (optică, foto, bord); roți etc.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din aliaje de cupru

Pentru fabricarea de piese turnate din aliaje de cupru, în primul rând se remarcă, alamele și bronzurile (cu sau fără staniu).

Bronzurile și alamele pentru turnătorie, se caracterizează printr-o rezistență mecanică bună ($196 \div 705$ MPa), o alungire de $3 \div 20\%$, și foarte bune proprietăți de antifricțiune și de rezistență la coroziune și de asemenea, au o bună comportare la distrugerea prin cavitație.

Turnabilitatea bronzurilor cu staniu se caracterizează prin: fluiditate bună; contracție mare ($1,4 \div 1,6\%$); au un interval de solidificare mare ($150 \div 200^\circ\text{C}$) ceea ce favorizează porozitate în corpul piesei.

Turnabilitatea bronzurilor fără staniu (cu Al etc.), se caracterizează prin: fluiditate ridicată; o contracție sporită ($1,6 \div 2,4\%$); au un interval de solidificare îngust ceea ce conduce la formarea de retasuri concentrate.

Turnabilitatea alamelor se evidențiază prin: fluiditate satisfăcătoare; contracție ridicată ($1,6 \div 2,2\%$); se solidifică în interval termic de $30 \div 70^\circ\text{C}$, ceea ce favorizează retasuri de contracție și porozitate.

Toate aliajele cuprului au tendință de fisurare.

Aliajele cuprului se elaborează în cuptoare cu inducție de joasă frecvență, dar și în cuptoare cu flacără deschisă, cu atmosferă de gaze protectoare sau sub vid.

Încărcătura se compune din: cupru pur-calupuri; deșeuri din producția proprie; zinc; plumb; staniu; fier; nichel și alte materiale.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

Turnarea pieselor din aliaje de cupru

Pentru a evita oxidarea cuprului, elaborarea se face sub strat de cărbune de lemn. Topit și încălzit la 1200°C , aliajul se dezoxidează cu bronz fosforos, după care se ajustează compoziția prin adaos de prealiaje sau metale pure. După caz, se procedează după aliere la o nouă dezoxidare cu bronz fosforos.

În marea pondere, de peste 80%, piesele din aliaje de cupru se toarnă în forme din amestec sau forme coji și sub 20%, se toarnă în cochile, sub presiune sau centrifugal.

Reușita turnării reclamă următoarele măsuri:

- pentru prevenirea retasurii și porozităților în părțile masive se prevăd maselote și se folosesc răcitori;
- pentru prevenirea fisurării, se folosesc forme și miezuri compresibile, introducând în amestecul de formare rumeguș de lemn;
- umplerea formei să se facă liniștit, alegând o rețea de turnare corespunzătoare, iar pentru reținerea zgurii se folosesc filtre din fibre de sticlă.

Ca destinație:

- din bronzuri cu staniu se fabrică armături, pinioane, roți dințate, lagăre, inele și altele;
- din bronzurile fără staniu, se fabrică elice de vapor, roți dințate grele, corpuri de pompă, armături pentru apă de mare, detalii pentru industria chimică;
- din alame se fabrică diverse armături pentru nave sau care lucrează la 300°C , bușe și colivii de rulmenți, șuruburi și piulițe la laminoare, roți melcate etc.



FABRICAREA PIESELOR TURNATE DIN DIVERSE ALIAJE

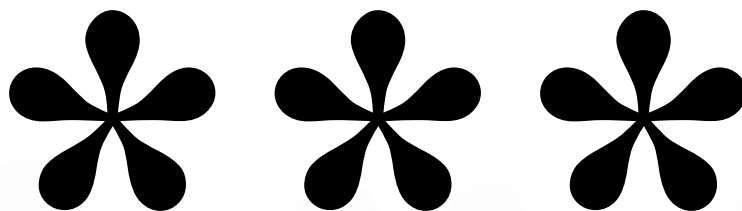
Turnarea pieselor din aliaje greu fuzibile

Metalele greu fuzibile ca titanul, vanadiul, cromul etc., au reactivitate chimică intensă în stare lichidă cu oxigenul, azotul, hidrogenul și carbonul. Ca urmare, elaborarea lor se face numai în agregate termice sub vid sau cu atmosferă de gaze protectoare. Una din soluțiile optime este retopirea în arc sub vid cu electrod consumabil.

Dintre toate aceste aliaje, cele mai răspândite sunt cele de titan.

Turnarea se face în forme din grafit, forme coji, cu modele ușor fuzibile, din materiale speciale de formare cu oxizi de zirconiu (nisip de zirconiu) sau din pulbere de grafit cu liant o rășină termoreactivă de tip formaldehidic.

Piese turnate din aliaje de titan, fac obiectul construcției de nave (elice, pompe), construcției turbinelor (palete, discuri), în aviație (discuri și palete de compresor), în tehnica vidului și electrotehnică.





TEHNOLOGIA MATERIALELOR

Suport curs

**PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A
MATERIALELOR METALICE**



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

- Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică
- Încălzirea materialelor metalice pentru deformarea plastică



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Prelucrarea metalelor și aliajelor prin deformare plastică, se bazează pe capacitatea acestora ca în stare solidă (la cald sau la rece) și sub acțiunea unor forțe exterioare, exercitate quasistatic sau dinamic (cu șoc), să capete modificări permanente de formă, cu păstrarea integrității.

Metoda, în mod succint, se poate caracteriza prin următoarele particularități:

- *avantaje:* metalul deformat capătă proprietăți mecanice îmbunătățite datorită structurii mai dense și mai omogene; consumul minim de material pe bucată; precizie mare de prelucrare (mai ales la rece); posibilitate de obținere a unor piese de formă complexă printr-un număr redus de operații și manoperă simplă.
- *dezavantaje:* investițiile inițiale sunt mari; necesitatea unor forțe în general mari pentru deformare, a unor utilaje robuste.

