

Cuprins

pagina

Cap.I. NOȚIUNI GENERALE PRIVIND ALEGEREA MATERIALELOR ȘI PROIECTAREA PIESELOR TURNATE	1
1.1. Alegerea materialului pentru piesele turnate	1
1.1.1. Aliaje feroase prelucrabile prin turnare	1
1.1.1.1. Fonte de turnătorie	1
1.1.1.2. Oțeluri	5
1.1.1.3. Feroaliaje	5
1.1.2. Metale și aliaje neferoase	6
1.1.2.1. Cuprul și aliajele pe bază de cupru	6
1.1.2.2. Aluminiul și aliajele pe bază de aluminiu	6
1.2. Proiectarea pieselor turnate	6
1.2.1. Alegerea rațională a metodei tehnologice de realizare a pieselor	7
1.2.2. Construcția pieselor turnate, ținându-se seamă de rezistență și rigiditate	7
1.2.3. Construcția pieselor turnate în forme din amestec de formare	8
1.2.4. Construcția pieselor turnate în forme metalice și sub presiune	10
Cap.II. PROCESUL TEHNOLOGIC DE OBTINERE A PIESELOR PRIN TURNARE	11
2.1. Considerații preliminare	11
2.2. Proiectarea formelor de turnare și a garniturilor de model	12
2.2.1. Considerații generale	12
2.2.2. Alegerea poziției piesei la turnare și stabilirea suprafeței de separație a modelului	12
2.2.3. Stabilirea dimensiunilor piesei brut turnate	13
2.2.3.1. Adaosuri de prelucrare	13
2.2.3.2. Adaosuri tehnologice	13
2.2.4. Stabilirea configurației miezurilor și a mărcilor miezurilor	18
2.2.4.1. Generalități	18
2.2.4.2. Mărci. Tipuri și dimensionare	18
2.2.5. Rețele de turnare	24
2.2.5.1. Generalități	24
2.2.5.2. Tipuri caracteristice de rețele de turnare	24
2.2.5.3. Dimensionarea rețelei de turnare	27
2.2.6. Mijloace pentru solidificare dirijată. Maselote, răcitori.	28
CAP.III. CONFEȚIONAREA GARNITURILOR DE MODEL	33
3.1. Generalități. Clasificarea modelelor și cutiilor de miez.	33
3.2. Materiale utilizate la confecționarea garniturilor de model	33
3.2.1. Lemnul	33
3.2.2. Ipsosul și cimentul	33
3.2.3. Metale și aliaje metalice	34
3.2.4. Materiale plastice	34
3.2.5. Aliaje ușor fuzibile	35
3.2.6. Mase ușor fuzibile	35
3.3. Executarea modelelor și cutiilor de miez	35
3.4. Vopsirea și inscripționarea garniturilor de model	36
3.5. Durabilitatea garniturii de model	37
CAP.IV. MATERIALE ȘI AMESTECURI DE FORMARE	38
4.1. Materiale de formare	38
4.1.1. Nisipuri de turnătorie	38
4.1.2. Lianți utilizați în turnătorie	39

4.1.3. Adaosuri de îmbunătățire a proprietăților amestecurilor de formare	43
4.1.4. Adaosuri de suprafață pe forme și miezuri	44
4.2. Amestecuri de formare	45
4.2.1. Generalități. Clasificare	45
4.2.2. Proprietățile nisipurilor și ale amestecurilor de formare la temperatură normală	45
4.2.3. Proprietățile amestecurilor de formare la temperaturi ridicate	46
4.2.4. Pregătirea materialelor și prepararea amestecurilor de formare	46
4.2.4.1. Prepararea nisipurilor proaspete	47
4.2.4.2. Pregătirea argilei și bentonitei	49
4.2.4.3. Pregătirea amestecului folosit	49
4.2.4.4. Pregătirea adaosurilor.	50
4.2.4.5. Prepararea amestecurilor de formare	50
4.2.5. Posibilități de refolosire a amestecurilor de formare fără regenerare	50
4.2.6. Regenerarea amestecurilor de formare	51
4.2.6.1. Considerații generale	51
4.2.6.2. Regenerarea pe cale termică	51
4.2.6.3. Regenerarea prin șoc mecanic	52
4.2.6.4. Regenerarea prin șoc termic și mecanic	53
4.2.6.5. Regenerarea prin lovire cu alice de sablare	54
4.2.6.6. Regenerarea prin frecare	54
CAP.V. EXECUTAREA FORMELOR ȘI MIEZURILOR	56
5.1. Generalități	56
5.2. Îndesarea manuală a formelor	56
5.2.1. Generalități	56
5.2.2. Formarea manuală în rame de formare	57
5.2.3. Formarea manuală în solul turnătoriei	58
5.2.4. Formarea cu șablonul	59
5.3. Formarea mecanizată	59
5.3.1. Considerații generale	59
5.3.2. Îndesarea prin presare	60
5.3.2.1. Mecanismul îndesării	60
5.3.2.2. Metode de formare prin presare	61
5.3.3. Îndesarea prin scuturare	62
5.3.4. Îndesarea prin aruncare	63
5.3.5. Îndesarea prin suflare	64
5.3.6. Îndesarea prin împușcare	65
5.4. Obținerea miezurilor (miezuirea)	65
5.5. Uscarea formelor și miezurilor	66
5.5.1. Uscarea cu combustibil	66
5.5.2. Uscarea cu curent electric	67
5.5.3. Forme uscate superficial	67
5.5.2. Uscarea cu curent electric	68
5.5.3. Forme uscate superficial	68
CAP.VI. ELABORAREA ȘI TURNAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR	70
6.1. Considerații generale	70
6.2. Structura și proprietățile fizico-chimice ale topiturilor oxidice	70
6.3. Elaborarea fontelor	70
6.3.1. Elaborarea fontelor în cubilou	70
6.3.1.1. Procesul de topire și supraîncălzire a fontei	71
6.3.1.2. Factorii tehnologici care influențează procesele metalurgice din cubilou	72
6.3.1.3. Variația conținutului principalelor elemente la elaborarea fontei în cubilou.	73

6.3.2. Elaborarea fontelor în cuptoare cu încălzire prin inducție	74
6.3.3. Elaborarea fontelor în alte agregate	75
6.3.4. Modificarea fontelor	76
6.4. Elaborarea oțelului	77
6.5. Elaborarea aliajelor neferoase	81
CAP.VII. CURGEREA ALIAJELOR LICHIDE	84
7.1. Fluiditatea metalelor și aliajelor	84
7.2. Curgerea metalelor și aliajelor prin canale	86
CAP.VIII. CRISTALIZAREA ȘI SOLIDIFICAREA ALIAJELOR TURNATE	87
8.1. Cristalizarea aliajelor	87
8.2. Fenomene de segregare	87
8.3. Solidificarea aliajelor turnate	87
8.4. Procesele de contracție în aliajele turnate	89
8.5. Tensiuni interne în pereții pieselor turnate	90
8.6. Procesul de deformare a pieselor turnate cu tensiuni termice	91
8.7. Formarea crăpăturilor	92
8.8. Răcirea pieselor turnate	92
8.9. Procese de segregare zonală	92
CAP.IX. PROCEDEE SPECIALE DE FORMARE ȘI TURNARE	94
9.1. Procedee speciale de formare	94
9.1.1. Forme-coji cu modele fuzibile	94
9.1.2. Forme-coji cu lianți termoreactivi	97
9.1.3. Procedeele de formare cu nisip uscat, fără liant, solidizat prin vid.	98
9.1.4. Procedeele de fabricare a pieselor prin turnare în forme cu modele volatile	100
9.1.5. Procedeele de confecționare a formelor din alicie de fontă sau oțel solidizate magnetic	102
9.2. Procedee speciale de turnare	102
9.2.1. Turnarea prin retopire electrică sub zgură.	103
9.2.2. Piese turnate armate	105
9.2.3. Turnarea continuă	106
9.2.4. Turnarea prin expulzare progresivă a aliajului în curs de solidificare	108
9.2.5. Turnarea sub presiune	109
9.2.5.1. Turnarea la joasă presiune	109
9.2.5.2. Turnarea la presiuni înalte	112
9.2.5.3. Matrițarea în stare lichidă	115
9.2.6. Turnarea centrifugă	116
9.2.7. Turnarea prin aspirație	121
CAP.X. DEZBATERICA, CURĂȚIREA ȘI REMANIEREA DEFECTELOR PIESELOR TURNATE	123
10.1. Dezbaterea formelor și miezurilor	123
10.2. Curățirea pieselor turnate	124
10.3. Remanierarea defectelor pieselor turnate	126
10.3.1. Controlul tehnic de calitate în turnătorii	126
10.3.2. Defectele pieselor turnate	128
10.3.3. Remanierarea pieselor turnate	129
XI. NORME DE TEHNICA SECURITĂȚII MUNCII LA REALIZAREA PIESELOR TURNATE	131

Cap.I. NOȚIUNI GENERALE PRIVIND ALEGEREA MATERIALELOR ȘI PROIECTAREA PIESELOR TURNATE

Turnarea reprezintă metoda tehnologică de fabricație a unei piese prin solidificarea unei cantități determinate de metal lichid, introdus într-o cavitate de configurație și dimensiuni corespunzătoare unei forme de turnare.

Turnarea este o metodă de semifabricare a pieselor, supuse ulterior prelucrărilor mecanice prin așchiere pentru a fi aduse la condițiile tehnice finale.

În practică, se constată că din punctul de vedere al greutateii, 50...70% din totalitatea pieselor utilizate în construcția de mașini se obțin din semifabricate turnate. În funcție de materialele utilizate, structura pieselor turnate este aproximativ: 8% din oțel, 73% din fontă cu grafit lamelar, 5% din fontă cu grafit nodular; 7% din fontă maleabilă; 7% aliaje neferoase.

În general, fabricația pieselor turnate, din punctul de vedere al terminologiei, a întocmirii documentației tehnologice etc., este reglementată prin standarde.

Fazele tehnologice necesare realizării unei piese turnate sunt următoarele:

- executarea modelului;
- prepararea amestecului de formare;
- executarea formelor;
- executarea miezurilor;
- uscarea formei (dacă este cazul) și a miezurilor;
- controlul, repararea și asamblarea formei;
- elaborarea aliajului;
- turnarea aliajului;
- dezbaterea pieselor din formă și finisarea lor;
- controlul și recepția.

Prin turnare se pot obține piese oricât de complicate, lucru care nu este posibil prin nici un alt proces tehnologic (laminare, forjare, matrițare, sudare etc.), piesa turnată având dimensiuni foarte apropiate de cele ale piesei finite.

Dacă la fabricarea unei piese de complexitate medie așchiile reprezintă 75% din masa piesei în cazul pieselor forjate liber și 50% în cazul forjării în matriță, la piesele turnate din oțel această pierdere de material reprezintă cca 30...40%, iar la cele din fontă numai 20%.

1.1. Alegerea materialului pentru piesele turnate

Alegerea materialului din care se toarnă piesa se face în funcție de condițiile de mediu și solicitările la care lucrează piesa. În continuare se vor prezenta principalele caracteristici ale aliajelor de turnătorie.

1.1.1. Aliaje feroase prelucrabile prin turnare

1.1.1.1. Fonte de turnătorie

Fontele utilizate în industrie pentru turnarea pieselor pot fi clasificate după trei criterii mai importante:

- a. poziția față de eutectic;
- b. cantitatea de grafit;
- c. forma grafitului.

a. Poziția față de eutectic este dată de gradul de saturație în carbon $S_C = \frac{C_t}{C_C}$, în

care C_t este conținutul de carbon total al fontei determinat pe cale chimică; C_C - conținutul de carbon eutectic (corespunde punctului C din diagrama de echilibru).

Valoarea lui C_C este influențată de compoziția fontei:

$$C_C = 4,3 - 0,3 (Si + P) + 0,03 Mn - 0,4 S$$

În funcție de valorile lui S_C fontele de turnătorie pot fi

- hipoeutectice, $S_C < 1,0$;
- eutectice, $S_C = 1,0$;
- hipereutectice, $S_C > 1,0$.

b. Cantitatea de grafit. Carbonul se poate găsi în fontă sub formă de: carbon legat chimic – cementita (C_{leg}); carbon liber, nelegat – grafit (C_{gr}); carbon dizolvat în soluție solidă (austenită și ferită) (C_{sol}).

$$C_{total} = C_{leg} + C_{gr} + C_{sol}$$

Funcție de valorile lui C_{leg} și C_{gr} întâlnim:

- fonte cenușii (F_c) la care $C_{gr} > 0$; $0 \leq C_{leg} \leq C_s$, în care C_s este carbonul corespunzător punctului (S) din diagrama Fe-C, respectiv carbonul din perlită;

- fonte pestrițe (F_p), la care $C_s < C_{leg} < C_t$, iar $C_{gr} > 0$;

- fonte albe (F_a), la care $C_{leg} = C_t$, iar $C_{gr} = 0$.

c. Forma grafitului. Funcție de gradul de compactitate, respectiv raportul dintre suprafață și volum, întâlnim mai multe forme de grafit, (tabelul 1.1).



După forma grafitului, fontele cenușii sau pestrițe pot fi împărțite în: fonte cenușii cu grafit lamelar; fonte modificate – cu grafit lamelar modificat, cu grafit nodular și vermicular; fonte maleabile (cu grafit în cuiburi).

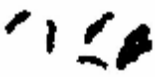


Fonte cenușii cu grafit lamelar nemodificate. Fonta cenușie este cel mai ieftin aliaj de turnătorie și în plus are proprietăți foarte bune de turnare.

Particularități structurale. Structura primară se formează cu participarea directă a fazei lichide, deci la începerea solidificării fontei. La fontele hipoeutectice, întâi apar dendrite primare de austenită, apoi celule eutectice care cuprind austenită și grafit sub forma unor agregate policristaline, de formă apropiată de cea sferică.

Tabelul 1.1

Caracteristicile principalelor forme de grafit

Tipul grafitului	Aspectul grafitului	l/g'
Lamelar		> 50
Lamelar modificat		30...70

Vermicular		10...2
În cuiburi		1,5...2
Nodular		≈ 1,0

l – lungimea; g' – grosimea.

Structura celulelor eutectice, funcție de viteza de răcire este prezentată în figura 1.1.

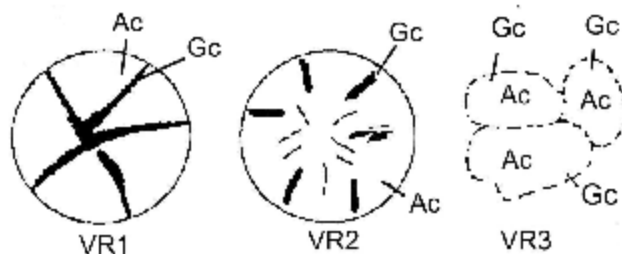


Figura 1.1. Structura celulelor eutectice, funcție de viteza de răcire (VR),
($VR_1 < VR_2 < VR_3$)

La fontele cenușii din domeniul eutectic ($S_c = 1,0$), structura primară va fi constituită numai din celule eutectice iar la cele hipereutectice, apare întâi grafitul și apoi celulele eutectice. Ultimele cantități de aliaj lichid conțin mult fosfor și se vor solidifica sub formă de eutectic fosforos cu temperatura de solidificare de 953°C.

Structura secundară apare în urma transformării eutectoide a austenitei care se poate transforma în ferită, perlită și grafit. Masa metalică în cazul fontelor cenușii cu grafit lamelar, nealiat, constă din ferită și perlită. De asemenea, mai pot intra cementita și eutecticul fosforos.

Factorii care influențează structura și proprietățile fontelor sunt:

- compoziția chimică a fontei după evacuarea din cuptor;
- viteza de răcire a fontei după turnarea în forme;
- tratamentul fontei în stare lichidă, după evacuarea din cuptor;
- tratamentul fontei în stare solidă, după scoaterea pieselor din formă.

Fonte modificate cu proprietăți superioare

A. *Fonte cenușii cu grafit lamelar modificate*. Se caracterizează prin proprietăți mecanice ridicate $R=250...450 \text{ N/mm}^2$, $A=0,8...1,2\%$, $200...280 \text{ HB}$, compoziția chimică: $C=2,8...3,2\%$; $Si=0,6...2,0\%$; $Mn=0,6...1,2\%$; $P_{\max}=0,1\%$; $S_{\max}=0,1\%$; $S_c=0,75...0,85$.

Structura este perlitică (100%P), fină și cu grafit lamelar, uniform repartizat. Aceste fonte se obțin în urma unei modificări, ele situându-se inițial în domeniul fontelor albe sau pestrițe.

B. *Fonte cu grafit nodular*. Particularități structurale. Grafitul are o formă sferoidală și se prezintă sub mai multe forme: K, L, M, N, P (figura 1.2).

Masa metalică de bază a fontelor cu grafit nodular este constituită din ferită și perlită. Astfel, fontele cu grafit nodular pot fi: feritice, ferito-perlitice și perlitice.

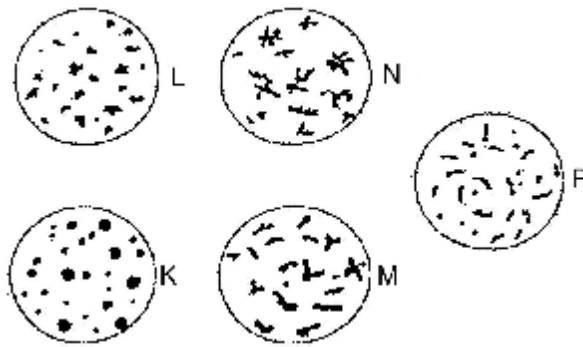


Fig.1.2. Forme tipice de grafit în fontele cu grafit nodular

C. Fonte cu grafit vermicular. Separările de grafit au un grad de compactitate mai mare decât cele lamelare, dar mai mic decât cele nodulare. Masa metalică este preponderent feritică.

D. Fonte maleabile. Fontele maleabile pot fi albe, negre sau perlitice.

Grafitul se găsește sub formă de cuiburi, cu un grad de compactitate variabil (figura 1.3).

Masa metalică la fontele maleabile negre constă în ferită. Masa metalică este constituită din perlită și ferită în cazul fontelor maleabile perlitice. Fontele maleabile albe au o răspândire redusă.

Compoziția chimică este cuprinsă în limitele: $C=2,4...2,9\%$; $Si=0,7...1,5\%$; $Mn=0,3...1,2\%$; $P_{max}=0,18\%$; $S_{max}=0,18\%$.

Fontele maleabile negre și perlitice se obțin printr-un tratament termic de recoacere grafitizantă la care sunt supuse piesele din fontă albă, după dezbatere.

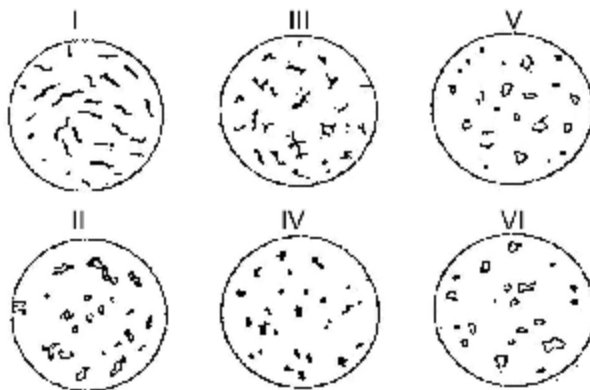


Fig.1.3. Forme tipice de grafit în fontele maleabile

Fonte aliate. În funcție de conținutul elementelor de aliere, întâlnim: fonte slab aliate; fonte mediu aliate; fonte înalt aliate. Principalele elemente de aliere sunt nichelul, cuprul, cromul, siliciul, manganul.

1.1.1.2. Oțeluri

Oțelurile turnate se clasifică adesea funcție de structură sau compoziție chimică. Se mai pot alege și alte criterii cum sunt: tratamentul termic sau proprietățile de rezistență la temperaturi înalte sau joase, la coroziune etc.

În funcție de compoziția chimică, deosebim următoarele grupe:

-oțeluri nealiat (oțeluri carbon) care pot fi cu carbon scăzut ($C < 0,25$), cu carbon mediu ($C = 0,25-55\%$), cu carbon ridicat ($C = 0,55-2,06\%$);

-oțeluri aliate, care pot fi: slab aliate – elementul principal de aliere se găsește în proporție de sub 2%, iar suma tuturor elementelor de aliere este mai mică de 5%; mediu aliate – elementul principal de aliere este cuprins între 2 și 7%, iar suma elementelor de aliere între 4 și 10%; înalt aliate – elementul principal de aliere este în proporție de peste 5% iar suma elementelor de aliere este peste 10%.

În funcție de structura secundară, deosebim:

-clasa perlitică – structura este formată în principal din perlită (oțeluri nealiat și slab aliate);

-clasa martensitică – structura este formată din bainită, martensită sau austenită netransformată (oțelurile mediu și înalt aliate cu crom, nichel, molibden, wolfram,...);

-clasa feritică – structura este formată din ferită (oțeluri mediu și înalt aliate cu crom, nichel, molibden,...);

-clasa austenitică – structura este formată din austenită (oțeluri înalt aliate cu nichel și mangan).

1.1.1.3. Feroaliaje

Feroaliajele sunt aliaje ale fierului cu diferite metale sau metaloizi (Si, Mn, Cr, Mo, P etc) și sunt utilizate la elaborarea oțelurilor și fontelor, ca elemente de aliere, dezoxidanți și modificatori.

Cele mai utilizate feroaliaje sunt: ferosiliciul, feromanganul, ferocromul, ferofosforul, ferotitanul și ferovanadiul.

1.1.2. Metale și aliaje neferoase

După greutatea specifică, principalele metale neferoase și aliajele lor se pot clasifica în două grupe:

-metale și aliaje grele ($\gamma > 4\text{g/cm}^3$): Cu, Zn, Pb, Sn, Ni și aliajele lor;

-metale și aliaje ușoare ($\gamma < 4\text{g/cm}^3$): Al, Mg și aliajele lor.

1.1.2.1. Cuprul și aliajele pe bază de cupru

Cuprul pur, deși se găsește și în stare naturală, în cea mai mare parte se extrage din minereuri. Densitatea cuprului pur este de $8,96\text{ g/cm}^3$ la 20°C . Aliat cu 9,0-13,0%P, se utilizează în turnătorii ca dezoxidant la elaborarea aliajelor neferoase. Principalele aliaje pe bază de cupru sunt bronzurile și alamele.

Aliaje pe bază de cupru cu staniu – bronzuri

Bronzurile se împart în două subgrupe: bronzuri cu staniu și bronzuri speciale, la care ca elemente principale de aliere apar elemente în afară de staniu (aluminu, siliciu, mangan, beriliu,...).

Prin aliere cu staniu, se obține o creștere a rezistenței și durității și o micșorare a alungirii lui.

Pentru a diminua tendința de segregare și apariție a porozității se adaugă zinc, care coboară temperatura de topire a aliajului și mărește fluiditatea și rezistența. Plumbul conferă bronzurilor proprietăți antifricțiune bune.

Aliaje pe bază de cupru și zinc – alame

Funcție de elementele de aliere ale cuprului, se clasifică în alame binare – ce conțin în afara impurităților, în limite admisibile, numai cupru și zinc și alame complexe (speciale), care mai conțin pe lângă cupru și zinc și mangan, aluminu, siliciu, plumb, nichel, fier etc.

Alamele binare au proprietăți de turnare bune datorită domeniului restrâns de solidificare.

1.1.2.2. Alumiul și aliajele pe bază de alumiul

Alumiul se utilizează în turnătorii numai sub formă de aliaje, deoarece în stare pură prezintă proprietăți mecanice scăzute. De asemenea, alumiul pur are o contracție mare la solidificare și o fluiditate scăzută. Aliajele de alumiul turnate în piese, folosite în țara noastră, se grupează

după felul de turnare și compoziția chimică, mărcile fiind simbolizate: ATN-pentru aliaje turnate în amestec de formare; ATC-pentru aliaje turnate în cochilă; ATP-pentru aliaje turnate sub presiune.

Din punct de vedere chimic, aliajele se grupează după elementul principal de aliere, care poate fi: cupru, siliciu, magneziu, zinc etc.

Aliajele alumiul-siliciu se folosesc foarte mult în turnătorii, datorită proprietăților de turnare superioare în comparație cu alte aliaje ale alumiului.

Aliajele eutectice (cu 11,7%Si) sunt cele mai fluide. În practică, aproape toate aliajele alumiul-siliciu care se folosesc sunt modificate, utilizându-se ca modificador sodiul metalic (0,1...0,15%).

1.2. Proiectarea pieselor turnate

La proiectarea unei piese, constructorul de mașini trebuie să rezolve corect următoarele probleme: alegerea justă a tehnologiei de fabricare (turnare, forjare, sudare); dimensionarea corectă a piesei din punct de vedere al realizării ei prin turnare, al prelucrării pe mașini unelte și al funcționării în exploatare.

1.2.1. Alegerea rațională a metodei tehnologice de realizare a pieselor

La analiza construcției piesei turnate trebuie, în primul rând, să se examineze avantajele eventuale rezultate din înlocuirea piesei turnate cu piesă sudată, forjată, matrițată, presată din mase plastice sau confecționată din pulbere metalică.

Piese fabricate prin turnare sunt practic nelimitate ca formă, dimensiuni și masă. Obținerea lor prin alte procedee tehnologice fie că nu este posibilă, fie că ar avea ca rezultat creșterea exagerată a prețului. Alegerea tehnologiei este în majoritatea cazurilor determinată odată cu alegerea materialului.

Piese sudate pot să înlocuiască o bună parte din piesele turnate. Piese grele realizate prin sudare prezintă avantajul că operația de sudare se poate efectua chiar la locul de montaj, deci se rezolvă problema transportului. La producția de serie, piesele sudate devin mai scumpe decât piesele turnate deoarece manopera la sudare este mai mare decât pentru turnare.

1.2.2. Construcția pieselor turnate, ținându-se seamă de rezistență și rigiditate

La stabilirea construcției piesei turnate, trebuie să se țină seama de următoarele considerente: deoarece greutatea pieselor turnate constituie în medie 20-90% din greutatea unui utilaj, rezultă că cea mai importantă cale de reducere a greutății utilajelor o constituie reducerea greutății pieselor turnate; trebuie să se țină seama de rigiditatea piesei turnate, pentru o anumită grosime impusă de motive tehnologice și nu de cel de rezistență.

Fiecare aliaj de turnătorie are proprietăți specifice, care influențează asupra formei constructive a pieselor turnate. În cazul fontelor, grafitul acționează ca creștături interioare, reducând și secțiunea fazei metalice. Din punct de vedere al rezistenței, cea mai favorabilă formă de grafit este cea sferoidală. La proiectarea elementelor din fontă, supuse la încovoiere, trebuie să se țină seamă că rezistența fontei la compresiune este de 3-4 ori mai mare decât la întindere. Rezultă că pentru utilizarea optimă a proprietăților materialului se recomandă să se folosească

secțiunile asimetrice în raport cu axa neutră, adică suprafața secțiunii supusă la compresiune să fie mai mică decât cea supusă la întindere.

În figura 1.4 sunt date pentru comparație câteva secțiuni simetrice și asimetrice cu același modul de rezistență $w_x = 90\text{cm}^3$, secțiuni pentru care greutatea pe metru liniar scade de la 48,2 kg în cazul a la 18,6 kg în cazul e.

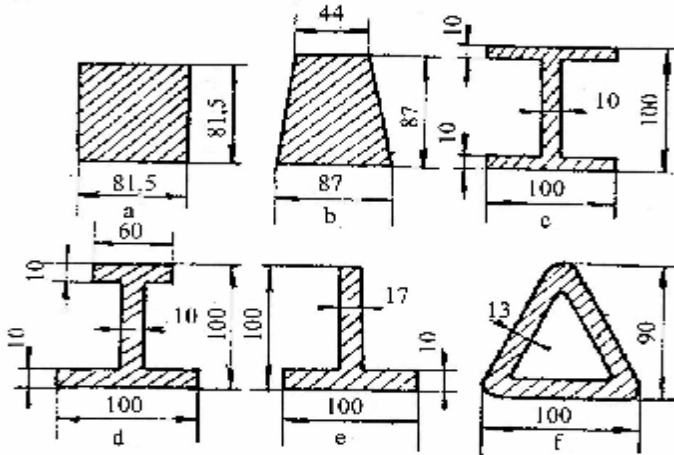


Fig.1.4. Diferite forme de secțiuni pentru grinzi de fontă

La piesele turnate din fontă maleabilă trebuie luată în seamă nu numai contracția liniară a piesei în timpul răcirii, ci și modificarea dimensiunilor în timpul tratamentului termic.

Turnarea pieselor din aliaje de aluminiu și magneziu prezintă o serie de avantaje cum ar fi greutatea specifică mică și prelucrabilitatea foarte bună. La proiectarea unor astfel de piese trebuie să se țină seama de: pericolul de producere a macroretasurilor, microretasurilor și suflurilor; pericolul apariției deformațiilor și crăpăturilor; duritatea și rezistența la coroziune. Se utilizează maselote pentru evitarea apariției retasurilor, construcția piesei ținând seama de posibilitatea aplicării lor.

1.2.3. Construcția pieselor turnate în forme din amestec de formare

La turnarea în forme din amestec de formare se ține seama de: execuția ușoară, economică și corectă a formei, miezurilor și modelelor; umplerea formei cu metal lichid; curățirea ușoară și ieftină a pieselor turnate; economie de metal.

Piesele turnate trebuie concepute astfel încât partea exterioară și cea interioară să aibă forma unui ansamblu de figuri geometrice regulate. Forma simplă a pieselor turnate asigură o serie de condiții tehnologice favorabile executării garniturilor de model și formelor, cum ar fi: garnitura de model și forma de turnare vor avea un număr minim de plane de separație; garnitura de model va fi lipsită de părți detașabile; fixarea miezurilor se va face ușor; înclinările și racordările suprafețelor vor asigura extragerea ușoară a modelului din formă și a miezurilor din cutiile de miez.

Numărul cât mai mic de suprafețe de separație, face ca precizia dimensională să crească, pentru aceasta fiind necesar ca forma exterioară a pieselor să aibă pe cât posibil contururi rectilinii, în figurile 1.5 și 1.6 prezentându-se variante de piese ce conduc la modele simple, fără suprafețe de separație drepte.

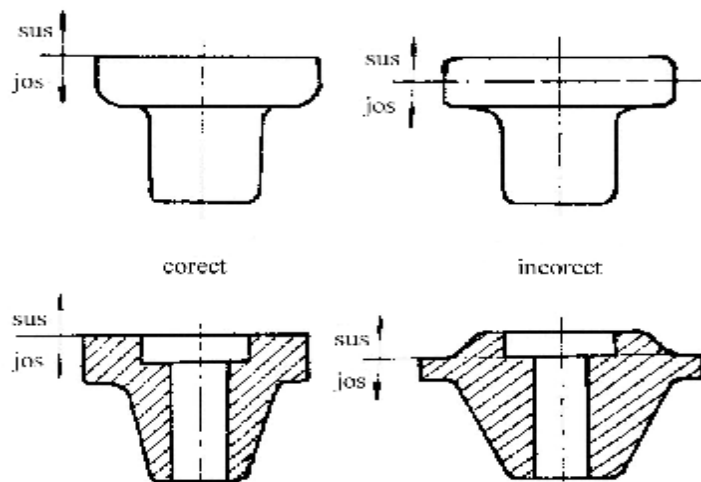


Fig.1.5. Alegerea suprafeței de separație a formelor de turnare pentru diferite tipuri de piese

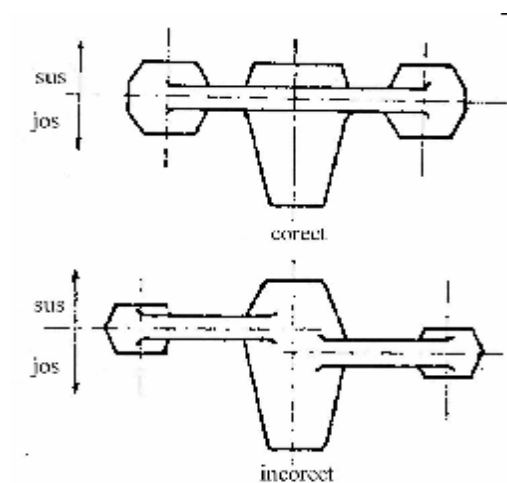


Fig.1.6. Modelarea formei constructive a pieselor în vederea simplificării suprafeței de separație a formei de turnare.

Părțile detașabile ale garniturilor de model au o influență negativă asupra obținerii formelor, complicând operația de formare și micșorând precizia dimensională a pieselor.

În figura 1.7, datorită îndesării după direcția săgeților, în zona bosajelor, gradul de îndesare a mestecului de formare este necorespunzător. Soluția corectă prezentată în figură se poate alege când greutatea piesei nu crește mult.

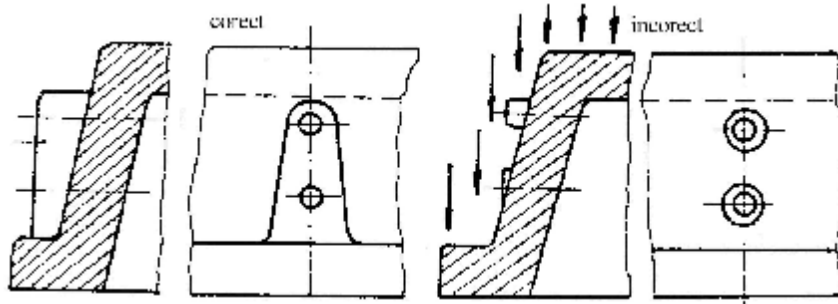
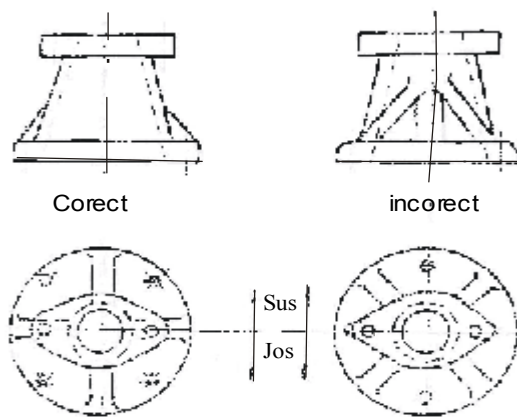


Fig.1.7. Modelarea formei constructive a pieselor în vederea eliminării părților detașabile de model

În figura 1.8 se prezintă modul corect de amplasare a nervurilor de rigidizare a unei piese încât să se asigure execuția modelului fără părți detașabile.



1.8. Așezarea nervurației de rigidizare a unei piese de legătură cu două flanșe

Utilizarea miezurilor complică forma, mărește pericolul de rebutare, ridică costul formării și curățirii piesei turnate. La construcția unei piese turnate cu mai multe miezuri, proiectantul trebuie să cunoască amănunțit ordinea și modul de așezare a miezurilor în formă, deoarece așezarea miezurilor în formă poate fi dificilă sau chiar imposibilă.

De asemenea, trebuie să se evite formele constructive ale pieselor turnate care necesită utilizarea de miezuri suspendate. Miezurile suspendate sunt acele miezuri care sunt centrate prin mărci și legate cu sârmă la partea superioară a formei, precum și miezurile de la partea inferioară a formei de turnare, care sunt fixate prin suporturi de miez.

La stabilirea construcției tehnologice a pieselor turnate se va ține seama și de posibilitatea apariției unor defecte de turnare, cum ar fi: micro și macroretasuri, goluri, incluziuni, fisuri sau crăpături și deformări.

În figura 1.9 se prezintă forme constructive îmbunătățite din punct de vedere tehnologic, care asigură obținerea unor piese fără retasuri.

Pentru a se asigura curățirea ușoară și economică a pieselor turnate trebuie să se asigure:

-accesul comod la toate suprafețele piesei turnate;

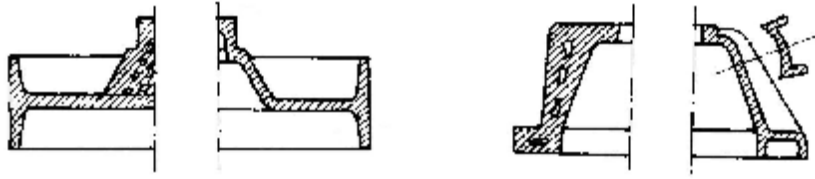


Fig.1.9. Modelarea formei constructive a pieselor în vederea eliminării nodurilor termice

- eliminarea ușoară a bavurilor formate în suprafața de separație;
- îndepărtarea ușoară a rețelei de turnare;
- lipsa tendinței spre defecte de turnare.

1.2.4. Construcția pieselor turnate în forme metalice și sub presiune

Avantajele turnării în forme metalice privesc calitatea pieselor turnate, prețul și viteza de fabricație.

Structura pieselor astfel turnate este mai fină și mai compactă iar rezistența mai ridicată decât în cazul pieselor turnate în forme din amestec.

Principiile generale ale construcției pieselor turnate în forme metalice sunt:

- dimensiunile de gabarit ale piesei să fie cât mai mici;
- grosimea pereților, uniformă;
- raze mari de racordare;
- aplicarea înclinărilor pentru extragerea piesei.

Cap.II. PROCESUL TEHNOLOGIC DE OBTINERE A PIESELOR PRIN TURNARE

2.1. Considerații preliminare

În figura 2.1 sunt redată fazele de execuție a unei forme temporare de turnare în vederea realizării unei piese. Pentru a se realiza forma cu cavitatea în care se toarnă piesa din figura 2.1 a, este necesar un model (fig.2.1 c) și o cutie de miez (fig.2.1 d).

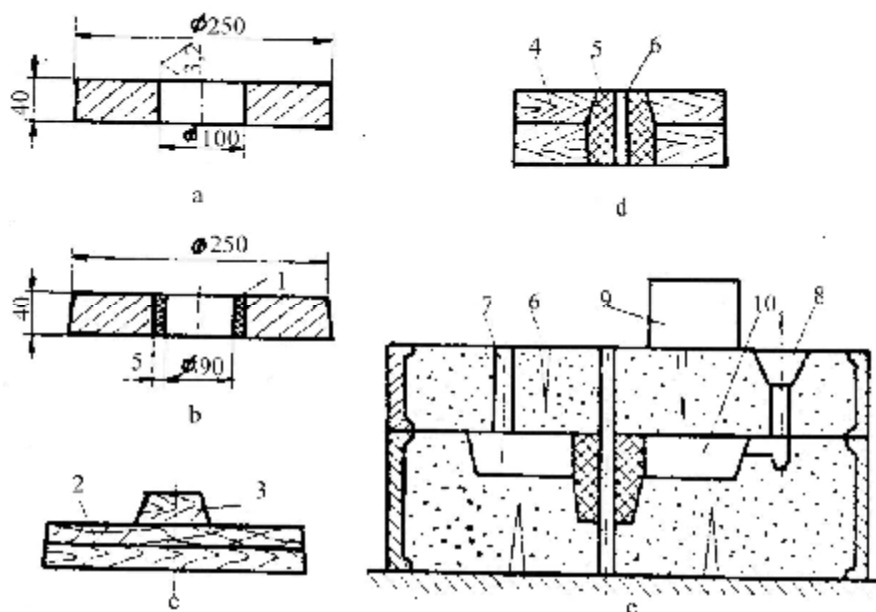


Fig.2.1. Fazele de execuție a unei forme de turnare: a-piesă finită; b-piesă cu adaosuri; c-modelul din lemn; d-cutia de miez; e-forma asamblată; 1-adaos de prelucrare; 2-model de lemn; 3-marca modelului; 4-cutia de miez; 5-miez; 6-canal de aerisire; 7-răsuflătoare; 8-rețea de turnare; 9-îngreunare; 10-cavitatea piesei.

Modelul împreună cu cutia de miez, sau cutiile de miez dacă sunt mai multe miezuri, formează garnitura de model.

Cu ajutorul cutiei de miez se realizează miezul, iar cu ajutorul modelului se obține cavitatea în formă. Forma asamblată pentru turnare (figura 2.1-e) se execută în cazul formelor temporare din amestec de formare, realizat pe bază de nisip cuarțos și liant.

O formă de turnare se compune din două semiforme. Miezul se fixează în formă cu ajutorul mărcilor miezului. Mărcile miezului se introduc în locașul mărcii în așa fel încât să nu fie posibilă deplasarea miezului în timpul asamblării formei sau în timpul turnării.

Aliajul lichid se introduce în cavitatea formei prin rețeaua de turnare formată din pâlnia de turnare, piciorul pâlniei, colectorul de zgură și alimentatoare.

Aerul din formă și impuritățile antrenate de aliajul topit se evacuează prin răsuflătoare (figura 2.1-e, poz.7).

La aliajele cu contracție mare la solidificare se folosesc maselote cu rolul de a alimenta piesa cu aliaj lichid în timpul solidificării.

După solidificare și răcire, piesa turnată se scoate din formă, se curăță de nisip și se obține astfel piesa brută. La unele piese, anumite suprafețe nu se pot obține destul de netede din turnare, fiind supuse prelucrărilor mecanice. Partea ce se îndepărtează se numește adaos de prelucrare.

2.2. Proiectarea formelor de turnare și a garniturilor de model

2.2.1. Considerații generale

Cavitatea forme, în care se toarnă metalul sau aliajul topit pentru obținerea piesei turnate, se realizează prin intermediul garniturii de model.

Deoarece proiectarea corectă a garniturii de model condiționează calitatea pieselor turnate, se va ține cont de următoarele criterii generale:

-determinarea corectă a suprafeței de separație și de secționare a modelului și a cutiei de miez;

-alegerea justă a înclinațiilor suprafețelor și a racordărilor constructive;

-aplicarea rațională a adaosurilor de prelucrare și tehnologice;

-dimensionarea corectă a mărcilor;

-alegerea tipului de rețea de turnare adecvat, în funcție de tipul de metal sau aliaj turnat.

Stabilirea procedurii tehnologice prin care se va turna piesa, se face în funcție de următoarele: realizarea unei solidificări dirijate a piesei; eliminarea secțiunilor de minimă rezistență; eficiența economică.