Față de avantajele, metoda are largă aplicabilitate în construcția de mașini, apreciindu-se că circa 60% din piesele întrebuințate în diferite ramuri industriale sunt prelucrate prin deformare plastică.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Deformarea elastică și plastică

Sub acțiunea forțelor exterioare, orice metal suferă atât deformații elastice, ε_e , cât și deformații plastice, ε_p , adică într-o deformație totală ε suportată de metal, cele două deformații se însumează:

$$\varepsilon = \varepsilon_e + \varepsilon_p \quad (4.1)$$

Dacă după îndepărtarea acțiunii forțelor exterioare, corpul metalic deformat își revine la forma și dimensiunile inițiale, înseamnă că a suportat o deformație elastică, respectiv o deformație $\varepsilon_e < 0,02 \cdot \varepsilon$. Fizic, aceasta se explică prin aceea că deplasarea atomilor din poziția inițială, nu a depășit distanța interatomică. În acest stadiu de deformare, între tensiunea internă indusă de forțele exterioare și deformația metalului se păstrează directă proporționalitate, adică se respectă legea lui Hooke, *Figura 4.1*.

Dacă însă după îndepărtarea acțiunii forțelor exterioare, corpul metalic nu mai revine la starea și dimensiunile inițiale, înseamnă că a suportat și o deformație plastică, respectiv s-a produs o deformație $\varepsilon_p > 0,02 \cdot \varepsilon$, și deplasarea atomilor din poziția inițială de echilibru s-a făcut pe o distanță mai mare decât cea interatomică și ocupă alte poziții de echilibru. Nu se mai respectă legea lui Hooke și metalul suferă modificări structurale importante. Deformația elastică nu provoacă deci modificări structurale ci numai a unor proprietăți, cum sunt: culoarea; conductivitatea electrică; solubilitatea la acizi etc.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică
Deformarea plastică la rece și la cald a materialelor metalice

De la început prin deformare plastică la rece a unui metal se înțelege prelucrarea la o temperatură sub pragul său de recristalizare ($\approx 0,4 \cdot T_{\text{top}}$ [K]), iar prin deformare plastică la cald orice prelucrare care se efectuează la o temperatură superioară pragului de recristalizare.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică Deformarea plastică la rece și la cald a materialelor metalice

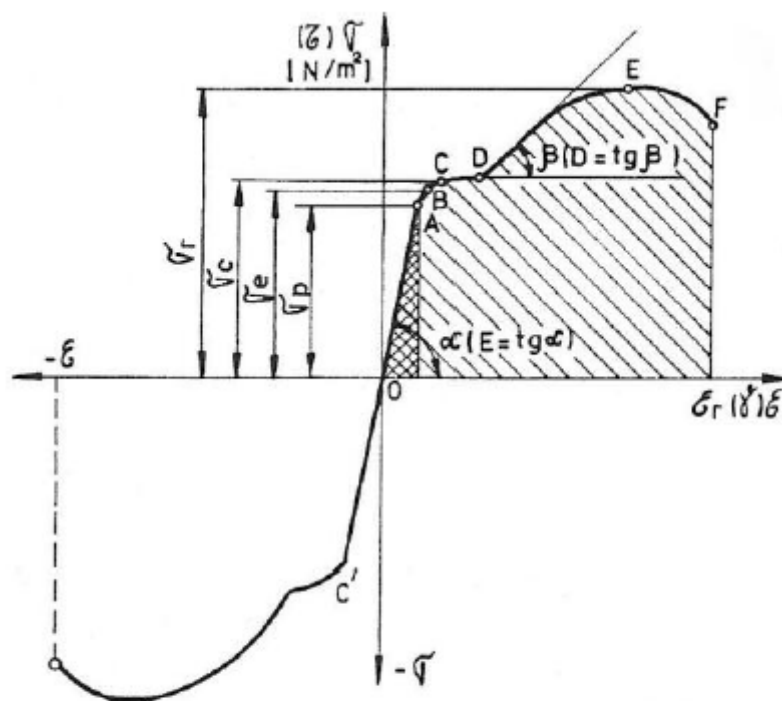


Figura 4.1. Interdependența efort unitar-deformație:

C-D – palier de curgere; σ_p – tensiunea limită de proporționalitate; σ_e – tensiunea limită de elasticitate; σ_c – tensiunea limită de curgere; σ_r – rezistența la rupere; σ – tensiuni normale; τ – tensiuni tangențiale; ε – deformații liniare; γ – deformații unghiulare.

La baza curgerii plastice stau mecanismele deformării plastice, specifice monocristalului sau grăuntelui cristalin și sistemului propriu de cristalizare (cubic cu volum centrat, cubic cu fețe centrate și hexagonal compact) și respectiv policristalului sau aliajului industrial.

În primul caz drept mecanisme fundamentale deosebim *alunecarea* și *maclarea*.

De bază este mecanismul alunecării, care se dezvoltă în plane de alunecare (de densitate atomică maximă) și direcții de alunecare (de densitate atomică maximă), așa numitele sisteme de alunecare, când deplasarea se face în plane paralele, fără să se modifice esențial distanța între ele, și prin urmare atomii nu ies de sub acțiunea interatomică, și deformarea se produce fără distru-

gerea integrității metalului, a cărei densitate, practic nu se schimbă.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Deformarea plastică la rece și la cald a materialelor metalice

În metalele reale la baza alunecării stau defectele de rețea (dislocațiile) care favorizează curgerea mai ușoară pe planul de alunecare.

Maclarea este un caz particular al modificării de formă nepresupunând deplasare relativă între pachete de atomi de-a lungul unui plan reticular, ci doar modificarea de aranjament a atomilor ca imagine în oglindă față de planul de maclare, este vorba deci de torsiuni, rotiri ale pachetelor de atomi, maclate.

În cazul policristalului, aliajul industrial, curgerea plastică se poate desfășura cumulat pe următoarele căi: prin deformare intracristalină, prin mecanisme specifice monocristalului; prin deformare intergranulară, adică de deplasarea sau rotirea relativă dintre grăunții cristalini.

Sigur că deformarea plastică nu este nelimitată, la un moment dat, materialul începe să cedeze, începe ruperea.

Dar în tehnologiile de prelucrare plastică prin presiune, interesează acea mărime a deformării plastice care să păstreze totodată și integritatea materialului, ba mai mult, să nu se producă în proces nici tendința de localizare a deformației (gâtuiți-punctul E din *Figura 4.1*), ci deformația să se producă în toată masa metalului și cât mai uniform.