2.2.2. Alegerea poziției piesei la turnare și stabilirea suprafeței de separație a modelului

Poziția de turnare a unei piese, poate fi verticală, orizontală sau înclinată (fig.2.2). Pentru stabilirea poziției la turnare și a suprafeței de separație a modelului și forme, se vor avea în vedere următoarele:

-părțile importante ale piesei, din punct de vedere funcțional, al etanșeității și prelucrării mecanice, se vor poziționa în partea de jos a forme, vertical sau înclinat față de direcția de turnare (la partea superioară se adună incluziunile și gazele);

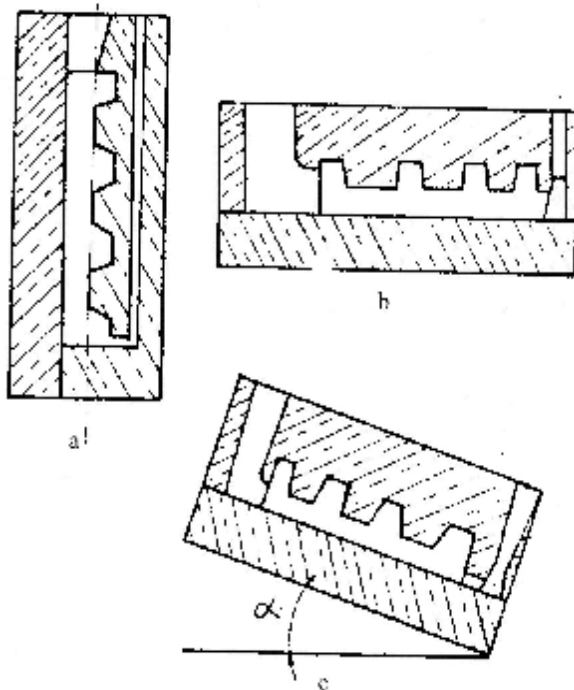


Fig.2.2. Poziții posibile de turnare a unei piese: a - poziție verticală; b - poziție orizontală; c - poziție înclinată.

-se va asigura o solidificare dirijată prin plasarea unei maselote, în cazul aliajelor cu tendință mare de formare a retasurilor;

-pereții subțiri se vor poziționa în partea de jos;

-modelul și forma vor avea cât mai puține părți detașabile, precum și un număr minim de miezuri;

-se va asigura o suprafață plană la model și formă, evitându-se pe cât posibil separațiile frânte sau curbe. În figura 2.3, pentru roata de mână, este mai rentabilă tehnologia (a) deoarece chiar dacă suprafața de separație a formei este curbă, garnitura de model este mai ieftină, fiind lipsită de cutia de miez pentru miezul capac; tehnologia (b) este rentabilă numai în cazul unei producții de serie;

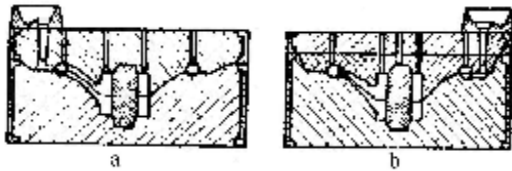


Fig.2.3. Stabilirea suprafeței de separație a formei de turnare pentru o roată de mână.

re trebuie să fie cât mai mică;

-piesa trebuie să fie pe cât posibil într-o singură semiformă, de regulă cea inferioară, pentru asigurarea unui control riguros al grosimii pereților piesei și al centrării miezurilor (figura 2.4).

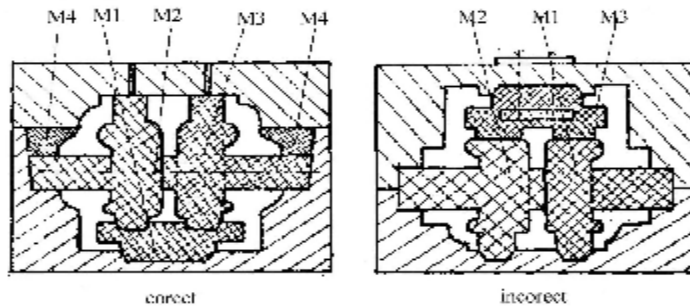


Fig.2.4. Stabilirea suprafeței de separație astfel ca piesa să se găsească într-o singură semiformă de turnare.

2.2.3. Stabilirea dimensiunilor piesei brut turnate

Prin dimensiunile piesei brut turnate se înțeleg dimensiunile obținute după aplicarea tuturor adaosurilor de prelucrare și tehnologice.

2.2.3.1. Adaosuri de prelucrare

Adaosurile de prelucrare sunt sporuri de metal prevăzute pe suprafețele care urmează să se prelucreze prin așchiere.

La stabilirea mărimii adaosurilor se are în vedere:

- natura aliajului din care se toarnă piesa;
- poziția suprafeței prelucrate față de direcția de turnare a aliajului topit – astfel pe suprafețele orizontale plasate la partea de sus a formei se aplică un adaos mai mare decât pe suprafețele de jos și cele laterale;
- metoda de obținere a formelor de turnare;
- dimensiunile piesei care se toarnă;
- gradul de rugozitate cerut pe suprafața ce urmează a se prelucra;
- clasa de precizie a piesei turnate.

2.2.3.2. Adaosuri tehnologice

Adaosurile tehnologice sunt sporuri de metal aplicate pe suprafețele pieselor cu scop tehnologic, pentru obținerea unor piese corespunzătoare dimensional și fără defecte de turnare.

În funcție de scopul urmărit, pot fi:
 a-sporuri care țin seama de contracția dimensiunilor pieselor;
 b-adaosuri pentru realizarea înclinării și racordării pereților în vederea extragerii modelului din formă și a miezurilor din cutia de miez;
 c-adaosuri pentru asigurarea răcirii dirijate a aliajului;
 d-adaosuri pentru compensarea unor abateri de la configurația și dimensiunile pieselor în stare turnată;
 e-adaosuri suplimentare la găuri, canale, adâncituri.

a-adaosuri care țin seama de contracția dimensiunilor pieselor

Adaosurile care țin seama de contracția dimensiunilor pieselor în timpul solidificării și răcirii aliajului din pereții acestora se numesc adaosuri de contracție la turnare.

Ele sunt influențate de următorii factori: temperatura de turnare; viteza de solidificare; fenomenul de difuzie și de modificare a fazelor în timpul solidificării.

Deși, în cursul solidificării, fenomenul de contracție se manifestă volumic, totuși în proiectarea și construcția utilajului de formare se ia în considerare contracția liniară, care în funcție de aliaj are valorile din tabelul 2.1.

Tabelul 2.1

Sporurile de contracție pentru diferite aliaje

Aliajul turnat	Mărimea pieselor	Contracția liniară	Sporul de contracție
Fontă cenușie	Mici	0,8 – 1,2	1,0
	Mijlocii	0,6 – 1,0	
	Mari	0,2 – 0,8	
Fontă maleabilă	Mici	1,0 – 1,5	1,5
Oțel carbon	Mici	1,8 – 2,2	2,0
	Mijlocii	1,6 – 2,0	
	Mari	1,4 – 1,8	
Oțel manganos	Diferită	2,2 – 2,6	2,5
Bronz cu staniu	Mici	1,4 – 1,6	1,25
	Mijlocii	1,0 – 1,4	
	Mari	0,8 – 1,2	
Bronz cu aluminiu	Mici	1,5 – 3,0	1,5
	Mijlocii	1,2 – 1,6	
	Mari	1,0 – 1,5	
Aliaje de cupru	Mici	1,5 – 2,0	1,25
	Mijlocii	1,0 – 1,5	
	Mari	0,8 – 1,2	
Silumin	Diferită	1,0 – 1,2	1,0
Aliaje de magneziu	Diferită	1,1 – 1,4	1,25
Aliaje de zinc	Diferită	1,2 – 1,8	1,5

Pentru calculul contracției totale (X_t) se utilizează formula:

$$X_t = \frac{L-l}{l} \cdot 100, \%$$

iar lungimea laturii modelului L este dată de relația: $L = 1 + \frac{l \cdot X_t}{100}$, unde termenul

$\frac{l \cdot X_t}{100}$ este de fapt valoarea contracției laturii piesei.

În turnătorie se utilizează și garnituri de model cu dublă contracție, pentru turnarea semifabricatelor necesare executării modelelor și cutiilor de miez metalice, a formelor metalice etc.

Prin model cu dublă contracție se înțelege modelul la care dimensiunile au fost calculate ținând seama atât de coeficientul de contracție a aliajului din care se va turna semifabricatul utilajului metalic, cât și de coeficientul de contracție a aliajului din care se va turna piesa.

În modelării se utilizează “metrul de modelărie” care are inclus în lungimea lui și adaosul de contracție, după caz de 0,5%, 1,0% sau 2,0%.

b-adaosuri pentru realizarea înclinării și racordării pereților

Aceste adaosuri se aplică pe direcția de extragere a modelului din formă sau a miezurilor din cutii pentru a ușura această operație.

În figura 2.5 se prezintă influența înclinării suprafețelor modelului asupra calității formei de turnare.

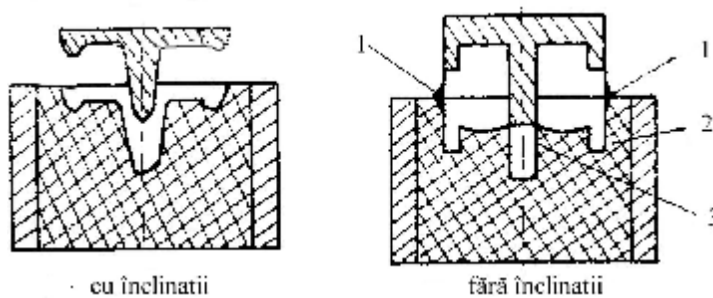


Fig.2.5. Efectul aplicării adaosurilor pentru realizarea înclinării pe suprafețele modelelor

Astfel, la un model fără înclinări, în punctele 1, 2 și 3, la extragere, amestecul de formare se va dizloca odată cu extragerea modelului. Valorile înclinării suprafețelor modelelor și a cutiilor de miez sunt prevăzute în tabelul 2.2 în funcție de înălțimea de extragere, de metoda de execuție a formelor și miezurilor și de tipul amestecului de formare și de miez folosit.

Tabelul 2.2

Înclinațiile pereților verticali ai modelelor

Înălțimea de extragere h, mm	Formare în amestecuri clasice				Formare în amestecuri speciale		
	mecaniz. uzde		man. uzde		cu filare chemică		cu filare fizic
	grade	mm	grade	mm	grade	mm	uzde
50	35°	0,5	50°	0,75	25°	1,25	
50 ... 100	35° 25'	0,5 ... 0,75	50° 42'	0,75 ... 1,25	25° 32'	1,25 ... 1,5	1° pentru semiculiile cu marginisor.
100 ... 200	25° ... 20°	0,75 ... 1,00	42° ... 26'	1,25 ... 1,5	32° ... 35'	1,5 ... 2	
200 ... 300	20° ... 14'	1,0 ... 1,25	26° ... 20'	1,5 ... 1,75			
300 ... 500	14° ... 10'	1,25 ... 1,5	20° ... 14'	1,75 ... 2,0	25° ... 29'	2,0 ... 2,5	2° pentru semiculiile fără marginisor.
500 ... 700	10° ... 9'	1,50 ... 1,75	14° ... 10'	2,0 ... 2,5	25° ... 20'	2,5 ... 3,0	
700 ... 1000			10° ... 23° ... 30'	2,5 ... 3,0	20°	3,0 ... 5,0	
Peste 1000			Model cu înclin. și pereți mobili		Model cu înclin. centrită și pereți mobili		

Pe suprafețele care nu se prelucrează, aplicarea înclinărilor se face în funcție de dimensiunile și grosimile pereților și de modul de asamblare a pieselor între ele.

Există trei posibilități (fig.2.6):

- înclinări pozitive (grosimi de perete sub 8 mm –fig.2.6-a);
- înclinări pozitive și negative (grosimi de perete 8...15 mm, fig.2.6-b);
- înclinări negative (grosimi de perete peste 15 mm, fig.2.6-c).

Racordările sunt rotunjiri ale colțurilor interioare și exterioare dintre suprafețele pieselor, care se realizează pentru următoarele scopuri: prevenirea fisurilor datorită tensiunilor interne și a neomogenităților structurii cristaline; prevenirea deteriorării colțurilor ascuțite de la forme și miezuri, în timpul extragerii modelului din formă și miezurilor din cutiile de miezuri, precum și în timpul manevrării formelor și miezurilor.

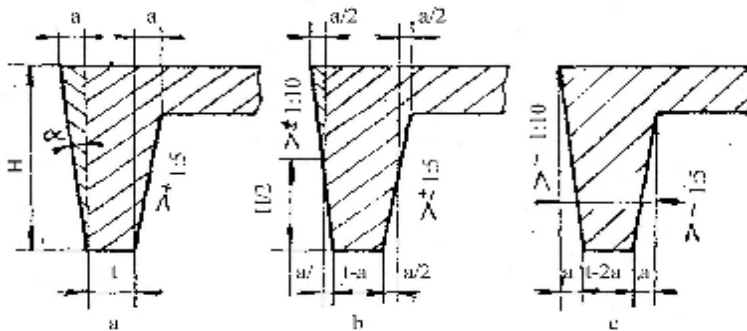


Fig.2.6. Posibilități de aplicare a înclinărilor tehnologice pe suprafața modelelor și a cutiilor de miez

c-adaosuri pentru asigurarea răcirii dirijate a aliajului topit din pereții piesei

În vederea creării condițiilor unei solidificări în straturi succesive, încât retasura care se formează datorită contracției volumice să se deplaseze în maselote, se prevăd adaosuri tehnologice care uniformizează grosimea pereților piesei în zona nodurilor termice.

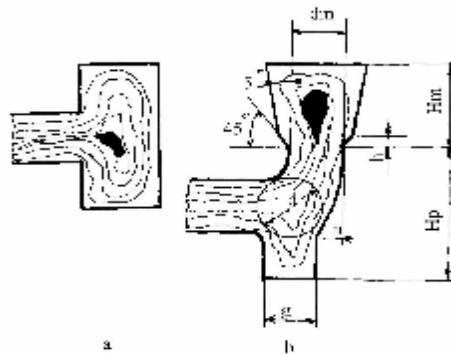
Modul de determinare a locului de amplasare a retasurilor în nodurile termice ale pieselor de oțel, utilizând metoda trasării izotermelor izosolidus și modul de aplicare a adaosurilor tehnologice pentru eliminarea nodurilor termice, se prezintă în figura 2.7.

d-adaosuri pentru compensarea sau împiedicarea apariției unor abateri de la configurația și dimensiunile piesei

Adaosurile pentru compensare aplicate pe modele, se clasifică astfel:

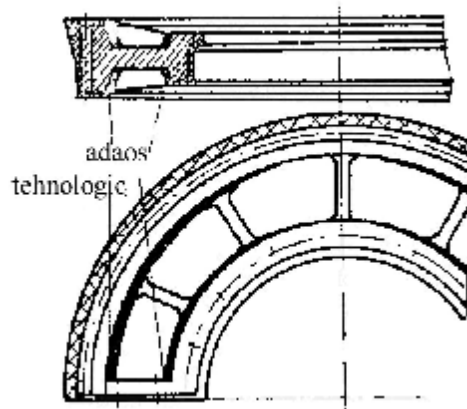
- adaosuri pentru compensarea deformațiilor;
- adaosuri pentru împiedicarea apariției defectelor;
- modele cu curbura inversă;
- adaosuri negative.

Fig.2.7. Determinarea locului de amplasare a retasurilor în nodurile termice ale pieselor, prin trasarea izotermelor izosolidus: *a*-schema solidificării unui nod termic fără maselotă; *b*-schema solidificării unui nod termic cu maselotă.



Adaosurile pentru compensarea deformațiilor țin seama de deformațiile ce apar datorită tensiunilor interne la răcire. În figura 2.8 se prezintă o semicoroană dințată cu dimensiuni mari la care, pentru compensarea unor abateri se aplică adaosuri tehnologice ce pot fi îndepărtate prin prelucrare.

Fig.2.8. Adaosuri tehnologice la coroane dințate mari, pentru compensarea deformațiilor.



Adaosurile pentru împiedicarea apariției deformațiilor se prezintă sub formă de nervuri de contracție (fig.2.9) sau bare de legătură (fig.2.10).

Nervurile trebuie să aibă o grosime mai mică decât cea a pereților piesei turnate pentru a se răci mai repede, astfel că în momentul când piesa este sollicitată și tinde să se deformeze sau să crape, nervurile de contracție să opună o rezistență mecanică suficientă pentru a le preveni.

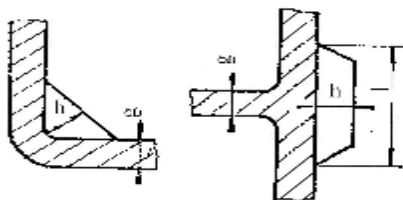


Fig.2.9. Nervuri de contracție la piese turnate din oțel

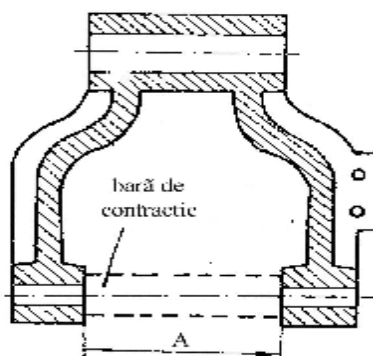


Fig.2.10. Bare de contracție împotriva deformației

Grosimea nervurilor de contracție se ia de obicei 0,2...0,3 din grosimea pereților, dar nu mai subțiri de 3 mm. Grosimea punților sau barelor de legătură trebuie să fie aproximativ egală cu grosimea pereților dar să nu o depășească pe aceasta.

Modelele cu curbură inversă sunt întâlnite la piese cu lungime mare, cu secțiunea sub formă de T sau U și cu grosimea pereților neuniformă, la care datorită tensiunilor interne se produce curbarea acestora (fig.2.11).

Tensiunile interne apar datorită contracției neuniforme a pereților piesei cu grosimi diferite, partea groasă se contractă mai mult decât partea subțire.

Se pot utiliza modele fragmentate (fig.2.12), care se vor așeza pe patul de formare (sau placa port-model) executat cu săgeata necesară, pentru a preveni curbarea piesei turnate.

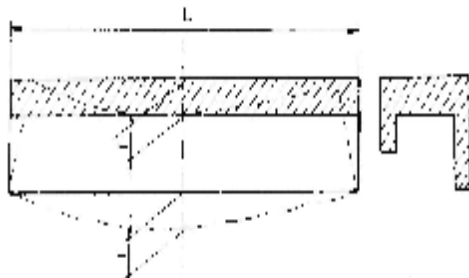


Fig.2.11. Modul de deformare sub formă de săgeată.

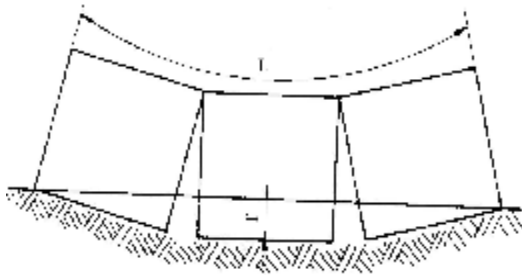


Fig.2.12. Pat de formare cu săgeată inversă.

Adaosuri negative la model. În cazul turnării pieselor unicat, la formarea manuală în special, dimensiunile pieselor turnate cresc datorită modului de extragere a modelelor și acțiunii metalului topit asupra formei. Diferența dintre dimensiunea nominală din desen a modelului și dimensiunea reală a modelului executat sub dimensiuni în vederea compensării creșterii, se numește adaos negativ. Acest adaos se stabilește după turnarea pieselor de probă sau după experiența acumulată la turnarea unor piese asemănătoare.

2.2.4. Stabilirea configurației miezurilor și a mărcilor miezurilor

2.2.4.1. Generalități

Golurile interioare sau orificiile pieselor turnate se realizează din turnare cu ajutorul miezurilor.

La stabilirea configurației miezurilor necesare se ține cont de următoarele condiții:

- numărul miezurilor să fie minim posibil;
- se vor evita miezurile suspendate sau în consolă;
- miezurile trebuie să aibă pe cât posibil o suprafață plană, pe care să se poată așeza la uscare;
- asigurarea execuției ușoare a canalelor de evacuare a gazelor din interiorul miezului către marca acestuia.

Uneori este avantajoasă divizarea miezurilor, deoarece:

- se simplifică profilurile miezurilor parțiale, deci și construcția cutiilor de miez;
- se poate obține o suprafață plană a miezului, pentru uscare;
- forța de muncă, la miezuire, poate fi de calificare inferioară;
- se reduce timpul de uscare.

Exemple de divizare a miezurilor se întâlnesc la miezurile inelare de diametru mare, la coroanele dințate de dimensiuni mari la care dantura se realizează prin turnare etc.

La stabilirea construcției cutiilor de miez și a direcției de îndesare a amestecului de miez în cutii, trebuie să se țină seama de următoarele:

- rezistența cutiilor de miez trebuie să asigure confecționarea numărului de miezuri necesare;
- manevrarea și demontarea cutiilor de miez să fie ușoare;
- suprafața de îndesare să facă parte din marca miezului și să fie plană;
- introducerea armăturilor și răcitorilor să se efectueze ușor.

2.2.4.2. Mărci. Tipuri și dimensionare

Mărcile sunt surplusuri ale formelor de turnare față de configurația și dimensiunile piesei turnate, care servesc pentru centrarea și fixarea miezurilor.

Modelul este prevăzut cu *mărcile modelului*, care vor imprima în forma de turnare locașuri pentru poziționarea miezurilor. În mărcile cutiilor de miez se vor realiza mărcile miezurilor.

Dimensionarea corectă a mărcilor ține seama de forțele de împingere de jos în sus a miezului, considerat că este scufundat în aliajul topit turnat în formă și de rezistența specifică la compresiune a amestecului forme de turnare.

Astfel, lungimea mărcii miezului cilindric orizontal este dată de relația:
$$L = \frac{F}{p \cdot D}, \text{ cm}$$

în care p este presiunea specifică admisă de formă, daN/cm^2 ; F – forța ce acționează asupra miezului, în daN ; $F = V(\gamma_1 - \gamma_2)$ unde V este volumul miezului fără mărci, în dm^3 ; γ_1, γ_2 – greutatea specifică a aliajului lichid, respectiv a miezului, în daN/dm^3 ; L – lungimea mărcilor, în cm ; D – diametrul mărcilor, în cm . Lungimea unei mărci este jumătate din lungimea calculată cu relația de mai sus.

După poziția miezurilor în formă, mărcile sunt de trei tipuri.

- mărci pentru miezuri orizontale;
- mărci pentru miezuri verticale;
- mărci pentru miezuri cu poziție specială.

Mărci pentru miezuri orizontale. Mărcile orizontale au axa de simetrie în poziție orizontală. Fixarea lor în formă se face la suprafața de separație când au secțiune circulară, sau sub suprafața de separație când nu au secțiune circulară.

În figura 2.13 sunt prezentate elementele dimensionale ale mărcilor miezurilor orizontale, iar tabelul 2.3 cuprinde dimensiunile unghiurilor de înclinație și jocurile miezurilor orizontale.

În cazul miezurilor orizontale a căror lungime depășește de trei ori diametrul miezului (fig.2.13-c), lungimea mărcilor miezurilor trebuie majorată cu 20...50% față de dimensiunea reieșită din calculul teoretic sau luată din tabel.

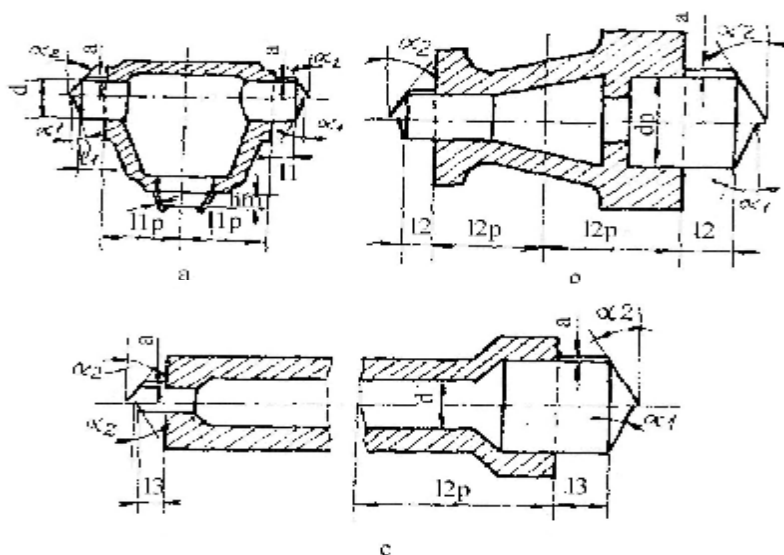


Fig.2.13. Elementele dimensionale ale mărcilor miezurilor orizontale: a-miez cu mărci orizontale și verticale; b-miez cu mărci orizontale; c-miez cu mărci orizontale pentru piese lungi.

Tabelul 2.3

Dimensiunile mărcilor, unghiurile de înclinare și jocurile mărcilor orizontale

Datele referențiale afirmației dimensiunilor fărăștelor mm	Miezul orizontal cu marcă inferioară de scriș		Forme uscate magiile albe		Miezul orizontal cu marcă inferioară de scriș		Forme uscate magiile albe		Miezul orizontal cu marcă inferioară de scriș		Forme uscate magiile albe		Jocul mărcii		Inclinația mărcii		
	Forma uscată		Forma uscată		Forma uscată		Forma uscată		Forma uscată		Forma uscată		Forma uscată		Forma uscată		
	$\frac{L_1 \cdot \kappa_1}{d}$	$\frac{L_2 \cdot \kappa_2}{d}$	$\frac{L_1 \cdot \kappa_1}{d}$	$\frac{L_2 \cdot \kappa_2}{d}$	$\frac{L_1 \cdot \kappa_1}{d}$	$\frac{L_2 \cdot \kappa_2}{d}$	$\frac{L_1 \cdot \kappa_1}{d}$	$\frac{L_2 \cdot \kappa_2}{d}$	$\frac{L_1 \cdot \kappa_1}{d}$	$\frac{L_2 \cdot \kappa_2}{d}$	$\frac{L_1 \cdot \kappa_1}{d}$	$\frac{L_2 \cdot \kappa_2}{d}$	$\frac{L_1 \cdot \kappa_1}{d}$	$\frac{L_2 \cdot \kappa_2}{d}$	α	α_1	α_2
	L_1	L_2	L_1	L_2	L_1	L_2	L_1	L_2	L_1	L_2	L_1	L_2	L_1	L_2	σ	σ_1	σ_2
Până la 30	20	25	15	20	20	25	15	20	0.25	100	5	10	5	10	5	10	
31 - 50	25	30	20	25	30	35	25	30	0.5	100	5	10	5	10	5	10	
51 - 100	25	35	20	35	25	40	35	45	1	100	5	10	5	10	5	10	
101 - 250	35	60	40	70	35	50	40	60	1	100	5	10	5	10	5	10	
251 - 400	60	80	70	90	50	70	60	80	1.5	100	4	7	3	7	4	7	
401 - 600	80	100	90	110	70	90	80	100	2	100	3	7	3	7	3	7	
601 - 800	95	110	100	120	80	100	90	110	2.5	100	3	7	3	7	3	7	
peste 800	130	150	130	150	130	150	130	150	3	100	3	7	3	7	3	7	

Mărci pentru miezuri verticale. Miezurile verticale sunt dispuse în formă astfel încât axa să aibă poziție verticală. Când fixarea se face printr-o marcă inferioară și una superioară, fixarea miezului devine stabilă.

La miezuri scurte, la care înălțimea este mai mică decât diametrul miezului, se prevede o singură marcă în semiforma inferioară.

Elementele dimensionale ale mărcilor miezurilor verticale, sunt prezentate în figura 2.14, iar dimensiunile mărcilor, valoarea unghiurilor de înclinare ale acestora și valoarea jocurilor dintre mărcile modelului și a cutiilor de miez, sunt date orientativ în tabelul 2.4.

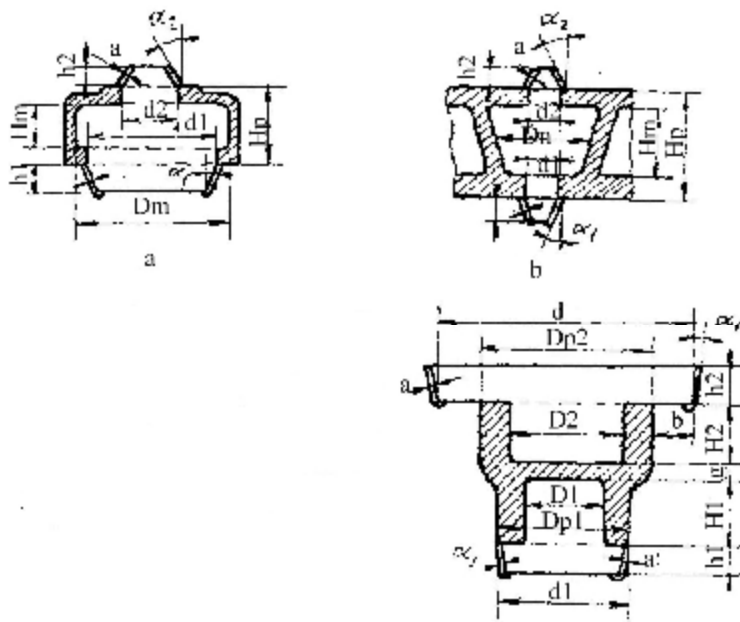


Fig.2.14. Elementele dimensionale ale mărcilor miezurilor verticale:a-miez cu marcă inferioară cu diametru mare;b-miez cu marcă inferioară cu diametru mic;c-miezuri cu marcă capac și marcă inferioară.

Mărci pentru miezuri cu poziție specială. În funcție de configurația piesei și de modul de formare a acesteia, mărcile pot avea și alte forme:

-mărci în consolă (fig.2.15-a) – se utilizează la miezurile cu sprijin lateral, pe o parte. Marca în acest caz va fi mai mare decât miezul, pentru ca centrul de greutate al miezului să se situeze în locașul mărcii;

-mărci pentru miezuri suspendate (fig.2.15-b) – se folosesc la miezurile cu o singură marcă verticală, la partea superioară;

Tabelul 2.4

Dimensiunile mănecilor, unghiul de înclinare și jocul la miezurile verticale

Diametrul mănecii Sali mănecii Căminul diametrul Inelelor	I. Măzuc stație $\frac{h_1}{d_1} \leq 1$				II. Măzuc instalat $\frac{h_2}{d_2} > 1$				Ancheta măzucilor	Ancheta mănecilor		
	Forme conice		Forme cilindrice		Forme conice		Forme cilindrice					
	$\frac{h_{m1}}{d_{m1}}$ $\frac{h_{m2}}{d_{m2}}$	$\frac{h_{m3}}{d_{m3}}$ $\frac{h_{m4}}{d_{m4}}$	$\frac{h_{m1}}{d_{m1}}$ $\frac{h_{m2}}{d_{m2}}$	$\frac{h_{m3}}{d_{m3}}$ $\frac{h_{m4}}{d_{m4}}$	$\frac{h_{m1}}{d_{m1}}$ $\frac{h_{m2}}{d_{m2}}$	$\frac{h_{m3}}{d_{m3}}$ $\frac{h_{m4}}{d_{m4}}$	$\frac{h_{m1}}{d_{m1}}$ $\frac{h_{m2}}{d_{m2}}$	$\frac{h_{m3}}{d_{m3}}$ $\frac{h_{m4}}{d_{m4}}$				
Până la 30	30/20 40/35	50/30 50/30	25/15 20/15	30/20 35/25	30/20 40/30	30/20 40/30	30/20 40/30	30/20 40/30	0,25 0,25	5" 5"	10" 10"	
31 - 50	40/25 50/30	60/35 60/35	25/20 35/25	45/30 45/30	45/25 50/30	45/25 50/30	40/25 50/20	40/25 50/20	0,5 0,5	5" 5"	10" 10"	
51 - 100	50/30 60/35	70/40 70/40	35/25 45/30	55/30 55/30	55/30 60/35	55/30 60/35	50/30 60/35	50/30 60/35	1 1	5" 5"	10" 10"	
101 - 250	60/35 70/40	80/45 80/45	45/30 55/40	70/45 70/45	70/45 80/45	70/45 80/45	60/35 70/40	60/35 70/40	1 1,5	5" 4"	10" 10"	
251 - 400	70/45 80/40	90/40 90/40	55/35 65/40	80/45 80/45	80/45 90/40	80/45 90/40	70/40 80/45	70/40 80/45	2 2,5	3" 3"	7" 7"	
401 - 600	— —	— —	80/40 100/50	115/60 115/60	— —	— —	80/40 100/50	80/40 100/50	— —	— —	— —	— —
601 - 800	— —	— —	100/50 110/60	130/80 130/80	— —	— —	100/50 120/60	100/50 120/60	— —	— —	— —	— —
Peste 800	— —	— —	80/40 120/60	150/70 150/70	— —	— —	110/50 130/60	110/50 130/60	— —	— —	— —	— —

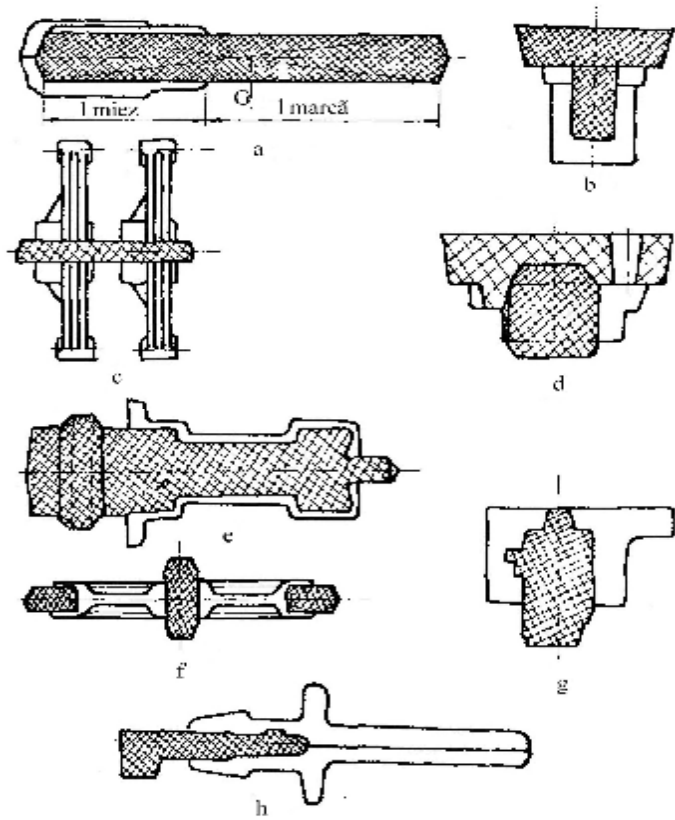


Fig.2.15. Mărci speciale: a-marcă în consolă;b-marcă în suspensie;c-mărci comune; d-marcă în miez;e-marcă de fixare contra deplasărilor axiale;f-marcă inelară;g-marcă de fixare contra rotirii la miezuri verticale;h-marcă de fixare contra deplasării axiale și a rotirii.

Închizătoare la mărcile miezurilor. Scopul lor este de a împiedica rotirea miezurilor în mărci, deplasările axiale sau atât rotirea cât și deplasările axiale ale miezurilor.În figura 2.16 sunt prezentate o serie de închizătoare pentru miezuri orizontale și verticale.

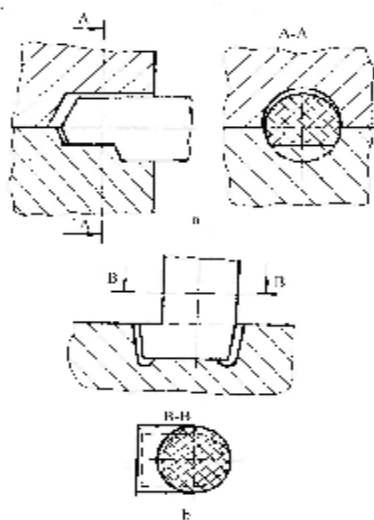


Fig.2.16. Închizătoare pentru mărcile miezurilor.

Canale colectoare de praf la mărcile miezurilor. Pentru colectarea nisipului și prafului căzut în locașurile mărcilor, în timpul introducerii acestora în formă, la capetele mărcilor orizontale sau pe fundul mărcilor verticale, se prevăd canale colectoare de praf cu secțiune semicirculară sau trapezoidală (fig.2.17).

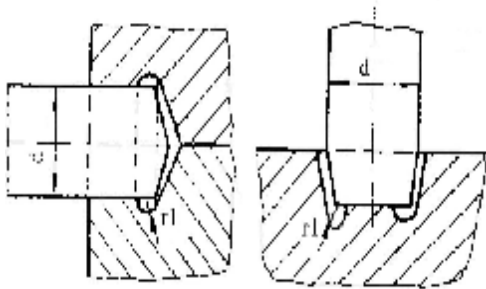


Fig.2.17. Canale de praf.

2.2.5. Rețele de turnare

2.2.5.1. Generalități

Rețeaua de turnare reprezintă ansamblul elementelor care servesc la introducerea metalului sau aliajului lichid în formă și care, pentru a asigura obținerea unor piese de calitate, trebuie să îndeplinească trei condiții:

- asigurarea umplerii rapide, liniștite și continue a cavității formei cu aliaj topit, fără ca pereții acesteia să se deterioreze sub acțiunea dinamică a jetului de aliaj;
- reținerea zgurei și a altor incluziuni nemetalice, care au ajuns în aliajul topit, inclusiv a gazelor antrenate de jet;
- asigurarea unei repartizări corecte a temperaturii în formă, pentru realizarea unei solidificări simultane ori a uneia dirijate.

2.2.5.2. Tipuri caracteristice de rețele de turnare

În general, rețeaua de turnare este compusă din pâlnie, picior, canale de distribuție (canale colectoare de zgură) și alimentatoare (fig.2.18).

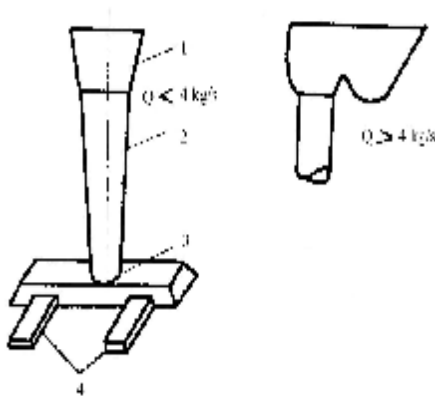


Fig.2.18. Elementele rețelei de turnare: 1-pâlnie; 2-piciorul pâlniei; 3-colector; 4-alimentatoare.

Pâlnia de turnare este partea evazată a rețelei de turnare ce primește aliajul lichid, principalele tipuri fiind prezentate în figura 2.19.

Piciorul de turnare este un canal vertical ce dirijează aliajul topit spre cavitatea formei. Deoarece jetul de aliaj lichid își micșorează secțiunea cu adâncimea, se utilizează un profil tronconic pentru a se evita antrenarea aerului în piesă.

În figura 2.20 sunt prezentate o serie de picioare de turnare speciale.

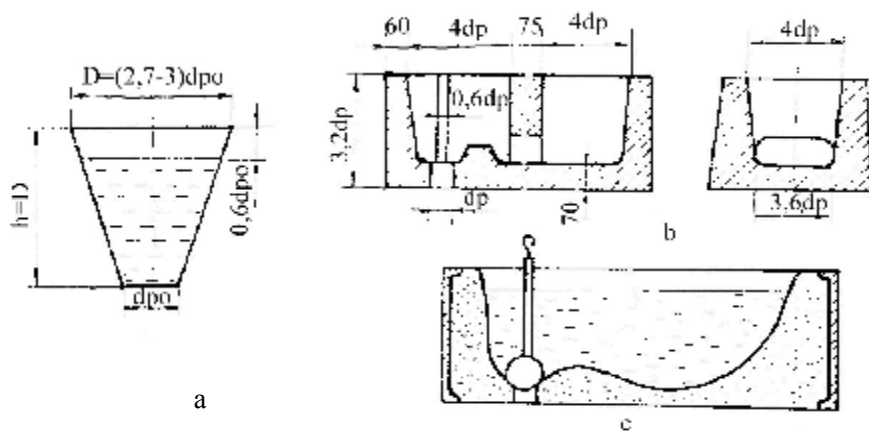


Fig.2.19. Pâlnie de turnare-a; Cupă de turnare cu prag-b; Bazin de turnare-c.

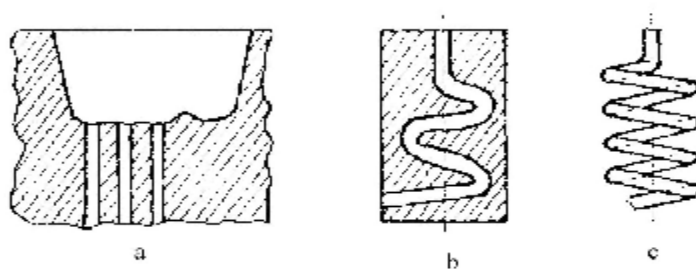


Fig.2.20. Picioare de turnare speciale: a-rețea cu picior subdivizat; b-picior în serpentină; c-picior în spirală.

Colectorul de zgură este un canal orizontal ce leagă piciorul pâlniei de alimentare, având rol de a reține zgura, nisipul, huma și de a asigura intrarea liniștită a aliajului în alimentatoare. Colectorul de zgură se realizează cu secțiune trapezoidală și o înălțime relativ mare.

Alimentatoarele fac legătura între colector și cavitatea piesei. Formele cele mai utilizate sunt cele trapezoidale, dreptunghiulare, triunghiulare și mai rar secțiunea circulară.

Pentru realizarea unei separări eficiente a incluziunilor nemetalice, se folosesc, în multe situații, rețele de turnare cu filtre poziționate la baza piciorului de turnare, în pâlnia de turnare sau în alimentatoare.

În figura 2.21 este prezentată soluția cu filtre ceramice pentru turnarea aliajelor grele, iar în figura 2.22, varianta cu site de filtrare, metalice sau din fibre de sticlă, folosite la aliajele de aluminiu sau magneziu.

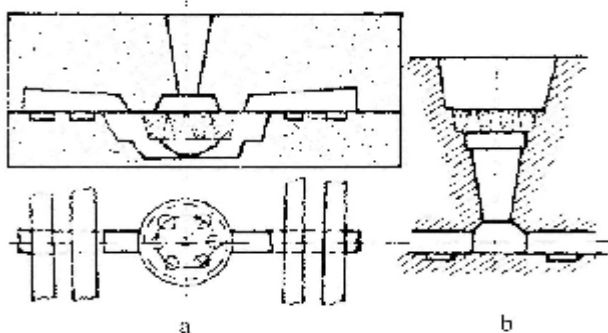
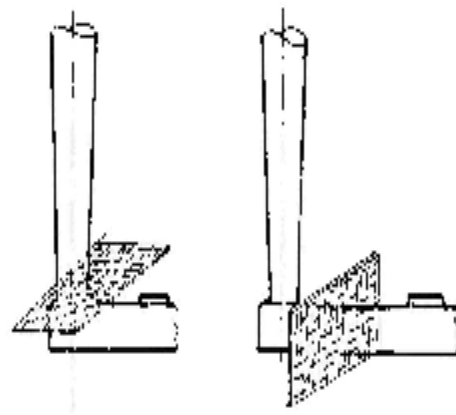


Fig.2.21. Rețele de turnare cu filtru: a-filtru plasat la ieșirea din piciorul de turnare; b-filtru plasat la intrarea în piciorul de turnare.

Fig.2.22. Filtre sită pentru reținerea zgurei



După locul de alimentare cu aliaj lichid a cavității formei de turnare, rețelele de turnare sunt de mai multe tipuri, (figura 2.23):

- rețea de turnare directă, (fig.2.23 a);
- rețea de turnare orizontală sau intermediară, (fig.2.23 b);
- rețea de turnare în sifon, (fig.2.23 c);
- rețea de turnare etajată, (fig.2.23 d);
- rețea de turnare în fantă, (fig.3.23 e).

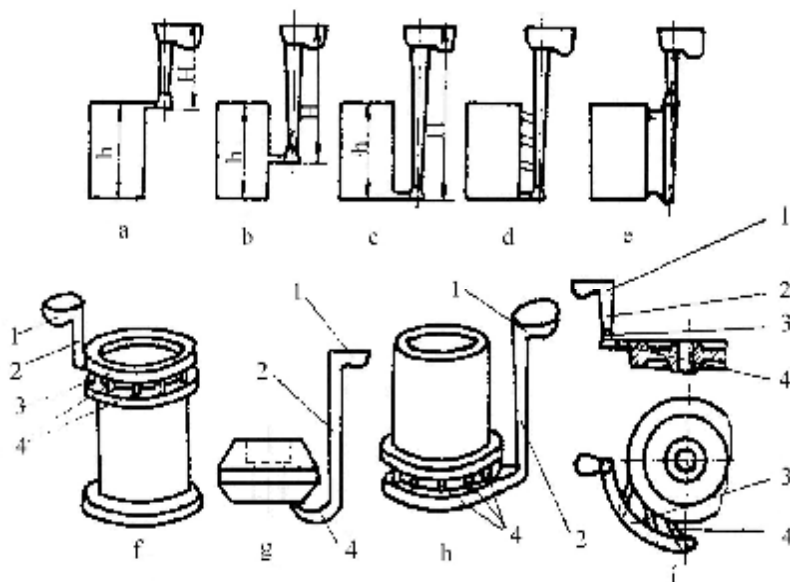


Fig.2.23. Tipuri de rețele de turnare după locul și modul de introducere a aliajului topit: 1-pâlnie; 2-picior; 3-distribuitor; 4-alimentatoare.

Ca variante a acestor rețele de turnare se mai folosesc:

- rețea de turnare în ploaie, (fig.2.23 f);
- rețea de turnare cu alimentator sub formă de corn, (fig.2.23 g);
- rețea de turnare în izvor, (fig.2.23 h);
- rețea de turnare cu alimentare tangențială, (fig.2.23 i).

Alimentarea directă, de sus, cu aliaj lichid, favorizează producerea unei solidificări dirijate, asigură umplerea completă a pieselor cu grosimi de pereți mici și mijlocii și necesită un consum minim de aliaj topit.

Dezavantajul acestei metode constă în deteriorarea pereților formei de turnare datorită înălțimii mari de turnare.

Rețeaua de turnare în sifon asigură umplerea cea mai liniștită a formei, fiind recomandată la turnarea pieselor mici, complicate, în forme crude.

Această metodă de turnare are dezavantajul că defavorizează solidificarea dirijată, iar debitul nu este constant în timpul turnării.

Celelalte tipuri de rețele îmbină avantajele și dezavantajele turnării directe și turnării prin sifon.

2.2.5.3. Dimensionarea rețelei de turnare

În esență, calculul rețelelor de turnare constă în stabilirea ariei celei mai înguste prin care se umple forma în timp optim. Celelalte arii ale elementelor rețelelor de turnare se stabilesc în funcție de aria minimă pe baza unor rapoarte caracteristice.

În funcție de direcția de variație a secțiunii rețelei, acestea se împart în:

-rețele convergente, cu secțiune descrescătoare de la piciorul de turnare spre alimentatoare, unde se înregistrează secțiunea minimă. O asemenea rețea de turnare se caracterizează prin inegalitatea:

$$S_{pp} > S_{cz} > S_a,$$

în care, S_{pp} este suprafața secțiunii piciorului pâlniei; S_{cz} - suprafața secțiunii colectorului de zgură; S_a - suprafața secțiunii alimentatorului.

Avantajele acestui tip de rețele sunt: se poate menține permanent plină rețeaua; datorită presiunii ridicate se evită turbionările și aspirația de aer.

Dezavantajul acestor rețele constă în erodarea formei datorită vitezei mari de intrare a metalului topit în cavitatea formei.

-rețele divergente, cu secțiune mai mare la colector față de cea a piciorului pâlniei:
 $S_{pp} < S_{cz} > S_a$.

Viteza aliajului topit este maximă la baza piciorului de turnare, dar secțiunea colectorului de zgură fiind mai mare, colectorul nu este plin de la început, deci viteza aliajului lichid va fi mai mică în colector.

Acest tip de rețea se utilizează pentru turnarea aliajelor cu oxidabilitate ridicată (bronzuri cu aluminiu, cu beriliu, alame silicioase etc).

Valorile rapoartelor caracteristice între ariile elementelor rețelelor de turnare sunt extrem de diferite. Astfel, pentru fontă se recomandă rapoartele:

-la piese mari, importante: $S_{pp} : S_{cz} : S_a = 1,4:1,2:1$

-la piese mici și mijlocii: $S_{pp} : S_{cz} : S_a = 1,15:1,1:1$

-la piese mici cu pereți subțiri $S_{pp} : S_{cz} : S_a = 1,1:1,06:1$

La turnarea pieselor din oțel: $S_{pp} : S_{cz} : S_a = 1,6:1,3:1$

La turnarea pieselor din aliaje pe bază de cupru $S_{pp} : S_{cz} : S_a = 1,25:1,5:1$

La turnarea pieselor din aliaje pe bază de aluminiu și magneziu $S_{pp} : S_{cz} : S_a = 1:3:3$

sau chiar $S_{pp} : S_{cz} : S_a = 1:6:6$

Calculul rețelelor de turnare. Se determină aria cea mai mică, de obicei aria alimentatorului, apoi pe baza rapoartelor caracteristice se calculează aria canalului de distribuție și a piciorului pâlniei de turnare.

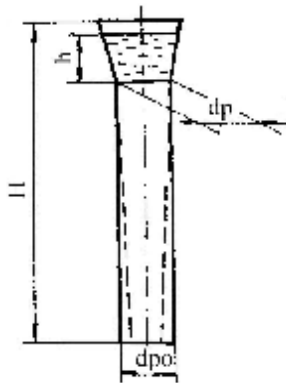


Fig.2.24. Profilul jetului

Diametrul pâlniei d_p (fig.2.24) se calculează cu relația:

$$d_p = d_{po} \sqrt[4]{\frac{H}{h}}, \quad \text{iar conicitatea sa cu relația:}$$

$$c = \frac{1}{2} \cdot \frac{d_p - d_{po}}{H - h} \cdot 100.$$

Inițial se determină timpul de umplere, cu ajutorul relației empirice: $t = S \cdot \sqrt{M}$, [s],

în care S este un coeficient ce depinde de grosimea peretelui; M - masa totală a piesei inclusiv a maselelor, kg. Această relație este valabilă pentru piese cu configurații complicate, cu grosimi de perete între 2,5 și 15 mm și greutate până la 450 kg

Coeficientul S are următoarele valori pentru diverse aliaje (tabelul 2.5).

Valorile coeficientului S pentru diverse aliaje Tabelul 2.5

Coeficientul S	Grosimea de perete, mm			
	Sub 6	10-15	20-40	40-60
Aliaje de cupru	0,65	0,75	0,9	1,1
Aliaje de aluminiu	1,8	2,2	2,6	2,8
Fontă	1,11	1,44	1,66	1,89

În cazul pieselor din fontă cenușie, aria alimentatorului se determină cu relația:

$$A_{al} = \frac{M}{t \cdot k}, [\text{cm}^2]$$

în care M este masa aliajului lichid turnat prin rețea, kg; t - durata de umplere a formei, s; k - debitul specific de turnare, $\text{kg}/\text{cm}^2 \cdot \text{s}$.

Aceeași relație este valabilă și pentru aliaje neferoase.

$$\text{La turnarea oțelului: } A_{al} = \frac{M}{t \cdot k \cdot L}, [\text{cm}^2]$$

în care L este un coeficient de corecție care ține seama de natura materialului și de fluiditatea lui.

Viteza de curgere la turnarea directă este: $v_1 = \mu \cdot \sqrt{2gH}$, unde μ este coeficientul de pierdere de viteză.

2.2.6. Mijloace pentru solidificare dirijată. Maselote, răcitori.

Datorită fenomenului de contracție la solidificare, în piesele turnate apar retasuri, care se localizează în acele zone ale peretelui în care aliajul lichid se solidifică ultimul și izolat.

Din punct de vedere al dimensiunilor, formei și poziției, retasurile se clasifică astfel:

- macroretasură - deschisă -superioară
- laterală
- închisă -principală
- secundară
- microretasură -zonală
- dispersată.

În figura 2.25 se prezintă principalele tipuri de retasuri, iar în figura 2.26, se prezintă principalele tipuri de microretasuri.

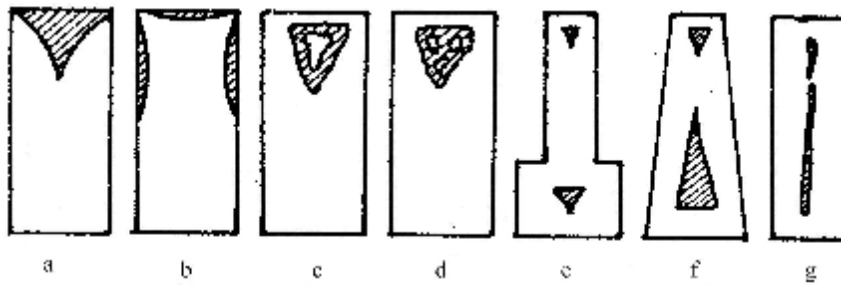


Fig.2.25. Clasificarea retasurii în piesele turnate: a-retasură deschisă (golul de solidificare hașurat); b-retasură deschisă și laterală; c,d-retasură închisă constituită din mai multe goluri; e-retasură principală și secundară, axială (în axa termică); g-retasură axială.

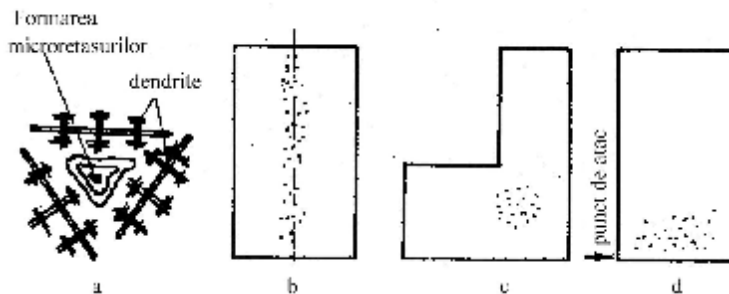


Fig.2.26. Principalele tipuri de microretasură: a-dispersată (interdendritică); b-zonală (în axa termică sau axială); c-zonală (în noduri termice); d-zonală (de vecinătatea alimentatorului).

Factorii care influențează retasura sunt următorii:

- natura aliajului (compoziția chimică, conținutul de gaze, procesul de grafitizare, proprietățile termofizice etc);
- natura formei (compresibilitatea pereților formei, dilatarea formei, rezistența etc);
- geometria piesei turnate (rigiditatea piesei turnate (rigiditatea pereților piesei, grosimea pereților piesei etc);
- condițiile de turnare (temperatura de turnare, locul de alimentare a piesei etc).

Maselotele concentrează retasurile principale, servind în același timp și ca mijloace de diminuare a porozității axiale și de îndepărtare a impurităților.

În figura 2.27 se prezintă acțiunea acestora de îndepărtare a retasurii din piesă în maselotă.

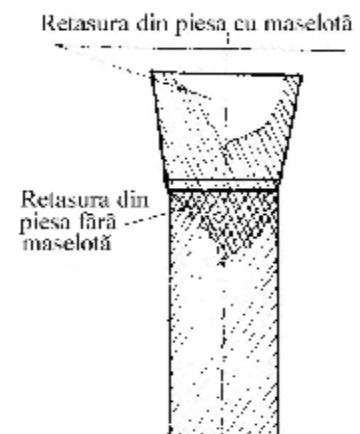


Fig.2.27. Acțiunea maselotei de îndepărtare a retasurii principale

Retasurile secundare, din nodurile termice, se elimină provocând o răcire accelerată locală, prin folosirea răcitorilor exteriori sau interiori.

Clasificarea maselotelor se poate face după mai multe criterii:

- poziția față de piesă - maselote directe sau frontale și maselote laterale;
- poziția în formă - deschise (în contact cu mediul exterior) și închise (sunt cuprinse în formă);
- construcția - cilindrice verticale sau orizontale, plate;
- în funcție de regimul de presiune utilizat - cu depresiune; cu presiune atmosferică; cu presiune ridicată cauzată de gaze.

B.B.Guleaev a stabilit experimental că zona de influență a maselotelor depinde numai de grosimea peretelui piesei.

În figura 2.28 sunt prezentate schematic zonele de influență a maselotelor dispuse în centrul plăcii, (fig.2.28 a), sau la capătul plăcii (fig.2.28 b,c). Rezultă că piesele se obțin sănătoase pe toată întinderea dacă nu depășesc lungimea de 4,5 s. Acest lucru rezultă din însumarea zonei de influență 2 s și a efectului de capăt 2,5 s, unde s este grosimea piesei.

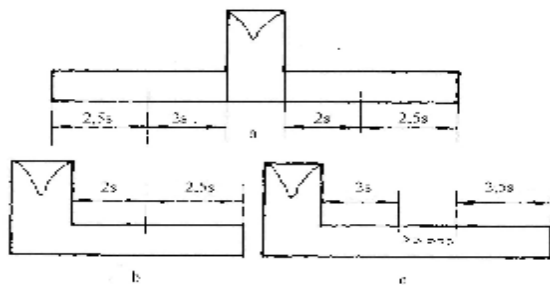


Fig.2.28. Zona de influență a maselotelor

Dimensionarea maselotelor cât mai corectă, pentru utilizarea în mod eficient a metalului și reducerea timpului total a fabricației, are o mare importanță știind că de exemplu în cazul aliajelor neferoase, maselotele reprezintă 35...50% din totalul de metal utilizat la turnarea piesei.

Pentru dimensionarea maselotelor se folosesc diverse metode, dintre care mai importante sunt: stabilirea conținutului minim de metal necesar în maselotă în timpul solidificării și metoda sferelor înscrise.

Prima metodă care este mai exactă, are următoarele etape:

- asigurarea solidificării dirijate a piesei, de jos în sus pentru a crea posibilitatea formării retasurii concentrate, prin îngroșarea pereților în partea superioară;
- identificarea nodurilor termice și eliminarea acțiunii lor cu ajutorul răcitorilor exteriori sau interiori. În cazul că nodul termic este prea aproape de partea superioară a piesei, se recurge la îngroșarea locală a peretelui;
- fixarea locului unde trebuie amplasate maselote;
- calculul volumului retasurii, în % din volumul piesei:

$$\Delta V = a \cdot V,$$

unde a este coeficientul de contracție la solidificare; V – volumul piesei;

- se repartizează volumul retasurii, calculat, la numărul de maselote propus;

-pentru a obține forma și dimensiunile maselotei se mărește înălțimea piesei cu 10...25mm, în vederea tăierii maselotei. Se trasează o sferă cu raza r_0 , având centrul pe axa maselotei la înălțimea $2 r_0$ de la piesă și concentric se trasează sfera cu raza $R = r_0 + s/2$ (s – grosimea piesei). Pentru o formare ușoară se transformă maselota sferică într-o maselotă cilindrică sau prismatică.

Metoda sferelor înscrise este o metodă grafică (fig.2.29). Înălțimea maselotei H_m se determină cu relația: $H_m = d_0 + L \cdot D$,

în care d_0 este diametrul sferei de metal necesar compensării contracției volumetrice; L – coeficient de formă, egal cu 1,35 în cazul maselotelor deschise și cu 0,85 în cazul maselotelor închise; D – grosimea piesei turnate.

Diametrul maselotei D_m se determină cu relația: $D_m = d_0 + D$

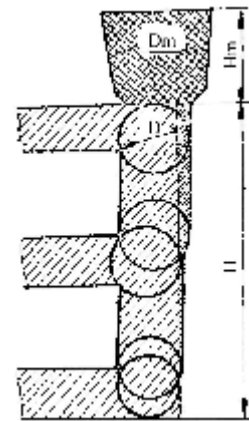


Fig.2.29. Metoda sferelor înscrise.

Dimensionarea răcitorilor. Răcitorii reprezintă adaosuri din materiale cu conductivitate termică ridicată, amplasați în cavitatea sau în peretele forme în zona nodurilor termice.

Materialele utilizate pentru realizarea răcitorilor exteriori sunt: fonta, grafitul, magnezita etc. Ei se amplasează la suprafețele plane sau colțuri ale piesei, având forma suprafeței la care se atașează.

Răcitorii exteriori vor prelua, prin conductibilitate, căldura de supraîncălzire și căldura de solidificare a grosimii suplimentare a nodului termic, față de pereții vecini.

Dimensionarea lor constă în determinarea grosimii pentru unitatea de suprafață (fig.2.30):

$$x = \Delta s \cdot \frac{q + c_p(T_t - T_s)}{\gamma_r \cdot c_r \cdot T} \cdot \gamma_l, \text{ mm}$$

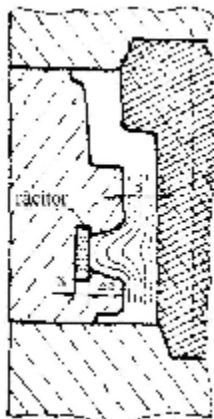


Fig.2.30. Acțiunea răcitorului exterior.

în care c_p este căldura specifică a metalului lichid, kcal/kg°C; c_r - căldura specifică a răcitorului, kcal/kg°C; q – căldura latentă de solidificare a metalului, kcal/kg°C; $T_t - T_s$ - temperatura de supraîncălzire, °C; T – temperatura maximă de încălzire a răcitorului, 700°C; γ_l - greutatea specifică a metalului lichid, kg/dm³; γ_r - greutatea specifică a răcitorului, kg/dm³; s – grosimea peretelui piesei, mm; Δs – grosimea suplimentară a piesei, mm.

Grosimea răcitorului exterior poate fi între 0,65...1,0 · s. Răcitorii interiori sunt corpuri metalice de aceeași compoziție cu metalul turnat, care se introduc în nodul termic pentru a provoca solidificarea acestuia prin absorbția de căldură, rămânând înglobate în piesă.

Răcitorii trebuie bine dimensionați, căci un diametru mare duce la nesudarea lui cu materialul piesei iar un diametru prea mic duce la topirea lui.

Calculul răcitorilor interiori se reduce la determinarea masei acestora, astfel încât să poată absorbi căldura de supraîncălzire și căldura latentă de solidificare a materialului din nodul termic, încălzindu-se la temperatura de topire:

$$M_r = \frac{\Delta M \cdot [q + c_p(T_t - T_s)]}{c_r \cdot T}$$

în care M_r este masa răcitorului, kg; ΔM – masa suplimentară a nodului termic, kg; $T_t - T_s$ - temperatura de supraîncălzire, °C; q – căldura latentă de solidificare a metalului sau aliajului lichid, kcal/kg; c_p - căldura specifică a metalului lichid, kcal/kg°C; c_r - căldura specifică a răcitorului, kcal/kg°C.

În figurile 2.31 și 2.32 sunt reprezentate principalele tipuri de răcitoare exterioare și interioare.

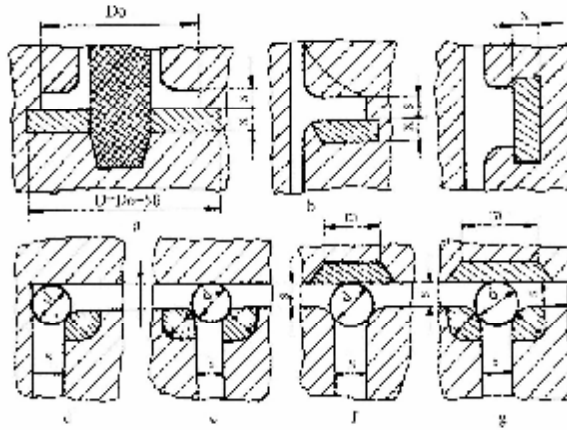


Fig. 2.31. Răcitori exteriori aplicați unor noduri termice tipice a,c,f-nod în T răcit la exterior; b-nod în T răcit lateral; d-nod în formă de L; e-nod în T răcit bilateral; g-nod în T răcit din trei părți.

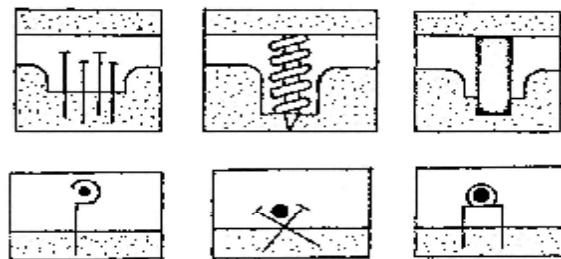


Fig.2.32. Diferite tipuri de răcitori interiori și modul de fixare în formă.



CAP. III CONFEȚIONAREA GARNITURILOR DE MODEL

3.1. Generalități. Clasificarea modelelor și cutiilor de miez.

Prin *garnitură de model* se înțelege totalitatea elementelor tehnologice utilizate la realizarea negativului configurației unei piese, reprezentând forma de turnare, în care, prin turnarea aliajului topit se obține piesa turnată.

Garnitura de model se compune din model sau șabloane de formare, cutii de miez, șabloane de control.

Modelul sau șablonul de formare este elementul garniturii de model utilizat pentru realizarea în forma de turnare a negativului configurației exterioare a unei piese, a locașurilor pentru fixarea miezurilor (mărci), a elementelor rețelei de turnare și a maselotelor.

Cutiile de miez sunt elementele garniturii de model cu care se execută miezuri, ce determină în forma de turnare, negativul configurației cavităților interioare și exterioare ale unei piese, precum și mărcile pentru fixarea miezurilor în formă.

Șablonul de control reprezintă scula sau dispozitivul care servește pentru controlul dimensional al cavității forme de turnare inclusiv al centrării miezurilor, sau pentru verificarea dimensională a pieselor brut turnate din producția de serie.

Pentru proiectarea garniturii de model se utilizează desenul tehnologic al piesei turnate. În acest desen se fixează poziția piesei la turnare, suprafața de separație, adaosurile de prelucrare, razele de racordare, înclinațiile de formare, adaosurile tehnologice, miezurile și mărcile miezurilor, maselotele, rețeaua de turnare, plasarea răcitorilor și alte elemente.

Toate acestea se notează pe desenul de execuție al piesei cu diferite culori și semne convenționale.

3.2. Materiale utilizate la confecționarea garniturilor de model

Materialele utilizate pentru confecționarea garniturilor de model se împart în materiale de bază și materiale auxiliare. Materialele de bază folosite pentru confecționarea garniturilor de model sunt: lemnul, cimentul, ipsosul, metale și aliaje feroase, materiale plastice.

3.2.1. Lemnul

Se utilizează, în general pentru formarea manuală și mai rar la formarea mecanizată cu plăci de modele.

Față de celelalte materiale, lemnul, prezintă următoarele avantaje principale: prelucrabilitate bună cu mijloace manuale sau mecanizate; densitate mică, deci greutate redusă a modelului; îmbinare ușoară prin înclieiere sau alte metode; aderență bună pentru lacuri și vopsele; proprietăți mecanice suficient de bune; preț de cost relativ scăzut.

Dintre dezavantaje enumerăm proprietăți mecanice neuniforme, rezistență la uzare prin frecare relativ scăzută.

3.2.2. Ipsosul și cimentul

Utilizate pentru executarea unor modele pentru turnarea de unicate și piese de serie mică, ipsosul și cimentul se folosesc în mod curent la pregătirea formelor în care se toarnă modele din plastic.

Proprietățile acestor materiale precum și domeniul lor de utilizare sunt cuprinse în tabelul 3.1.

Ipsos. Ciment. Proprietăți și domenii de utilizare Tabelul 3.1

Denumire material	Caracteristici	Compoziția sau proporția în care se amestecă la utilizare	Domeniul de folosire
Ipsos medicinal și de construcție	Execuție simplă a modelelor. Preț cost redus Contrație =0	În proporție de 1/1 cu apă	Ipsosul medicinal se folosește la producția de serie mică a pieselor de configurație simplă și pentru finisarea suprafețelor în cazul că partea de bază a modelului s-a confecționat din ipsos obișnuit. 100-250 buc. piese
Ciment Portland 500	Execuție simplă. Rezistență mare	Se amestecă în proporție de 60% cu rumeguș de lemn cernut și cu apă sau cu 50% nisip de cuarț mărunț și apă.	Producția în serie mică a pieselor de configurație simplă. 275-750 buc. piese.

3.2.3. Metale și aliaje metalice

La producția de serie mijlocie, mare și de masă, utilizarea modelelor de lemn nu este rațională datorită coeficientului său redus de mentenabilitate și datorită variațiilor dimensiunilor sale în timp.

Pentru aceasta, construirea și întrebuințarea modelelor metalice, cu toate că aparent au preț mai mare, este recomandată de o durată mare de funcționare, la dimensiuni constante, de obținerea unor piese de calitate superioară și de posibilitatea de reducere a consumului de metal prin micșorarea adaosurilor de prelucrare.

Modelele metalice și plăcile de model se realizează, în general, din aliaje neferoase, dintre care cele mai utilizate sunt aliajele de aluminiu. Având o prelucrabilitate foarte bună și o bună rezistență la oxidare în atmosferă, modelele realizate din aliaje de aluminiu au însă o rezistență mecanică mai redusă decât cele din alamă, bronz sau fontă.

Fonta ca material pentru realizarea modelelor, cu toate că are prelucrabilitate, proprietăți mecanice și rezistență la uzură bune, nu este folosită decât la construirea modelelor mici, fixate pe plăci de model. Folosirea ei mai largă este proprie pentru forme metalice, când la proprietățile enumerate anterior se mai adaugă și cele legate de o contracție mai mică, rezistență bună la variații de temperatură și durabilitate mai mare.

3.2.4. Materiale plastice

Materialele plastice de tipul polistirenului expandat, plăcilor PVC (vinidur) și a rășinilor epoxidice sau poliesterice, au început să fie din ce în ce mai utilizate la confecționarea garniturilor de model, deoarece au unele avantaje importante: greutate specifică mică, cost redus, diminuarea manoperei de prelucrare a modelului, uzinare ușoară și rapidă.

Polistirenul expandat se poate utiliza la confecționarea modelelor pentru turnarea pieselor mari din fontă și oțel. Specific modelelor realizate din polistiren este contracția acestora în timpul depozitării îndelungate. Mărimea contracției poate fi calculată în funcție de durata de depozitare a modelului.

Polistirenul expandat nu este toxic, dar se aprinde destul de ușor, necesitând luarea unor măsuri speciale în zonele de realizare a modelelor.

Vinidurul se folosește în general pentru confecționarea garniturilor de model mici și foarte mici, din producția de serie mică sau mijlocie, fiind un bun înlocuitor al aliajelor de aluminiu pentru astfel de modele. Executarea formelor cu astfel de modele se poate face manual sau mecanizat.

Plăcile de vinidur se mai pot utiliza și la placarea garniturilor de model mari și foarte mari, din lemn.

Rășinile epoxidice sunt produse moleculare sub forma unui lichid vâscos de culoare gălbuie.

Avantajele economice ale utilizării lor sunt: înlocuiesc unele materiale deficitare, cost scăzut, rezistență mare la abraziune și nu sunt influențate de umiditate.

Pentru economisirea rășinilor epoxidice, ca material de umplură a corpului modelelor, se utilizează un amestec de rășină epoxidică cu pilitură metalică, nisip etc. Pentru mărirea rezistenței stratului de suprafață se folosesc țesături de sârmă, fibre de sticlă, bumbac etc.

3.2.5. Aliaje ușor fuzibile

În tabelul 3.2 sunt cuprinse principalele aliaje utilizate.

Compoziția -%				Temperatura topire, °C	Densitate, kg/dm ³
Cd	Sn	Pb	Bi		
10,8	14,1	24,9	50,1	65,5	9,685
10,2	14,3	25,1	50,4	67,5	9,725
7,0	14,8	26,0	52,2	68,5	9,784
13,1	13,8	24,3	48,8	68,5	9,765
7,1	-	39,7	53,2	89,5	10,563
6,7	-	43,4	49,9	95,0	10,732

Se utilizează la confecționarea modelelor pentru turnarea pieselor cu configurație complicată de serie mijlocie sau mare.

3.2.6. Mase ușor fuzibile

Amestecurile ușor fuzibile sunt materiale rezistente la temperatura ambiantă, dar care la temperatură apropiată de punctul de topire devin păstoase.

Aceste amestecuri conțin în general stearină și parafină, cu adaosuri de cerezină, ceară de albine etc.

Stearina este acid stearic tehnic, impurificat cu acid palmitic și oleic. Se găsește în grăsimi sub formă de gliceride și se obține prin saponificare.

Parafina se obține prin cristalizare sau cu ajutorul unor solvenți selectivi din fracțiunile rezultate la distilarea păcurii provenite din țiteiurile parafinoase.

3.3. Executarea modelelor și cutiilor de miez

În cazul garniturii de model din lemn, nu se întocmește un desen special, executându-se după desenul de piesă turnată. Sarcina modelorului constă în stabilirea elementelor geometrice simple care vor forma modelul, a metodelor de îmbinare, încât să se asigure stabilitate

dimensională, rigiditate, funcționalitate în concordanță cu necesitățile tehnologiei de formare, cost redus.

Procesul tehnologic de execuție a unei garnituri de model din lemn cuprinde o serie de operații tehnologice, în următoarea succesiune: studierea desenului tehnologic; efectuarea trasajului de execuție a garnituri de model; întocmirea listei de materiale necesare; prelucrarea mecanică a materialului lemnos la dimensiunile și formele necesare; confecționarea semifabricatelor pentru garnitura de model; finisarea și vopsirea garniturilor de model; inscripționarea și recepția finală a garnituri de model.

Modelele metalice sunt folosite, în general, la executarea formelor de turnare prin procedee mecanice, în care caz ele se montează pe plăci denumite plăci port-model.

Confecționarea garniturilor de model din aliaje metalice cuprinde următoarele operații tehnologice principale:

- conceperea constructivă și proiectarea elementelor garnituri de model;
- întocmirea tehnologiei de execuție a semifabricatelor și realizarea lor;
- prelucrarea și asamblarea elementelor componente ale garnituri de model;
- centrarea și fixarea modelelor pe plăcile port-model.

3.4. Vopsirea și inscripționarea garniturilor de model

Vopsirea suprafețelor modelelor și cutiilor de miez este necesară pentru a proteja modelul sau cutia de miez contra umidității din atmosferă și din amestecul de formare sau de miezure. Prin vopsire se urmărește pe lângă realizarea unei suprafețe netede și indicarea prin culori convenționale a unor elemente tehnologice. Culorile convenționale pentru vopsirea garniturilor de model din lemn și uneori a celor din fontă, sunt prezentate în tabelul 3.3.

În prealabil, înainte de vopsirea propriu-zisă, suprafețele active ale modelelor și cutiilor de miez se șlefuiesc și se acoperă cu un strat de grund.

Pentru identificarea garniturilor de model și a părților componente ale acestora, se efectuează operația de inscripționare fie prin scriere cu vopsea, fie prin poansonare.

Culorile cu care se vopsesc suprafețele modelelor Tabelul 3.3

	Culoare (după vopsire) pentru:			
	Fontă	Oțel	Aliaje de Al,Mg	Aliaje de Cu
Suprafața modelelor și a cutiilor de miez	roșie	albastră	galbenă	verde
Elemente de întărire la modele (și cutii de miez), care sunt astupate după extragerea modelului din formă.	hașuri negre la 45° pe fond roșu	hașuri negre la 45° pe fond albastru	hașuri negre la 45° pe fond galben	hașuri negre la 45° pe fond verde
Mărci la modele și la cutii de miez	negru	negru	negru	negru
Suprafețe de asamblare a părților de model și a cutiilor de miez	verde	verde	verde	portocaliu
Suprafețe de așezare a elementelor detașabile	maro			

Suprafața pe care se face inscripționarea nu trebuie să fie o suprafață ce urmează să se prelucraze, iar inscripționarea nu trebuie să ducă la modificarea aspectului exterior al piesei turnate.

În general, garniturile de model se inscripționează cu următoarele date de identificare și semne convenționale:

- numărul comenzii de execuție a utilajului și numărul comenzii de turnare;
- numărul desenului piesei ce urmează a se turna;
- numărul de model sau numărul desenului pentru garniturile de model și forme metalice pentru turnarea prin cădere liberă;
- numărul setului de model în cazul comenzilor de serie, pentru care se utilizează mai multe garnituri de model; numărul setului se aplică în relief, pentru a se obține și pe piesele turnate;
- anul de valabilitate al garniturilor de model, în funcție de valabilitatea desenului după care se controlează garnitura de model;
- numărul miezului și numărul de miezuri ce se execută cu fiecare cutie de miez, pentru turnarea unei piese;
- semne distincte pe părțile detașabile de pe modele și din cutii de miez, pentru asigurarea centrării corecte a acestora;
- numerotarea și inscripționarea părților interschimbabile, cu specificarea schimbărilor de poziție ce trebuie să se efectueze cu acestea, în cazul folosirii aceleiași garnituri de model pentru turnarea mai multor piese cu mici deosebiri constructive.

Recepția finală a garniturilor de model constă în verificarea gradului de finisare și vopsire precum și a modului cum s-a efectuat inscripționarea acestora. Este indicat ca recepția finală să se efectueze de aceeași persoană care a efectuat și controlul constructiv și dimensional.

3.5. Durabilitatea garniturii de model

Garniturile de model sunt supuse în timpul utilizării lor la următoarele solicitări distructive principale:

- solicitarea mecanică a construcției, în timpul extragerii din amestecul de formare sau din miez;
- solicitarea la uzură a suprafețelor de lucru datorită acțiunii abrazive și erozive a amestecurilor de formare;
- solicitarea la șocuri în timpul tasării amestecului de formare în formă și în cutii de miez;
- solicitarea la umiditatea din amestecul de formare și din atmosferă.

Principalii factori care influențează durabilitatea garniturilor de model sunt: configurația și complexitatea utilajului tehnologic, materialul din care este realizată, amestecul de formare folosit, utilajul de formare pe care se montează garnitura de model, condițiile de exploatare, intervalul de întreținere și reparare.

CAP. IV. MATERIALE ȘI AMESTECURI DE FORMARE

4.1. Materiale de formare

Formele temporare se compun dintr-un material granular cu refractaritate ridicată, ca material de bază, căruia i se adaugă lianți, materiale de îmbunătățire a proprietăților amestecului, pudre, vopsele, cleiuri, chituri și paste de turnătorie.

4.1.1. Nisipuri de turnătorie

Cel mai folosit material granular utilizat în turnătorie este nisipul pe bază de cuarț (SiO_2).

Nisipul de turnătorie este un produs de dezagregare a rocilor eruptive și se clasifică după: conținutul de părți levigabile (tabel 4.1); granulația medie (tabel 4.2); gradul de uniformitate al granulelor; forma granulei.

În funcție de gradul de uniformitate, nisipurile de turnătorie se împart în:

- foarte uniforme, grad de uniformitate peste 70%;
- uniformitate mare, gradul de uniformitate 70 – 60%;
- uniform, gradul de uniformitate 60 – 50%;
- uniformitate redusă, gradul de uniformitate 50 – 40%;
- neuniform, gradul de uniformitate sub 40%.

După forma granulei nisipurilor, pot să fie cu granulă rotundă, cu muchii și colțuri rotunjite, cu muchii și colțuri ascuțite, așchiosă. Suprafața poate să fie netedă sau rugoasă.

Nisipurile cuarțoase nu se extrag direct din zăcământ, ci se obțin prin preparare ulterioară.

Nisipul de Aghireș este un nisip cuarțos cu 0,2...0,3% componentă levigabilă, care se obține printr-o dublă spălare a nisipului de Cornești. Granulele au formă colțuroasă și prezintă fisuri.

Nisipul de Vălenii de Munte, conține 95...97% SiO_2 și este un nisip fin și uniform ca mărime. Este cel mai indicat nisip pentru forme cu rășini sintetice.

Nisipul de Caraorman, conține 96...97% SiO_2 , granulele au formă rotundă și suprafețe foarte netede. Se poate utiliza pentru amestecuri cu rășini sintetice și pentru formarea la presiuni înalte. Principalul inconvenient îl constituie prezența de cochilii de scoici precum și feldspați.

Clasificarea nisipurilor de turnătorie
după conținutul de părți levigabile

Tabelul 4.1

Clasa	Denumirea	Conținut părți levigabile, %
N01	Cuarțos SI	Sub 0,1
N02	Cuarțos SII	0,1...0,2
N03	Cuarțos I	0,2...0,3
N05	Cuarțos II	0,3...0,5
N1,5	Cuarțos III	0,5...1,5
N10	Slab	1,5...10
N20	Semigras	10...20
N30	Gras	20...30

Clasificarea nisipurilor de turnătorie
după granulația medie

Tabelul 4.2

Grupa	Caracteristica dimensională	Granulația medie, mm
(M50)1	foarte mare	1,0...0,61
(M50)06	mare	0,60...0,41
(M50)04	semimijlocie	0,40...0,31
(M50)03	mijlocie	0,30...0,21
(M50)02	semifin	0,20...0,16
(M50)015	fin	0,15...0,11
(M50)01	foarte fin	0,10...0,06

Nisipurile slabe, semigrase și grase. Se pot utiliza în stare naturală sau cu mici adaosuri de argilă (cele slabe). Nisipurile grase și foarte grase au în general refractaritate scăzută precum și o permeabilitate mică. Astfel de nisipuri se extrag din carierele de la Araci și Basarabi.

4.1.2. Lianți utilizați în turnătorie

Sunt materiale ce se adaugă în amestecul de formare cu scopul de a lega granulele de nisip și de a îmbunătăți unele proprietăți fizico-mecanice ale amestecurilor.

Lianții trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să aibă rezistență mecanică mică până la îndesare;
- să aibă rezistență mecanică mare după îndesare;
- să asigure o rezistență cât mai mică a formei după solidificarea aliajului;
- să degaje o cantitate cât mai mică de gaze la contactul cu metalul topit;
- să permită dezbaterea ușoară a formei după turnare.

Lianții se împart, după natura lor, în: lianți anorganici, organici, organo-silicici, reziduuri din industrie și alții.

A.Lianții anorganici pot fi naturali sau sintetici. Din primagrupă fac parte argila și bentonita, iar din a doua, cimentul, sticla solubilă, silicatul de etil etc.

Argila s-a format în natură prin acțiunea apei și bioxidului de carbon asupra feldspatului de calciu, rezultând silicatul de aluminiu hidratat ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$). În stare pură poartă denumirea de caolin și este un material plastic și refractar.

După stabilitatea termică argilele se împart în trei grupe:

- grupa 1 – cu stabilitate termică ridicată – punct de vitrificare 1350°C;
- grupa 2 – cu stabilitate termică medie – punct de vitrificare 1250...1350°C;
- grupa 3 – cu stabilitate termică joasă – punct de vitrificare sub 1250°C.

Compoziția argilelor diferă de la un zăcământ la altul, uneori și în același zăcământ.

Cea mai folosită argilă în turnătoriile noastre este argila de Medgidia, după care urmează argila de Suncuiș. Rezistența mecanică și plasticitatea amestecului de formare sunt consecințe ale faptului că argila îmbracă granulele de nisip cu un strat fin, apoi absoarbe apă, se umflă și devine lipicioasă. Temperatura de uscare a formelor cu argilă este 300 - 350°C pentru piese din fontă și 400 - 550°C pentru piese din oțel.

Deoarece argila naturală nu îndeplinește condițiile optime pentru turnarea pieselor în forme crude sau uscate, se recurge la superfinisare, procedeu care constă în măcinarea foarte fină a argilei naturale, concomitent cu îndepărtarea unei cantități de steril.

De obicei, rezultate la fel de bune se obțin prin adăugarea de bentonită, evitându-se astfel consumul de energie pentru superfinisare.

O altă metodă este tratarea chimică a argilei cu acid fosforic și cu carbonat de sodiu în cazul formelor crude.

Bentonita este o varietate de argilă care s-a format prin alterarea cenușelor vulcanice bazice ce s-au depus în bazinele marine.

Constituentul mineralogic principal este montmorilonitul ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) care este în procent de peste 75% în bentonită și sub 40% în argilă. Când conținutul de montmorilonit este între 40 și 75% liantul se numește argilă bentonitică.

Bentonita este formată din particule foarte fine, în cea mai mare parte coloidale (sub 0,1 μm), având o capacitate de liere de 2...3 ori mai mare decât argilele plastice obișnuite. Bentonitele sunt mai puțin refractare decât argilele, dar aceasta nu prezintă un inconvenient deoarece se adaugă în cantitate mică, deci practic nu influențează refractaritatea amestecului de formare.

Pentru mărirea rezistențelor mecanice ale amestecurilor de formare cu bentonită se utilizează mai multe procedee: activarea bentonitei, tratarea cu detergenți, superfinisarea, tratarea termică a bentonitei și tratarea magnetică a apei de umezire.

Bentonitele pot fi sodice sau calcice, primele fiind mai rare în natură dar cu calități superioare.

Activarea este o tratare chimică a bentonitei, în special a celor calcice cu scopul de a neutraliza ionul de calciu și a transforma bentonita din calcică în sodică. Cea mai bună activare se obține cu carbonat de sodiu.

Pentru prepararea bentonitei activate cu sodă, se practică două metode:

- se pregătește o pastă apoasă de bentonită, se amestecă cu soda necesară, se usucă și se macină;
- se macină bentonita calcică și se amestecă în stare uscată cu sodă praf; activarea se produce la umezirea în instalația de preparare.