Curgerea plastică fără distrugerea integrității materialului (deformația limită) este influențată de foarte mulți factori, dintre care mai importanți sunt:

- proprietățile mecanice ale metalului și aliajului;
- regimul termic și de viteză a deformării;
- schema stării de tensiuni la deformare.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică Deformarea plastică la rece și la cald a materialelor metalice

Ultimul factor are o mare influență asupra mărimii deformării limită, cunoscut fiind că cele mai propice pentru tehnologia deformării plastice vor fi acele moduri de solicitare a forțelor exterioare, care vor crea în material mai ales stări de tensiuni de compresiune tridimensională, dar care să admită și deviator. Adică deformația maximă va fi obținută de acele stări de tensiuni, la care tensiunile de tracțiune se reduc iar cele de compresiune își măresc numărul și intensitatea. În acest caz, altfel spus, schema compresiunii neuniforme poate antrena în curgere plastică, chiar și unele materiale fragile, de tip marmură.

Schemele stării de tensiuni sunt specifice diverselor procese și operații de prelucrare prin deformare plastică, și prin urmare și deformația plastică limită va marca diferite valori în diversele ipostaze ale metalului supus deformării.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Deformarea plastică la rece și la cald a materialelor metalice

Influența temperaturii asupra rezistenței la deformare și a plasticității

În general (cu excepția oțelurilor până la cca 300°C), cu creșterea temperaturii, rezistența la deformare scade. Acest efect, se poate explica prin faptul că la temperatură crește energia potențială a atomilor din nodurile rețelei cristaline și deplasarea dintr-o poziție în alta se face mai ușor, iar substanța intergranulară își micșorează vâscozitatea și deformarea intergranulară devine mult mai posibilă și mai intensivă.

Variația rezistenței la deformare cu temperatura are loc după o curbă logaritmică, alura depinzând și de transformările de fază în domeniul secundar, *Figura 4.2.*

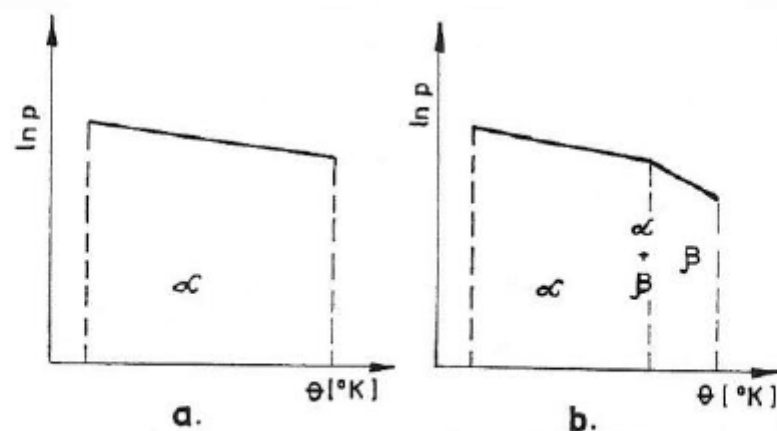


Figura 4.2. Grafice schemă de influență a temperaturii asupra rezistenței la deformare:
a – aliaj fără transformări de fază; b – aliaj cu transformări de fază.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Deformarea plastică la rece și la cald a materialelor metalice

Influența temperaturii asupra rezistenței la deformare și a plasticității

Dacă prin caracteristici de rezistență se înțelege una din caracteristicile σ_r , σ_c , HB , atunci simbolizate prin p , se poate scrie relația:

$$\frac{dp}{p} = -\alpha \cdot d\theta \quad (4.2)$$

în care: θ este temperatura corespunzătoare;

α – un coeficient de material.

Așa după cum se observă în *Figura 4.2*, legea de variație a rezistenței la deformare cu temperatura este valabilă numai în interiorul intervalului termic de stabilitate de fază.

În aceste condiții cunoscând rezistența la deformare pentru o temperatură din interval se poate obține și pentru altă temperatură din același interval.

Fie la θ_0 un p_0 , date cunoscute, atunci pentru un θ impus ($\theta > \theta_0$), rezistența p se poate afla cu relația (4.2), prin integrare între limitele:

$$\int_{p_0}^p \frac{dp}{p} = -\int_{\theta_0}^{\theta} \alpha \cdot d\theta; \quad \ln \frac{p}{p_0} = -\alpha(\theta - \theta_0); \quad p = p_0 \cdot e^{-\alpha(\theta - \theta_0)} \quad \text{sau}$$
$$p = p_0 \cdot e^{-\alpha \cdot \Delta\theta} \quad (4.3)$$



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Deformarea plastică la rece și la cald a materialelor metalice

Influența temperaturii asupra rezistenței la deformare și a plasticității

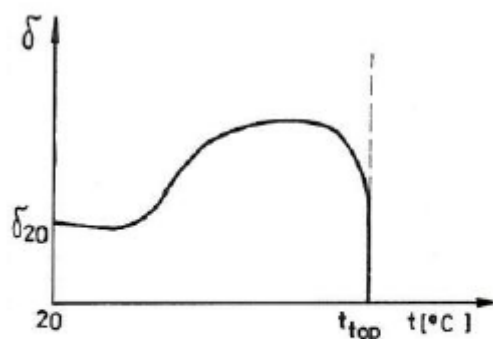


Figura 4.3. Variația plasticității la un material care nu suferă transformări de fază.

Influența temperaturii asupra plasticității se poate explica succint pe *Figura 4.3*.

În conformitate cu graficul schemă din *Figura 4.3*, plasticitatea scăzută la temperatură mică se explică prin mobilitatea redusă a microfisurilor care apar în timpul deformării, pe când micșorarea plasticității la temperaturi apropiate de cea de topire este datorată fenomenului de supraîncălzire, când datorită creșterii exagerate a granulației, se intensifică alunecarea intergranulară (prin topirea substanței intergranulare) și apariția ruperii fragile.

De asemenea, plasticitatea suferă scăderi de minim și la trecerea prin punctele critice ale unui aliaj, care marchează transformări de fază în domeniul secundar.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Deformarea plastică la rece și la cald a materialelor metalice

Influența vitezei de deformare asupra procesului de deformare plastică

Prin viteză de deformare se înțelege deformația relativă în unitatea de timp a corpului metalic supus deformării.

Dacă ε_x este gradul relativ de deformare pe o direcție oarecare x , atunci viteza instantanee de deformare va fi:

$$v_{d_x} = \frac{d\varepsilon_x}{dt} \left[s^{-1} \right], \quad (4.4)$$

iar viteza medie pe direcția dată va fi:

$$v_{d_{mx}} = \frac{\varepsilon_x}{t} \left[s^{-1} \right] \quad (4.5)$$

unde, $\varepsilon_x = \frac{x_0 - x}{x_0}$, cu x_0 , x dimensiunile inițială și finală (după deformare) pe direcția considerată din corpul deformat.

Influența vitezei de deformare asupra rezistenței la deformare, se poate analiza din mai multe puncte de vedere:

- *din punct de vedere al fenomenelor de ecruisare și recristalizare*, când cu creșterea vitezei de deformare, ecruisarea este mai intensă decât recristalizarea și atunci rezistența la deformare crește cu creșterea vitezei de deformare;



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Deformarea plastică la rece și la cald a materialelor metalice

Influența vitezei de deformare asupra procesului de deformare plastică

▪ *din punct de vedere al comportării materialului metalic la deformare, când influența vitezei de deformare asupra rezistenței la deformare este cu atât mai sensibilă cu cât starea materialului tinde spre vâscos și mai puțin sensibilă, cu cât tinde spre comportare plastică;*

▪ *din punct de vedere al vitezei de propagare a deformațiilor elastice și plastice în corpul supus deformării. Astfel, dacă ρ este densitatea metalului, iar E și D sunt modulele de elasticitate și respectiv de plasticitate, Figura 4.1, atunci vitezele celor două unde se pot estima cu relațiile:*

$$v_e = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \text{și} \quad v_p = \sqrt{\frac{D}{\rho}} \quad (4.6)$$

în care: v_e este viteza undei elastice;
 v_p – viteza undei plastice.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Deformarea plastică la rece și la cald a materialelor metalice

Influența vitezei de deformare asupra procesului de deformare plastică

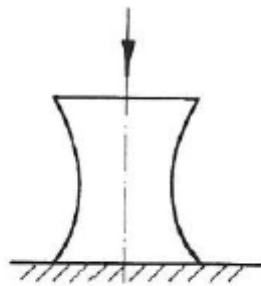


Figura 4.4. Deformarea unei epruvete cu viteză mare și energie de lucru mică.

Cum $E \gg D$, la $\rho = ct.$, rezultă că $v_e \gg v_p$ și prin urmare viteza deformației plastice rămâne în urma deformației elastice. În timp ce unda elastică se propagă în tot volumul piesei, cea plastică se localizează adiacent sculelor și deformarea totală este neuniformă, *Figura 4.4*;

- *din punct de vedere al efectului termic rezultat în urma deformării plastice, cunoscut fiind că cea mai mare parte a lucrului mecanic exterior consumat se transformă în căldură. Excedentul termic astfel creat, la viteze mari de deformare nu are timp să se disipeze și atunci creează o supraîncălzire care poate micșora rezistența la deformare.*

Din punct de vedere al plasticității metalului în procesul deformării plastice, cu cât viteza de deformare crește, dacă rezistența crește, plasticitatea scade, și în mod corespunzător, cu cât rezistența scade, plasticitatea crește.

O mare atenție trebuie dată efectului termic al deformării plastice, astfel încât excedentul termic să nu ducă la supraîncălziri, care să scoată metalul din starea de fază optimă pentru deformare. S-ar părea că din acest punct de vedere deformarea plastică este bine să se facă la temperaturi mai scăzute din intervalul termic admis pentru deformare.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Procedee de prelucrare prin deformare plastică

O primă clasificare a procedeelor de deformare plastică se face, după cum s-a mai arătat, în funcție de temperatura de lucru:

- prelucrare la rece, dacă $T_{ef} < 0,4 \cdot T_{top}$ [K];
- prelucrare la cald, dacă $T_{ef} > 0,4 \cdot T_{top}$ [K],

unde T_{ef} este temperatura de lucru, iar T_{top} temperatura de topire a metalului.

O a doua clasificare se face după viteza de lucru a sculei sau echipamentului mobil:

- prelucrare cu viteză mică de deformare, dacă $v < 10$ m/s;
- prelucrare cu viteze mari de deformare, dacă $v > 10$ m/s.

O a treia clasificare, se face după destinație:

- procedee pentru obținerea de produse cu secțiune constantă pe lungime (bare, sârme, benzi, table) utilizate în construcții industriale sau ca semifabricate din care se fac alte piese prin așchiere, dintre care mai importante deosebindu-se *laminarea, presarea și trefilarea-tragerea*;

- procedee de obținere de piese sau semifabricate cu formă apropiată de forma și dimensiunile pieselor de fabricat, și care se mai supun prelucrării prin așchiere doar pentru aducerea la dimensiuni după desenul de execuție, și pentru obținerea unei calități corespunzătoare a suprafeței. Dintre procedeele de bază în acest sens se deosebesc *forjarea și matrițarea*.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Procedee de prelucrare prin deformare plastică

Pentru elucidare, în *Figura 4.5*, se prezintă schemele de principiu, de definire a principalelor procedee de prelucrare prin deformare plastică.