Cimentul. În turnătorii se utilizează cu precădere cimentul cunoscut sub denumirea de ciment Portland, căruia i se adaugă diferiți acceleratori pentru scurtarea timpului de priză. Amestecul de formare conține nisip cuarțos cu 10...12% ciment ca liant și 0...10% apă.

Cimentul este un bun liant și refractar, ceea ce face posibilă utilizarea lui și la turnarea pieselor de oțel.

Deoarece formele cu ciment nu necesită uscarea lor, s-a căutat să se reducă timpul de priză, pentru realizarea pieselor fabricate în serie. Prin scurtarea timpului de priză se urmărește: micșorarea timpului de la formare până la turnare și de la formare până la extragerea modelului din formă, pentru a face posibilă mecanizarea. Cele mai folosite metode sunt: realizarea unei compoziții chimice corespunzătoare; măcinarea foarte fină a cimentului Portland; amestecarea a 30...40% ciment cu particule sub 10 μm cu ciment obișnuit; suflarea cu CO_2 ; adăugarea unor acceleratori de priză; adăugarea de bentonită (4...8%).

Ipsosul este un sulfat de calciu hidratat cu două molecule de apă ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Se utilizează pentru confecționarea formelor false, a modelelor, precum și a unor forme folosite la turnarea aliajelor neferoase.

Are rezistență mecanică scăzută, iar pentru prevenirea apariției crăpăturilor se recomandă uscarea cu un curent de aer cald.

Silicatul de sodiu, denumit și sticlă solubilă, se folosește ca soluție apoasă, $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$.

O caracteristică importantă a silicatlui de sodiu o constituie modulul "m" adică raportul dintre numărul de moli de SiO_2 și numărul de moli de Na_2O .

$$m = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Na}_2\text{O}} \cdot 1,032$$

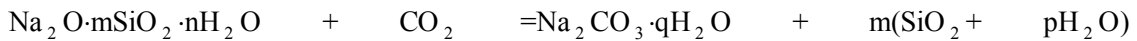
Silicatul de sodiu folosit în turnătorie trebuie să aibă modulul cuprins între 2,7...3,0 iar densitatea între 1,45...1,52 g/cm^3 .

La pierderea apei de constituție, silicea din silicat formează un gel care învelește granulele de nisip, iar prin uscare se întărește și asigură rezistența mecanică necesară pentru amestecul de formare. Întrucât disocierea naturală și uscarea durează mult, este necesară reducerea acestor faze, principalele metode de scurtare a acestor procese :

a. Suflarea formelor cu CO₂

Procesul de întărire chimică are loc în două etape:

1. Descompunerea silicatului de sodiu sub acțiunea dioxidului de carbon:

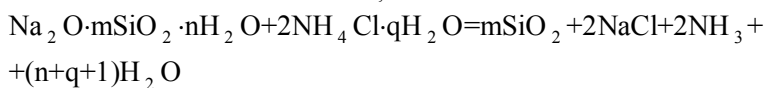


unde $m \cdot p + q = n$.

2. Întărirea particulelor de soli de SiO₂ coloidal. Presiunea de insuflare a dioxidului de carbon este de 1...3 atm, temperatura este cea a mediului ambiant, iar timpul este de 3...15 min. În acest caz, întărirea chimică a formei se face înainte de a extrage modelul, deci precizia dimensională este mare. Inconvenientul metodei constă în faptul că rezultă carbonat de sodiu care scade refractaritatea amestecului de formare, iar formele devin higroscopice.

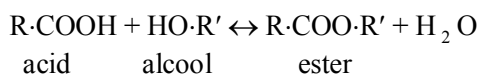
b. Întărirea formelor sau miezurilor la temperaturi de 200...260°C, care nu este des întrebuițată datorită preciziei dimensionale mai mici (extragerea modelului se face când forma nu este întărită) și datorită necesității unor utilaje pentru uscare.

c. Întărirea chimică cu clorură de amoniu se aplică la turnarea de precizie. Soluția de clorură de amoniu are concentrația de 20%.



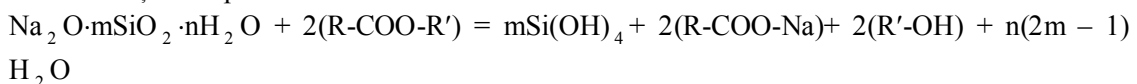
Bioxidul de siliciu rezultat leagă granulele de cuarț între ele, asigurând o rezistență mecanică ridicată.

d. Întărirea chimică cu esteri lichizi are la bază reacția de hidroliză a esterilor în mediu bazic.

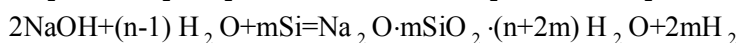
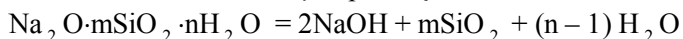


La temperatură normală reacția de esterificare de la stânga la dreapta este foarte lentă (16 ani), dar în prezența unui acid organic la temperaturi mai ridicate, durează cel mult 48 ore.

Reacția completă a hidrolizei silicatului de sodiu cu un ester este următoarea:



e. Adăugarea de ferosiliciu praf duce la obținerea unui amestec de formare cu autoîntărire fără uscare sau cu o uscare superficială. Procesul de întărire rapidă se datorește reacției dintre silicatul de sodiu din soluția apoasă și siliciul metalic din ferosiliciul adăugat.



Alți lianți anorganici sintetici sunt covasilul și covalitul care îmbunătățesc mult dezbaterea formelor.

B. Lianți organici

În cazul lianților anorganici, miezurile se îndepărtează foarte greu după turnare deoarece lianții pierd apa de constituție și rezistența mecanică crește foarte mult.

Lianții organici sunt mult mai scumpi și se utilizează când sunt absolut necesari. După turnare, miezul se încălzește foarte mult și liantul organic arde iar legătura dintre granulele de nisip dispare. Lianții organici se utilizează numai la miezuri complicate, de mărime mică și mijlocie, având rezistență specifică ridicată (deci este necesar un adaos mic de liant).

După comportarea lor față de apă, lianții organici pot fi hidrofilii sau hidrofobi.

După natura lor, lianții organici pot fi: uleiuri vegetale, rășini, reziduuri din industrie etc.

Uleiuri vegetale. Cele mai utilizate uleiuri vegetale sunt uleiul de in, de cânepă și de floarea soarelui.

Fiind materiale organice constituite din carbon și hidrogen, au proprietatea de a se oxida întocmai ca vopselele, producând o peliculă rezistentă. Produsele de oxidare se numesc *oxine*. Uleiurile care se oxidează repede în contact cu aerul, se numesc uleiuri sicative. Capacitatea de oxidare a uleiurilor este determinată prin *indicele de iod*, care reprezintă cantitatea de iod care poate fi absorbită de 100 g ulei. Cu cât este mai mare indicele de iod cu atât este mai mare rezistența peliculei de oxine.

Uleiurile sicative au indicele de iod mai mare de 150, cele semisicative între 100 și 150 iar cele nesicative sub 100.

Uleiul de in are cel mai mare indice de iod (minim 170). La prepararea amestecului pentru miezuri cu ulei de in, întâi se introduce în malaxor cantitatea de nisip cuarțos necesară, apoi apa, amestecându-se timp de două minute, după care se adaugă treptat uleiul de in și se continuă amestecarea timp de încă zece minute.

Cutiile de miez folosite la amestecurile cu ulei de in se ung cu petrol sau se pudrează cu praf de lycopodium pentru a preveni lipirea amestecului de pereții cutiei.

Uleiul de cânepă și de floarea soarelui, au proprietăți apropiate de a uleiului de in dar sunt mai ieftine.

Rășini. Rășinile utilizate în turnătorie pot fi naturale, cum este colofoniu sau sintetice.

Colofoniu se obține la distilarea rășinilor de conifere, fiind un liant scump, se utilizează la piesele la care apar fisuri la cald.

Rășinile sintetice au luat o amploare deosebită deoarece amestecurile de formare au proprietăți mecanice ridicate, piesele turnate au precizie ridicată, cantitatea de gaze la turnare este mică, dezbaterea formelor este ușoară.

Clasificarea rășinilor sintetice se poate face:

- după modul de întărire: - rășini cu întărire la cald;
 - rășini cu întărire la rece;
- după compoziția chimică: - rășini fenol-formaldehidice;
 - rășini carbamidice;
 - rășini furanice;
 - rășini celulozice;
 - rășini poliuretanic.

Rășini fenol-formaldehidice au componente de bază fenolul (C_6H_5-OH toxic) și aldehida formică ($CH-OH$) care se păstrează ca soluție 40% în apă. Rășinile ce se obțin prin condensarea fenolului cu aldehida formică, funcție de caracterul bazic sau acid al mediului în care are loc condensarea, pot fi termoreactive sau termoplaste.

Din reacția fenolului cu aldehida formică, se obțin rășini polimerizate bidimensional. Prin încălzire, aceste rășini se topesc apoi sub acțiunea căldurii și a unor adaosuri trec în molecule cu polimerizare tridimensională. Ca urmare, trec din stare lichidă în stare solidă și nu se mai topesc, oricât s-ar încălzi.

Rășina termoreactivă ce se utilizează în turnătorii este *rezolul* sau *bachelita* cu punct de topire 80...90°C. Timpul necesar pentru polimerizare la 100°C este de 1 – 2 minute. Se utilizează pentru executarea miezurilor și formelor coji.

Rășina termoplastă, cea mai utilizată, este *novolacul* cu punctul de topire 80...90°C. Pentru a se utiliza în turnătorie, trebuie să nu conțină mai mult de 12% fenol liber. În mod normal conține 3 – 5% fenol liber. Se folosește cu un adaos de cca 10% (din novolac) de hexametilen-tetramină ($(CH_2)_6N_4$, numită urotropină).

Prin încălzire la 170...180°C, urotropina se descompune în aldehydă formică și amoniac. Fenolul liber din novolac reacționează la 170°C cu aldehyda formică din urotropină, în prezența amoniacului, rezultat din descompunerea urotropiei, care joacă rolul de catalizator bazic, astfel că se ajunge la rezol. Fără urotropină, transformarea solid-lichid a novolacului, sub influența căldurii, este reversibilă.

Principalele inconveniente ale rășinilor termoreactive sunt: preț și consum ridicat; necesită instalații speciale pentru încălzirea plăcilor de model; necesită modele, respectiv plăci de model metalice

Rășini carbamidice – se utilizează la turnarea de precizie a pieselor individuale (întărirea este la rece în cutii de lemn). Întărirea se face sub acțiunea unui catalizator acid. Funcție de natura componentelor rășinile carbamidice pot fi rășini ureo-formaldehidice – urelit sau rășini melamino-formaldehidice.

Rășini furanice – se obțin prin policondensarea sau polimerizarea alcoolului furfurilic în mediu acid. Se pot utiliza la obținerea miezurilor în cutii calde, dar datorită proprietăților lor de a se întări sub acțiunea unui catalizator acid, au găsit o largă răspândire pentru miezuri cu întărire la rece.

În cazul amestecurilor cu autoîntărire la rece se introduce 2,0...2,6% rășină furanică și 0,3...1,0% acid fosforic (PO_4H_3), iar în cazul utilizării cutiilor calde, se introduce 1,5...2,5% rășină furanică și 0,12...0,8% catalizator bazic.

C. Compuși organici cu siliciu – silicatul de etil- $\text{SiO}_4(\text{C}_2\text{H}_5)_4$

Se utilizează pentru obținerea formalor coji cu modele fuzibile. Prin hidrolizare cu apa și cu o cantitate mică de acid tare (HCl) dă naștere unui amestec de acizi polisilicici, care constituie materialul liant.

Pentru scurtarea timpului necesar pentru priză, se recurge la următoarele soluții:

- întărirea pe cale chimică cu vapori de amoniac timp de 15...30 s, într-un recipient închis;
- întărirea pe cale chimică prin scufundare alternativă în băi de amoniac și acid clorhidric;
- întărirea pe cale chimică cu bioxid de carbon.

D. Reziduuri din industrie

Sunt ieftine și corespund calitativ pentru turnarea unui număr mare de piese.

Gudroanele se obțin prin distilare uscată a cărbunelui brun sau a lemnului. Compoziția chimică depinde de zăcămint și de condițiile în care se face distilarea.

Reziduurile bituminoase (smoala) se obțin prin distilarea uleiurilor.

Melasa – este un produs secundar obținut la fabricarea zahărului din sfeclă. Proprietățile de liere se datoresc zahărului pe care-l conține.

Leșia sulfitică este un liant organic hidrofili, fiind un reziduu de la fabricarea hârtiei sau a celulozei.

E. Alți lianți utilizați în turnătorie

Dextrina – se obține prin hidroliza parțială cu acizi sau enzime a amidonului extras din cartofi, porumb sau grâu. Din punct de vedere chimic este o polizaharidă cu formula de bază $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$. Se utilizează la amestecurile pentru miezuri care trebuie să aibă rezistență ridicată în stare crudă. Uscarea se face la temperaturi de 160...180°C.

Cleul pectinic se obține prin hidroliza pectinelor din țesuturile vegetale.

Alți lianți sunt rematolul, petrolatumul oxidat etc.

4.1.3. Adaosuri de îmbunătățire a proprietăților amestecurilor de formare

În compoziția amestecurilor de formare (miezuire) utilizate în turnătorii, indiferent de liantul folosit sau procedeul aplicat, se intervine cu o serie de adaosuri care trebuie să îmbunătățească unele proprietăți tehnologice ale amestecurilor de formare preparate.

a. Adaosuri carbonice – se utilizează în scopul îmbunătățirii calității suprafeței pieselor turnate. Cărbunele lucios fiind un carbon fin cristalizat, îmbracă grăunții de nisip cu o peliculă foarte fină care produce un efect de compensare a dilatării nisipului, reducând astfel proporția de defecte. Se utilizează ca adaosuri carbonice huila de Petrila, huila de Anina, polistirenul, polietilena etc.

b. Adaosuri polizaharidice – care măresc rezistența miezurilor, permit regenerarea ușoară a nisipurilor uzate, cresc precizia dimensională etc

4.1.4. Adaosuri de suprafață pe forme și miezuri

Prin adaosuri de suprafață se înțeleg vopselele refractare folosite la protecția formelor și miezurilor, cleiurile de turnătorie, destinate lipirii miezurilor și formelor-coji, chiturile pentru repararea miezurilor și formelor, șnurul de etanșare etc.

A. Paste și vopsele refractare

Nisipul cuarțos din amestecurile de formare prezintă unele inconveniente: variația bruscă a volumului la încălzire, interacționează cu oxizii metalelor turnate.

Pentru a se obține piese turnate cu suprafețe de bună calitate fără aderențe și alte defecte, trebuie să se asigure: închiderea porilor de pe suprafețele miezurilor și formelor; reducerea sau preîntâmpinarea interacțiunii chimice dintre materialul formei și metalul lichid; stabilitate termică a suprafeței formei la temperatura de contact cu metalul lichid; îndepărtarea gazelor.

Aceasta se poate face prin: creșterea gradului de îndesare a amestecului de formare, acoperirea formelor și miezurilor cu paste și vopsele refractare, adăugare în amestecul de model a unor pulberi de cuarț, zircon, cromit etc.

Cea mai eficientă metodă este folosirea pastelor și vopselelor refractare. Ele sunt constituite în principal din următoarele componente:

- materialul refractar granulat, care conferă vopselei proprietăți antiaderente, izolatoare, reducătoare;

- mediul de dispersie (apă sau solvent organic);

- liantul sau complexul de lianți;

- agentul de stabilizare a suspensiei;

- adaosuri speciale.

Vâscozitatea vopselelor depinde de densitatea lor; cu cât crește vâscozitatea, aplicarea vopselei este mai dificilă. Se recomandă o vopsea subțire pentru primul strat deoarece se aplică ușor și apoi un al doilea strat de vopsea mai dens. Sensibilitatea la fisurare în timpul uscării miezurilor și formelor depinde de: procentul prea ridicat de argilă (peste 2,5%); raportul argilă-zirconiu să fie sub 0,03; îndesarea slabă a formei; densitatea vopselei relativ mică și vâscozitatea mare.

B. Cleiuri de turnătorie – sunt constituite din amestecuri de lianți organici și se utilizează pentru lipirea și repararea părților de miez deteriorate.

C. Chituri pentru repararea miezurilor – sunt constituite din făină de cuarț, grafit, talc, bentonită, dextrină, leșie sulfică, marșalită, șamotă praf etc, trebuind să posede o foarte bună plasticitate.

D. Pudre de protecție – pot fi refractare sau combustibile.

Pudrele refractare utilizate pentru mărirea refractarității formelor crude sunt: praful de cuarț; praful de grafit – pentru piese din fontă; cimentul Portland – leagă chimic apa din stratul superficial al formei; talcul măcinat – pentru turnarea neferoaselor.

Pudrele combustibile ard la turnarea aliajului, producând un film de gaze ce împiedică contactul direct între aliajul lichid și suprafața formei. Se utilizează praf de mangal măcinat fin. Folosirea pudrelor combustibile se limitează la turnarea de piese cu pereți subțiri ce se solidifică repede.

4.2. Amestecuri de formare

4.2.1. Generalități. Clasificare

Prin dozarea și omogenizarea nisipului de turnătorie cu lianții precum și cu diverse materiale de adaos, se obține amestecul de formare. Amestecurile de formare se împart în amestecuri pentru forme și amestecuri pentru miezuri.

Amestecurile pentru forme se utilizează la realizarea formelor și pot fi amestecuri de model, de umplere și unic.

Deoarece amestecurile de model vin în contact direct cu aliajul turnat este necesar să aibă refractaritate, permeabilitate și rezistențe mecanice ridicate. Ca urmare, se utilizează nisip nou și lianți, uneori cu mici cantități de amestec folosit. Calități superioare ale amestecului de model sunt necesare la turnarea oțelului și fontei, deoarece au temperaturi de turnare mai ridicate decât aliajele neferoase utilizate curent.

Amestecul de umplere are rol de a consolida amestecul de model, deci de a realiza rezistența mecanică a formei. Se realizează din amestec folosit cu adaos de lianți.

Amestecul unic se utilizează în cazul formării mecanizate a pieselor mici, deoarece lucrul cu două calități de amestec ar duce la scăderea productivității. Calitativ, amestecul unic se situează între amestecul de model și cel de umplere.

Amestecul pentru miezuri se compune din nisip nou și lianți organici (în general), deoarece solicitarea termică și mecanică a miezului este mai mare, fiind înconjurat de metal lichid în momentul turnării.

Miezurile din amestecuri cu lianți anorganici se vopsesc, pentru mărirea refractarității, cu vopsea refractară.

4.2.2. Proprietățile nisipurilor și ale amestecurilor de formare la temperatură normală

Rezistența mecanică. Este necesar ca amestecurile de formare să aibă o anumită rezistență mecanică pentru a se asigura obținerea unor piese turnate cu dimensiunile prevăzute. În cazul când nu se asigură rezistența mecanică necesară, pereții formei cedează la presiunea metalostatică, ducând chiar la ruperea formei. Factorii care influențează rezistența mecanică sunt: cantitatea și calitatea liantului; conținutul de apă; gradul de îndesare; forma și mărimea granulelor de nisip.

Rezistența mecanică crește cu creșterea procentului de liant, deoarece crește suprafața peliculei ce învelește granulele de nisip, iar după învelirea completă crește grosimea peliculei. O creștere exagerată a rezistenței mecanice duce la apariția crăpăturilor în piese datorită incompresibilității amestecului.

Conținutul de apă – umiditatea – influențează rezistența mecanică, aceasta crescând cu creșterea umidității, atinge un maxim și apoi scade din nou. Explicația este că cu cât este mai gros învelișul de apă, cu atât sunt mai slab orientați dipolii moleculelor de apă. Dipolii sunt mai îndepărtați de centrul granulei de liant și deci forțele de interacțiune dintre dipolii de apă și forțele rețelei cristaline sunt mai slabe, iar rezistența liantului va fi mai mică. În amestecurile de formare apa realizează trei tipuri de legături: chimice, fizico-chimice și fizico-mecanice.

Rezistența mecanică crește cu gradul de îndesare, de asemenea, crește în cazul granulelor mici.

Permeabilitatea. Deoarece în timpul turnării apar gaze, este necesară evacuarea lor, în caz contrar piesele turnate vor prezenta sufluri. De aceea este necesar ca permeabilitatea formelor să fie cât mai mare, ea depinzând de: forma și mărimea granulelor de nisip, conținutul de apă, conținutul de liant, gradul de îndesare.

Granulele mari și uniforme asigură o permeabilitate mai mare decât granulele mici sau neuniforme.

Permeabilitatea amestecului de formare crește la început cu creșterea conținutului de apă, atinge un maxim, apoi scade din nou. Aceasta se explică prin faptul că o cantitate mică de apă

crează la suprafața granulelor o peliculă de apă care face ca rezistența întâmpinată la înaintarea gazelor să fie mai mică. Creșterea în continuare a conținutului de apă duce la micșorarea spațiilor libere dintre granule și deci micșorarea permeabilității. În practică se limitează conținutul de apă la 4,5...5,5% pentru a micșora cantitatea de gaze ce apar la turnare.

Permeabilitatea scade odată cu creșterea conținutului de componentă levigabilă și a gradului de îndesare.

Plasticitatea, este proprietatea amestecurilor de formare de a reproduce perfect configurația modelului în timpul formării și de a-și păstra forma și dimensiunile după extragerea modelului.

Durabilitatea. În urma turnărilor repetate, amestecul de formare se degradează, datorită șocurilor termice ce duc la crăparea granulelor de nisip și deci micșorarea permeabilității. Datorită temperaturilor mai înalte la turnarea oțelurilor decât la turnarea fontelor sau aliajelor neferoase, nisipurile utilizate în primul caz au durabilitate mai mică.

4.2.3. Proprietățile amestecurilor de formare la temperaturi ridicate

Întrucât la temperaturi ridicate intervin și alte solicitări decât cele de la temperatură normală, este necesară cunoașterea lor. Se determină refractaritatea, capacitatea amestecurilor de formare de a degaja gaze la temperaturi ridicate, permeabilitatea, rezistența mecanică, reacția metal – formă etc.

Refractaritatea. În cazul când la turnarea metalului în formă se produce topirea sau înmuierea amestecului de formare, la solidificare amestecul de formare aderă la suprafața piesei, formând o crustă cu o duritate mai mare.

Refractaritatea amestecurilor de formare depinde numai de compoziția chimică și mineralogică a lor, cuarțul și caolinul având refractaritate foarte mare iar feldspații refractaritate scăzută. La turnare, se comportă mai bine granulele mari și fără colțuri, căci se încălzesc mai încet decât cele mici și cu colțuri.

Practic, importantă este temperatura de vitrificare nu cea de topire, deoarece nisipurile au temperaturi de vitrificare mai mici decât cele de topire.

Temperatura de vitrificare este temperatura la care o parte din particulele amestecului de formare se topesc, în cantitate suficientă, pentru a umple spațiile dintre celelalte particule, făcând masa atât de compactă, încât porozitatea să fie mai mică de 1%.

Capacitatea amestecurilor de formare de a degaja gaze la temperaturi înalte. Gazele pot să provină din : evaporarea umidității și a solvenților; arderea diverselor materiale organice din forme și miezuri; gazeificarea și distilarea diverselor hidrocarburi; evaporarea apei de cristalizare.

Pentru studiul formării suflurilor în piesele turnate, este foarte important să se cunoască volumul total al gazelor degajate la turnare, viteza de formare a gazelor și temperatura lor.

4.2.4. Pregătirea materialelor și prepararea amestecurilor de formare

Deoarece în natură se găsesc puține materiale care îndeplinesc condițiile impuse în turnătorie, este necesar ca materialele ce compun amestecurile de formare să suporte anumite operații de preparare.

În figura 4.1 se prezintă circuitul amestecului de formare în cazul formării manuale (a) și mecanizate (b).

În vederea obținerii unui amestec de formare de bună calitate, prepararea materiilor prime se face diferențiat:

- pregătirea nisipurilor proaspete (noi);
- pregătirea argilei și bentonitei;
- pregătirea amestecului folosit;
- pregătirea adaosurilor;
- dozarea acestor materiale cu apă și lianți, însoțită de o amestecare pentru omogenizare;
- afânarea sau aerarea amestecului de formare.

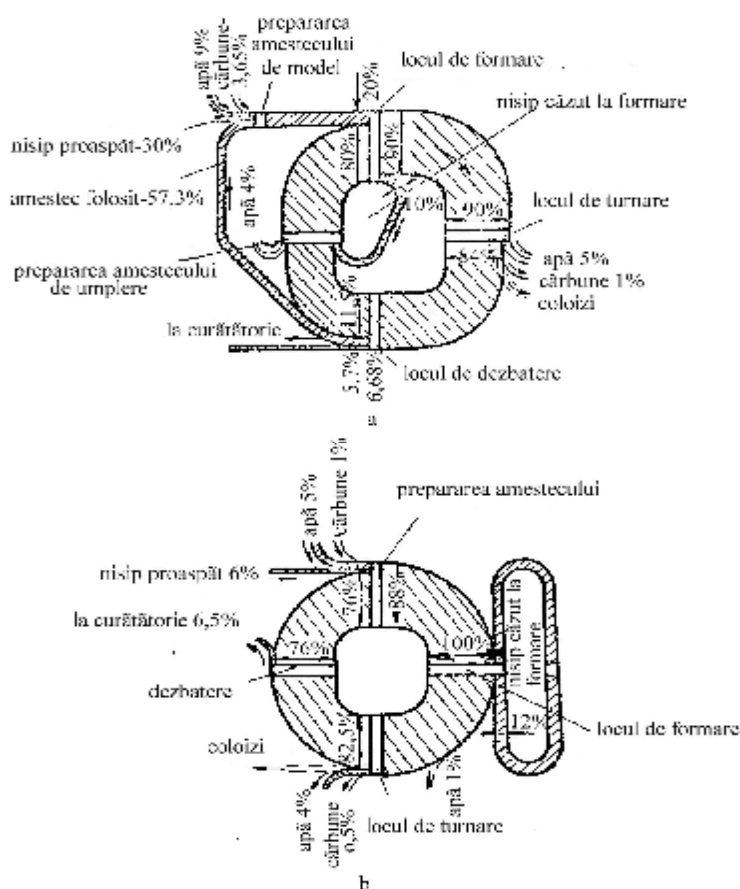


Fig.4.1. Circuitul materialelor și amestecurilor de formare. *a-formare manuală; b-formare mecanizată*

4.2.4.1. Prepararea nisipurilor proaspete

Operațiile principale sunt: uscarea, cernerea, sfărâmarea și depozitarea.

Uscarea este necesară deoarece reglarea umidității se face în limite foarte strânse. Se poate face cu uscătoare plită, uscătoare rotative de tip orizontal sau vertical, uscătoare în pat fluidizat etc.

Uscătoarele tubulare orizontale sunt cele mai răspândite, în figura 4.2 fiind prezentată schema de principiu. Uscătorul are un unghi de înclinare $\alpha = 5^\circ$ față de orizontală pentru a permite deplasarea nisipului către partea de evacuare. Viteza de rotație a cuptorului este 2 – 10 rot/min. Uscătorul funcționează în echicurent, cu combustibil lichid sau gazos. Faptul că gazele fierbinți vin în contact cu nisipul cel mai umed nu constituie un dezavantaj, umiditatea nisipului protejându-l de șocul termic.

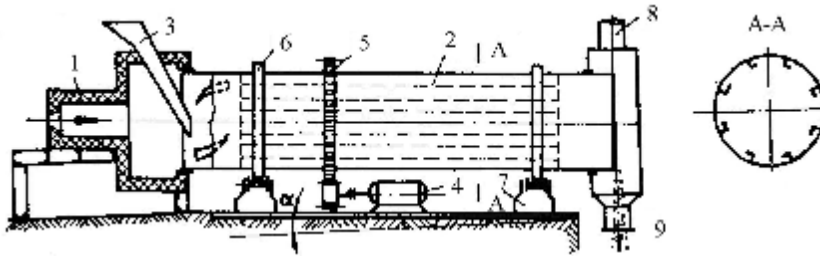


Fig.4.2. Uscător orizontal. 1-focar; 2-cuptorul propriu-zis; 3-pâlnie de alimentare cu nisip umed; 4-motor de antrenare; 5-coroană dințată; 6-inel de susținere; 7-role de susținere; 8-coș evacuare gaze; 9-orificiu evacuare nisip uscat; α -unghiul de înclinare față de orizontală.

Acest tip de uscătoare prezintă următoarele dezavantaje:

- ocupă suprafață mare;
- au productivitate scăzută, 0,5...10 t/h pentru nisip și max. 3,5 t/h pentru argilă;
- au randament termic scăzut și consum de combustibil mare.

Uscătoare în pat fluidizat. Uscarea se face prin trecerea unui curent de gaz sau aer cald prin nisipul ce trebuie uscat. Viteza minimă a gazului la care începe fluidizarea este dată de relația:

$$v_{\min} = \sqrt{3gd \frac{\rho_n - \rho_g}{\rho_g}}$$

în care, g este accelerația gravitațională; d – diametrul mediu al granulelor de nisip; ρ_n - densitatea reală a nisipului; ρ_g - densitatea gazului utilizat.

La viteza de fluidizare, gazele curg în jurul granulelor făcând să dispară contactul dintre ele, figura 4.3.a. La mărirea vitezei gazelor pot avea loc următoarele fenomene:

- formarea unor bule de aer care trec prin nisip fără să-l antreneze (fig.4.3.b);
- ridicarea nisipului în straturi, fără fluidizare (fig.4.3.c);
- transportul pneumatic al nisipului (fig.4.3.d).

În figura 4.4 este prezentată schema de principiu a instalației de uscare în strat fluidizat a nisipului.

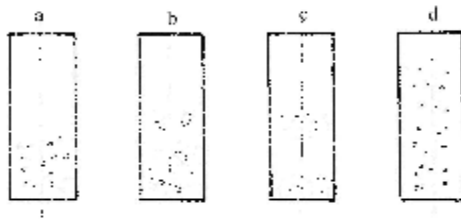


Fig.4.3. Principiul de funcționare al uscătorului în strat fluidizat

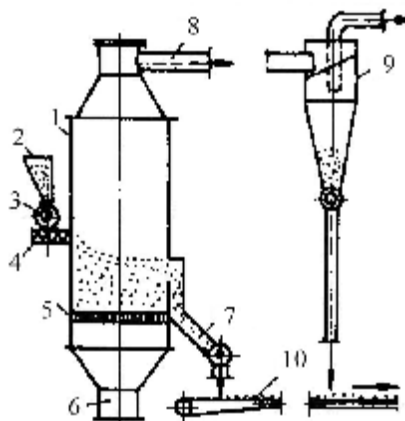


Fig.4.4. Schema de principiu a instalației de uscare în pat fluidizat. 1-uscătorul propriu-zis; 2-pâlnie de alimentare;3-dozator;4-alimentator; 5-placă poroasă;6-intrare gaze arse;7-evacuare nisip uscat;8-evacuare gaze și praf;9-ciclon;10-bandă transportoare.

O fluidizare bună se obține atunci când înălțimea stratului de nisip fluidizat este de 500...1.000 mm, iar viteza gazelor arse de 0,4...0,5 m/s.

Aceste uscătoare au randament termic ridicat, 80...86%, productivitatea de 9...10 t/h și consum 6...7 kg combustibil convențional pe tona de nisip uscat. Temperatura din stratul de nisip se menține constantă, în jur de 105°C.

Cernerea – se face printr-o sită cu ochiul de 5 x 5 mm, în vederea separării bulgărilor, pietrișului și a eventualelor corpuri străine sau a sortării granulelor de nisip după mărime. Sitele utilizate în turnătorii pot fi oscilante, rotative și vibratoare.

Sfărâmarea. Bulgării de nisip aglomerat se sfărâmă pentru a fi reintroduși pe site pentru cernere cu ajutorul unor concasoare cu cilindri sau role.

4.2.4.2. Pregătirea argilei și bentonitei

Pregătirea cuprinde patru operații mai importante: uscare, sfărâmare, măcinare și cernere.

Uscarea este necesară pentru a permite măcinarea, deoarece în stare naturală acești lianți conțin un procent ridicat de apă. Această operație este mai pretențioasă decât în cazul nisipului, deoarece depășirea temperaturii duce la pierderea apei de constituție și a proprietăților de liere.

Sfărâmarea are rol de a micșora bulgării în vederea măcinării și se execută în concasoare cu fălci.

Măcinarea se face în mori cu rulouri, mori cu bile și mori cu ciocane.

Cernerea. Deoarece materialul obținut după măcinare este neomogen ca mărime, se supune unei operații de cernere, după care, refuzul sitei se introduce în moară pentru măcinare.

4.2.4.3. Pregătirea amestecului folosit

Ocupând un volum mare la formare, s-au construit instalații corespunzătoare, principalele operații fiind: cernerea preliminară, sfărâmarea bulgărilor, separarea bucăților metalice și cernerea finală.

Cernerea preliminară se face pe grătarul dezbătătorului odată cu scoaterea piesei din formă, sau pe o sită mai rară, în vederea înlăturării bucăților mari de materiale metalice.

Sfărâmarea bulgărilor se execută în concasoare cu cilindri, reglate astfel încât să nu producă sfărâmarea granulelor de nisip.

Separarea bucăților metalice se face magnetic sau cu separatoare de tip Corona. Separatoarele magnetice se utilizează la prepararea amestecurilor de formare folosite în turnătoriile de aliaje feroase. Ele pot fi cu magneți ficși (fig.4.5-a) sau cu magneți rotitori (fig.4.5-b)

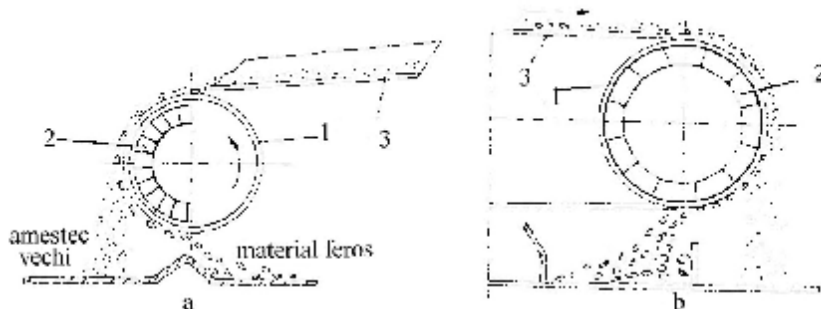


Fig.4.5. Separatoare magnetice pentru aliaje feroase. 1-tobă cilindrică;2-electromagnet;3-bandă transportoare.

Separarea pe cale electrică cu separatoare tip Corona se utilizează în cazul separării bucăților metalice la turnarea aliajelor neferoase.

4.2.4.4. Pregătirea adaosurilor.

Pregătirea adaosurilor se face printr-o măcinare urmată de cernere.

4.2.4.5. Prepararea amestecurilor de formare

Prepararea amestecurilor se face prin amestecarea materialelor necesare în proporția dorită cu apă și lianți și în final se aerează.

Amestecarea are rol hotărâtor asupra calității amestecurilor de formare. La o bună amestecare, liantul îmbracă bine granulele de nisip.

Aerarea sau afânarea este necesară pentru mărirea permeabilității amestecului și prevenirea producerii suflurilor.

În turnătorii se folosesc diverse tipuri de aeratoare. Aeratorul mobil prezentat în figura 4.6. cuprinde o bandă de cauciuc (1) prevăzută cu lamele transversale (2). Banda antrenată de motorul (4) se rotește cu viteză mare pe două role (3). Amestecul de formare se introduce în cutia (5) de unde este proiectat pe un ciur.

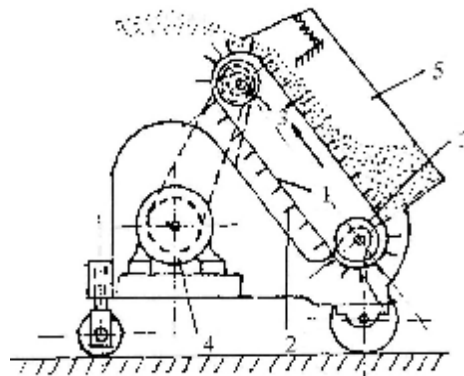


Fig.4.6. Aeratorul mobil

4.2.5. Posibilități de re folosire a amestecurilor de formare fără regenerare

Întrucât în timpul turnării granulele de nisip crapă datorită șocului termic, se micșorează permeabilitatea, iar argila pierde apa de constituție, deci proprietățile de liere.

În cazul refolosirii amestecurilor de formare, se recurge la adăugarea de lianți noi, pentru a compensa liantul degradat la turnare.

Cu toate acestea, rezistența mecanică scade întrucât la fiecare preparare granulele de nisip se învelesc cu o peliculă de liant și nu se mai realizează un contact direct între granulele de cuarț, ci prin intermediul liantului, figura 4.7.

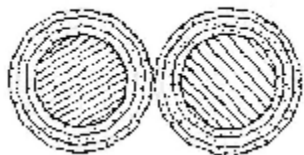


Fig.4.7. Granulele de cuarț învelite cu straturile de liant

În mod normal, amestecurile de formare clasice cu argilă și bentonită se reîmprospătează după fiecare turnare și se refolosesc. În cazul amestecurilor de formare cu rășini sintetice, acestea nu se bucură în practică de o nouă preparare ca amestec cu rășini. Se obțin rezultate bune însă prin utilizarea unor lianți anorganici (argilă, bentonită, silicat de sodiu).

Amestecurile de formare cu silicat de sodiu se pot refolosi, fără regenerare, cu lianți anorganici în condiții asemănătoare cu amestecul inițial obținut cu nisip nou. Proprietățile mecanice și permeabilitatea corespund, refractaritatea scade însă la o nouă preparare.

4.2.6. Regenerarea amestecurilor de formare

4.2.6.1. Considerații generale

Deoarece în momentul de față necesarul de nisip de calitate superioară crește, se impune regenerarea amestecurilor de formare.

Împrospătarea amestecurilor de formare nu este o regenerare. La regenerare se îndepărtează componentele degradate, iar nisipul obținut după regenerare trebuie să aibă proprietăți comparabile cu ale nisipului nou.

Regenerarea cuprinde următoarele procese tehnologice:

- pregătirea amestecului de formare pentru regenerare;
- desprinderea peliculelor de liant de pe suprafața granulelor de nisip;
- separarea peliculelor de liant și a componentelor degradate de nisipul regenerat și eventual clasarea nisipului.

Ca operație specifică pentru regenerare, este desprinderea peliculelor de liant care se poate face prin mai multe metode.

4.2.6.2. Regenerarea pe cale termică

Este o ardere a liantului și se aplică la amestecurile cu lianți organici. În cazul lianților anorganici, calcinarea mărește aderența liantului la suprafața granulei de nisip, deci este contraindicată. În urma regenerării amestecurilor de formare cu lianți organici, pe cale termică, rezultă un nisip a cărui calitate este comparabilă cu a nisipului nou. Operația de regenerare se consideră terminată când încetează pierderile la calcinare.

Lianții organici cu rășini sintetice formează pelicule atât de rezistente pe suprafața granulelor de nisip, încât îndepărtarea lor nu este posibilă prin nici o altă metodă de regenerare în afară de cea termică. Instalațiile de regenerare pe cale termică nu necesită utilaje suplimentare pentru separarea peliculelor de liant de granulele de cuarț, deoarece după ardere nu mai rămân pelicule.

În figura 4.8. este prezentată schema unei instalații de regenerare termică pentru nisip cu liant termoreactiv și răcire cu aer în strat fluidizat.

Partea principală este cuptorul de calcinare unde nisipul este încălzit la peste 800°C. Cuptorul este prevăzut cu trei zone de fluidizare:

- zona I, de preîncălzire a nisipului la temperaturi de 300±50°C care se realizează cu ajutorul produselor de ardere ce părăsesc zona de calcinare la 800°C;

- zona a II-a, de calcinare, în care se arde un strat combustibil solid, cu aer preîncălzit în zona a III-a;
- zona a III-a, de răcire a nisipului calcinat, cu aerul folosit pentru arderea combustibilului, care se preîncălzește la cca. 600 °C;

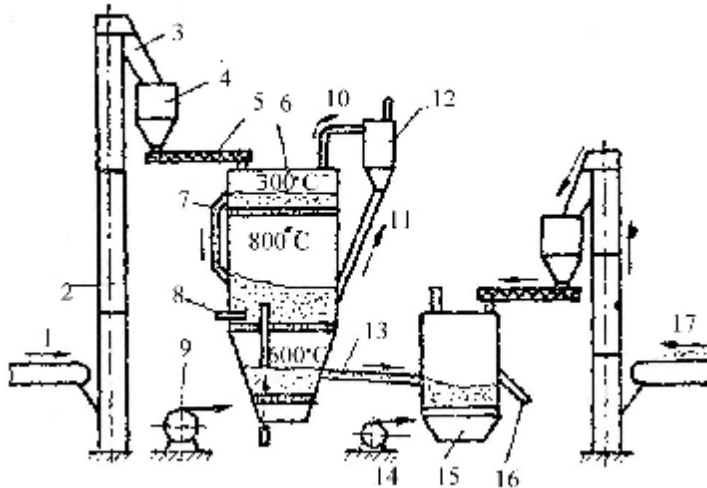


Fig.4.8. Schema unei instalații de regenerare termică a amestecurilor de formare cu lianți termoreactivi: 1-bandă transportoare; 2-elevator; 3-jgheab; 4-pâlnie-rezervor; 5-doзатор; 6-cuptor calcinare; 7-conductă; 8-arzător; 9-ventilator; 10,11-conducte; 12-ciclon; 13-jgheab; 14-ventilator; 15-instalație de răcire; 16-jgheab; 17-bandă transportoare

Operația de calcinare, în cuptorul cu pat fluidizat, necesită combustibil numai pentru amorsarea arderii, după care este suficient liantul rămas pe granule pentru a întreține arderea. Este economic ca în cazul utilizării nisipului pentru forme-coji cu liant termoreactiv, să se adauge nisip nou, umed și după omogenizarea în cuptorul cu strat fluidizat, să se utilizeze direct în instalația de peliculizare (temperatura cca 180 °C).

4.2.6.3. Regenerarea prin șoc mecanic

Se bazează pe crăparea peliculei de liant urmată de desprinderea acesteia de pe suprafața granulei, ca urmare a proiectării nisipului cu viteză mare pe un blindaj din metal rezistent la abraziune.

Dintre cele mai utilizate tipuri de aparate pentru regenerare amintim concasorul cu șocuri și regeneratorul planetar.

Concasorul cu șocuri, figura 4.9, realizează o zdrobire cu efect selectiv. Bulgării, ca urmare a lovirii de plăcile de șoc sunt aruncați din nou pe rotor și nu trec până nu ajung la o granulație ce permite trecerea printre rotor și plăcile de șoc. Deoarece masa granulelor este mică, nu se produce crăparea peliculei de liant, ci desprinderea ei. După zdrobirea bulgărilor, amestecul folosit este trecut printr-un vibroselector cu contracurent, unde are loc separarea liantului de granulele de nisip.

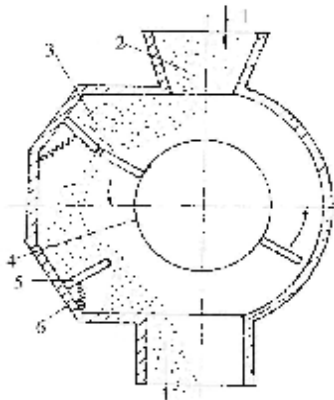


Fig.4.9.Concaserul cu șocuri: 1-amestec folosit; 2-pâlnie; 3-palete; 4-rotor; 5-plăci de șoc; 6-resort.

Pierderile de nisip sunt de cca 15%. Se impune însă ca umiditatea amestecului ce se regenerează să nu fie mai mare de 1,5%, pentru a preveni lipirea de granulele de cuarț a pulberii detașate prin șoc.

4.2.6.4. Regenerarea prin șoc termic și mecanic

În figura 4.10 este prezentată schema generală a instalației combinate de regenerare termică și mecanică. Metoda și instalația se pretează la regenerarea nisipului din amestecurile de formare în care lianții preponderenți sunt rășinile sintetice și argila sau bentonita.

Nisipul adus cu banda 1, este preluat de elevatorul 2 și introdus în cuptorul de calcinare (regenerare termică), 3. După arderea peliculei de liant, nisipul este trecut în răcitorul 4, străbătut continuu de un curent de aer rece. Praful și produsele de ardere ies prin conducta 5 și pătrund în ciclonul 6. Aici se depun praful și cenușa, iar gazele de ardere părăsesc instalația prin conducta 7.

Alimentatorul 8 transportă nisipul regenerat termic în instalația de regenerare mecanică (în cazul de față regenerare pneumatică). Elevatorul 9 descarcă nisipul care mai conține resturi ale produselor de ardere aderente la granulele de nisip, rășină nearsă sau mai puțin arsă, argilă deshidratată, în buncărul tampon 10.

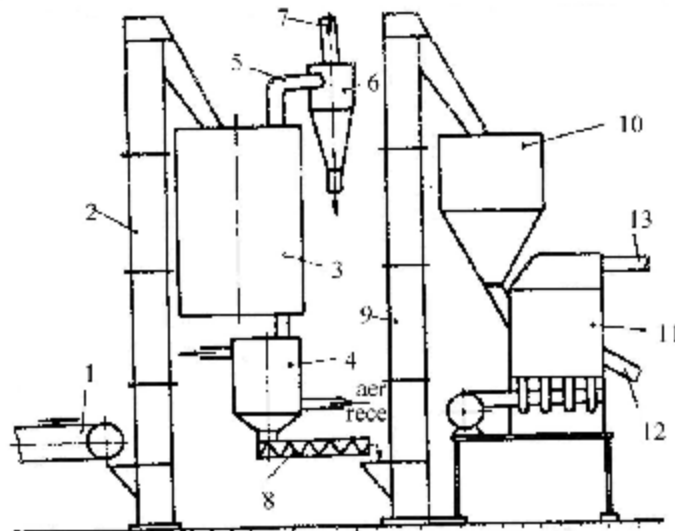


Fig.4.10. Instalație combinată de regenerare (termică și pneumatică)

De aici nisipul este trecut în instalația de regenerare pneumatică 11 pentru definitivarea procesului de regenerare. Nisipul regenerat este evacuat prin pâlnia 12, iar praful și pelicula de liant desprinsă de pe granulele de nisip ies prin conducta 13.

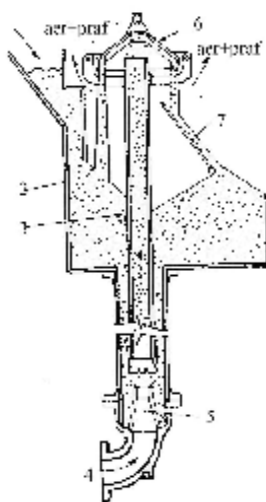
4.2.6.5. Regenerarea prin lovire cu alice de sablare

Se aplică la formele realizate fără rame de formare, când curățirea pieselor se face cu alice de sablare. După regenerare, odată cu nisipul, se recuperează și alicele prin separare magnetică.

4.2.6.6. Regenerarea prin frecare

Este mai eficientă decât cea care se realizează prin șoc mecanic, iar degradarea granulelor de nisip este mai mică. Există aparate pentru frecare uscată și pentru frecare umedă.

Regenerarea prin frecare uscată, se face cu ajutorul unor celule de regenerare pneumatică, figura 4.11.



Amestecul este introdus prin pâlnia 1, în spațiul dintre peretele 2 și țeava interioară 3.

Prin duza 5, aerul comprimat trimite în țeava 3 nisipul, izbindu-l pe ecranul 6.

Ca urmare a frecării între granule și a lovirii lor, are loc desprinderea peliculei de liant. După părăsirea ecranului, o parte din nisip este antrenat cu o aripă din tablă 7, cu poziție reglabilă, către siloz sau către o nouă celulă de abraziune, în timp ce majoritatea nisipului cade în spațiul celulei, de unde este supus din nou la abraziune, prin proiectare pe ecranul de oțel.

După intrarea în regim, desprinderea se realizează prin frecare căci pe ecran va fi un strat de nisip.

Fig.4.11.Schema unei celule pneumatice

Pentru regenerare, se utilizează o serie de celule care formează un agregat de regenerare. O deficiență a acestei metode o constituie poluarea atmosferică.

Regenerarea pe cale umedă. Nisipul astfel regenerat este superior celui regenerat pe cale uscată, fiind însă mai scump.

Regenerarea pe cale umedă cuprinde două etape distincte: desprinderea peliculei de pe granule și separarea peliculei de granule.

Desprinderea peliculei de liant se realizează într-o celulă de abraziune, figura 4.12, care funcționează ca un agitator și în care se introduce 75% amestec și 25% apă. Rolul apei este de a umecta nisipul.

O abraziune atât de puternică nu se realizează prin nici o altă metodă. Grupul de abraziune are funcționare continuă. Amestecul de formare intră prin deschiderea 1, în prima celulă, 2, din grupul de abraziune, unde este supus frecării cu paletele 3, ce au înclinare de 30° față de orizontală.

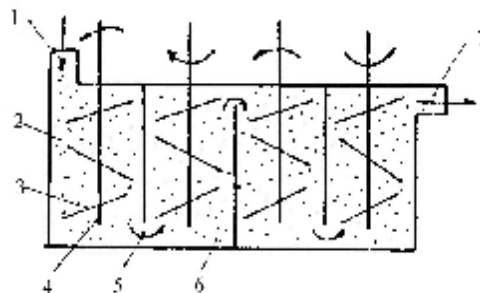


Fig.4.12. Grup de abraziune

Din prima celulă 2, amestecul trece prin deschiderea 5 în celula a doua, 6. Trecerea nisipului este posibilă datorită faptului că prima celulă este alimentată continuu, iar paletele de jos acționează ca o pompă. Durata de abraziune dorită se poate realiza prin viteza de alimentare a celulei cu amestec de formare, sau prin mărirea numărului de celule dintr-un grup.

Pentru separarea peliculei se utilizează clasoare elicoidale și hidrocicloane.

Costul unei tone de nisip astfel regenerat este 20% din costul unei tone de nisip nou, iar proprietățile mecanice ale amestecurilor de formare obținute cu astfel de nisipuri sunt superioare celor cu nisip nou. Superioritatea se explică în primul rând prin rotunjirea granulelor de nisip care în stare naturală sunt colțuroase iar după regenerare au formă apropiată de sferă, figura 4.13.

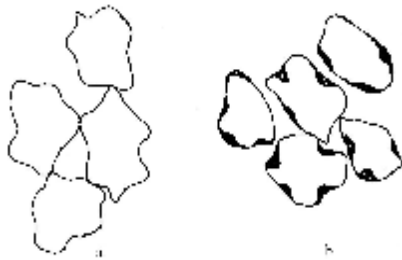


Fig.4.13. Aspectul granulelor de nisip natural (a), și regenerat (b)

Creșterea rapidă a producției de piese turnate, concomitent cu folosirea de lianți speciali, impune regenerarea amestecurilor de formare, ceea ce justifică interesul deosebit pentru această problemă.

CAP.V. EXECUTAREA FORMELOR ȘI MIEZURILOR

5.1. Generalități

Cea mai importantă operație din procesul tehnologic de obținere a pieselor prin turnare este îndesarea amestecului de formare sau formarea.

Îndesarea asigură amestecului de formare rezistența mecanică necesară menținerii configurației și dimensiunilor cavității forme. Până la solidificarea și răcirea forme, forma trebuie să fie elastică pentru a permite contracția piesei, altfel pot să apară crăpături în piesele turnate.

La îndesare, volumul ocupat de amestecul de formare se micșorează, păstrând constant produsul:

$$V_i \cdot \rho_i = V_f \cdot \rho_f = M,$$

În care, V_i este volumul inițial al amestecului (înainte de îndesare); ρ_i - densitatea aparentă inițială a amestecului; V_f - volumul final al amestecului (după îndesare); ρ_f - densitatea aparentă finală a amestecului; M - masa totală a amestecului de formare îndesat în formă. În mod normal, densitatea aparentă a amestecului de formare în stare îndesată este $1,5 \dots 1,75 \text{ g/cm}^3$.

Formarea este o operație de mare importanță la obținerea pieselor turnate deoarece influențează în multe cazuri hotărâtor, tehnicitatea și economicitatea procesului tehnologic de obținere a pieselor turnate. Astfel, din punct de vedere tehnic s-a constatat că la turnarea în forme temporare, aproximativ 50% din rebuturile din turnătorii sunt cauzate de deficiențe ale formării. Influența mare din punct de vedere economic este determinată de faptul că 60% din volumul de muncă pentru obținerea pieselor turnate în forme temporare se consumă pentru formare.

În funcție de configurația, dimensiunile și prescripțiile tehnice ale piesei turnate, volumul producției, proprietățile materialului de turnat, au fost elaborate mai multe metode și procedee de realizare a formelor temporare:

- manuale – în rame: cu model și cu șablon
 - în solul turnătoriei: cu pat moale (cu model);
cu pat tare- cu model și cu șablon;
 - în miezuri;
 - în forme semipermanente;
- mecanice: prin presare; prin scuturare; prin aruncare; prin suflare; prin împușcare;
- speciale: care determină și procedeele speciale de turnare.

5.2. Îndesarea manuală a formelor

5.2.1. Generalități

Îndesarea manuală se aplică, de obicei, în cazul pieselor unicate sau de serie mică, când nu este rentabilă mecanizarea formării.

Obiectivul principal îl constituie obținerea unui grad de îndesare optim, repartizat uniform pe toată înălțimea ramei. Când stratul îndesat este prea gros, gradul de îndesare este neuniform pe înălțime, figura 5.1.

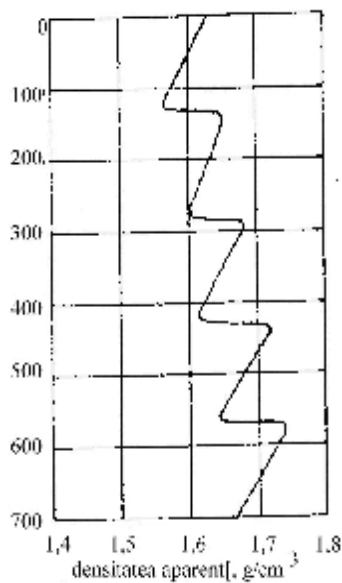


Fig.5.1. Variația gradului de îndesare pe înălțimea formei, la formarea manuală.

Grosimea optimă a stratului îndesat este de 120 mm. Formarea manuală este larg răspândită în special la piesele unicate, gradul de îndesare diferă însă de la un muncitor la altul și chiar la același muncitor, în funcție de gradul de oboseală.

5.2.2 Formarea manuală în rame de formare

Formarea în rame intervine cu ponderea cea mai mare în producția de piese turnate, deoarece oferă cele mai multe posibilități de aplicare și nu ocupă pe timp îndelungat suprafețele de producție, ca în cazul formării în solul turnătoriei. Se poate realiza în două sau mai multe rame de formare.

Formarea în două rame este metoda clasică de formare, cele mai multe piese turnate realizându-se prin această metodă de formare. Formarea în două rame se aplică în cazul modelelor simple fără plan de separație sau cu un plan de separație.

În figura 5.2. se prezintă succesiunea principalelor faze ale procesului tehnologic pentru formarea cu model secționat cu o suprafață de separație plană.

Principalele faze ale procesului tehnologic de formare sunt: așezarea semimodelului inferior pe o placă, presărarea pudrei de izolație dintr-un săculeț (licopodium, nisip fin etc) (a); se introduce un strat de 100-150 mm amestec de model care se presează cu mâna în jurul modelului (b); se încarcă amestecul de umplere care se îndeasă manual sau mecanic în straturi de 50...100 mm, succesiv (c); se răzuiește cu rigla surplusul de amestec și se fac canalele de aerisire cu ajutorul unei vergele(d); se întoarce rama inferioară cu 180°, se așează rama superioară și semimodelul superior cu ajutorul știfturilor de ghidare și se pudrează cu pudră de izolație (e); se așează corect elementele de model pentru piciorul de turnare, maselotă și canal de aerisire (f); se introduce un strat de amestec de model care se îndeasă cu mâna și apoi amestecul de umplere care se îndeasă cu bătătorul; se nivelează partea superioară a formei și se realizează canalele de aerisire și pâlnia de alimentare; se scot elementele de model pentru piciorul pâlniei, maselote și a canalului de aerisire (g); se întoarce rama superioară cu 180°, se curăță, se realizează canalele de alimentare și se demulează semimodelele (h și I); se assemblează și se asigură forma pentru turnare.

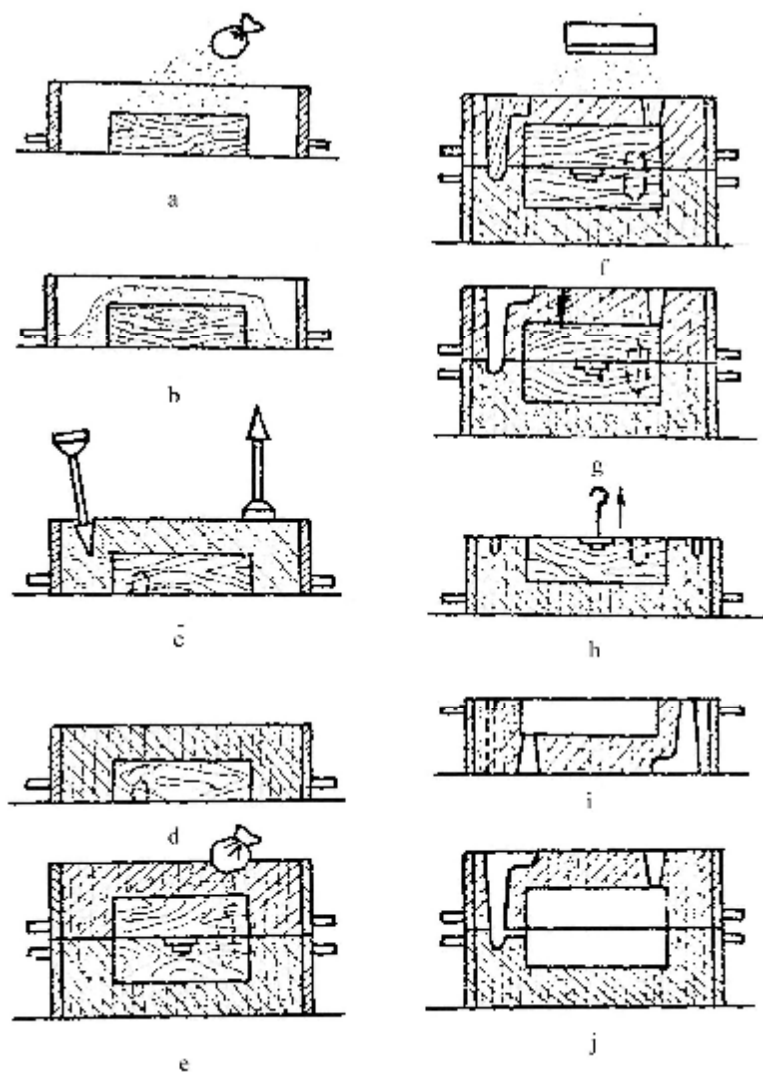


Fig.5.2. Fazele principale ale formării cu model secționat

5.2.3. Formarea manuală în solul turnătoriei

Formarea în solul turnătoriei se utilizează: în cazul pieselor cu dimensiuni și mase mari, când manevrarea și întoarcerea ramelor provoacă greutate; când nu există rame cu dimensiuni corespunzătoare piesei respective; în cazul pieselor de importanță redusă care se pot turna deschis (cârlițe, plăci, suporturi, răcitoare etc).

Pentru a se putea forma în solul turnătoriei, este necesar să se realizeze un suport de amestec de formare care se numește pat de formare. Patul de formare destinat pieselor mai mici are un grad de îndesare scăzut și se numește pat moale, iar cel destinat pieselor grele are un grad de îndesare mai mare și se numește pat tare.

Formarea cu model în solul turnătoriei pe pat tare, se face în felul următor (figura 5.3): se sapă o groapă în solul turnătoriei, mai adâncă cu 200...300 mm decât înălțimea maximă a modelului.

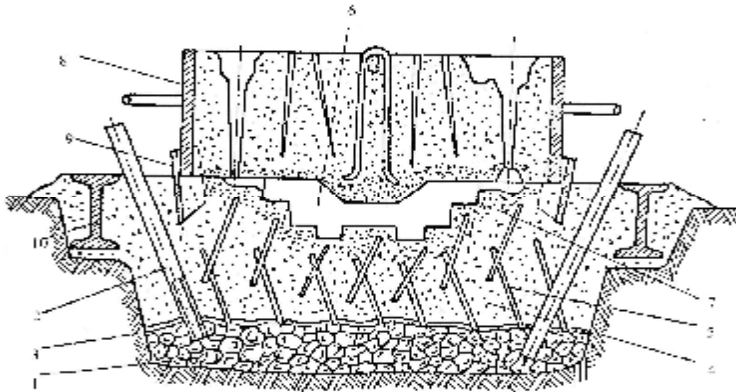


Fig.5.3. Formă executată în solul turnătoriei

Pe fundul gropii se așează un pat de cocs de turnătorie (1), pentru a se asigura o evacuare bună a gazelor din formă; în stratul de cocs, pe marginile gropii se introduc capetele a 3 – 4 țevi (2), distanțate între ele, pentru dirijarea gazelor în exterior, capetele superioare ale țevilor fiind înfundate cu câlț sau hârtii pentru a nu pătrunde amestec în interiorul lor; se acoperă stratul de cocs cu paie sau o rogojină(3), peste care se îndeasă amestec de umplere (4) și se execută canalele de aerisire (5); peste amestecul de umplere îndeasă se depune un strat de amestec de model (7), în care se imprimă modelul pentru executarea cavității(6). Cavitățile sunt închise în partea de sus de semiforma superioară (denumită și capac), executată într-o ramă de formare (8), după metoda prezentată la formarea în rame.

Centrarea celor două părți componente ale formei se realizează prin intermediul cornierelor metalice (9) înfipte în patul de turnare, la colțurile ramei. Între ele există o suprafață de separație plană, obținută cu ajutorul șinelor (10), care sunt așezate paralel în sol, astfel încât să fie perfect orizontale și la aceeași înălțime.

Formarea în pat moale se face în mod similar, cu pregătirea patului moale care constă în umplerea completă a gropii cu amestec unic de formare și apoi imprimarea modelului în amestecul unic de formare.

5.2.4. Formarea cu șablonul

Șabloanele sunt niște plăci profilate, din lemn sau din metal, care înlocuiesc modelele. Configurația cavității formei se obține prin rotirea sau translarea șablonului în amestecul de formare. Profilul părții active-folosită pentru răzuirea amestecului de formare se determină după configurația și dimensiunile piesei de turnat.

5.3. Formarea mecanizată

5.3.1. Considerații generale

Se consideră formare mecanizată, acea formare la care cel puțin operația de îndeasă a amestecului în formă este mecanizată. În general, sunt mecanizate operațiile grele, cu volum mare de muncă și anume: umplerea ramelor cu amestec de formare, îndeșarea amestecului, extragerea modelului din formă, transportul formelor. Pentru formare se folosesc în general plăci portmodel.

Folosirea integrală a posibilităților de creștere a productivității muncii impune respectarea următoarelor condiții de bază: mecanizarea preparării și distribuției amestecului la mașinile de format; amestec unic de formare; turnarea în forme crude.

Formarea mecanizată se poate face prin mai multe metode dependente de tipul mașinii de format a căror clasificare se face astfel:

- după modul de acționare: pneumatică, hidraulică, mecanică, electromagnetică;
- după modul de extragere a modelului din formă: mecanisme cu cepuri; mecanisme cu pieptene; mecanisme cu masă rotativă; mecanisme cu masă rabatabilă;
- după modul de îndesare a amestecului: prin presare; prin scuturare; prin aruncare; prin suflare; prin împușcare.

5.3.2. Îndesarea prin presare

5.3.2.1. Mecanismul îndesării

Compactizarea se produce sub acțiunea unor forțe exterioare, aplicate uniform și unidirecțional pe una din suprafețele forme. În cazul unui amestec teoretic compus numai din granule sferice, fără liant, repartitia presiunii sabotului este prezentată în figura 5.4.

Se observă că presiunea specifică integrală se transmite numai asupra unui număr mic de sfere așezate sub formă de triunghi. Pentru a se obține un grad de îndesare cât mai uniform, sabotul trebuie să acopere toată suprafața ramei de formare.

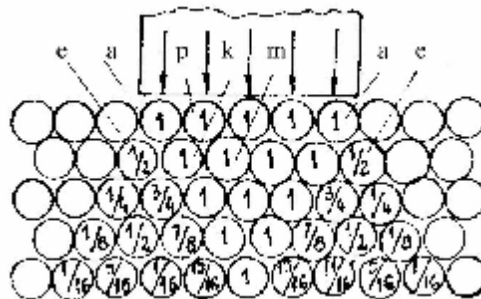


Fig.5.4. Repartiția presiunii pe sfere fără liant

Diametrul pistonului are o mare influență asupra repartiției presiunii, ceea ce se observă în figura 5.5.

La mașinile de format prin presare, gradul de îndesare a amestecului de formare variază pe înălțimea forme, conform figurii 5.6-a la presarea de sus în jos și 5.6-b la presarea de jos în sus.

Cel mai mare grad de îndesare se obține la suprafața de presare, după care scade către partea centrală a forme, iar la bază lângă placa de model crește din nou.

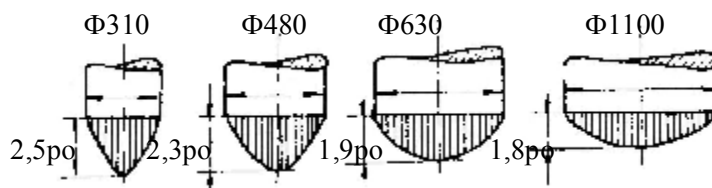


Fig.5.5. Influența diametrului pistonului asupra repartiției presiunilor în formă.

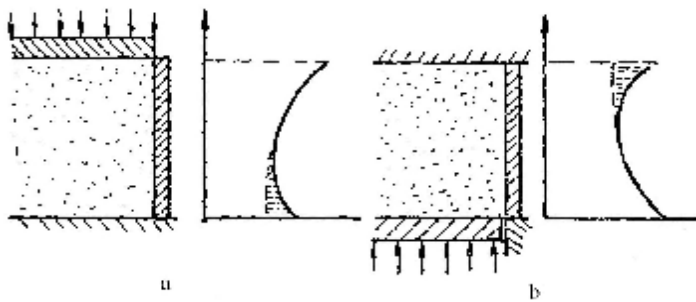


Fig.5.6. Variația gradului de îndesare cu înălțimea formei: a-la presarea de sus; b-la presarea de jos.

Formarea prin presare este indicată pentru piesele cu înălțime mică. Între presiunea de presare p în N/cm^2 și gradul de îndesare ρ_a s-a stabilit următoarea relație:

$$\rho_a = 1 + k \cdot \left(\frac{p}{10}\right)^{0,25}, [\text{g/cm}^3]$$

în care, k este coeficientul de îndesare a formei ($k=0,4 \dots 0,6$).

Această relație este valabilă pentru presiuni cuprinse între $20 \dots 50 \text{ N/cm}^2$.

Îndesarea este însoțită de : distrugerea unei părți a contactelor dintre granule; apariția unor puncte noi de contact, ca urmare a îndesării amestecului de formare.

S-a stabilit următoarea ecuație analitică a presării:

$$p = p_0 \cdot e^{\frac{\lambda}{k}}$$

în care, $\lambda = \frac{\Delta H}{H_0}$; H -înălțimea ramei de formare; H_0 -înălțimea inițială a coloanei amestecului de formare; k -coeficient de îndesare.

5.3.2.2. Metode de formare prin presare

După sensul de aplicare a forței, mașinile de presare pot fi cu presare de sus sau cu presare de jos.

Mașinile cu presare de sus sunt cele mai răspândite, dar prezintă inconvenientul că gradul cel mai mare de îndesare îl are suprafața liberă a formei, nu cea activă, ceea ce micșorează precizia dimensională a piesei turnate.

Schema unei astfel de

mașini este

prezentată în figura 5.7.

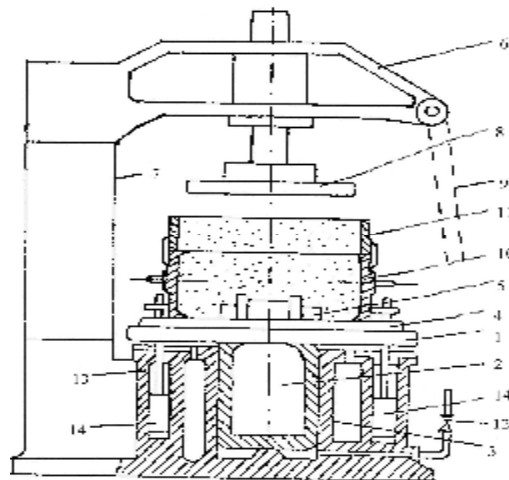


Fig. 5.7. Schema mașinii de format cu presare de sus

Masa mașinii (1) face corp comun cu pistonul (2) al cilindrului (3). Placa port-model (4) și modelul (5) sunt prinse pe masa mașinii. Brațul (6), care se poate roti în jurul unui ax montat în coloana (7), este prevăzut cu sabotul reglabil de presare (8), tija (9) servind ca sprijin în timpul presării pentru brațul (6). Rama de umplere (11) se poziționează peste rama de formare (10) și apoi se umple cu amestec atât rama (10) cât și (11).

La îndesare brațul (6) cu sabotul (8) se aduce deasupra ramei de formare și se deschide robinetul (12). După îndesare, pistonul coboară în poziție inițială, se nivelează amestecul și se execută canalele de aerisire.

Semiforma se ridică de pe masa mașinii cu ajutorul pistoanelor (14) din cilindrii (13). Se utilizează și un vibrator pentru a ușura extragerea.

Mașini cu presare de jos. În acest caz gradul de îndesare cel mai ridicat este la cavitatea formei.

Schema unei asemenea mașini este redată în figura 5.8. Masa mașinii (1), cu placa de model (2) și cu modelul (3) se deplasează vertical, presând amestecul de formare în rama (4). Rama este fixată prin cepuri de placa (5).

Acest tip de mașini de format sunt mai puțin răspândite deoarece: este necesar să se regleze precis cursa pistonului; uzură mare a mesei mașinii și a ramei; extragerea modelului este complicată; se pretează greu la mecanizare.

O variantă ce îmbină avantajele celor două procedee o constituie presarea de sus, cu placa de model fixată pe sabotul de presare.

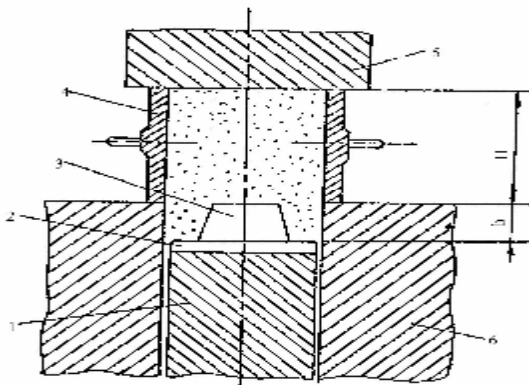


Fig.5.8. Schema mașinilor de format cu presare de jos.

5.3.3. Îndesarea prin scuturare

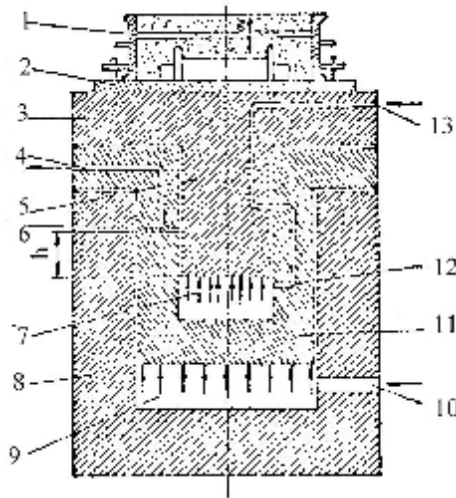
Principiul de lucru al mașinilor de format prin scuturare este prezentat în figura 5.9. Rama de formare (1) se așează pe placa de model (2) și apoi pe masa mașinii (3), care face corp comun cu pistonul (5). Prin orificiul (13) intră aer comprimat în cavitatea (7), creată între pistonul (5) și cilindrul (11). Pistonul se ridică până descoperă orificiul (6), când aerul comprimat este evacuat prin orificiul (4) în atmosferă. Scăzând presiunea în cavitatea (7) pistonul cade liber iar masa mașinii (3) se lovește de cilindrul (11).

Gradul de îndesare a amestecului de formare crește cu numărul de scuturări (căderi) iar la același număr de scuturări, depinde de înălțimea de scuturare h . Înălțimea de scuturare este între 30...80 mm iar presiunea de lucru 50...70 N/cm².

Frecvența scuturărilor este de 250 lovituri pe minut, pentru o formă fiind necesare 30...60 lovituri.

La același număr de scuturări, gradul de îndesare crește cu fluiditatea amestecului de formare.

Fig.5.9. Schema de lucru a unei mașini de format prin scuturare și presare.



Sucesiunea operațiilor la formare este următoarea: se așează rama de formare peste placa port-model; se umple rama cu amestec, manual sau mecanic; se produce îndesarea prin scuturare; se procedează la o îndesare suplimentară la partea superioară a semiformei; se realizează canalele de ventilare și se extrag modelele pentru piciorul de turnare și răsuflători; se vibrează forma pentru desprinderea modelului; se extrage modelul, prin ridicarea semiformei de pe placa de model.

5.3.4. Îndesarea prin aruncare

Metodele de formare mecanizată studiate anterior prezintă câteva dezavantaje: gradul de îndesare al amestecului de formare este neuniform pe verticală; se pretează greu la mecanizarea formării în cazul pieselor mari și a celor turnate individual.

În cazul formării prin aruncare aceste dezavantaje se înlătură. O astfel de mașină cuprinde capul și instalațiile anexă pentru aducerea amestecului de formare la capul centrifug. În figura 5.10 se prezintă schema unui cap de aruncare.

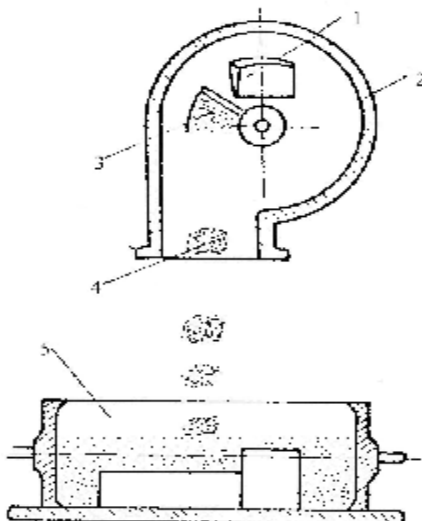


Fig.5.10. Schema de lucru a capului de aruncare centrifug

Amestecul de formare este adus pe banda transportoare la carcasa metalică (2), iar de aici este proiectat cu viteză de către cupa (3), prin deschiderea (4) în rama de formare (5). Capul de

aruncare poate avea una sau mai multe cupe și se poate deplasa manual sau mecanizat deasupra întregii suprafețe a formeii.

Gradul de îndesare se poate modifica prin varierea turației (1200 rot/min la piese din fontă, 1800 rot/min la piese din oțel).

Debitul aruncătorului este de 10...60 m³/h.

Îndesarea se produce sub acțiunea energiei cinetice imprimată pachetului de capul centrifug, precum și datorită ciocnirii pachetului cu amestecul din formă.

La impactul cu amestecul de formare din formă se produc următoarele fenomene:

- îndesarea amestecului din formă produsă de energia cinetică a pachetului;
- îndesarea suplimentară a pachetului sub acțiunea forțelor proprii de inerție;
- pătrunderea pachetului în masa de amestec din formă.

Determinarea vitezei absolute de ieșire a pachetului de pe rotorul mașinii se face cu relația:

$$v = \sqrt{v_p^2 + v_r^2 - 2v_p v_r \sin \alpha}$$

în care v este viteza pachetului; v_p - viteza periferică a rotorului; v_r - viteza relativă a pachetului la desprinderea de pe rotor; α -unghiul de înclinare a paletei față de direcția radială.

Gradul de îndesare crește rapid cu viteza până la circa 30 m/s, după care creșterea este lentă.

Sub 20 m/s, gradul de îndesare scade foarte mult, iar sub 15 m/s, duritatea superficială a formeii este de numai 10...15 unități.

Din această cauză se construiesc mașini pe categorii de aliaje (oțel, fontă, neferoase).

La o mașină în funcțiune, gradul de îndesare se poate modifica prin înclinarea capului mașinii față de orizontală; variația vitezei de deplasare a capului centrifug pe suprafața formeii (viteza optimă 0,3 m/s)

Gradul de îndesare nu variază când înălțimea de aruncare este între 200 și 2300 mm.

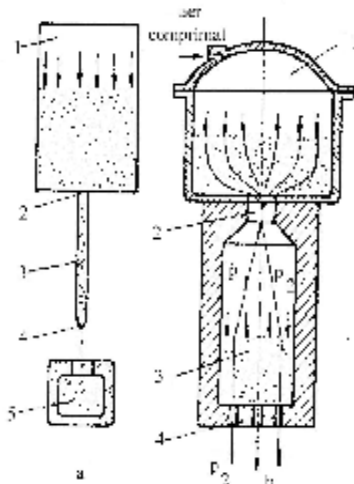
Aruncătoarele cu cap centrifug prezintă deci următoarele avantaje: realizează o îndesare uniformă a amestecului de formare; au productivitate ridicată; nu depind de dimensiunile modelului și ramei; mecanizarea operației de formare a pieselor turnate, individual.

Dintre dezavantaje enumerăm: modelele se uzează rapid; nu se aplică la piese mici deoarece sunt pierderi de amestec pe lângă rame; după îndesare formele trebuie răzuite; nu se execută și extragerea modelului.

5.3.5.Îndesarea prin suflare

Mașinile de format prin suflare funcționează pe principiul amestecării aerului comprimat cu amestecul de formare, urmată de proiectarea amestecului în cutia de miez sau în formă. Ele pot fi după modul de insuflare a amestecului de formare, cu circuit deschis sau cu circuit închis.

Mașini de format prin suflare cu circuit deschis, (figura 5.11a).



Se introduce aer la o presiune de 40...50 N/cm² în rezervorul (1) de unde antrenează amestecul prin orificiul (2), tubul (3) și ajutorul (4), apoi se proiectează în cutia (5).

Fig.5.11. Mașini de format prin suflare: a-cu circuit deschis;b-cu circuit închis

Mașini de format prin suflare cu circuit închis, (fig.5.11 b).

Aerul comprimat intră în rezervorul (1), antrenează amestecul de formare prin orificiul (2) și îl îndeasă în cutia (3), apoi iese în atmosferă prin orificiile (4).

Îndesarea în primul caz se produce sub acțiunea energiei cinetice a jetului de aer comprimat și nisip, iar în al doilea caz intervine și diferența de presiune care se crează între spațiul din interiorul cutiei de miez și mediul exterior.

5.3.6.Îndesarea prin împușcare

Principiul de lucru diferă de cel al mașinilor de format prin suflare. Capul de împușcare (figura 5.12) se caracterizează printr-o admisie extrem de rapidă a aerului comprimat din rezervorul de lucru, având forma unui cartuș, cu o îngustare conică la partea inferioară, cu un singur orificiu de insuflare.

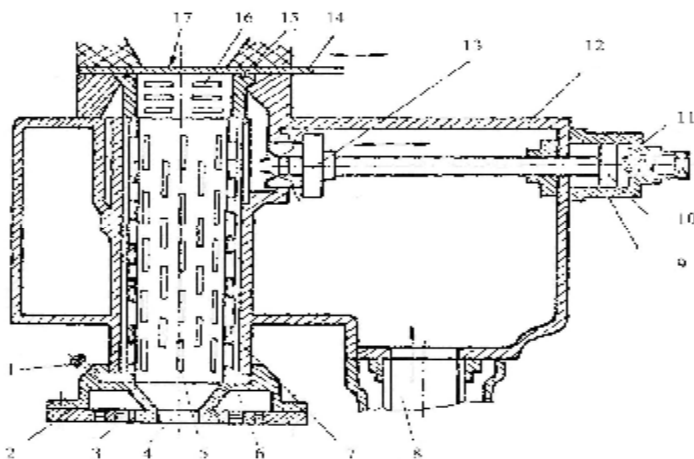


Fig.5.12. Mecanism de împușcare al amestecurilor de formare: 1-șurub special;2-ajutaj conic;3-dop de ventilare;4-orificiul central de împușcare;5-fante verticale;6-inel de etanșare;7-bucșă cu fante;8-conductă de admisie a aerului comprimat;9-cilindru;10-piston;11-arc;12-corpul rezervorului de aer;13-supapă cu deschidere rapidă;14-registru; 15-inel de etanșare; 16-fante orizontale; 17-alimentare cu amestec

Aerul comprimat intră din rezervor prin supapa cu deschidere rapidă, prin fantele orizontale superioare și tasează amestecul; în același timp aerul pătrunde și prin fantele verticale (admisie periferică). Coloana de amestec se îndeasă în partea inferioară, în porțiunea conică dinaintea orificiului de insuflare, astfel încât amestecul, ca o masă compactă, este împușcat din rezervorul de lucru în cavitatea tehnologică.

Prin urmare, în acest caz, nu are loc filtrația aerului prin amestec. De aceea, aceste capete pot fi utilizate și pentru amestecuri pe bază de silicat de sodiu.

5.4.Obținerea miezurilor (miezuirea)

Miezul este o parte componentă a formei de turnare, cu ajutorul căruia se realizează de obicei golul interior, iar în unele cazuri forme specifice ale exteriorului pieselor turnate.

Întrucât la formarea gurilor interioare în piesele turnate, miezurile sunt înconjurată de metal lichid fiind deci solicitate mecanic și termic mai mult decât restul formei de turnare, miezurile trebuie să aibă permeabilitate, refractaritate și rezistență mecanică mai mare decât amestecul de formare.

Pentru a poseda asemenea proprietăți, miezurile se confecționează numai din nisip nou și lianți care au rezistență specifică ridicată, se folosesc armături metalice, se usucă și se practică în interiorul lor canale speciale de aerisire, în legătură, pe cât posibil, direct cu mediul înconjurător.

Uscarea miezurilor urmărește întărirea mecanică a lor prin calcinarea liantului, eliminarea gazelor prin volatilizare, evaporarea apei ca sursă de formare a gazelor în timpul turnării, topirea sau arderea unor componente introduse special pentru obținerea canalelor de aerisire (ceară, rumeguș etc).

Pentru mărirea rezistenței mecanice a miezurilor, în interiorul acestora se introduc armături metalice, executate din sârmă, țevă sau turnate.

Condițiile pe care trebuie să le îndeplinească armăturile sunt: să fie simple și să se execute ușor; să asigure miezului rezistență mecanică; să permită executarea canalelor de aerisire; să permită comprimarea miezului pentru a nu frâna contracția; să se îndepărteze ușor după dezbaterea miezului.

5.5. Uscarea formelor și miezurilor

Prin uscare se înțelege eliminarea parțială a umidității din forme și miezuri, în vederea îmbunătățirii unor proprietăți tehnologice ale acestora.

Procesul tehnologic de uscare a formelor și miezurilor se realizează în scopul de a obține:

- creșterea rezistenței mecanice a pereților formelor și miezurilor;
- reducerea cantității de gaze care se degajă la turnare;
- mărirea permeabilității prin îndepărtarea apei din porii amestecului de formare.

Miezurile se usucă aproape în toate cazurile, întrucât sunt supuse la solicitări termice și mecanice mai mari decât pereții formei.

Având în vedere că uscarea mărește durata ciclului de fabricație a pieselor turnate, necesită utilaje, manoperă, combustibil și energie electrică, ori de câte ori procesul tehnologic permite, se vor folosi forme în stare crudă.

5.5.1. Uscarea cu combustibil

La uscarea materialelor poroase umede, evaporarea apei produce o depresiune care crește treptat până când începe să pătrundă aerul în pori.

Vaporii se degajă în aer, deci aerul sau gazele folosite ca agent de uscare vor conține o anumită cantitate de apă.

Cantitatea maximă de apă absorbită de aer este constantă pentru o anumită temperatură, acest echilibru producându-se când presiunea parțială a vaporilor devine egală cu tensiunea lor de saturație.

Caracteristicile cele mai importante ale aerului sau gazului de uscare sunt: presiunea, temperatura și concentrația vaporilor.

Pentru uscare se utilizează gaze calde obținute din combustibili gazoși (gaz metan), lichizi sau solizi.

Formele umede au o conductibilitate termică mai ridicată și deci încălzirea formelor până la centru se va face mai repede decât dacă s-ar forța încălzirea de la început, care duce la uscarea rapidă a stratului superficial și la scăderea conductibilității lor termice și deci lungirea perioadei de uscare.