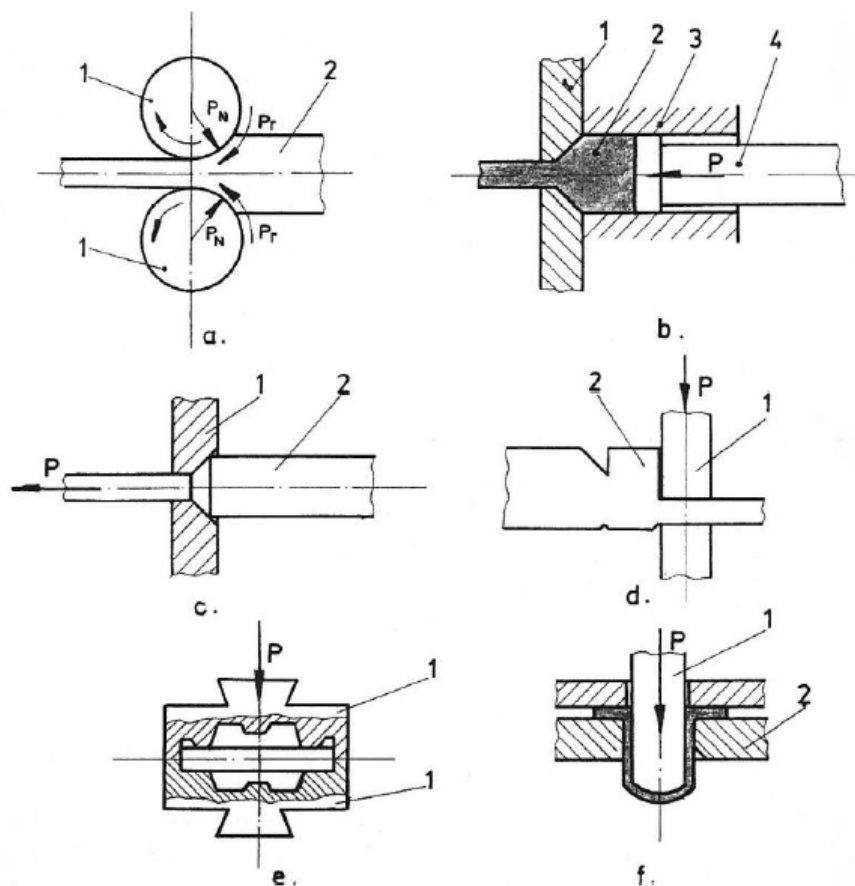


Figura 4.5. Schemele principalelor procedee de prelucrare prin deformare plastică.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Procedee de prelucrare prin deformare plastică

Laminarea, Figura 4.5(a), constă în comprimarea semifabricatului 2 între doi cilindri 1, care se rotesc în sens invers, și mai rar în același sens. Forțele de frecare P_t trag materialul printre cilindri, iar forțele normale P reduc secțiunea semifabricatului în favoarea lungimii.

Presarea-extrudarea, Figura 4.5(b), constă în presarea semifabricatului 2 aflat în containerul 3 prin intermediul pistonului-poanson 4, cu forța P prin orificiul matriței 1, când forma și dimensiunile secțiunii transversale a produsului obținut corespund formei și dimensiunilor găurii din matriță, iar lungimea va depinde de raportul dintre secțiunea semifabricatului de pornire și a celui obținut, ca și de deplasarea sau cursa poansonului 4.

Tragerea-trefilarea, Figura 4.5(c), constă în tragerea forțată a semifabricatului 2 prin cavitatea ce se îngustează a matriței 1, când secțiunea semifabricatului se micșorează și capătă forma orificiului matriței sau filierei 1.

Forjarea, Figura 4.5(d), este procedeul care modifică forma și dimensiunile semifabricatului 2 prin loviri sau presări succesive din partea sculelor universale 2, pe porțiuni sau lungimi de avans din semifabricatul inițial.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Procedee de prelucrare prin deformare plastică

Matritarea, modifică forma și dimensiunile semifabricatului cu ajutorul unor scule specializate numite matrițe, destinate unui singur produs și se deosebesc două variante:

- *matrițarea clasică de volum*, Figura 4.5(e), când cele două matrițe 1 acționează asupra semifabricatului cu forța P și-l obligă să ocupe cavitatea practică în corpul matriței, cavitate a cărei formă și dimensiuni corespund formei și dimensiunilor piesei de obținut;
- *deformarea în matrițe a tablelor*, Figura 4.5(f), când semifabricate plane din tablă capătă forme spațiale de piese sub acțiunea forței P exercitată de poansonul 1 asupra semifabricatului în matrița 2.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Influența prelucrării prin deformare plastică asupra structurii și proprietăților metalului

Această influență trebuie analizată în funcție de modul de prelucrare, la rece sau la cald a metalului.

Astfel, prelucrarea la rece antrenează fenomenul de *ecruisare*, care modifică proprietățile mecanice, conducând la creșterea rezistenței și durității și scăderea ductilității, *Figura 4.6*.

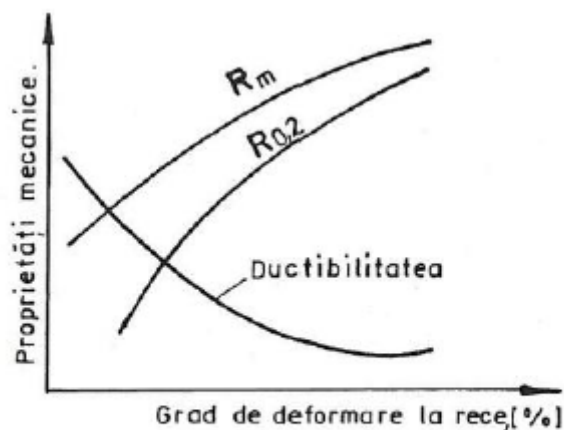


Figura 4.6. Influența deformării la rece asupra proprietăților mecanice.

Ecruierea se explică prin rotirea planelor de alunecare și creșterea imperfecțiunilor rețelei cristaline (concentrarea dislocațiilor la marginea de grăunte).

Modificările de structură și proprietăți datorită deformării la rece nu sunt ireversibile, ele pot fi eliminate sau atenuate prin aplicarea unor tratamente termice de recoacere. În acest caz, prin recoacere se produce *recristalizarea*, un fenomen de naștere și creștere de noi grăunți care îi înlocuiesc pe cei deformați și metalul capătă o nouă structură cu grăunți echiaxiali, diferită de structura de dinaintea deformării.

De altfel, în procesul recoacerii unui metal deformat la rece, cu temperatura se desfășoară succesiv trei etape: *restaurarea*, *recristalizarea* și *creșterea grăunților*, *Figura 4.7*.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Influența prelucrării prin deformare plastică asupra structurii și proprietăților metalului

Pentru metalele pure, pragul recrystalizării este la $0,4 \cdot T_{top}$ [K], unde T_{top} este temperatura de topire. Procesul de recrystalizare se desfășoară cu o viteză, cu atât mai mare, cu cât și temperatura este mai ridicată.