Ciclul de uscare a formelor cuprinde trei etape:

- etapa întâi se caracterizează printr-o încălzire lentă până la temperatura de regim, cu menținerea vaporilor de apă în gazele calde. O încălzire rapidă duce la evaporarea apei din straturile exterioare, măbind apoi timpul de uscare. Pentru a se realiza o încălzire corectă, focul se va conduce lent și se închide aproape complet registrul de reglare a tirajului la coș, pentru a menține umiditatea în gazele calde.

- Etapa a doua, se realizează uscarea propriu-zisă a formelor și a miezurilor. Se lucrează cu o cantitate mare de gaze uscate, care se realizează prin conducerea rapidă a focului și evacuarea

gazelor arse din cuptor (registru de reglare a tirajului deschis aproape complet). În cazul lianților organici are loc oxidarea liantului, deci este necesar exces de aer. Temperatura de uscare depinde de natura liantului, iar timpul de uscare, de grosimea formei sau miezului.

- În a treia etapă are loc răcirea formelor în uscător; se oprește focul și se menține registru de reglare a tirajului la coș închis pe jumătate. Temperatura formelor la scoaterea din cuptor trebuie să fie de 50...60°C.

5.5.2. Uscarea cu curent electric

Prezintă unele avantaje față de uscătoarele cu combustibil (nu degajă gaze nocive), dar introducerea lor în turnătorii se face lent, deoarece implică cheltuieli la uscare mai mari.

Uscătoarele cu curent electric pot fi cu rezistență și ventilator sau cu curenți de înaltă frecvență.

Uscătoarele cu rezistență și ventilator sunt indicate pentru uscarea formelor din solul turnătoriei și a formelor mari.

Uscarea cu curenți de înaltă frecvență se utilizează în cazul miezurilor, care fiind confecționate din materiale rele conducătoare de electricitate, când sunt amplasate într-un câmp electric alternativ, sunt supuse acțiunii curenților de deplasare ce produc încălzirea lor. Încălzirea are loc în toate secțiunile miezului.

Metoda nu se aplică la uscarea miezurilor cu armături metalice deoarece se pot topi.

Timpul de uscare se poate scurta de 8...12 ori prin însuflare cu aer cald cu temperatura de 120...180°; uscarea durează 3 – 5 min, randamentul termic fiind ridicat.

5.5.3. Forme uscate superficial

Deoarece turnarea în forme crude este economicoasă, se preferă acest procedeu, care însă are anumite limite naturale.

Înălțimea mare a formelor este un inconvenient, deoarece aliajul lichid cade de la înălțime mare și după turnare exercită o presiune ridicată asupra pereților formei.

Calculul înălțimii maxime pentru piesele turnate în forme crude se face ținând cont de presiunea la care rezistă cu certitudine formele crude – 2,5 N/cm².

$$h = \frac{P}{\rho \cdot g} = \frac{2,5 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2}{7 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,35 \text{ m}$$

În cazul formelor crude, imediat după turnare are loc creșterea excesivă a umidității amestecului de formare la o anumită distanță de peretele formei și scăderea rezistenței aceluia strat.

Variația umidității cu distanța de la suprafața piesei este redată în figura 5.14.

Amestecul de la suprafața AA' de contact cu aliajul lichid se încălzește puternic, umiditatea vaporându-se pe distanța AB. Vaporii se condensează în zona BC unde amestecul este rece, umiditatea ajungând de 3 – 4 ori mai mare față de umiditatea medie. Dacă AB nu este destul de gros, iar peretele piesei este gros, deci se solidifică cu întârziere, stratul AB se poate deforma negăsind sprijin în straturile următoare.

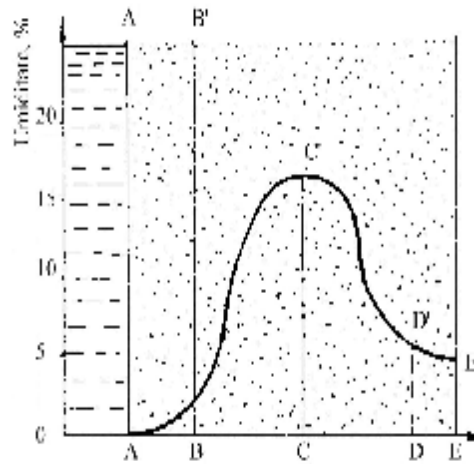


Fig.5.14. Variația umidității cu distanța de la suprafața piesei

La piesele cu pereți mai groși este economic să se recurgă la uscarea stratului superficial AB înainte de turnare.

Această metodă îmbină avantajele economice ale turnării în forme crude cu siguranța care se realizează la turnarea în forme uscate.

Grosimea stratului uscat trebuie să nu permită încălzirea stratului umed înainte de solidificarea unei porțiuni pe pereții piesei.

5.5.4. Controlul procesului de uscare a formelor și miezurilor

Uscarea insuficientă a formelor și miezurilor poate provoca rebutarea pieselor turnate datorită diverselor defecte cauzate de conținutul ridicat de umiditate.

Controlul uscării se poate efectua prin metode directe sau indirecte.

Dintre metodele directe care constau în măsurarea temperaturii și a umidității în timpul procesului de uscare, enumerăm:

- măsurarea temperaturii formei cu ajutorul unui termocuplu; când umiditatea formei scade sub 0,2...0,5% temperatura formei crește brusc deoarece nu se mai consumă căldură pentru evaporarea apei;

- măsurarea conductibilității formei cu ajutorul a doi electrozi; când umiditatea scade sub 0,1%, voltmetrul indică zero;

- măsurarea umidității cu umidimetrul galvanic.

O metodă indirectă este măsurarea temperaturii gazelor arse la ieșirea din uscător. După evaporarea apei, temperatura gazelor crește brusc.

5.6. Controlul, repararea, asamblarea și consolidarea formelor

Controlul formelor în vederea obținerii unor forme corespunzătoare constă în verificarea stării ramelor de formare și a garniturilor de model, verificarea calității amestecului de formare, verificarea gradului de îndesare a amestecului, verificarea stării miezurilor și a montării lor în forme.

În cazul formării manuale și mai ales în cazul modelele mari ce se extrag cu macaraua, muchiile din suprafața de separație se deteriorează uneori, necesitând repararea cu amestec de formare.

La formarea mecanizată, ruperea muchiilor are loc numai în cazul folosirii unor garnituri de model necorespunzătoare.

Asamblarea formelor reprezintă operația prin care se montează miezurile în formă și se face închiderea lor.

Pentru a nu apare cauze de rebut generate de incluziuni de amestec de formare, descentrări, deplasări, neumpleri etc., trebuie să se adopte următoarele măsuri: închiderea ghidată a formei, verificarea montării corecte a miezurilor și a poziției acestora, asigurarea continuității canalelor de aerisire din miez, evitarea pătrunderii metalului lichid în canalele de ventilare.

Închiderea formelor se va realiza prin ghidaje bine centrate, sub formă de tije de ghidare din oțel cementat și călit, pentru a evita deplasările în planul de separație.

Verificarea montării și a poziției corecte a miezurilor se face cu șabloane de control, din lemn sau metalice sau cu piramide de control din argilă.

Pentru a asigura evacuarea gazelor prin canalele de ventilație ale miezului în planul de separație, la forma inferioară se execută canale de aerisire în dreptul mărcilor miezurilor, la mărcile verticale continuându-se canalul central și de evacuare din miez cu un canal practicat în forma inferioară.

După montarea miezurilor și curățirea cavității formei de amestec de formare se închide forma și se îngreunează.

Îngreunarea se face în scopul echilibrării forțelor datorate presiunii metalostatice ce acționează de jos în sus, tinzând să desfacă forma.

CAP.VI. ELABORAREA ȘI TURNAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR

6.1. Considerații generale

Procesele metalurgice se desfășoară în sisteme complexe, multifazice:

- fază gazoasă – atmosfera agregatului metalurgic;
- faze solide – componenții materiilor prime sau auxiliare;
- faza metalică – metal brut sau aliaj;
- topitura de oxizi – zgura.

6.2. Structura și proprietățile fizico-chimice ale topiturilor oxidice

Un rol important în acest sistem îl are faza oxidică – zgura, care reprezintă un amestec de diferiți oxizi ce pot forma compuși chimici, soluții solide sau lichide și amestecuri eutectice.

Principalele funcții ale zgurelor sunt:

- colectarea și separarea sterilului materiilor prime de produsele topite;
- participă la procesele fizico-chimice având acțiune reducătoare sau oxidantă;
- determinarea temperaturii tehnologice a agregatului;
- transformarea energiei electrice în energie termică în procesele electro-metalurgice prin efectul Joule-Lentz.

Pentru a îndeplini aceste funcții este necesar ca zgurele:

- să fie ușor fuzibile;
- să nu necesite o cantitate mare de fondanți pentru formarea lor;
- să aibă o densitate mică pentru a se separa complet de celelalte faze;
- să permită dizolvarea impurităților;
- să aibă același caracter chimic cu căptușeala cuptorului.

După caracterul lor chimic, zgurele pot fi acide, bazice sau neutre. Caracterul chimic al oxizilor se poate aprecia după atracția oxigenului: un oxid este un compus ionic în care ionul de oxigen este legat de ionul metalic printr-o atracție predominant electrostatică. Cu cât forțele de atracție sunt mai mari, cu atât este mai mare aciditatea.

Oxizii bazici cei mai puternici sunt cei ai metalelor alcaline și alcalino-pământoase: $Na_2O, K_2O, CaO, MgO, BaO$. Oxizii acizi sunt: $SiO_2, P_2O_5, Sb_2O_5, As_2O_5$.

Bazicitatea zgurelor se definește ca raportul dintre cantitatea procentuală a compușilor cu caracter bazic și acid.

Zgurele metalurgice se caracterizează prin aceea că nu au un punct fix de topire ci un interval care este direct proporțional cu mărimea componenților și cu viteza de încălzire și invers proporțional cu numărul componenților.

6.3. Elaborarea fontelor

Prin elaborare se înțelege totalitatea operațiilor de obținere în diferite agregate a aliajelor lichide cu compoziția, gradul de puritate și temperatura prescrisă, prin topirea încărcăturii solide, supraîncălzirea și prelucrarea acesteia în stare lichidă.

Ca agregate de elaborare în turnătoriile de fontă se utilizează: cubiloul, cuptoarele cu flacăra fixe sau rotative, cuptoarele electrice cu încălzire prin inducție sau cu arc.

6.3.1. Elaborarea fontelor în cubilou

Încărcătura cubiloului este formată din două părți principale: patul de cocs (la partea inferioară a cuvei) și o zonă ocupată de mai multe porții de încărcătură, până la gura de încărcare. O porție de încărcătură conține încărcătură metalică la partea de jos, iar deasupra cocs și calcar.

Încărcătura metalică a cubiloului este formată din: fontă de primă fuziune (de furnal), fontă veche și deșeuri de oțel.

Corectarea compoziției chimice se face cu feroaliaje.

6.3.1.1. Procesul de topire și supraîncălzire a fontei

Arderea combustibilului are loc în strat, ca urmare a introducerii aerului la partea inferioară a coloanei de cocs (patul de cocs).

Modul de deplasare a gazelor și a încărcăturii în cuva cubiloului precum și poziția diverselor zone termodinamice reies din figura 6.1.

Procesele de ardere au loc în cuva cubiloului, în zona ocupată de cocs, în timp ce procesele de schimb de căldură se desfășoară pe întreaga înălțime a cubiloului.

Din punct de vedere termodinamic se disting câteva zone pe înălțimea cubiloului:

-zona de ardere sau oxidare;-zona de reducere;-zona neutră.

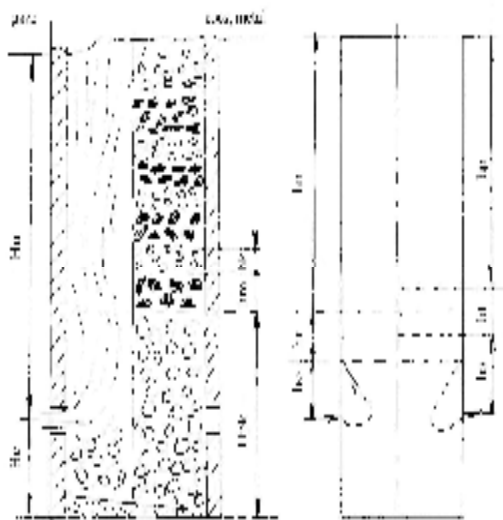
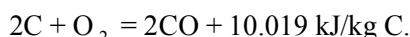
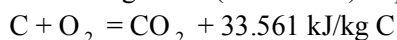


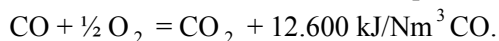
Fig.6.1.Zonele termodinamice din cubilou: H_c - înălțime creuzet; H_u -înălțime utilă; H_{pk} -pat cocs; h_m, h_k -porții metal șicocs; h_a -zonă ardere; h_r -zonă reducătoare; h_n -zonă neutră; h_s -zonă supraîncălzire; h_t -zonă topire; h_p -zonă preîncălzire.

Zona de ardere sau oxidare. Prin

introducerea oxigenului (21% în aer) se produc reacțiile:



Deoarece arderea la CO este incompletă ea poate continua



Arderea la CO_2 duce la creșterea randamentului arderii de 3 ori față de arderea la CO.

Această zonă se termină la o anumită înălțime din patul de cocs unde oxigenul liber este practic nul.

La nivelul superior al zonei de oxidare proporția de CO_2 atinge valori maxime iar CO este la nivel de 7-10%.

Zona de reducere. În această zonă reacția principală este reducerea CO_2 de către cocsul incandescent, deci CO_2 scade și crește CO. Reacția este endotermă, deci temperatura gazelor scade de la 1550-1670°C la 1350-1400°C.

În prezența cocsului CO este instabil la temperaturi scăzute în timp ce CO_2 este instabil la temperaturi ridicate, condiții de echilibru neexistând la temperaturi mai mari de 900°C.

În cubilou se tinde la o reducere cât mai mică a CO_2 pentru a avea temperaturi ridicate.

Zona neutră. Deasupra patului de cocs nu au loc procese importante care să ducă la schimbarea substanțială a compoziției gazelor.

În figura 6.2 sunt prezentate variațiile conținuturilor de gaze, a temperaturii și a coeficientului de ardere pe înălțimea cubiloului.

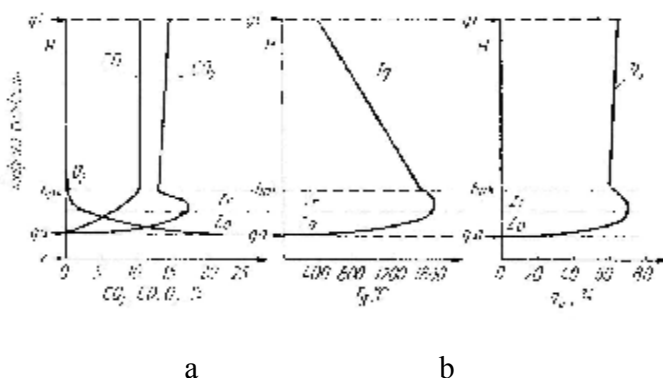


Fig.6.2. Caracterizarea zonelor cubiloului, prin intermediul compoziției gazelor (a), temperaturii gazelor (b) și coeficientului de ardere (c).

Dacă se ține seama de variația temperaturii încărcăturii metalice pe înălțimea cubiloului se pot deosebi trei zone:

- zona de preîncălzire;
- zona de topire;
- zona de supraîncălzire.

În cubilou are loc o circulație în contracurent: încărcătura metalică coboară, pe măsură ce are loc consumarea patului de cocs iar gazele rezultate din procesele de ardere din patul de cocs au o mișcare ascendentă.

Schimbul de căldură are loc în principal prin convecție:

$$q = \alpha_c (T_g - T_m), [W / m^2]$$

unde α_c este coeficientul parțial de transmitere a căldurii prin convecție; T_g -temperatura gazelor; T_m -temperatura încărcăturii metalice.

Încălzirea este însoțită de degajarea parțială a hidrogenului, de dilatarea bucăților metalice, de transformări fazice, fisurări.

Topirea începe la nivelul cuvei cubiloului unde temperatura gazelor depășește cu 50-70°C temperatura de topire a metalului.

Se urmărește ca topirea să se producă pe o zonă cât mai mică prin introducerea unor bucăți mici de metal.

Supraîncălzirea fontei în cubilou are loc în timpul coborârii picăturilor de fontă printre bucățile de cocs din patul de cocs. Căldura necesară este preluată de la gazele de ardere și de la bucățile de cocs în zona cuprinsă între sfârșitul zonei de topire și nivelul gurilor de aer.

Picăturile parcurg zona ocupată de cocs în 15-60 secunde și ajung în creuzet, unde temperatura sistemului metal-gaz-cocs nu este determinată de arderea cocsului, ci în primul rând de conținutul de căldură a metalului și zgurei lichide.

6.3.1.2. Factorii tehnologici care influențează procesele metalurgice din cubilou

Consumul de cocs. Înălțimea patului de cocs deasupra gurilor de aer se stabilește astfel, încât ea să corespundă temperaturii medii de început de topire a încărcăturii.

În mod practic se determină funcție de presiunea aerului P:

$$H_{pk} = \sqrt{P}, [mm].$$

Consumul orar se determină funcție de diametrul cubiloului, D:

$$P_k = (5...9) \cdot D^2, [kg / h].$$

Calitatea cocsului de turnătorie. În cazul cubiloului se utilizează cocsul de turnătorie care posedă unele proprietăți deosebite față de cocsul metalurgic pentru furnale și anume:

reactivitatea, rezistența mecanică, conținutul de sulf și de cenușă precum și porozitatea sunt mai scăzute.

Valori mari ale reactivității cocsului (care se calculează ca raportul dintre conținutul de carbon și produsele de ardere și oxigenul acestora) determină micșorarea zonei de ardere și extinderea zonei de reducere.

Dimensiunile bucăților de cocs influențează invers decât reactivitatea (dimensiuni mari, contact mic aer-cocs, deci crește dimensiunea zonei de ardere și scade cea de reducere, deci apare o oxidare exagerată a fontei).

Aerul de combustie. Cantitatea de aer introdusă în cubilou variază în limitele 60-200 $m^3 / m^2 \cdot \text{min}$. La mărirea debitului de aer crește presiunea și viteza de curgere a aerului, deci se intensifică arderea și transmiterea căldurii. La debite mici, aerul nu ajunge în centrul cubiloului ceea ce determină o temperatură scăzută în axa cubiloului.

La debite mari, productivitatea crește foarte mult, zona de topire se dezvoltă mult, dar nu mai are loc supraîncălzirea fontei.

În cazul utilizării aerului preîncălzit, temperatura acestuia variază între 250-600°C. Aerul introduce astfel până la 25% din căldura dezvoltată în cubilou. Crește în acest caz viteza de difuzie a oxigenului spre frontul de ardere a cocsului, arderea carbonului având loc în domeniul de difuziune, cu degajare mare de căldură. Se concentrează zona de ardere și crește zona de reducere.

Temperatura fontei este mai ridicată, deoarece temperatura gazelor este foarte mare (circa 1850 °C).

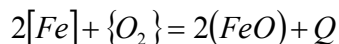
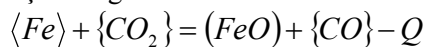
Pentru mărirea conținutului de oxigen din aer, se poate introduce oxigen direct în gurile de aer sau în cutia de aer. Apar următoarele efecte: concentrarea zonei de ardere, creșterea temperaturii gazelor și a fontei, creșterea productivității.

Pentru o funcționare corectă a cubiloului trebuie să se asigure o alimentare completă și uniformă cu aer a întregii secțiuni transversale a acestuia.

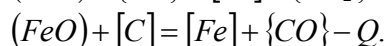
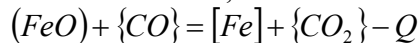
Uniformitatea alimentării cubiloului cu aer depinde de: numărul rândurilor de guri de aer, numărul gurilor de aer dintr-un rând, secțiunea gurilor de aer, unghiul de înclinare a gurilor de aer, diametrul și profilul cubiloului.

6.3.1.3. Variația conținutului principalelor elemente la elaborarea fontei în cubilou.

Variația conținutului de fier, siliciu și mangan. Oxidarea fierului începe încă din zona de preîncălzire, fiind deosebit de intensă însă în zona de ardere, datorită unei cantități mari de CO_2 , precum și a oxigenului liber:

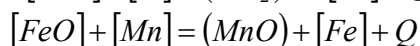
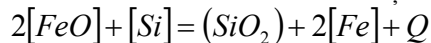


În zona creuzetului, atmosfera fiind reducătoare, pot avea loc reacții de reducere:



În cubilou, oxidarea fierului variază în limitele (0,25-1,5)%.

Oxidarea siliciului și manganului are loc în principal după topirea fontei, ambele componente având afinitate mai mare față de oxigen decât fierul:



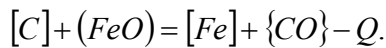
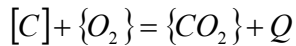
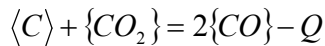
În creuzet pot avea loc reacții de reducere a oxizilor de siliciu și mangan.

Pierderile de mangan prin oxidare variază între 15-40% (valori minime la cubilouri bazice și temperaturi ridicate).

Pierderile de siliciu sunt de 5-25% la cubilouri acide și 25-50% la cele bazice.

Variația conținutului de carbon. În cubilou au loc atât procese de oxidare a carbonului cât și de carburare, de creștere a conținutului de carbon.

Decarburarea (oxidarea carbonului) începe în zona ocupată de încărcătura metalică solidă, în special datorită CO_2 din gaze și continuă cu intensitate mai mare după topire.

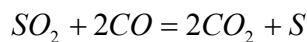
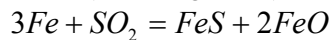


Carburarea are loc prin difuzia carbonului din coals în picăturile de metal topit. Are loc mai ales în zona creuzetului unde atmosfera este reducătoare.

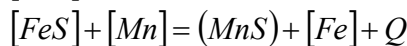
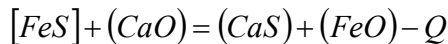
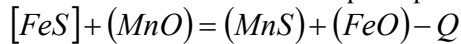
Pentru obținerea unor fonte cu conținut scăzut de carbon este necesară limitarea contactului fontă-coals, ceea ce se realizează fie prin înălțarea vetrei fie prin înlocuirea coalsului din creuzet cu bucăți de materiale refractare.

Variația conținutului de sulf. Sulful provine în principal în cazul cubilourilor din două surse: încărcătura metalică și coalsul. În fontă trece 40-60% din sulful ce se introduce în cubilou.

Sulfurarea se desfășoară pe întreaga înălțime a cubiloului pe cale directă (datorită coalsului) sau indirectă (datorită gazelor).



Desulfurarea fontei are loc în principal în creuzetul cubiloului, prin intermediul zgurei:



Pentru ca valoarea sulfurului în fonta lichidă să fie cât mai scăzută este necesar să se realizeze în afară de bazicitate, temperaturi ridicate și condiții reducătoare în cubilou.

Conținutul de fosfor nu variază practic în cubilou.

6.3.2. Elaborarea fontelor în cuptoare cu încălzire prin inducție

Aceste agregate asigură următoarele avantaje:

-obținerea unei compoziții mai precise și omogene a fontelor;

-temperaturi de supraîncălzire mai ridicate;

-posibilitatea utilizării unor încărcături ieftine (fier vechi, șpan de fontă, deșeuri,...).

Încărcătura cuptorului. Încărcătura metalică introdusă în cuptor trebuie debitată la dimensiuni care depind de mărimea cuptorului și capacitatea de topire a acestuia.

Materialele ce formează încărcătura se curăță în vederea îndepărtării uleiului și emulsiilor. Pentru înlăturarea oxizilor de fier din încărcătură se introduce în cuptor odată cu încărcătura și un amestec reducător.

Randamentul termic al cuptorului este în strânsă legătură cu temperatura încălzirii, având valori mici la topire și ridicate la supraîncălzire.

Se impune deci, introducerea încălzirii în cuptor după o preîncălzire în care se acumulează circa 20-30% din căldura necesară topirii.

Temperatura optimă de preîncălzire este cuprinsă între 430-650°C.

Topirea și supraîncălzirea fontei. Durata de încălzire depinde de frecvența curentului și de puterea specifică utilizată.

Cu cât crește frecvența, cu atât adâncimea de pătrundere a curentului este mai mică, deci temperatura lângă peretele cuptorului este mare iar la interior este mică.

Folosirea unei puteri mari determină o agitare puternică a băii, uzarea rapidă a căptușelii, impurificarea fontei cu incluziuni nemetalice și absorbția de gaze din atmosferă.

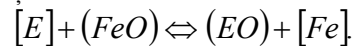
Pentru un consum mic de energie se iau următoarele măsuri:

- folosirea rațională a puterii instalate;
- micșorarea pierderilor de căldură;
- folosirea încărcăturii preîncălzite;
- folosirea temperaturii optime de supraîncălzire.

La cuptoarele cu inducție, căptușeala, zgura și atmosfera se încălzesc de la topitură și nu de la o sursă de căldură. Suprafața de contact topitură-zgură și topitură-atmosferă este mică iar temperatura zgurii scăzută, deci ea este puțin activă.

Oxidarea elementelor în cuptor. Depinde de mai mulți factori: temperatura, concentrația, compoziția și starea zgurei, frecvența curentului.

Agitarea electromagnetică a topiturii determină ruperea de particule din zgură, care vor interacționa cu fonta lichidă în momentul când ating temperatura acesteia:



Deci, în timpul topirii, toate elementele se oxidează datorită conținutului de oxigen din oxizi.

În cuptoarele acide, care se utilizează cu predilecție la supraîncălzire, are loc o regenerare a siliciului.

Carburarea topiturii. Bucățile de material de carburare sunt dizolvate în mai multe etape:

-ruperea unor pachete de la suprafața particulelor solide de material de carburare și dizolvarea acestora;

-difuzia carbonului în topitură.

Paralel cu saturarea în carbon a topiturii, are loc și oxidarea sa, concentrația carbonului fiind în primul rând funcție de agitare electromagnetică.

Materialul de carburare poate fi introdus în cuptor în diferite moduri:

- la baza încărcăturii;
- în poziții succesive, o dată cu încărcătura;
- pe baia metalică.

Desulfurarea fontelor. Sulful provine din încărcătură și materialele de adaos. Deoarece în încărcătura cuptorului cu inducție lipsește cocsul, sulful conținut de fontă nu depășește de regulă 0,05%. În cazul când se impune micșorarea conținutului, se utilizează ca agent desulfurant, în principal, carbura de calciu de turnătorie. Desulfurarea nu este eficientă decât la temperaturi ridicate, începând la temperaturi scăzute și terminându-se la 1450°C, după care zgura este rapid evacuată.

Alierea fontelor. La alierea fontelor în cuptorul cu inducție trebuie să se țină seama de o serie de factori, și anume:

- gradul de oxidare al elementelor;
- capacitatea de interacțiune chimică cu căptușeala cuptorului;
- temperatura de topire.

Alierea se face de obicei la temperaturi mai mari (peste 1400°C), funcție de temperatura de topire a feroaliajelor.

6.3.3. Elaborarea fontelor în alte agregate

Pentru elaborarea fontelor se mai pot utiliza cuptoare cu vatră (încălzite cu flacără sau electric) precum și combinații de mai multe tipuri de cuptoare (procedee duplex sau triplex de elaborare).

La elaborarea fontelor în cuptoare electrice cu arc, căptușeala cuptorului este în general acidă și numai când se urmărește defosfotarea și desulfurarea băii, bazică.

Cuptoarele cu arc asigură obținerea unor temperaturi ridicate, având un randament la topire și productivitate mai mari decât la cuptoarele cu inducție. Datorită temperaturii ridicate a zgurei, prin intermediul acesteia se pot realiza procese de afinare, desulfurare, defosforare,...

Ca neajunsuri:

- randament scăzut la supraîncălzire (sub 20%);
- degajare mare de praf și fum, la topire;
- arderii avansate ale elementelor;
- neomogenitate avansată pentru temperatura fontei.

6.3.4. Modificarea fontelor

Fonte cu grafit lamelar, modificate. Fontele cu grafit lamelar, modificate, se caracterizează prin proprietăți mecanice ridicate, asigurate de o structură perlitică fină și grafit lamelar uniform repartizat.

Modificarea se face în stare lichidă cu aliaje modificatoare care conțin Si, Ca, Al, Ba, Mg.

După modificare, fontele prezintă următoarele caracteristici:

- creșterea numărului de separări de grafit și uniformizarea distribuirii lor;
- lamelele de grafit prezintă vârfuri rotunjite, o grosime mai mare și o lungime mai mică.

Modificarea poate avea loc pe două căi:

- prin intensificarea germinării omogene;
- prin intensificarea germinării eterogene.

În primul caz elementele modificatoare micșorează solubilitatea carbonului în fier, favorizând separarea și gruparea atomilor de carbon.

În al doilea caz, la modificare, apar compuși ce pot constitui germeni de grafitizare.

Înainte de modificare este recomandată supraîncălzirea fontei pentru a elimina germeni de grafitizare forțați, grosolani.

Introducerea modificatorilor în fonta lichidă se poate face în jet, în oală sau în formă.

Procedeele de modificare în formă are avantajul unui consum redus de modificator și independența procesului de factorul timp în sensul că nu mai există riscul de apariție a fenomenului de demodificare.

Cantitatea de modificator este în funcție de marca fontei, de grosimea de perete a piesei ce se toarnă și de gradul de subrăcire la solidificare al fontei lichide existente în cuptor.

Fonte cu grafit nodular. Rezistența și alungirea cu valori mari, precum și reziliență ridicată, conferă fontelor cu grafit nodular caracteristici de tenacitate comparabile cu ale oțelului turnat.

Grafitul are o formă sferoidală iar masa metalică de bază este constituită din ferită și perlită.

Modificarea se face în două etape:

- modificarea de nodulizare, folosind elemente modificatoare antigrafitizante: Mg, Ca și Ce (se mărește tendința de albire a fontei);
- postmodificarea (modificarea grafitizantă) când se introduc elemente puternic grafitizante (Al, Ca, Ba, Si).

Fonte cu grafit vermicular. În acest caz separările de grafit au un grad de compactitate mai mare decât cele lamelare, dar mai mic decât cele nodulare. Masa metalică de bază este predominant feritică.

Pentru obținerea grafitului vermicular se utilizează mai multe tehnologii:

- desulfurarea avansată a fontelor, urmată de turnare în forme metalice iar la turnare în forme din amestec se inoculează zirconiu;
- modificarea cu elemente din categoria pământurilor rare (materiale cu conținut de ceriu cât și prealiaje cu conținut de astfel de elemente);

-utilizarea unor modificali ce conțin elemente modificali și antimodificali (Mg, Ce respectiv Al, Ti).

Fonte maleabile. Grafitul se găsește sub formă de cuiburi, cu grad de compactitate variabil iar masa metalică este funcție de tipul fontei. Aceste fonte se obțin în urma unor tratamente termice.

6.4. Elaborarea oțelului

Aproape întreaga cantitate de oțel destinată turnării pieselor se elaborează în prezent în cuptoare electrice cu arc și numai o mică parte în cuptoare Martin sau în cuptoare cu inducție.

Avantajele cuptoarelor electrice cu arc sunt multiple:

- sunt agregate simple, cu funcționare discontinuă;
- asigură obținerea unor calități superioare de oțeluri;
- permite folosirea dezoxidării prin difuziune;
- durată de elaborare scăzută.

Principalul dezavantaj constă în necesitatea unei încărcături curate. Din punct de vedere fizic, elaborarea oțelului în cuptoare cu vatră (electrice sau Martin) poate fi împărțită în două etape:

- topirea oțelului;
- supraîncălzirea lui în stare lichidă.

Principalele procese metalurgice care au loc în perioada de topire sunt adsorbția gazelor din atmosferă, oxidarea elementelor, formarea zgurei, iar în perioada de supraîncălzire: oxidarea carbonului (fierberea), dezoxidarea, desulfurarea, alierea și adsorbția gazelor.

La oțelurile aliate, supraîncălzirea urmărește dizolvarea și eliminarea oxizilor și nitruilor, fiind cu atât mai mare durata cu cât gradul de aliere este mai mare.

Perioada de topire a încărcăturii reprezintă de obicei 30-65% din durata întregii șarje și consumă 60-70% din totalul de energie electrică și termică.

Asupra duratei de topire și supraîncălzire influențează mai mulți factori:

- compoziția și proprietățile încărcăturii;
- parametrii constructivi ai cuptoarelor;
- regimul electric și termic de elaborare.

Influența compoziției și proprietăților încărcăturii. Compoziția chimică influențează direct temperatura de început și sfârșit de topire.

Carbonul micșorează cel mai mult temperatura lichidus și prin aceasta temperatura de topire.

Durata de topire crește pe măsură ce crește gradul de impurificare a încărcăturii metalice (rugină, oxizi, nisip).

De asemenea, cu cât valoarea raportului dintre greutatea încărcăturii și capacitatea nominală a cuptorului crește, cu atât durata de topire se micșorează ca urmare a scăderii pierderilor de căldură raportate la o tonă de oțel. Compactitatea încărcăturii, cu cât este mai redusă cu atât durata de topire este mai mare. Proporția de fier vechi ușor și voluminos din încărcătură nu trebuie să fie mai mare de 10%. Parametrii optimi ai perioadei de topire se obțin în cazul unei greutate volumice a încărcăturii de 3-4,5 t/m³.

Între viteza de încărcare și puterea de încălzire a cuptorului trebuie să existe o anumită corelație care să permită o viteză de absorbție a căldurii cât se poate de mare.

Condițiile de ajustare a cuptorului influențează durata de topire și elaborare precum și calitatea oțelului. Ajustarea reprezintă o perioadă neproductivă și poate atinge 5-10% din durata elaborării.

Cu creșterea pauzelor dintre șarje se înrăutățesc parametrii perioadei de topire, cu atât mai mult cu cât greutatea încărcăturii și compactitatea ei sunt mai mici.

Durata perioadei de topire și supraîncălzire precum și natura și intensitatea proceselor metalurgice care se desfășoară în aceste perioade sunt puternic influențate de *parametrii constructivi ai cuptoarelor*.

Cei mai importanți sunt înălțimea băii, suprafața specifică și înălțimea bolții.

Influența regimului termic. În cazul cuptoarelor electrice, sursa principală de căldură este arcul electric. Cu cât tensiunea arcului U_{arc} este mai mare, arcul electric este mai lung și mai subțire:

$$l_{arc} = \frac{U_{arc} - a}{b}$$

unde l_{arc} este lungimea arcului; a -suma căderilor de tensiune; b -gradientul electric în coloana arcului.

În perioada ajustării, temperatura în cuptor este relativ scăzută. În perioada de încărcare absorbția de căldură de către încărcătura rece este puternică iar în perioada de topire regimul termic este maxim. Spre sfârșitul acestei perioade se micșorează încărcarea termică până la 80-85% din cea maximă.

Pentru a realiza regimul termic indicat, cuptorul electric trebuie condus în mod adecvat și anume:

- în perioada de topire, arc lung și concentrat, utilizând tensiuni și puteri ridicate, ceea ce asigură o dezvoltare maximă de căldură în craterele formate în încărcătură;

- în perioada de fierbere este necesar să se asigure temperaturi ridicate pentru desfășurarea proceselor de oxidare. Se aplică tensiuni și puteri cuprinse între 70 și 100% din cele folosite la topire și numai după începerea fierberii active, ele se micșorează;

- în perioada de reducere, consumul de căldură este mai mic decât la topire. Se lucrează cu un arc scurt și gros, care menține și o atmosferă reducătoare.

La cuptoarele Martin, pe tot parcursul elaborării sub acțiunea flăcării, se încălzesc căptușeala cuptorului și încărcătura. 90% din căldura flăcării se transmite încărcăturii și băii prin radiație și numai 5-15% prin convecție.

Regimul termic la cuptoarele Martin variază în același mod ca și la cuptoarele electrice, cantitatea de căldură fiind maximă la încălzire și topire și cea mai mică în perioada de reducere.

Caracteristica proceselor metalurgice. La cuptoarele electrice cu arc, atmosfera din spațiul de lucru poate fi slab oxidantă sau reducătoare, ca urmare a influenței reducătoare a electrozilor de grafit.

Cantitatea de oxigen din atmosferă este limitată, ducând la o oxidare parțială a elementelor; pentru o oxidare completă se adaugă minereu de fier.

În cuptorul electric, procesul de elaborare se poate desfășura fără oxidare, deci ca o retopire simplă.

La cuptoarele Martin sunt patru mari particularități:

- caracterul oxidant al atmosferei gazoase din cuptor;

- căldura este transmisă către baie de sus și apoi, spre vatră, temperatura zgurei fiind mai mare decât a oțelului. Uniformizarea temperaturii băii este favorizată de procesul de fierbere a băii;

- participarea vetrei la desfășurarea proceselor metalurgice, deoarece elaborarea durează mai multe ore;

- oțelul lichid se găsește tot timpul sub un strat de zgură. Practic, toate adaosurile ce se introduc în cuptor pătrund prin stratul de zgură.

Pentru a micșora trecerea oxigenului din atmosferă în oțel:

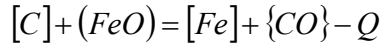
- se micșorează FeO din zgură prin adăugarea de CaO sau nisip;

- adăugare de aluminiu și ferosiliciu;

- micșorarea procesului de amestecare a băii cu zgura, măbind vâscozitatea zgurei;

-micșorarea concentrației de oxigen din atmosferă.

Variația conținutului de carbon și fierberea băii. În perioada de topire carbonul se poate oxida direct în prezența oxigenului sau indirect prin intermediul zgurei pe măsură ce aceasta se formează:



Viteza de decarburare poate fi intensificată prin:

- mărirea temperaturii oțelului și zgurei;
- creșterea bazicității zgurei ca urmare a măririi proporției de FeO liber, deci a puterii de oxidare a zgurei;
- creșterea conținutului de carbon și de oxid feros.

Fierberea este singurul mijloc de amestecare puternică a băii care urmărește o transmitere mai mare a căldurii, deci supraîncălzirea oțelului lichid, uniformizarea compoziției și temperaturii băii, îndepărtarea parțială a gazelor și incluziunilor nemetalice, precum și a unor elemente (P, S).

Prin folosirea oxigenului în perioada de fierbere se obține o scurtare a acestei perioade. Perioada de fierbere se termină cu o fierbere liniștită în care se consumă oxigenul din atmosferă sau a (FeO) în exces.

Variația conținutului de gaze. Principalele gaze dizolvate în oțel sunt hidrogenul și azotul. Ele provin din încărcătura metalică, din adaosuri precum și din atmosfera cuptorului.

Maselotele și fierul vechi ruginit aduc în încărcătură o proporție ridicată de hidrogen și incluziuni nemetalice.

Conținutul de hidrogen și azot crește până la sfârșitul topirii cu atât mai mult, cu cât durata acestei perioade este mai mare, cu cât proporția și presiunea parțială a acestor gaze în atmosferă sunt mai ridicate, cu cât temperatura este mai ridicată și cu cât conținutul unor elemente de aliere (Cr, Mn, V), care favorizează dizolvarea hidrogenului și azotului este mai mare.

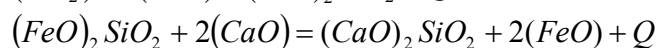
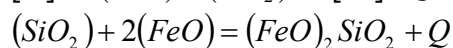
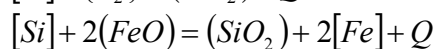
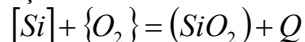
În perioada de afinare, cu cât viteza de decarburare este mai mare, cu atât crește gradul de eliminare a hidrogenului din baia metalică.

În cazul folosirii oxigenului pentru afinare se realizează o îndepărtare mai avansată a gazelor.

Oțelurile acide au un conținut mai scăzut de gaze în comparație cu oțelul bazic, deoarece:

- încărcătura are puritate mai ridicată;
- se folosește o cantitate mică de fondanți;
- zgurele cu conținut ridicat de SiO_2 au permeabilitate scăzută la gaze.

Variația conținutului de siliciu se explică prin afinitatea pentru oxigen mai mare decât a fierului și a celorlalte elemente de bază din compoziția oțelului:



Deci oxidarea siliciului se face cu degajare de căldură și are loc mai intens la temperaturi scăzute. La cuptoarele bazice, oxidarea siliciului este ireversibilă ca urmare a formării silicaților de calciu și se micșorează activitatea SiO_2 din zgură (siliciu remanent sub 0,05%).

În cazul cuptoarelor acide au loc concomitent două procese:

- oxidarea siliciului datorită prezenței FeO din zgură;
- regenerarea siliciului din SiO_2 din zgură și din vatră.

Întensificarea oxidării siliciului se poate face prin:

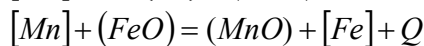
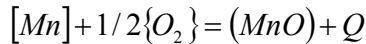
- adăugarea minereului de fier și mangan;
- adăugarea varului sau calcarului;
- mărirea excesului de aer;

-suflarea oxigenului în baia metalică.

Intensificarea regenerării la temperaturi ridicate se face prin adăugare de nisip pe zgură, micșorarea consumului de aer și mărirea temperaturii băii.

Regenerarea siliciului duce la dezoxidarea și calmarea oțelului.

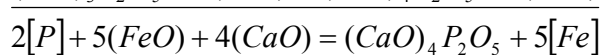
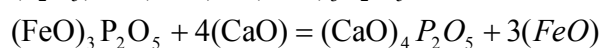
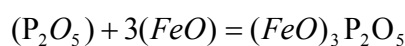
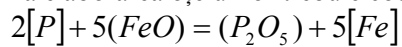
Variația conținutului de mangan. Depinde de natura și temperatura zgurei. La cuptoarele bazice:



MnO este practic insolubil în baia de oțel și se ridică în zgură. Regenerarea manganului poate avea loc la raporturi ridicate MnO/FeO.

Defosforarea. Fosforul se găsește dizolvat sub formă elementară în procent de 0,04-0,06%P.

La elaborarea oțelurilor trebuie coborât conținutul de fosfor sub 0,03%.



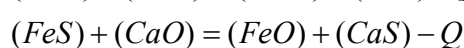
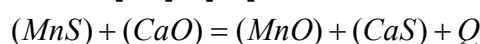
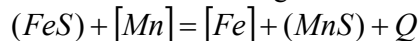
Defosforarea se face prin mărirea conținutului de (FeO) liber și de (CaO) liber din zgură (deci se introduce minereu de fier și var).

Desulfurarea. În oțelurile acide se găsește sub formă de FeS sau (Fe,Mn)S în proporție de 0,03-0,04%S. Este necesară o desulfurare avansată până la 0,01%, în cazul oțelurilor aliate.

La cuptoarele Martin are loc o sulfurare datorită sulfurului din combustibil.

La cuptoarele electrice, are loc o desulfurare deoarece nu există combustibili gazoși sau lichizi ce conțin sulf, are loc o formare timpurie a zgurei și o oxidare parțială a sulfurului din încărcătură.

Are loc desulfurare la zgure cu bazicitate și temperaturi ridicate:



Un rol important îl are CaO din zgură.

Dezoxidarea. În oțelul lichid oxigenul se găsește dizolvat în proporții de 0,02-0,06% sub formă de FeO. În oțelul solid, solubilitatea oxigenului este foarte mică (sub 0,005%), în rest se formează sufluri la solidificare și incluziuni nemetalice la marginea grăunților, la răcirea în formă.

Dezoxidarea oțelurilor se poate realiza prin precipitare sau difuziune.

Dezoxidarea prin precipitare se realizează prin introducerea în baia de oțel a unor elemente care au afinitate față de oxigen mai mare decât fierul (Mn, Si, Al, Ca, Zr, Mg). Produsele de dezoxidare au dimensiuni foarte mici dar prin coalescență își măresc volumul și urcă mai ușor în zgură.

Ordinea de introducere a feroaliajelor este FeMn-FeSi-Al.

Dezoxidarea prin difuziune constă în dezoxidarea zgurei prin adăugarea la suprafața acesteia a cocsului, ferosiliciului sau aluminiului.

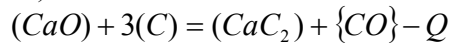
Deoarece între baia metalică și zgură este un echilibru care conduce la o repartiție a oxigenului între acestea:

$$L_{FeO} = \frac{(FeO)}{[FeO]}$$

Prin micșorarea conținutului de oxigen din zgură se deranjează echilibrul și este necesar pentru restabilirea lui, trecerea oxigenului din oțel în zgură.

Dezoxidarea prin difuziune se utilizează cu succes numai în cazul zgurelor bazice, la care FeO se găsește în stare nelegată. Prin dezoxidare culoarea zgurei trece de la cafeniu la alb (zgură albă).

Prin mărirea cantității de cocs se formează carbidul și zgura devine cenușie (zgură carbidică):



Dezoxidarea prin difuziune, în comparație cu dezoxidarea prin precipitare, durează mai mult și prezintă pericolul carburării oțelului. În schimb, oțelurile au un conținut mai scăzut de incluziuni nemetalice.

Dezoxidarea combinată a oțelului se face prin precipitare (cu Mn, Si) și parțial prin difuziune (prin zgură).

Se mai poate face dezoxidarea oțelului în oală prin introducerea de FeMn, FeSi și Al în proporție de 1-2% din greutatea oțelului, pierderile de căldură fiind neînsemnate (10-150°C).

Alierea oțelurilor. În timpul alierii oțelului lichid au loc câteva procese fizico-chimice complexe: topirea feroaliajului (elementului), dizolvarea elementelor de aliere în faza lichidă, oxidarea lor datorită oxigenului conținut în baia metalică sau în zgură, schimbarea temperaturii sistemului precum și formarea de compuși ai elementelor de aliere cu elemente din baia metalică.

La alierea oțelului în cuptor, momentul introducerii elementelor de aliere se alege în funcție de afinitatea lor față de oxigen. Din acest punct de vedere, elșementele se împart în trei grupe:

-elemente care nu se oxidează: Ni, Cu, Mo, Co;

-elemente care se oxidează ca și fierul: Mn, Cr, Si, W, V;

-elemente care se oxidează mai puternic ca fierul: Ti, B, Al, Ca, Zn, Mg.

Cele din grupa I se introduc înainte de fierberea liniștită, pentru eliminarea hidrogenului dizolvat în ele, iar cele din grupa a III-a se introduc în baia de oțel imediat înaintea evacuării din cuptor sau chiar în oală.

Elaborarea oțelurilor aliate cu elemente din grupa a II-a, care se oxidează parțial și care pot fi regenerate parțial din oxizii lor din zgură, se poate desfășura în trei moduri:

-elaborare cu oxidare totală;

-elaborare cu oxidare parțială;

-elaborare fără oxidare (retopire).

În primul caz, în încărcătură nu se utilizează deșeuri proprii din oțel aliat, în prima fază elaborându-se un oțel carbon de calitate, după care urmează alierea în ordine: Co, Fe, Mo, FeW, FeCr și FeV.

În al doilea caz se utilizează în încărcătură deșeuri din oțel aliat, oxidarea redusă a elementelor de aliere și regenerarea ulterioară a lor se poate obține în cazul folosirii oxigenului.

La elaborarea fără oxidare, atmosfera din cuptor trebuie să fie reducătoare pentru a proteja elementele de aliere împotriva oxidării.

Perioada de topire trebuie să fie scurtă iar dezoxidarea se face prin difuziune, prin adăugarea pe zgură a cocsului măcinat și a ferosiliciului mărunț.

6.5. Elaborarea aliajelor neferoase

În perioada de elaborare au loc o serie de procese fizico-chimice:

a-procese fizice care au loc la topirea și supraîncălzirea metalelor și aliajelor;

b-reacția aliajelor topite cu oxigenul;

c-reacția aliajelor topite cu hidrogenul și alte gaze;

d-reacția aliajelor topite cu fondanții, zgura și cu căptușeala cuptorului.

a-Principalele procese sunt topirea, supraîncălzirea la topire și supraîncălzirea locală și evaporarea elementelor.

Temperatura de topire a aliajelor neferoase este foarte variată în comparație cu cea a aliajelor feroase.

Supraîncălzirea aliajelor în stare lichidă, peste limita strict necesară dictată de condițiile turnării, trebuie evitată, deoarece crește consumul de energie, apar pierderi mari de metal prin oxidare și evaporare precum și absorbția gazelor.

Evaporarea metalelor lichide depinde de tensiunea vaporilor, de suprafața băii, atmosfera cuptorului și presiunea de deasupra băii.

b-Cele mai multe metale neferoase au afinitate pentru oxigen mai mare decât fierul, formând pelicule compacte de oxizi la suprafața băii.

Oxidarea, ca și evaporarea, sunt procese nedorite ducând la pierderi de metal și înrăutățirea proprietăților mecanice și fizico-chimice ale aliajelor.

Se utilizează două mijloace de îndepărtare a oxigenului: pe cale chimică, atunci când oxidul este solubil în metalul de bază și pe cale fizică, când oxidul este insolubil.

c-Cel mai important gaz solubil în cazul aliajelor neferoase este hidrogenul. Sursa principală o constituie umiditatea conținută în încărcătura metalică, în căpușeală și în combustibil.

Atmosfera reducătoare ușurează disocierea apei, deci dizolvarea hidrogenului în aliaj. De aceea se utilizează o atmosferă neutră sau chiar slab oxidantă.

Degazarea aliajelor neferoase se reduce la îndepărtarea hidrogenului din soluție, deoarece reprezintă 90-98% din întreaga cantitate de gaze.

Se poate face cu ajutorul unor metode fizice (suflare cu gaze inerte, tratare cu fonanți, cu ultrasunete) și prin metode chimice (topire oxidantă-reducătoare).

d-Materialele de acoperire pot fi:

-care nu se topesc – neutre (de acoperire);

-care se topesc – neutre și active (de rafinare).

Aceste materiale nu trebuie să reacționeze cu căpușeala cuptorului și trebuie să fie ieftine.

Materialele pentru acoperire au scop acoperirea băii și protejarea ei de oxidare.

Mangalul măcinat se utilizează ca material de acoperire, nefondant. Nu reacționează cu multe din aliajele neferoase, se pune și se îndepărtează ușor. Se poate folosi la aliajele cu care nu dă compuși și în cuptoare fără atmosferă cu vapori de apă.

Fondanții de acoperire formează după topire, la suprafața băii, un strat lichid de 5-15 mm care izolează aliajul lichid de contactul cu atmosfera. Pot avea un caracter acid, bazic sau neutru. Cei bazici au și efect de rafinare.

Fondanții pentru rafinare și pentru modificare au rol de a proteja baia metalică cât și de rafinare. Se presară la suprafața băii, unde se menține un timp, după care se topește și sub formă de picături se scurge prin metal colectând și aglomerând incluziunile nemetale.

Fondanții pentru modificare se folosesc în cazul unor aliaje din sistemul Al-Si și din sistemul Mg-Al-Zn pentru îmbunătățirea proprietăților mecanice. Elementul modificador îl constituie sodiul, care se introduce în proporție de 0,01-0,025% din greutatea aliajului lichid.

Aliajele neferoase mai reacționează cu căpușeala cuptorului și creuzetele metalice și de grafit, rezultând diverși compuși chimici.

Alierea prezintă unele particularități:

-număr mare de elemente de aliere;

-conținuturi variabile ale elementelor la diverse aliaje;

-afinitate mare față de oxigen;

-tensiune de vapori ridicată a elementelor de aliere;

-temperaturi de topire ale unor elemente, superioare față de temperatura aliajului elaborat;

-unele elemente la alierea directă dezvoltă o căldură foarte mare de dizolvare (aluminii în cupru).

Ordinea rațională de încărcare a componentilor metalici de elaborare este determinată de:

- proporția componentului în încărcătură;
- oxidabilitatea elementului;
- tensiunea de vapori a componentului;
- temperatura de topire a componentului și diagrama de echilibru a aliajului.

De obicei, componentul care figurează în aliaj în proporția cea mai mare se introduce primul pentru asigurarea unei umpleri cât mai depline a spațiului de topire din cuptoare.

Componentii care au afinitate mare față de oxigen sau au tensiune de vapori ridicată (Zn, Mg, Cd) trebuie introduși ultimii în aliaj pentru a se evita oxidarea și evaporarea excesivă.

Diagrama de echilibru a aliajului final sau a prealiajelor este de multe ori utilă pentru alegerea ordinei de încărcare.

Dacă metalul de bază formează cu metalul de aliere soluții lichide și solide sau compuși intermetalici, elaborarea se începe cu topirea metalelor cu temperaturi mai scăzute.

Elaborarea cuprului și a aliajelor pe bază de cupru.

Înainte de a fi introdusă în spațiul agregatului de elaborare, încărcătura alcătuită din cupru primar, metale rafinate, prealiaje, deșeuri din producția proprie, trebuie să fie curățată de ulei, umiditate, oxizi etc.

În practica elaborării aliajelor de cupru, uneori, se recurge la procedeul care constă în supraîncălzirea băii metalice până la temperatura de fierbere a unui metal volatil (de exemplu zincul) și menținerea la această temperatură, un anumit timp.

Supraîncălzirea alamelor poate fi utilă și în cazul când în baia metalică există o importantă cantitate de gaze, care se vor degaja odată cu vaporii elementului volatil și astfel vor fi îmbunătățite calitățile produselor obținute.

În general, reacțiile de dizolvare a diferitelor elemente în cupru topit sunt exoterme, exemplu – cazul aluminiului, când supraîncălzirile locale pot să ajungă la 200-300°C, a siliciului, zincului, mai puțin a staniului.

Pentru a nu se obține aliaje cu proprietăți inferioare datorită supraîncălzirilor și pierderilor prin volatilizare, aluminiul se introduce încât să ajungă pe vatra cuptorului, sau se introduce cu cuprul rămas de la încărcarea inițială.

Elaborarea cuprului și a aliajelor sale se face cu baia metalică acoperită cu fluxuri care sunt substanțe care nu au acțiune chimică asupra componentilor aliajului. În calitate de fluxuri și fondanți se pot utiliza mangal, spărturi de sticlă, borax, praf de cocs, negru de fum, spărturi de electrozi, SiO_2 , NaCl, KCl,...

Cuprul și unele aliaje ale sale (cele cu conținut mare de aluminiu) au tendință de transcrystalizare, când apar în structura produselor turnate, cristale columnare dezvoltate practic pe întreaga secțiune a produsului.

Deoarece o asemenea structură are proprietăți mecanice scăzute, este necesară să se efectueze modificarea acestor aliaje prin introducerea unor elemente cum ar fi fierul, manganul, cobaltul,...

Elaborarea plumbului, staniului și aliajelor lor. Se elaborează în creuzete de oțel sau fontă, încălzite cu combustibili lichizi sau gazoși.

Ca materie primă, se utilizează în afară de metale primare și prealiaje, diverse deșeuri din producția proprie sau din exterior.

Fondant de acoperire se utilizează mangalul calcinat, cu rol de protecție a băii de acțiunea gazelor oxidante din atmosfera cuptorului.

Elaborarea aliajelor de aluminiu. Pentru elaborare se utilizează materiale metalice: aluminiu în blocuri, deșeuri proprii, piese uzate, fondanți: cloruri și fluoruri ale metalelor alcaline și diverși modificatori pentru obținerea unor piese compacte și cu structură fină.

Utilajele folosite sunt: cuptoare cu creuzet, cuptoare rotative cu flacăra, cuptoare electrice,...

Pentru a se evita oxidarea și absorbția de gaze se utilizează un strat de fondant sau se efectuează o rafinare cu gaze.

Elaborarea aliajelor de magneziu. În cazul magneziului se utilizează ca modificatori carbonați de calciu, de ceriu și zirconiu și clorură de fier.

În timpul elaborării, oxidarea puternică poate produce aprinderea magneziului, pentru prevenire utilizându-se un strat de fondanți.

CAP.VII. CURGEREA ALIAJELOR LICHIDE

Curgerea aliajelor lichide în formă are loc în cele mai multe cazuri sub acțiunea forței gravitației (la turnarea gravitațională) și în anumite cazuri sub acțiunea altor forțe (procedee speciale de turnare).

7.1. Fluiditatea metalelor și aliajelor

Este una dintre cele mai importante proprietăți de turnare ale aliajelor lichide și este definită prin:

- capacitatea de curgere a aliajului prin canalele și cavitatarea formei;
- capacitatea de umplere corectă a cavității formei;
- capacitatea de eliminare în timpul curgerii a incluziunilor gazoase și nemetalice din aliaj.

Fluiditatea este influențată de mai mulți factori: proprietățile intrinseci ale aliajului; proprietățile materialului formei; condițiile de turnare.

Influența proprietăților aliajului asupra fluidității.

Intervalul de solidificare. Metalele pure, aliajele eutectice și compușii chimici cristalizează la temperatură constantă, având cristale cu dimensiuni aproximativ egale în toate direcțiile. Fluiditatea în acest caz este bună, deoarece solidificarea se face prin constituirea unei cruste solidificate compact, figura 7.1 a.

La aliajele cu interval de solidificare, care formează soluții solide, cristalitele cresc într-un interval de temperatură, în anumite direcții preferențiale (apare segregatia dendritică). Astfel se formează un schelet continuu care împiedică curgerea aliajului lichid, figura 7.1 b.

Fig.7.1. Frontul de solidificare la aliajele eutectice și metalele pure (a) și la aliajele cu interval mare de solidificare (b).



Influența temperaturii de turnare. Pierderile de căldură până la terminarea turnării nu trebuie să depășească căldura de supraîncălzire Q_s , consumată pentru încălzirea aliajului deasupra temperaturii fluidității zero:

$$Q_s = M [c(T_t - T_{f0}) + xL] \quad [kJ]$$

unde M este masa aliajului lichid [kg]; c -căldura specifică a aliajului în stare lichidă, [kJ/kg°C]; L -căldura de cristalizare, [kJ/kg]; x -proporția de fază solidă în aliaj corespunzător fluidității zero (de obicei $x=0,2$); T_t -temperatura de turnare, K; T_{f0} -temperatura fluidității zero, K.

De obicei aliajele se încălzesc cu 25-100°C deasupra curbei lichidus.

Influența naturii aliajelor asupra fluidității poate fi apreciată numai în cazul când gradul de supraîncălzire deasupra temperaturii de fluiditate zero este menținut constant.

Astfel în condițiile fluidității practice, mărirea acesteia reflectă atât influența supraîncălzirii cât și a intervalului de solidificare.

La oțel, fluiditatea scade odată cu mărirea conținutului de carbon datorită creșterii intervalului de solidificare, însă în același timp crește datorită măririi gradului de supraîncălzire.

De obicei influența supraîncălzirii este mai puternică decât a intervalului de solidificare. La aliajele apropiate de punctul eutectic se micșorează intervalul de solidificare și crește gradul de supraîncălzire, fluiditatea mărindu-se mult.

Alegerea temperaturii de turnare poate fi făcută în trei moduri, așa cum este prezentat în figura 7.2.

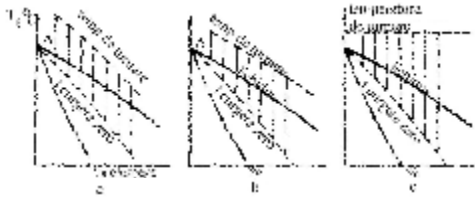


Fig.7.2. Posibilități de alegere a temperaturii de turnare: a-la aceeași supraîncălzire peste linia curgerii zero; b-la aceeași supraîncălzire peste linia lichidus; c-la supraîncălzire constantă.

Influența proprietăților termofizice ale aliajului.

La valori mari ale căldurii specifice și greutateii specifice a aliajelor, scăderea temperaturii lui, la aceeași cantitate de căldură cedată formei, va fi mai mică.

Conductivitatea termică ridicată a aliajului micșorează fluiditatea.

Influența acestor factori este dată de relația:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}, [m^2 / s]$$

unde a este coeficientul de difuzivitate termică; λ -conductivitatea termică, [W/mK]; c -căldura specifică, [kJ/kgK]; ρ -densitatea, [kg/m³].

Influența viscozității. În cazul curgerii laminare se poate considera că fluiditatea aliajului este invers proporțională cu viscozitatea cinematică a lui.

Tensiunea superficială a metalelor și aliajelor este în strânsă legătură cu umectarea și neumectarea pereților formei de către aliajul lichid.

Aliajele cu tensiune superficială mare nu umectează pereții formei, au capacitate mică de umplere a cavităților înguste, de obținere a unor pereți subțiri. Aliajele cu tensiune superficială mică umectează pereții formei, deci au fluiditate mare.

Dintre procesele chimice care au loc la turnarea aliajelor în cavitatea formei, oxidarea joacă un rol deosebit de mare. Formarea oxidurilor și dizolvarea lor în aliaj duce la mărirea capacității de umectare a pereților formei și implicit a fluidității.

Influența materialului formei. La curgerea prin canalele rețelei de turnare și prin cavitatea formei, aliajul topit cedează căldură, deci îi scade temperatura și fluiditatea.

Capacitatea formelor de absorbție a căldurii se determină cu ajutorul coeficientului de acumulare a căldurii, b_f , care depinde de conductivitatea termică, λ , de căldura specifică, c și de densitatea materialului formei, ρ :

$$b_f = \sqrt{\lambda \cdot c \cdot \rho} \quad [W s^{1/2} / m^2 K].$$

Influența condițiilor de turnare. Au influență asupra fluidității configurația cavității prin care curge aliajul, viteza de umplere, presiunea exercitată deasupra aliajului în curgere.

O influență deosebită o are grosimea echivalentă a peretelui piesei, care este raportul dintre volumul piesei și suprafața totală de răcire a ei.

La o suprafață mare, deci grosimea echivalentă mică, pentru a se asigura umplerea formei se mărește temperatura aliajului la turnare.

7.2. Curgerea metalelor și aliajelor prin canale

Fenomene ce însoțesc curgerea aliajelor prin canale. În cazul curgerii metalelor și aliajelor topite prin canale se aplică legea continuității și legea energiilor. Prima exprimă principiul conservării masei și arată că debitul masic este constant în orice secțiune transversală, dacă nu apar schimbări cu exteriorul și dacă mișcarea este permanentă. A doua lege exprimă conservarea energiei și afirmă că fluxul de energie dintr-o secțiune este egal cu fluxul de energie din altă secțiune a aceluiași tub de curent însumat cu pierderile de energie dintre cele două secțiuni.

La curgerea aliajelor lichide prin canale au loc pierderi de energie datorită frecărilor și datorită rezistențelor locale care se manifestă ca o pierdere de energie cinetică.

În locurile unde apar depresiuni, pătrund gaze care sunt antrenate în cavitatea formei de jetul de aliaj lichid.

Apariția depresiunilor este determinată de:

- secțiunea canalului care nu urmărește micșorarea secțiunii jetului datorită creșterii vitezei;
- schimbarea bruscă de direcție;
- intrarea aliajului lichid dintr-un recipient într-un canal cu muchii nerotunjite.

Cavitația se produce la curgerea lichidelor care conțin incluziuni gazoase și reprezintă schimbarea bruscă a condițiilor hidrodinamice de curgere datorită apariției fazei gazoase, care distruge continuitatea jetului.

Cavitația determină creșterea rezistenței la curgerea aliajelor prin canale și în cavitatea formei și reprezintă un fenomen nedorit.

Forța și energia de lovire a jetului.

La căderea jetului pe suprafața oalei sau formei, acesta exercită o forță, ce se poate calcula cu ajutorul ecuației impulsului, pentru un punct de masă m :

$mdv = Fdt$ unde F este forța; dt -timpul iar dv -variația vitezei.

Pentru un element dm : $dF = \frac{dm}{dt} dv$ unde $\frac{dm}{dt} = \frac{Q\gamma}{g}$

unde Q este debitul.

$$dF = \frac{Q\gamma}{g} dv$$

$$F = \frac{Q\gamma}{g} (v_2 - v_1), \quad v_2 = 0 \text{ la impact.}$$

$$F = -\frac{Q\gamma}{g} v_1, \quad Q = Av_1, \quad A\text{-secțiunea jetului;}$$

$$F = \frac{\gamma A}{g} v_1^2 = 2\gamma A \frac{v_1^2}{2g}, \quad \text{deci, } F = 2\gamma AH$$

Energia la lovire, care provoacă turbioane în lichidul din oală sau formă este:

$$E = M \frac{v^2}{2}, \quad M = \frac{Q\gamma}{g}, \quad E = \frac{Q\gamma}{2g} v^2$$

$Q = Av$, A - secțiunea finală a jetului;

$$E = \frac{A\gamma v^3}{2g}$$

Energia de pătrundere este proporțională cu secțiunea și cu cubul vitezei jetului.

CAP.VIII. CRISTALIZAREA ȘI SOLIDIFICAREA ALIAJELOR TURNATE

8.1. Cristalizarea aliajelor

În general, transformările de fază încep în anumite puncte și se propagă în continuare din acestea. Acest proces se numește nucleere sau germinare.

Cinetica formării unei faze noi este determinată de trei procese distincte:

- germinarea fazei noi;
- creșterea particulelor fazei noi;
- procesele secundare care conduc la schimbarea structurii sau morfologiei precipitatului primar.

Germinarea poate fi omogenă, când nu se schimbă compoziția chimică și nu intervin impurități sau suprafețe de separație sau eterogenă, când începe pe suprafețe ale impurităților existente în sistem.

La formarea unei structuri noi dintr-o fază lichidă se consideră un echilibru eterogen (există mai mult de o fază în echilibru). La orice temperatură, faza în echilibru este cea care are entalpia liberă minimă.

Creșterea cristalelor, se poate considera ca fiind rezultatul a două mișcări diferite ale atomilor la interfața solid-lichid. Astfel, are loc o trecere din lichid în solid – solidificare și o trecere din solid în lichid – topire.

În funcție de forma suprafeței de separație lichid-solid, creșterea cristalelor se poate face prin mai multe mecanisme: creștere continuă; laterală; pe defecte.

Structurile principale obținute în piesele turnate sunt: structura celulară și structura dendritică.

Structura cristalină a metalelor și aliajelor turnate este determinată de compoziția chimică, condițiile termice, condițiile de nucleere și creștere a cristalelor.

Dintre acești factori, condițiile termice prezintă o variație mare în decursul formării structurii primare a unei piese turnate.

Deci structura piesei turnate va consta în zone separate cu caracteristici diferite:

- la margine un strat îngust de cristale fine, echiace;
- spre interior o zonă cu cristale dezvoltate alungit în direcția transmiterii căldurii;
- în centrul piesei turnate, o zonă cu cristale echiace și uniforme.

Funcție de caracteristicile materialului turnat, pot lipsi unele zone.

8.2. Fenomene de segregare

Apariția segregărilor (neuniformități de compoziție) este o consecință a redistribuirii elementelor de aliere între faza solidă și cea lichidă în timpul formării structurii primare.

Microsegregarea rezultă ca urmare a transportului de masă prin difuzie pe distanțe mici și poate fi: celulară, dendritică sau la limita grăunților.

Segregarea celulară se obține ca urmare a scoaterii elementului dizolvat dintr-o soluție solidă și îmbogățirea în acesta a fazei lichide.

Segregația cea mai mare se va obține la punctele de joncțiune ale celulelor. Această segregare se poate elimina de la sine prin difuzia ce are loc și în faza solidă, în timpul răcirii.

Segregația dendritică apare ca variații de concentrație între centrul și partea exterioară a ramurilor dendritice.

Omogenizarea ulterioară a compoziției prin tratament termic este cu atât mai dificilă cu cât distanța dintre ramurile dendritice este mai mare.

8.3. Solidificarea aliajelor turnate

Schimbul de căldură în sistemul aliaj-formă. Din momentul când în forma de turnare intră primele cantități de aliaj lichid, între forma de turnare și aliajul lichid începe un proces de schimb de căldură. Repartiția temperaturii la un moment dat pe secțiunea peretelui piesei și a formei de turnare în timpul solidificării și răcirii aliajului reprezintă câmpul de temperatură, figura 8.1

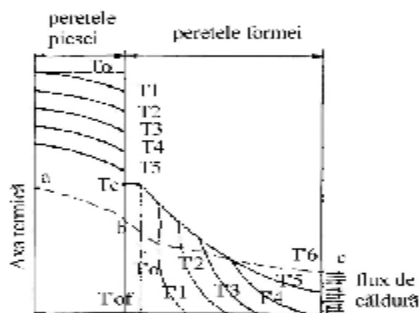


Fig.8.1. Câmpul de temperatură în peretele piesei și în peretele formei.

d se poate considera că temperatura este aceeași pe toată grosimea peretelui piesei și egală cu T_0 .

Datorită diferenței de temperatură $T_0 - T_0'$ începe transmiterea căldurii prin conductivitate termică de la metal la formă. Forma va avea temperatura de contact T_c pe o adâncime mică. Datorită diferenței de temperatură între straturile metalului lichid și straturile succesive din formă, căldura se va transmite prin conductivitate.

La valori foarte mari ale conductivității T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 ar fi drepte orizontale. Când temperatura din peretele piesei scade foarte mult, scade și temperatura de contact și câmpul de temperaturi va fi dat de curba abc.

Temperatura la suprafața de contact aliaj-formă variază funcție de natura aliajului, fiind de 1400-1500°C pentru oțel, 1000-1100°C pentru fontă și 500-550°C pentru aliaje de aluminiu.

Mecanismul solidificării. Trecerea aliajului din stare lichidă în stare solidă este însoțită de două procese: cristalizarea și solidificarea.

Solidificarea este procesul de trecere a aliajului la scară microscopică din stare lichidă în stare solidă, fără să se șină seama de formarea microstructurii, datorită răcirii lui.

Solidificarea poate fi de mai multe tipuri funcție de:

-modul de creștere a zonei în curs de solidificare:

-succesivă (exogenă) și în volum (endogenă);

-viteza de creștere a zonei în curs de solidificare:

-continuă sau discontinuă;

-structura zonei în curs de solidificare:

-fără zonă bifazică sau cu zonă bifazică.

Procesul de solidificare a aliajului poate fi împărțit în patru etape:

I. Prima etapă caracterizează solidificarea aliajului în timpul turnării și curgerii acestuia prin cavitatea formei și în primele momente după terminarea turnării;

II. Etapa a doua se caracterizează prin: egalizarea temperaturii pe secțiunea peretelui piesei turnate datorită mișcării convective a fazei lichide din interiorul peretelui; stratul solidificat în etapa întâi se poate topi parțial sau chiar total pe seama măririi temperaturii la suprafața de contact formă-piesă.

III. În această etapă, viscozitatea aliajului din interiorul peretelui piesei se mărește simțitor, mișcarea convectivă a aliajului devenind imposibilă;

IV. Datorită schimbului intens de căldură dintre lichid și crusta solidificată, temperatura începe să se micșoreze treptat. Această etapă se termină când în axa termică aliajul se răcește până la temperatura solidus.

Axa termică este dreapta sau curba care unește totalitatea punctelor în care solidificarea are loc în ultimul moment.

8.4. Procesele de contracție în aliajele turnate

Contractia aliajelor reprezintă totalitatea fenomenelor de micșorare a volumului și implicit a dimensiunilor pieselor turnate în formă, la răcirea lor în stare lichidă, la solidificare și în stare solidă.

Contractia aliajelor la răcire se datorește următoarelor cauze:

- dezvoltarea componentei anarmonice în procesul de oscilare a atomilor față de pozițiile lor medii;
- transformările alotropice ale aliajelor în stare solidă (variația tipului și parametrilor rețelei cristaline);
- variația de volum care are loc la schimbarea stării de agregare, adică în timpul cristalizării.

La solidificare, majoritatea metalelor își micșorează volumul, excepție fac Ga și Bi care și-l măresc.

Caracteristicile numerice ale schimbării dimensiunilor corpurilor la răcire se numesc coeficienți de contracție și se pot exprima în mărimi de volum sau liniare, în unități sau procente.

Contractia aliajului în stare lichidă are loc în intervalul de temperatură cuprins între temperatura de turnare și temperatura lichidus - ε_{vl} . Se manifestă prin micșorarea volumului exprimat prin %/grad. Pentru a calcula contractia volumică în stare lichidă se folosește relația:

$$\varepsilon_{vl} = \alpha_l (T_t - T_l) \cdot 100, \quad [\%]$$

unde α_l este coeficientul de contracție volumică a aliajului la răcirea în stare lichidă; T_t - temperatura de turnare; T_l - temperatura lichidus;

$\Delta T_{sup} = (T_t - T_l)$ este gradul de supraîncălzire.

$$\varepsilon_{vl} = \alpha_l \cdot \Delta T_{sup} \cdot 100 \quad [\%]$$

$$\alpha_l = \frac{V_t - V_l}{V_l (T_t - T_l)}$$

Contractia aliajului la solidificare are loc fie la temperatură constantă (metale pure, aliaje eutectice), fie într-un interval de temperatură ($T_l - T_s$), figura 8.2.

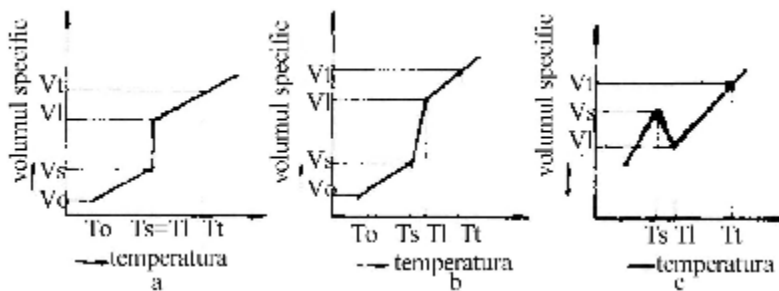


Fig.8.2. Variația volumului specific cu temperatura:a-pentru metale pure și aliaje eutectice;b-pentru aliaje cu interval de solidificare;c-pentru Ga, Sb, Bi, Li.

$$\alpha_k = \frac{V_l - V_s}{V_l} \quad \text{sau} \quad \alpha'_k = \frac{V_l - V_s}{V_s}$$

V_l, V_s - volumul ocupat de aliaj în stare lichidă și în stare solidă.

$$\text{Deci, } V_s = V_l(1 - \alpha_k) \text{ și } V_l = V_s(1 - \alpha'_k) \Rightarrow \alpha_k = \frac{\alpha'_k}{1 + \alpha'_k}$$

Contrația la solidificare ε_{vk} se manifestă prin micșorarea continuă a volumului specific, cauzat de trecerea aliajului din stare lichidă în stare solidă, încât se poate considera $\varepsilon_{vk} \approx \alpha_k$.

Contrația aliajelor în stare solidă poate fi determinată cu ajutorul relației: $\varepsilon_{vs} = \alpha_s(T_s - T_a) \cdot 100$ [%], indicele a - ambient (+20°C).

α_s - coeficient de contracție volumetrică în stare solidă.

Deși contracția aliajelor în stare solidă este în volum, ea se exprimă mai bine prin variația dimensiunilor exterioare, motiv pentru care se numește contracție liniară.

Contrația la turnare se referă la variația dimensiunilor pieselor turnate în intervalul de temperatură de la temperatura de turnare la temperatura mediului ambient față de cavitatea formei în care s-a turnat aliajul lichid.

8.5. Tensiuni interne în pereții pieselor turnate

Ca urmare a procesului de contracție liniară, la răcirea pieselor turnate, pot să apară deformații, care dacă sunt frânate dau naștere la tensiuni. Dacă tensiunile ating valoarea limitei de rupere a aliajului, atunci apar crăpături.

Tensiunile pot fi temporare și remanente.

Funcție de cauza apariției lor, tensiunile pot fi mecanice, termice și fazice.

Tensiunile mecanice sunt determinate de frânarea mecanică a contracției libere a aliajelor la temperaturi ridicate.

$$\sigma = \alpha_t \cdot E(T_E - T_0)$$

în care E este modulul de elasticitate; α_t -coeficientul de contracție în stare solidă; T_E - temperatura aliajului de trecere din stare plastică în stare elastică; T_0 - temperatura până la care se răcește piesa.

Când deformarea plastică și compresibilitatea formei sunt apreciate prin valoarea $\frac{\Delta L}{L}$ atunci:

$$\sigma = E \left[\alpha_t (T_E - T_0) - \frac{\Delta L}{L} \right]$$

Pentru a prezenta modul de acțiune al tensiunilor termice se ia în considerare răcirea a doi pereți de secțiuni diferite S_1 și S_2 , legați solidari între ei. Peretele subțire se răcește mai repede datorită suprafeței specifice mai mari.

La o anumită temperatură:

$$l_t = l_0 [1 - \alpha_s (T_{ic} - T)]$$

$$\varepsilon_l = \frac{l_0 - l_t}{l_0} = \alpha_s (T_{ic} - T) = \alpha_s \Delta T$$

în condițiile că temperatura începutului de contracție liniară T_{ic} este una pentru întreaga secțiune și lipsesc transformările de fază iar α_s este constant.

Dacă barele se consideră că rămân rectilinii:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{S_2}{S_1} \Rightarrow \frac{E\varepsilon_1}{E\varepsilon_2} = \frac{S_2}{S_1} \Rightarrow \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1 + \varepsilon_2} = \frac{S_2}{S_1 + S_2}$$

$$\varepsilon_1 + \varepsilon_2 = \alpha(T_1 - T_2) \Rightarrow \varepsilon_1 = \alpha(T_1 - T_2) \frac{S_2}{S_1 + S_2}$$

$$\sigma_1 = E\alpha(T_1 - T_2) \frac{S_2}{S_1 + S_2}$$

în care T_1, T_2 sunt temperaturile barelor 1 și 2 în momentul trecerii în stare elastică.

Tensiunile interne sunt proporționale cu modulul de elasticitate și nu depind de lungimea barelor. Tensiunea dintr-o bară este cu atât mai mare cu cât secțiunea celeilalte bare este mai mare.

Tensiunile fazice sunt determinate de transformările alotropice care au loc la răcirea aliajelor, transformări însoțite de variația volumului specific.

Transformările de fază sunt caracteristice aliajelor feroase, la răcire, când austenita se transformă în perlită. La răcirea înceată a pieselor din oțel sau fontă, această transformare are loc la temperaturi ridicate, creșterea în volum fiind compensată de deformații plastice, piesele neavând deci tensiuni.

8.6. Procesul de deformare a pieselor turnate cu tensiuni termice

Tensiunile remanente, funcție de mărimea lor, pot să ducă sau nu la apariția de fisuri și crăpături în pereții pieselor. Ele duc în majoritatea cazurilor la deformarea piesei turnate.

Prin deformare de contracție înțelegem variația dimensiunilor piesei turnate după răcirea completă, în comparație cu dimensiunile pe care le-a avut la turnarea în formă a aliajului topit.

În vederea micșorării tendinței de încovoiere sau de deformare a pereților pieselor se iau următoarele măsuri:

- proiectarea unor piese cu grosime uniformă care asigură o viteză egală de răcire;
- folosirea nervurilor de rigidizare care frânează încovoierea;
- accelerarea răcirii pereților groși cu răcitori sau alte metode.

Piesele turnate, din punct de vedere al formării tensiunilor pot fi clasificate funcție de gradul de neizotermie sau de rigiditatea îmbinării diverselor elemente ale pieselor.

Gradul de neizotermie al construcției, se exprimă prin raportul dintre diametrele sferelor înscrise în diferite zone ale piesei turnate.

Gradul de rigiditate se exprimă prin valoarea și natura tensiunilor, dacă apar tensiuni axiale sau și de încovoiere. Când apar numai tensiuni axiale, construcția piesei este rigidă. Însă, între construcții rigide și nerigide există tipuri de construcții cu diverse grade de compresibilitate, figura 8.3.

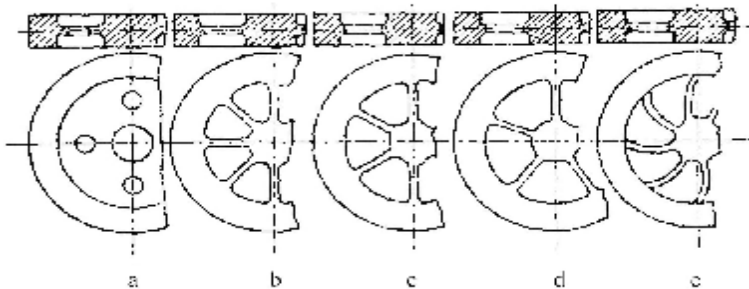


Fig.8.3. Piese neizotermice cu diverse grade de rigiditate (rigiditatea se micșorează de la a-e).

Pentru a se preveni apariția deformațiilor sunt necesare unele măsuri:

- eliberarea părților groase de amestecul de formare pentru accelerarea răcirii lor;
- accelerarea răcirii părților groase cu răcitori exteriori;

- răcirea cu apă a părților groase după solidificarea completă;
- la piese cu grosimi uniforme – răcire foarte lentă;
- răcirea în formă până la temperatura de 200-300°C.

8.7. Formarea crăpăturilor

Formarea crăpăturilor la cald. Crăpăturile la cald sunt discontinuități care se formează în intervalul de solidificare al aliajului și sunt determinate de frânarea contracției liniare libere și valoarea scăzută a proprietăților mecanice ale aliajului.

Tensiunile care dau naștere la crăpături la cald pot fi mecanice sau termice.

Asupra tendinței de formare a crăpăturilor la cald influențează următorii factori tehnologici: natura aliajului; natura formei; geometria piesei turnate; condițiile de turnare.

Pentru a se micșora tendința de apariție a crăpăturilor la cald se utilizează următoarele măsuri:

- mărirea compresibilității formei prin utilizarea amestecurilor compresibile;
- rigidizarea locurilor slabe în piesele turnate (răcitori, nervuri de contracție, racordări);
- eliminarea părților proeminente ale pieselor;
- micșorarea temperaturii și a vitezei de turnare;
- micșorarea conținutului de impurități din aliaj.

Formarea crăpăturilor la rece. Crăpăturile la rece sunt discontinuități în pereții pieselor turnate care apar la temperaturi scăzute și sunt determinate numai de tensiunile termice și cele fazice.

Spre deosebire de crăpăturile la cald, care sunt totdeauna oxidate (colorate în negru), cele la rece se caracterizează printr-o suprafață cristalină sau ușor colorată (culoarea de revenire) în funcție de temperatura la care apar. Crăpăturile la rece se produc în timpul răcirii piesei în formă sau la dezbatere.

În piesele de construcție neizotermă și nerigidă nu apar tensiuni fazice și termice, deci nici crăpături la rece.

Pentru a preîntâmpina apariția crăpăturilor la rece trebuie micșorat gradientul de temperatură la trecerea din stare plastică în stare elastică, gradul de neizotermie a piesei turnate sau rigiditatea piesei.

8.8. Răcirea pieselor turnate

Piesele turnate se scot din formă, de obicei după solidificarea totală a aliajului. La scoaterea din forme-dezbatere-viteza de răcire crește brusc, această accelerare a răcirii determinând apariția unor tensiuni interne suplimentare.

La oțeluri, temperatura maximă la care se pot scoate piesele din forme este 720°C, când toate transformările fazice au avut loc.

Durata de răcire a pieselor este de câteva zeci de ori mai mare decât durata de solidificare.

Pentru calcule aproximative a duratei de răcire a pieselor turnate din fontă, se poate utiliza relația:

$$t = k\sqrt{G_p}$$

în care t este durata de răcire până la 200°C; G_p - masa piesei turnate, în t; k -coeficient ce depinde de configurația piesei și grosimea pereților (15-92).

Răcirea pieselor turnate după dezbatere are loc de obicei prin radiație și mai puțin prin convecție.

8.9. Procese de segregare zonală

Prin segregare zonală sau macrosegregare se înțelege neuniformitatea compoziției chimice a aliajului care apare în timpul procesului de cristalizare pe secțiunea peretelui piesei turnate.

Funcție de locul de repartizare, segregarea zonală se împarte în:

- segregare zonală directă;
- segregare zonală inversă;
- segregare zonală axială, de tip V;
- segregare zonală neaxială, de tip Λ ;
- segregare zonală pozitivă și negativă.

CAP.IX. PROCEDEE SPECIALE DE FORMARE ȘI TURNARE

9.1. Procedee speciale de formare

9.1.1. Forme-coji cu modele fuzibile

Generalități. Formele-coji obținute cu modele fuzibile fac parte din categoria formelor temporare, deoarece după solidificarea și răcirea aliajului se distrug pentru extragerea piesei turnate.

Acest procedeu prezintă o serie de avantaje:

- se obțin piese cu configurație complicată din orice material metalic turnabil;
- se reduc sau se elimină adaosurile de prelucrare mecanică, din care cauză se mai numește și turnare de precizie;
- precizie dimensională mare, calitate superioară a suprafețelor;
- utilajul folosit este relativ simplu;
- productivitate mare.

Dintre dezavantaje enumerăm: se toarnă piese cu masă mică (de la câteva grame la câteva kilograme); matricele pentru executarea modelelor sunt scumpe; materialele fuzibile au preț de cost ridicat.