În procesul de restaurare (întoarcere), nu se produc modificări de formă și dimensiuni ale granulației, ci doar reduceri ale stării remanente de tensiuni. Aceste tensiuni se creează datorită multor factori, printre care și deformarea plastică neuniformă și rămân în material echilibrându-se reciproc. Eliminarea tensiunilor remanente aproape că nu modifică proprietățile mecanice ale metalului deformat, dar modifică unele proprietăți fizico-chimice, cum ar fi creșterea conductivității electrice și a rezistenței la coroziune.

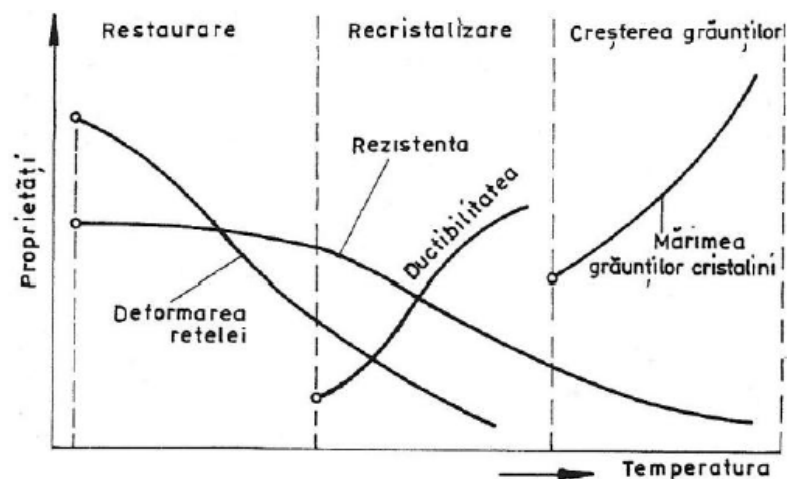


Figura 4.7. Influența temperaturii de recoacere asupra proprietăților mecanice a unui metal deformat la rece.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Influența prelucrării prin deformare plastică asupra structurii și proprietăților metalului

Spre deosebire de deformarea la rece, în deformarea la cald a metalului, cele două fenomene contradictorii, ecrisarea și recrystalizarea se petrec simultan.

Deformarea plastică la cald va fi completă numai dacă regimul de lucru termic și mecanic vor asigura un metal deformat cu o structură nouă echiaxială, cu grăunți uniformi și fără urme de ecrisare, *Figura 4.8.*

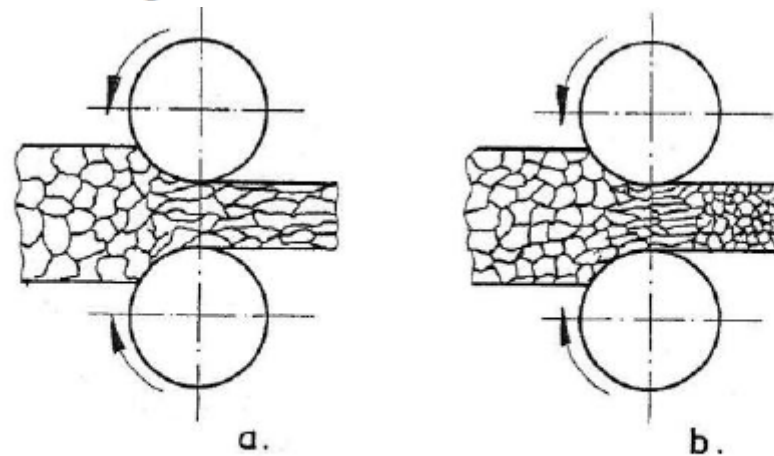


Figura 4.8. Schema modificării structurii metalului prin deformare:
a – deformare plastică la rece; b – deformare plastică la cald.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Influența prelucrării prin deformare plastică asupra structurii și proprietăților metalului

Asupra gradului de recristalizare o mare influență manifestă temperatura și mai precis intervalul de temperatură și raportarea față de pragul de recristalizare. Din acest punct de vedere, se disting mai multe domenii și anume:

- *deformarea plastică completă la rece*, dacă temperatura de deformare este sub $0,2 \cdot T_{top}$ [K], când ecruisarea este maximă, iar cu creșterea gradului de deformare rezistența crește și plasticitatea scade, încât deformarea la grade înaintate necesită recoaceri intermediare;

- *deformarea incompletă la rece*, cu temperatura de deformare cuprinsă între $0,2 \cdot T_{top}$ [K] și $0,4 \cdot T_{top}$ [K], când în proces are loc ecruisarea dar și restaurarea, acest mod de prelucrare fiind specific vitezelor mari de deformare;

- *deformarea incompletă la cald*, când temperatura de deformare este cuprinsă între $0,4 \cdot T_{top}$ [K] și $0,5 \div 0,6 \cdot T_{top}$ [K], și când are loc revenirea-restaurarea completă, dar recristalizarea este incompletă, este cel mai periculos domeniu de prelucrare, se întâlnește la metalele cu viteză mică de recristalizare și pe cât posibil în practică să se evite;

- *deformarea completă la cald*, dacă temperatura de deformare este cuprinsă între $0,5 \div 0,6 \cdot T_{top}$ [K] și $0,85 \cdot T_{top}$ [K], când revenirea și recristalizarea se desăvârșesc, se obține o structură fină. În deformarea la cald rezistența la deformare este mică de circa $0,1$ din rezistența de deformare la rece. Încălziri peste $0,85 \cdot T_{top}$ [K] nu sunt recomandate, deoarece pot provoca arderea și supraîncălzirea metalului.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Influența prelucrării prin deformare plastică asupra structurii și proprietăților metalului

Datorită faptului că ecruisarea este neglijabilă și limita de curgere a metalului nu marchează variații sensibile, prin deformarea la cald se pot prelucra și semifabricate masive, pentru care forțele de deformare vor putea fi asigurate de utilaje mai puțin puternice. Dificultăți se întâmpină la prelucrarea semifabricatelor subțiri, care pierd repede căldura în contact cu sculele și mediul înconjurător.

În prelucrarea la cald plasticitatea metalului este net superioară prelucrării la rece și prin urmare se pot prelucra la cald și materiale greu deformabile, metale și aliaje cu plasticitate scăzută ca și semifabricate turnate sub formă de lingouri.

Totuși nu trebuie uitat că în prelucrarea la cald apare coaja de oxid care poate influența calitatea suprafeței și precizia dimensiunilor produsului.

Față de prelucrarea la cald, prelucrarea la rece (fără încălzire) asigură o calitate a suprafeței și o precizie dimensională superioare și în același timp prin eliminarea încălzirii se scurtează ciclul de fabricație, se pretează mai ușor mecanizării și automatizării și crește productivitatea muncii.

Obținerea de produse deformate plastic de calitate, urmărindu-se anumite proprietăți, depinde prin urmare de modul de deformare ales, la rece sau la cald sau combinații ale acestor moduri de prelucrare, ca și de numărul și regimurile termice de prelucrare în procesul de fabricație al produsului urmărit.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Influența prelucrării prin deformare plastică asupra structurii și proprietăților metalului

În procesele primare de deformare plastică (laminare, presare), ca semifabricat de bază este lingoul turnat, cu structură neuniformă (grăunți cristalini de diverse forme și dimensiuni), la care se mai adaugă și unele defecte ca sufluri, pori etc. Prin deformare la cald, la temperaturi înalte, unii pori, unele sufluri se pot suda și compactitatea metalului crește.

Grăunții cristalini se deformează și recrystalizează, *Figura 4.8(b)*, și prin urmare se va obține o structură cu grăunți fini de ordinul sutimilor și zecimilor de milimetru, grăunți uniformi și echiaxiali.

Dacă însă lingoul conține incluziuni, atunci în urma prelucrării la cald se va obține o structură fibroasă, care va imprima metalului anizotropia proprietăților. Din acest punct de vedere întotdeauna trebuie bine corelată structura fibroasă cu caracteristicile de exploatare, în sensul că funcțional tensiunile de întindere să se plaseze în lungul fibrelor, iar cele tangențiale perpendicular pe fibre. Această structură fibroasă se mai numește și *textură*.

Pentru exemplificare, să luăm semifabricatul deformat pentru fabricarea prin aşchiere a unei roți dințate, *Figura 4.9*.

Soluția din *Figura 4.9(a)*, după cum se vede, nu asigură durabilitate, întrucât tensiunile de tracțiune acționează perpendicular pe fibre, iar dacă se matrițează ca în *Figura 4.9(b)*, apare neuniformitate în rezistența dinților (dintele 1 este favorabil, dintele 2 este periculos).



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Influența prelucrării prin deformare plastică asupra structurii și proprietăților metalului

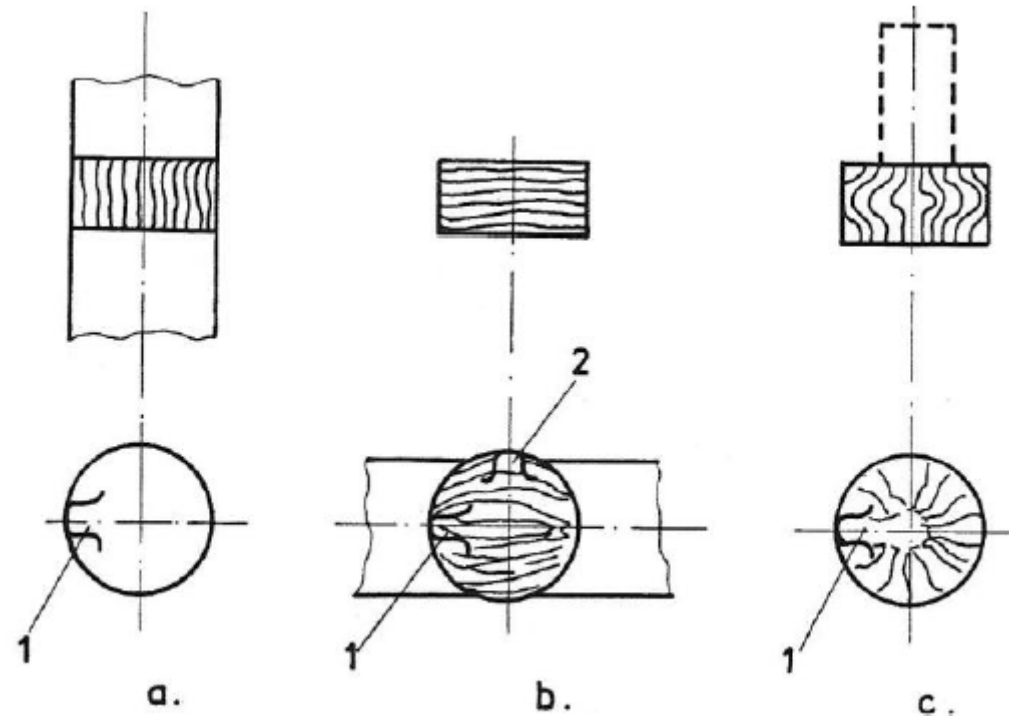


Figura 4.9. Macrostructuri de semifabricate prelucrate prin deformare plastică.

Numai semifabricatul debitat din laminat și refulat ca în *Figura 4.9(c)*, asigură aceeași solicitare pe dinte favorabil orientat față de fibrajul dispus radial, pentru toți dinții danturii.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Ipotezele plasticității unui material

Așa cum s-a mai arătat, în procesele deformării plastice de mare importanță este starea plastică a materialului metalic.

Prin stare plastică a unui material, se înțelege acea stare în care semifabricatul aflat sub acțiunea unor forțe exterioare își modifică forma și dimensiunile datorită unor deformări remanente căpătate în condiția păstrării integrității (fără ruperea legăturilor particulelor).

Trecerea unui corp în stare plastică este legată de apariția unei stări de tensiuni limită, care în tensiuni principale ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) se poate exprima printr-o suprafață de forma:

$$F(\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3) = 0 \quad (4.7)$$

Determinarea suprafeței după relația (4.7), se poate face după următoarele două ipoteze fundamentale:

- *ipoteza constanței eforturilor unitare tangențiale maxime;*
- *ipoteza energetică a plasticității.*

După prima ipoteză, trecerea în stare plastică a unui material se va produce atunci când efortul tangențial maxim de pe o suprafață înclinată va fi egal cu limita de curgere tangențială τ_c constantă pentru un material dat și indiferent de tipul de solicitare exterioară aplicat.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Ipotezele plasticității unui material

Fiind dată astfel o stare de tensiuni normale principale $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$, atunci tensiunile tangențiale principale se pot scrie sub forma:

$$\tau_{12} = \pm \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = ct.; \quad \tau_{23} = \pm \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2} = ct.; \quad \tau_{31} = \pm \frac{\sigma_3 - \sigma_1}{2} = ct. \quad (4.8)$$

și cum ipoteza spune că nu ține cont de starea de sollicitare, atunci înseamnă că acea constantă (*ct.*) echivalentă cu limita de curgere τ_c a materialului considerat se poate determina presupunând sollicitarea unidirecțională, fie $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$ și deci:

$$\tau_{12} = \pm \frac{\sigma_1}{2} = ct.$$
$$\tau_{12} = \pm \frac{\sigma_c}{2}. \quad (4.9)$$

Cum sistemul (4.8) este incompatibil, starea plastică se va atinge atunci când și numai una din relații este satisfăcută.

După a doua ipoteză, *trecerea în stare plastică a unui corp se va produce atunci când în unitatea de volum a materialului deformat s-a acumulat o cantitate de energie potențială de modificare a formei, constantă pentru un material dat și indiferent de tipul sollicitării.*



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Ipotezele plasticității unui material

Energia potențială de deformare a unui corp (W) se compune dintr-o energie de schimbare a volumului (W_v) și o energie de schimbare a formei (W_f).

$$W = W_v + W_f, \quad (4.10)$$

de unde:

$$W_f = W - W_v. \quad (4.11)$$

Apelând la relații analitice de definire a energiei din teoria elasticității, aplicabile și pentru incipiența energiei plastice, se poate scrie:

$$W = \frac{1}{2E} \left[(\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2) - 2\mu(\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1) \right], \quad (4.12)$$

$$W_v = \frac{1-2\mu}{6E} (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2, \quad (4.13)$$

deduse din:

$$W = \frac{1}{2} (\sigma_1 \varepsilon_1 + \sigma_2 \varepsilon_2 + \sigma_3 \varepsilon_3) \text{ și } W_v = \frac{3}{2} \sigma_{med} \varepsilon_{med},$$



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Ipotezele plasticității unui material

unde s-au convertit deformațiile în tensiuni după relațiile generalizate ale lui Hooke:

$$\varepsilon_1 = \frac{1}{E}[\sigma_1 - \mu(\sigma_2 + \sigma_3)]; \quad \varepsilon_2 = \frac{1}{E}[\sigma_2 - \mu(\sigma_3 + \sigma_1)]; \quad \varepsilon_3 = \frac{1}{E}[\sigma_3 - \mu(\sigma_1 + \sigma_2)],$$

iar σ_{med} și ε_{med} au fost explicitate cu $\sigma_{med} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$ și $\varepsilon_{med} = \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3}{3}$.

Dacă în (4.11) se introduc relațiile (4.12) și (4.13), atunci după efectuarea calculelor și ordonarea expresiei se obține:

$$W_f = \frac{1+\mu}{6E}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] = ct. \quad (4.14)$$

Cum ipoteza energetică nu ține cont de natura solicitării, înseamnă că relația (4.14) este valabilă și pentru o solicitare liniară.

Fie în acest sens solicitarea unidirecțională $\sigma_1 \neq 0$ și deci cu $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$, din (4.14) cum μ și E sunt constante, trebuie ca și paranteza să respecte relația și deci:

$$2\sigma_1^2 = ct.$$

Dar curgerea plastică la solicitarea unidirecțională se va produce atunci când $\sigma_1 = \sigma_c$ și deci $2\sigma_c^2 = ct$.

Înlocuind $ct = 2\sigma_c^2$ în (4.14) pentru ipoteza energetică a plasticității rezultă următoarea ecuație energetică a plasticității:

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_c^2 \quad (4.15)$$



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Ipotezele plasticității unui material

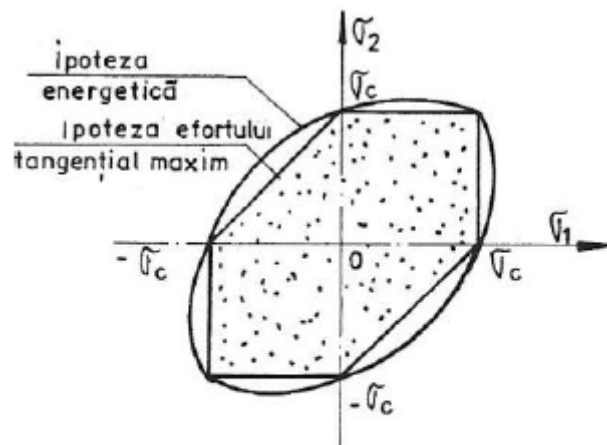


Figura 4.10. Reprezentare plană a ipotezelor plasticității.

Grafic, cele două ipoteze reprezintă o prismă hexagonală egal înclinată față de axele de coordonate principale (σ_1 , σ_2 , σ_3), pentru efortul tangențial maxim constant și respectiv un cilindru cu axa egal înclinată față de axele principale de coordonate, care în plan devin suprafețe limitate de un hexagon și respectiv o elipsă, așa cum se vede în *Figura 4.10*.

În interiorul conturului se plasează stările de deformare elastică, conturul definește trecerea în stare plastică, în afara conturului avem starea plastică.

Ipotezele sunt pur teoretice, nu țin cont de eterogenitatea metalului, de factorii termici și de factorii mecanici.

În aceste condiții ipotezele au valabilitate redusă, mai fidel reproduce fenomenul ipoteza energetică, dar mai ușor de operat analitic este cu prima ipoteză, de altfel diferența dintre ipoteze nu este prea mare, între 0 și 15%, eroare acceptată.



PRELUCRAREA PRIN DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

Bazele teoretice ale prelucrării prin deformare plastică

Legile deformării plastice

În baza studiilor teoretice și experimentale pe o gamă largă de materiale, s-a ajuns la concluzia că acestea se comportă în procesul deformării plastice după anumite legi, dintre care mai importante amintim: legea volumului constant; legea simultaneității deformațiilor elastice și plastice; legea minimei rezistențe; legea apariției și echilibrării tensiunilor interioare suplimentare; legea similitudinii la deformarea plastică.