Procedul tehnologic de obținere a pieselor prin turnare de precizie în forme-coji cu modele fuzibile, cuprinde următoarele faze:

- proiectarea procesului tehnologic de fabricare a pieselor;
- confectionarea matricei pentru turnarea modelelor fuzibile;
- turnarea sau injectarea materialului fuzibil (ceară, stearină, parafină, mercur etc) în stare lichidă sau păstoasă, pentru obținerea modelelor fuzibile;
- asamblarea modelelor fuzibile în ciorchine;
- execuția formei-coajă prin depunerea pe ciorchine a 3-6 straturi ceramice, în funcție de mărimea pieselor turnate;
- îndepărtarea modelului fuzibil din formă cu ajutorul unui curent de aer cald, cu abur sau prin scufundarea formei-coajă în apă fierbinte;
- uscarea formei-coajă;
- împachetarea formei-coajă în nisip, pentru calcinare;
- calcinarea formelor-coajă la temperatura de 850-950°C;
- turnarea metalului în forma caldă, imediat după scoaterea din cuptorul de calcinare;
- dezbateră formelor și curățirea pieselor turnate.

Confectionarea modelelor fuzibile

Întrucât numărul de modele este egal cu numărul de piese ce se toarnă, pentru fabricarea modelelor fuzibile sunt necesare metode de mare productivitate și materiale ieftine și recuperabile.

Codiciile cerute materialelor utilizate sunt: temperatură mică de topire, rezistență mecanică după turnare și solidificare, cost scăzut, coeficient de contracție la solidificare cât mai mic, să conțină cât mai puțină cenușă deoarece modelul nu se poate evacua complet din forma-coajă.

Masele fuzibile pe bază de ceară, stearină și parafină se prepară printr-o topire preliminară. După topirea completă se încălzește la temperatură de 80-90°C și se menține timp de 30-40 minute la această temperatură, amestecându-se de mai multe ori. Se realizează astfel omogenizarea materialului, degazarea și separarea impurităților antrenate mecanic.

Deșeurile recuperate prin topirea modelelor fuzibile se pot utiliza după o regenerare.

Realizarea unei producții mari de modele fuzibile precum și o mare productivitate a muncii, sunt posibile numai prin turnarea materialelor pentru modele într-o cavitate numită matrice. Matricele trebuie să redea cât mai corect configurația modelului, să-și păstreze dimensiunile în timpul procesului tehnologic, să aibă conductibilitate termică ridicată, să aibă rezistență mare și cost redus.

Matrițele se pot realiza din materiale metalice, nemetalice sau prin procedee speciale (procedeul nichel-carbonil, galvanostegie).

Confecționarea matrițelor metalice se face prin prelucrare mecanică, incluzând un mare volum de muncă, principalele operații fiind: prelucrarea suprafeței de separație ca suprafață de referință; trasarea profilului; prelucrarea propriu-zisă a matriței.

Matrițele nemetalice se confecționează din lemn, ipsos, materiale plastice.

Confecționarea matrițelor prin procedeul nichel-carbonil

Nichel-carbonilul este un lichid incolor, cu temperatura de fierbere 43°C și care la $80-140^{\circ}\text{C}$ se descompune în nichel metalic și oxid de carbon.

Etapile realizării matriței sunt: confecționarea modelului etalon; depunerea nichelului peste modelul etalon; ajustarea matriței și montarea ei într-o cutie.

Realizarea modelelor etalon se poate face mai ușor decât matrițele, întrucât se pot descompune în părți pentru prelucrare pe mașini unelte.

Instalația pentru depunerea nichelului (figura 9.1) trebuie să fie dotată cu utilajul necesar încălzirii nichel-carbonilului peste 80°C și să se asigure o încălzire lentă, deoarece încălzit rapid nichel-carbonilul se descompune cu explozie.

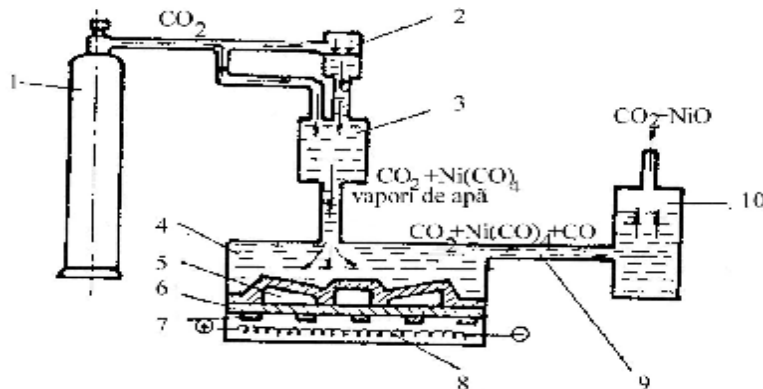


Fig. 9.1. Confecționarea matrițelor după procedeul nichel-carbonil

Dioxidul de carbon din butelia (1) antrenează nichel-carbonilul lichid din vasul (2) în vasul (3) cu apă încălzită la 80°C , iar de aici pleacă împreună cu vaporii de apă și dioxidul de carbon în vasul de depunere a nichelului.

Modelele etalon (5) sunt montate pe placa etalon (6) care este rezemată de suportii (7) și încălzită de rezistența electrică (8), până la 165°C .

Nichelul-carbonilul venind în contact cu placa de model etalon (6) încălzită, se descompune. Nichelul se depune iar oxidul de carbon este evacuat prin conducta (9) în camera fierbinte (10), cu temperatura de 1100°C , unde are loc transformarea CO care este toxic în CO_2 , iar a nichel-carbonilului neconsumat în CO_2 și NiO, din care se recuperează nichelul.

Dimensiunile matrițelor ce se pot realiza pot fi de la $25 \times 25 \text{ mm}$ la $1,5 \times 2 \text{ m}$.

Durabilitatea este mare, procesul tehnologic este simplu și se pot confecționa mai multe matrițe cu același model etalon, fără a mai necesita mână de lucru calificată.

Confecționarea matrițelor prin galvanostegie. Procesul tehnologic este asemănător cu cel descris anterior, diferă doar modul de depunere care este o depunere electrolică.

Turnarea modelului în matriță se face sub presiune pentru ca umplerea matriței să fie completă și corectă.

Presarea se realizează la o presă cu aer comprimat, la $30-60 \text{ N/cm}^2$.

Modelele din mercur se realizează prin umplerea unei matrițe cu mercur și răcirea sub temperatura de solidificare a mercurului.

În figura 9.2 se prezintă schema procesului tehnologic de obținere a formelor-coji cu modele fuzibile.

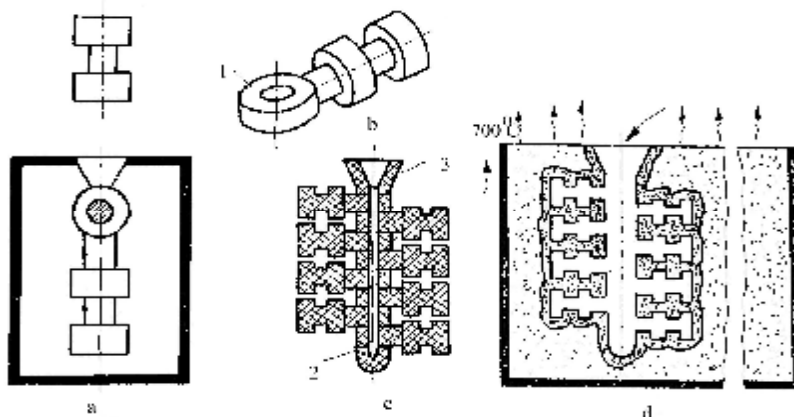


Fig.9.2. Schema procesului tehnologic de obținere a formelor-coji cu modele fuzibile:*a*-matrița;*b*-modelul fuzibil;*c*-ciorchinele asamblate;*d*-forma pentru turnare;*1*-model cu element de prindere;*2*-element capăt picior de turnare,*3*-pâlnie turnare.

Asamblarea modelelor în ciorchine

Asamblarea modelelor (fig.9.2-c) se face cu scopul de a mări volumul de aliaj lichid care se introduce într-o formă, precum și pentru a micșora consumul de metal pentru rețeaua de turnare.

Realizarea formei-coajă

Cuprinde următoarele faze: degresarea ciorchinelui cu apă și săpun; scufundarea ciorchinelui într-un amestec compus din 50% praf de cuarț și 50% silicat de etil hidrolizat. Se mai utilizează și silicat de sodiu, care este inferior silicatului de etil; presărarea ciorchinelui cu nisip cuarțos, scufundarea într-un bazin cu soluție de clorură de amoniu (25%) pentru întărire.

Astfel, s-a obținut primul strat refractar, pentru o formă-coajă fiind necesare 3-6 straturi.

Materialele refractare utilizate sunt materiale speciale ca: nisip de zirconiu, cromit, electrocorindon etc. Înainte de utilizare nisipul se calcinează la o temperatură de 900°C, timp de 3-4 ore.

Îndepărtarea modelelor fuzibile din formă

Se face pe cale termică, modelele topindu-se iar materialul pentru modele se adună într-un jgheab, de unde se colectează și se refolosește.

Uscarea formelor-coji

Se aplică în cazul când modelele se evacuează prin scufundare în apă caldă, pentru a utiliza cu randament ridicat cuptoarele de calcinare (să nu se ocupe cuptoare de calcinare pentru operații la temperaturi scăzute și timp îndelungat).

Împachetarea formelor-coji

Se face pentru a mări rezistența mecanică a formei în timpul turnării. Se folosesc cutii din oțel în care se așează formele-coji, iar în jurul lor se introduce nisip până la umplerea cutiei. Este indicat să se utilizeze un nisip refolosit deoarece după prima calcinare nu mai suferă transformări de fază, deci nu mai apar dilatări.

Calcinarea formelor-coji

Are ca scop: realizarea arderii materialelor organice rămase în forme; terminarea procesului de întărire chimică; micșorarea tensiunilor care se formează în piesă la răcire, deoarece

la calcinare formele-coajă se dilată, iar la răcire se contractă împreună cu piesa; volatilizarea NaCl rămăsă în formă; asigurarea umplerii complete a formelor cu aliaj lichid.

Formele se scot din cuptor numai cu câteva minute înainte de turnare iar turnarea se face în forme calde cu temperatura de cel puțin 700°C.

După turnare și răcire formele se dezbat iar piesele se curăță de regulă pe cale chimică, prin fierbere în apă cu 25% sodă caustică.

9.1.2. Forme-coji cu lianți termoreactivi

La acest procedeu, forma de turnare rezultă din asamblarea a două coji subțiri din amestec refractar, având configurația piesei. Rețeaua de turnare este cuprinsă în formele-coji iar golurile interioare se obțin cu ajutorul miezurilor-coajă.

În principiu, procesul tehnologic de fabricare a pieselor prin turnare, în forme-coji cu lianți termoreactivi, cuprinde următoarele operații: prepararea amestecului de formare; execuția formelor-coji; asamblarea și consolidarea formelor-coji în vederea turnării; turnarea aliajului lichid în forme; dezbaterea formelor și curățirea pieselor turnate.

Materialele utilizate

La realizarea amestecului de formare se utilizează nisip, liant termoreactiv, un accelerator de întărire și diverse materiale de adaos, pentru a ușura extragerea formei-coajă de pe model.

Nisipul utilizat trebuie să conțină un procent mai mic de părți levigabile, să fie compus din granule uniforme, fine și să fie refractar. Diametrul granulelor de nisip trebuie să fie 0,16-0,20 mm.

Nu este indicată calcinarea nisipului deoarece precizia dimensională nu este atât de mare, utilizându-se cu succes nisip regenerat pe cale termică.

Lianții termoreactivi trebuie să îndeplinească următoarele condiții: să aibă viteză mare de întărire la temperatura de formare; să asigure rezistența mecanică a formelor-coji; să aibă fluiditate în timpul peliculizării și întăririi; să nu prezinte reactivitate mare față de cutiile de miez.

Cel mai utilizat liant termoreactiv este novolacul.

Pentru nisipul peliculizat cu liant lichid, întăritorul și lubrifianțul este sub formă de praf – întăritor F.

Pentru o ușoară extragere a formei-coajă de pe plăcile de model, acestea din urmă se ung cu vaselină siliconică, iar pentru mărirea capacității de curgere a nisipului peliculizat se adaugă, ca lubrifianț, stearat de calciu.

Procesul tehnologic de realizare a formelor-coji

Procesul este mecanizat și diferă de formarea clasică, consumând mult mai puțin amestec de formare.

Formele-coji pot avea una sau mai multe suprafețe de separație, bucățile confecționate separat se asamblează ușor între ele cu liant termoreactiv.

Fazele procesului tehnologic sunt prezentate în figura 9.3: placa de model (1), încălzită la 250-300°C, se montează drept capac la un rezervor (2), cu amestec termoreactiv (fig.9.3-a); se basculează instalația cu 180°C și se menține contactul timp de 20-30 s între placa de model și amestecul termoreactiv (fig.9.3-b). Prin topirea și polimerizarea rășinii sintetice, pe suprafața plăcii model se formează o coajă (3) cu grosimea de 4-15 mm; se basculează rezervorul în poziția inițială, se demontează placa model cu coaja pe aceasta; se introduce placa model cu coaja în cuptor la 250-300°C, se calcinează pentru întărirea cojii care se demulează cu ajutorul tijelor extractoare (4), iar placa model este pregătită pentru realizarea unei noi forme-coajă.

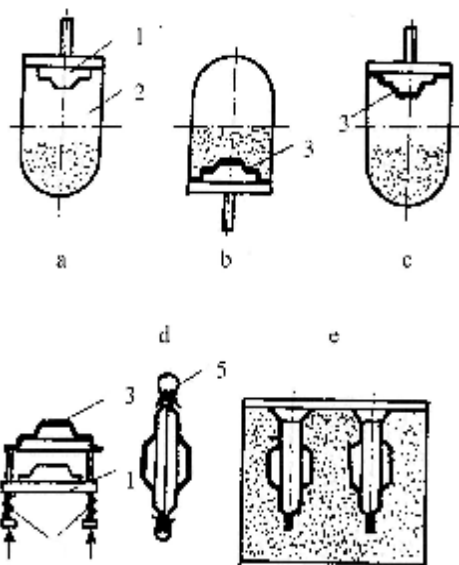


Fig.9.3. Procesul tehnologic de realizare a formelor-coji cu liant termoreactiv

Formele-coji obținute se assemblează și consolidează în vederea turnării.

Pentru mărirea gradului de îndesare se utilizează rezervoare basculante mai lungi umplute 25% cu nisip și basculate repede sau presate suplimentar cu aer comprimat.

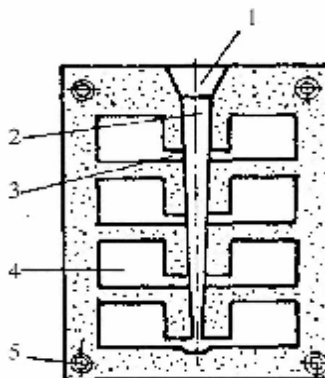
Formele-coji se deformează la contactul cu aliajul topit astfel: după 5-10 s de la turnare formele se curbează spre interior, micșorând grosimea peretelui; după 10 s se curbează spre exterior, ceea ce atrage în final creșterea grosimii pereților pieselor turnate.

Ca măsuri pentru mărirea stabilității formei, enumerăm: mărirea grosimii pereților formei-coajă; răcirea formei-coajă cu aer comprimat; accelerarea răcirii prin folosirea unor materiale refractare cu căldură specifică mare.

După ce sunt remediate, formele-coji se vopsesc, în caz contrar apar cruste.

Într-o formă-coajă se pot turna mai multe piese mici (fig.9.4). Solidizarea semicojilor se poate face în mai multe moduri: cu șuruburi; cu scoabe elastice sau prin lipire cu clei.

Fig.9.4. Formă-coajă pentru turnarea mai multor piese mici: 1-pâlnia de turnare; 2-piciorul pâlniei; 3-alimentator; 4-piese; 5-locaș tronconic.

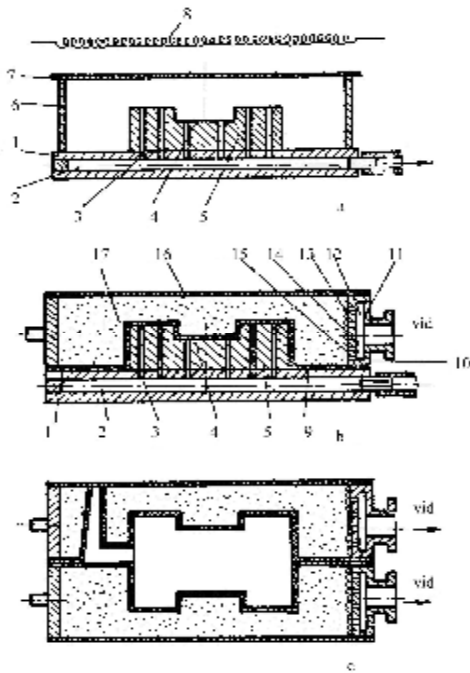


Dezbaterea formelor-coji se face ușor deoarece liantul termoreactiv arde în timpul solidificării și răcirii aliajului.

9.1.3. Procedul de formare cu nisip uscat, fără liant, solidizat prin vid.

Principiul procedului. La acest procedeu de formare, numit și procedeu V, deoarece rezistența mecanică a formei este asigurată cu ajutorul vidului, se obține o reducere a manoperei la formare, dezbatere și curățire, cât și o poluare redusă a atmosferei.

Procesul tehnologic de confecționare a unei forme prin procedeul V cuprinde următoarele operații: pregătirea plăcii de model în vederea formării; umplerea formei cu nisip uscat; extragerea aerului din porii formei; extragerea modelului din formă; asamblarea și consolidarea formelor în vederea turnării; turnarea aliajului în formă; dezbateră formelor; curățirea pieselor turnate.



Placa de model (1), (figura 9.5), pentru semiforma inferioară se acoperă cu o folie de polietilenă (7) care se așează pe o ramă (6) și se vedează prin găurile (2) și (3) care ajung la suprafața activă (4) a modelului (5).

Folia de polietilenă se încălzește până la 50-60°C cu ajutorul unei rezistențe electrice (8) și datorită vidului se mulează pe model.

Peste placa de model cu folia de polietilenă (9), figura 9.5-b, se așează rama de formare (10), se introduce nisip uscat (17), se vibrează și se acoperă cu folia (16).

Fig.9.5. Schema de principiu a procedurii de formare în vid

Urmează vidarea prin intermediul pereților (11) și (13) a cavității (12). Prin canalele (14), acoperite cu sita (15) din plasă fină din sârmă, se vedează forma. Se extrage modelul și se execută

similar și cealaltă semiformă.

Asamblarea și consolidarea formelor se face la fel ca la formele clasice, păstrând însă cavitatea formei în legătură cu stația de vid (fig.9.5-c).

Turnarea aliajului se face cu viteză mai mare decât la formele temporare clasice, pentru ca aliajul să umple forma înainte ca folia de polietilenă să ardă.

Principalele avantaje ale formării prin depresiune sunt: reducerea cheltuielilor prin eliminarea lianților; reducerea consumului de nisip, deoarece acesta este reutilizat; se elimină instalațiile de preparare a amestecurilor de formare; nu este necesară îndesarea formelor; se reduc substanțial noxele din turnătorie.

Particularitățile procedurii V

Formele vidate nu au rezistență la tracțiune, deoarece sunt confecționate din nisip uscat, sarcinile verticale creând în formă tensiuni de forfecare și nu de încovoiere.

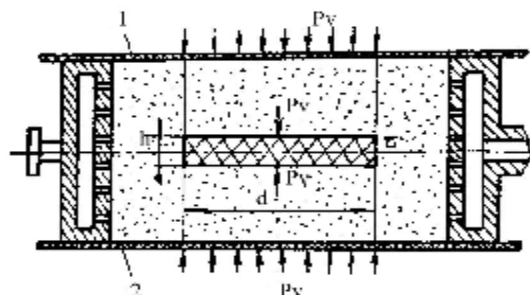
Rezistența de forfecare a nisipului uscat este egală cu forța de frecare dintre granule și se calculează cu relația:

$$\tau = \mu \cdot p_0,$$

unde τ este forța de frecare între granule; μ - coeficientul de frecare între granule; p_0 - presiunea orizontală care ia naștere în nisip sub acțiunea sarcinilor verticale.

În figura 9.6 se prezintă modul de acțiune a sarcinilor asupra stratului de nisip din formă.

Fig.9.6. Modul de acțiune stratului de nisip din vid.



Se ia pentru studiu un strat elementar de nisip cu înălțimea h și diametrul d .

$$\text{Masa nisipului este } m = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \cdot \rho,$$

în care m este masa nisipului, g; ρ - densitatea volumetrică a nisipului, g/cm³.

$$\text{Forța } F_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_v,$$

în care p_v este presiunea verticală asupra nisipului.

Forța F_2 care se opune prăbușirii stratului acționând asupra suprafeței laterale verticale este: $F_2 = \pi \cdot d \cdot h \cdot \mu \cdot p_o$

Se poate scrie:

$$\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_v + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h \cdot \rho \leq \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot p_v + \pi \cdot d \cdot h \cdot \mu \cdot p_o$$

$$\text{Rezultă } d \leq \frac{4 \cdot \mu \cdot p_o}{\rho} \quad \text{sau } d < \frac{4 \cdot \tau}{\rho}$$

d reprezintă diametrul maxim al formei în planul orizontal.

Depresiunea necesară în instalațiile de formare sub vid se alege de circa 350-400 mmHg, în funcție de mărimea formei.

O depresiune prea mare duce la distrugerea foliei iar una prea mică nu asigură rezistența mecanică a formei.

Vopsirea formelor mari se face după extragerea modelului din formă, respectiv peste folia din polietilenă.

Temperatura de turnare trebuie să fie cât mai mică posibil iar viteza de turnare mare.

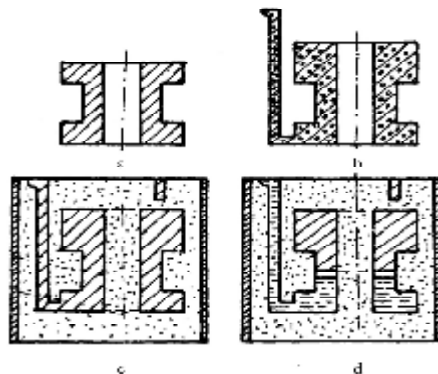
9.1.4. Procedeeul de fabricare a pieselor prin turnare în forme cu modele volatile

Principiul procedeeului

Pentru evitarea apariției bavurilor datorate planului de separație, s-a pus la punct un procedeeul de formare, a cărui principală particularitate constă în aceea că modelul se realizează din polistiren expandat, iar după formare nu se mai extrage din formă, ci se toarnă direct aliajul peste model, care se volatilizează sub acțiunea căldurii radiată de aliaj.

Procedeeul mai este cunoscut și sub denumirea de turnare în forme pline. Particularitățile procedeeului sunt: modelul volatil pentru piesa din figura 9.7-a reprezintă o copie fidelă a piesei, care are în plus adaosuri de prelucrare și rețeaua de turnare, așa cum se prezintă în figura 9.7-b; forma, figura 9.7-c, se confecționează prin îndesarea amestecului de formare în jurul modelului din polistiren.

Fig.9.7. Procesul tehnologic de fabricare a pieselor prin turnare după procedeeul cu modele volatile.



Nu mai este necesară confecționarea separată a unui miez; turnarea se face fără extragerea modelului din formă, modelul volatilizându-se pe măsură ce aliajul umple forma, figura 9.7-d; vopsirea formei cu vopsea refractară nu mai este posibilă, de aceea se vopsește modelul cu vopsea neapoasă; modelul din polistiren spongios se poate deforma ușor sub acțiunea bătătorului.

Amestecurile de formare trebuie să aibă fluiditate mare pentru a se putea îndesa ușor.

Alimentarea piesei cu aliaj lichid se face numai în sifon, pentru a permite evaporarea gazelor care rezultă din volatilizarea polistirenului.

Confecționarea modelelor volatile. Materialele utilizate la confecționarea modelelor volatile trebuie să îndeplinească o serie de condiții: să aibă rezistență suficientă la o densitate minimă;

-să fie elastic;

-să se volatilizeze cu viteză mare, cu consum cât mai mic de căldură și să degaje un volum mic de gaze;

-să se prelucreze ușor;

-să nu adere la amestecul de formare.

Cel mai bine îndeplinește aceste condiții polistirenul expandat care este un polimer sintetic obținut prin polimerizarea stirenului.

Fiind compus numai din carbon și hidrogen, se volatilizează ușor (peste 150°C).

Funcție de numărul de piese ce se toarnă din reperul respectiv, se alege procesul tehnologic de fabricare. Predomină două variante: confecționarea modelelor din plăci de polistiren prin prelucrarea pe mașini-unelte; confecționarea modelelor din polistiren prin turnare (injectare) în matriță.

Confecționarea modelelor prin prelucrare pe mașini-unelte. Prelucrarea pe mașini-unelte este posibilă datorită densității mici și a sfărâmării ușoare a granulelor de polistiren.

O bună prelucrare se poate face cu o rezistență electrică din crom-nichel, cu diametrul de 0,5 mm, la temperaturi între 250...400 °C, funcție de material.

La o temperatură prea ridicată nu se mai formează o peliculă continuă, deoarece se produce evaporarea polistirenului, iar calitatea suprafeței scade.

Confecționarea modelelor din polistiren prin injectare în matriță. În acest caz calitatea suprafeței exterioare este mult mai bună, polistirenul lichid formând o peliculă continuă pe suprafața matriței.

Acest procedeu se pretează pentru piesele turnate în serie, deoarece costul matriței este mare.

Metoda prezintă unele inconveniente: materia primă are o toxicitate ridicată; cost ridicat, întrucât consumul de polistiren este mai mare decât în cazul prelucrării pe mașini-unelte (densitate mai mare); contracția la solidificare diferă funcție de calitatea polistirenului.

Etapele procesului de realizare a modelelor sunt: încălzirea granulelor de polistiren în autoclavă, cu apă fierbinte sau cu vapori, pentru spumare preliminară; activarea granulelor de polistiren spongios; introducerea granulelor înspumate și activate în matriță, în așa fel încât să umple toată matrița, apoi se assemblează matrița și se supune la încălzire.

La cea de a doua încălzire are loc evaporarea generatorului de pori, iar celulele de polistiren se înmoaie și își măresc volumul, încât toate golurile se umplu cu polistiren spongios, evacuând aerul.

Presiunea granulelor pe pereții matriței ajunge la 25 N/cm² iar granulele calde se sudează (100-110°C), formând un monolit spongios. După extragerea modelului, în locul generatorului de pori pătrunde aer, crescând rezistența la compresiune.

Se pot obține modele cu grosimea de perete de 20-30 mm și cu o suprafață netedă.

9.1.5. Procedul de confecționare a formelor din alice de fontă sau oțel solidizate magnetic

În principiu, procedeul tehnologic cuprinde următoarele operații:

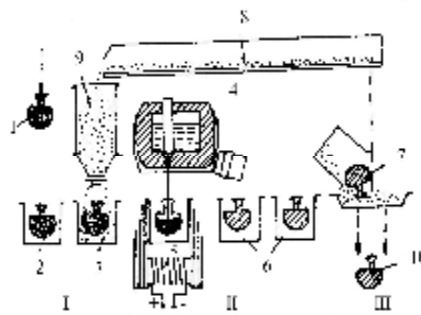
- confecționarea unui model volatil din polistiren;
- umplerea ramei de formare cu alice din fontă sau oțel;
- solidizarea alicelor prin introducerea formei într-un câmp magnetic;
- turnarea aliajului în formă;
- dezbateră formei și curățirea pieselor;
- demagnetizarea alicelor în vederea refolosirii.

Principalele avantaje ale procedurii sunt: reducerea manoperei la formare; îmbunătățirea condițiilor de muncă; reducerea rebuturilor datorită suflurilor; dezbateră ușoară; nu necesită lianți; permite mecanizarea și automatizarea procesului.

Ca dezavantaje: necesită atâtea modele câte piese se realizează; se aplică la turnarea de serie; nu se pot turna piese cu pereți subțiri.

Schema fluxului la o instalație de formare-turnare în câmp magnetic se prezintă în figura 9.8. Ramele de formare utilizate se deosebesc de cele obișnuite prin aceea că sunt de forma unor cutii cu fund; pentru a evita șuntarea câmpului magnetic, fundul și pereții cutiei, paralel cu direcția câmpului magnetic se execută din material nemagnetic. Granulația alicelor este 0,1-0,6 mm.

Fig.9.8. Fluxul tehnologic la o instalație de formare – turnare în câmp magnetic: I-formarea; II-turnarea și răcirea; III-dezbaterea și curățirea; 1-model; 2-formă; 3-alice; 4-cuptor; 5-electromagnet; 6-spațiu de răcire; 7-dezbatere; 8-alice dezbătute care se răcesc; 9-buncăr; 10-transportul piesei spre curățire.



9.2. Procedee speciale de turnare

Piesele obținute prin procedee speciale de turnare au caracteristici deosebite privind forma și configurația, toleranțele dimensionale, proprietățile mecanice, compactitatea etc.

Specific acestor procedee este folosirea, în general a unor forme metalice care asigură viteză mare de răcire.

Procedeele speciale de turnare se pot clasifica din punct de vedere al forțelor sub care se realizează curgerea aliajului, astfel:

- forța de gravitație: -turnare în cristalizor, continuu sau semicontinuu;
- turnare prin retopire, sub strat de zgură;
- forță suplimentară forței de gravitație:
- suprapresiune în raport cu presiunea atmosferică-turnarea sub presiune înaltă, turnarea la joasă presiune;
- depresiune în raport cu presiunea atmosferică-turnarea prin aspirație;
- forța centrifugă: turnarea centrifugă;
- forța mecanică: turnarea prin expulzarea progresivă a aliajului în curs de solidificare; turnarea prin matrițare în stare lichidă.

Criteriile de apreciere a calității pieselor turnate prin procedee speciale de turnare sunt:

-toleranțe dimensionale într-un câmp mai redus decât la turnarea în forme din amestec de formare obișnuit, pentru piese mici și mijlocii;

-gradul de netezime al suprafețelor pieselor turnate în stare brută de turnare (superior turnării în forme clasice);

-caracteristicile mecanice.

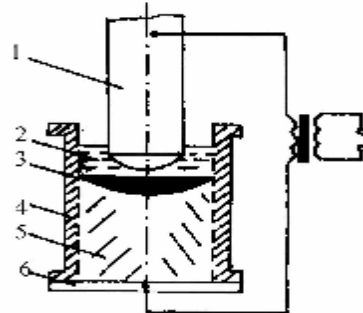
Alegerea procedului de formare și turnare pentru un anumit reper se face în primul rând pe baza unor criterii tehnice și tehnologice dar trebuie avută în vedere și eficiența economică.

Din acest punct de vedere, procedeele speciale de turnare nu sunt rentabile pentru unicate, ci numai pentru serii mari și de masă ale producției.

9.2.1. Turnarea prin retopire electrică sub zgură.

Este un procedeu special utilizat pentru îmbunătățirea calității oțelurilor turnate. Schema de principiu a procedului este prezentată în figura 9.9.

Figura 9.9. Schema de principiu a procedului de turnare prin retopire electrică sub zgură: 1-electrod consumabil; 2-baie de zgură; 3-baie metalică; 4-cristalizer; 5-lingou turnat; 6-suport.



Pentru amorsarea arcului electric se așează pe fundul cristalizorului un flux electroconductor și exoterm în proporție de 0,05-0,06% din masa lingoului, apoi un amestec pentru zgură.

Se coboară electrozodul până la contactul cu stratul de amestec și se amorsează arcul electric cu puterea maximă a transformatorului. Se formează datorită arderii amestecului exoterm, zgura lichidă cu temperatura mai mare decât cea de topire a oțelului. În continuare zgura acționează ca o rezistență ohmică, producând căldură.

Cu tot consumul ridicat de energie electrică (1200-2000 kWh/t) acest procedeu se utilizează pentru că proprietățile fizico-mecanice ale oțelurilor care se obțin sunt mult superioare oțelurilor inițiale.

Electrozii, prin topire sub zgură, dau naștere la o baie metalică ce ajunge în cristalizer.

Cristalizerul care este confecționat din cupru, este izolat de lingou sau piesa turnată prin intermediul unui film foarte subțire de zgură care se solidifică între cele două.

Retopirea și turnarea sub zgură duce la eliminarea maselotelor, rolul lor fiind jucat de către baia metalică ce se formează continuu sub stratul de zgură.

Funcție de mărimea și complexitatea piesei turnate întâlnim:

-retopire în cazul turnării unor lingouri de diferite dimensiuni, când o instalație poate fi monofilară, bifilară sau plurifilară, (figura 9.10-a);

-retopire în cazul pieselor profilate când electrozodul este coaxial cu piesa și cavitatea piesei este umplută direct cu oțel lichid, (figura 9.10-b);

-retopire în cazul când piesa de diferite profile se obține parțial sau total prin curgerea oțelului lichid din spațiul de topire în cavitatea piesei, (figura 9.10-c).

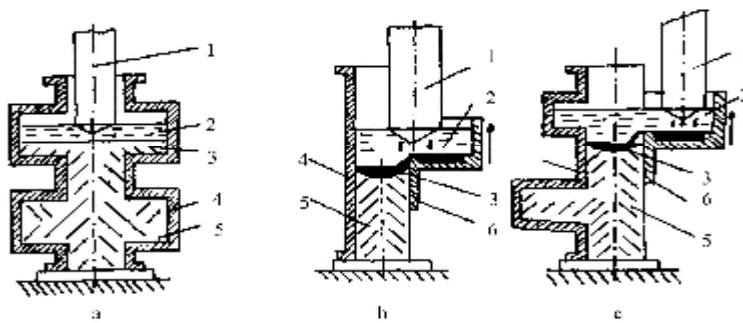


Figura 9.10. Instalații de retopire electrică sub zgură: 1-electrod consumabil; 2-zgură; 3-baie metalică; 4-cristalizor; 5-piesă turnată; 6-spațiu de topire.

Procedeele REZ se utilizează pentru realizarea pieselor cave din domeniul aviației, construcției de vagoane, industriei chimice, unde se cer proprietăți fizico-mecanice deosebite și siguranțe în exploatare să fie maximă.

Pentru obținerea cavității se utilizează un dorn conic din cupru și răcit cu apă. Electrozii pot fi cilindrici și dispuși în spațiul dintre cristalizor și dorn, sau sub formă de tub, figura 9.11.

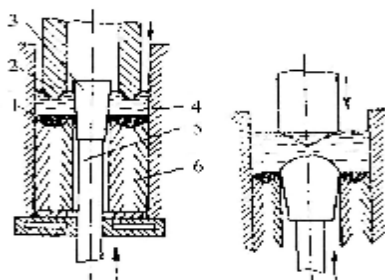


Fig.9.11. Posibilități de realizare a pieselor cave: 1-cristalizor; 2-electrod consumabil; 3-dorn mobil; 4-baie de zgură; 5-tijă pentru împingerea dornului; 6-semifabricat.

Prin acest procedeu se pot realiza și arbori cotiți pentru motoare Diesel de mare putere, precum și cilindri de laminor (figura 9.12 respectiv 9.13).

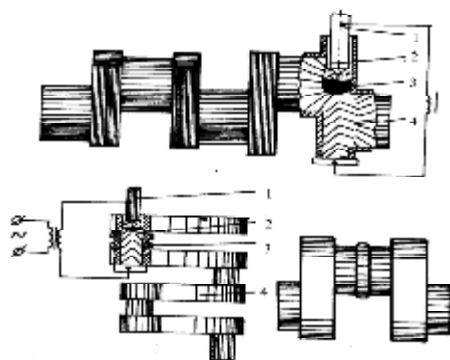


Fig.9.12. Realizarea prin REZ a arborilor cotiți pentru motoare Diesel: a-cristalizorul are forma brațului maneton, b-cristalizorul are forma fusurilor; c-asamblare prin sudare; 1-electrod consumabil; 2-fus; 3-cristalizor, 4-braț maneton.

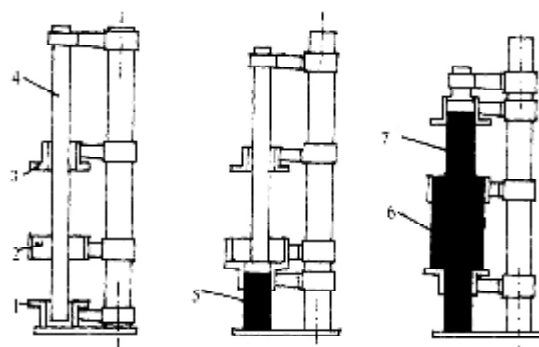


Fig.9.13. Realizarea prin REZ a cilindrilor de laminor cu cristalizoare deplasabile: 1,2,3-*cristalizoare*; 4-*electrod consumabil*; 5-*fus inferior*; 6-*tăblie*; 7-*fus superior*.

9.2.2. Piese turnate armate

Sunt piese care într-o construcție unitară cuprind componente din două sau mai multe metale sau aliaje cu proprietăți diferite. Îmbinarea se poate realiza fie prin introducerea unor piese de metal și turnarea aliajului lichid peste acestea, fie prin turnarea succesivă în aceeași formă a două aliaje lichide.

Armarea se poate face prin îmbinare mecanică sau prin contopire superficială. Îmbinarea mecanică se realizează ca urmare a contracției metalului sau aliajului lichid solidificat și a apariției forțelor de frecare între acestea și inserții. Îmbinarea prin contopire superficială se bazează pe difuzia reciprocă a elementelor celor două aliaje în straturile superficiale. Apare o zonă de tranziție între cele două metale sau aliaje.

Avantajele pieselor turnate armate sunt:

- creșterea durității și sporirea rezistenței la uzură;
- posibilitatea prevenirii ruperii fragile și a coroziunii;
- economia de metale deficitare;

-reducerea consumului de manoperă pentru prelucrarea mecanică și a prețurilor pieselor turnate.

La piesele turnate din aliaje sau metale neferoase nu se poate obține o creștere locală a durității și a rezistenței la uzură, prin utilizarea răcitorilor.

Armăturile se pot executa din bronz în locul unde se vor executa filetări, în cazul pieselor turnate din aliaje de aluminiu.

Volantele din aluminiu se pot arma în butuci cu bușe din oțel sau fontă.

În cazul pieselor turnate din fontă, inserțiile din oțel se vor plasa în planurile solicitate la întindere și cât mai departe de axa neutră a piesei. La piesele din oțel, inserțiile din fontă se vor poziționa în zonele supuse la compresiune.

În vederea armării se impun condiții severe privind pregătirea suprafeței armăturilor și încălzirea lor prealabilă. Prin degresare se elimină formarea suflurilor și a straturilor de aer la suprafața de separație între cele două aliaje. Preîncălzirea la 500-700°C preîntâmpină apariția de crăpături datorită contracțiilor diferite ale celor două aliaje.

Prin armare se pot obține piese cu canale interioare pentru răcire. La piese din aliaje de aluminiu se utilizează țevi din oțel, mai ales inoxidabil. Pentru țevi cu diametru mare încălzirea se face cu încălzitoare plasate în interiorul lor. La țevi cu diametru mic se utilizează încălzirea prin contact.

Utilizarea suporturilor pentru miezuri constituie, de asemenea, armare (figura 9.14). Masa suporturilor trebuie calculată încât să nu se topească înaintea solidificării aliajului turnat.

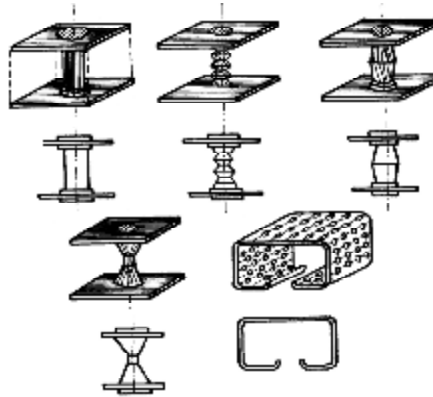


Fig.9.14. Suporturi de miez

Suprafețele suporturilor de miez se acoperă cu straturi de protecție prin: metoda galvanică, cositorire, alitare sau acoperire cu o vopsea pe bază de aluminiu.

9.2.3. Turnarea continuă

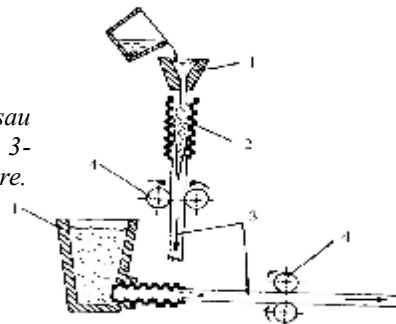
Turnarea se face prin cădere liberă într-o formă metalică fără fund, intens răcită cu apă.

Acest procedeu a devenit competitiv, în cazul oțelului, cu laminoarele și blumingurile pe cale le completează și chiar le înlocuiește în ultimul timp.

Pentru turnătorii interesează în primul rând obținerea semifabricatelor cu secțiune transversală mică. În mod curent se toarnă oțel, fontă, cupru, aluminiu și aliajelor lor, mai puțin magneziu, zinc, nichel și aliajele lor.

După poziția de curgere a aliajului lichid turnarea continuă poate fi verticală sau orizontală, figura 9.15.

Fig.9.15. Turnarea continuă: 1-cuptor de menținere sau dispozitiv de dozare-alimentare; 2-cristalizor; 3-semifabricat; 4-dispozitiv de tragere, ghidare, îndreptare.



Transmisia căldurii la răcirea aliajului în cristalizor se face în principal prin două moduri distincte:

- prin conductivitate termică, de la crusta solidificată la pereții cristalizorului;
- prin transportul de masă a însăși piesei care se deplasează față de cristalizor.

În figura 9.16 sunt prezentate principalele zone ce apar la turnarea continuă.

Zona I este zona de curgere iar zona II este zona în care are loc cedarea căldurii de supraîncălzire. Zona III' este cu aliaj încă nesolidificat, unghiul secțiunii variază de la valori foarte mari (unghi obtuz) în cazul semifabricatelor cu secțiune transversală mare, la valori foarte mici (unghi ascuțit) la semifabricate cu secțiune transversală mică.

Dirijarea procesului de solidificare înseamnă de fapt obținerea unei anumite valori dorite a unghiului conului de solidificare.

În zona III aliajul se răcește datorită transmiterii căldurii prin translație.

O metodă eficientă pentru urmărirea procesului de solidificare este metoda macroautoradiografiei, care constă în introducerea în aliajul topit a unei mici cantități dintr-un element radioactiv și determinarea apoi a repartizării acestuia în semifabricat.



Fig.9.16. Zonele caracteristice ale procesului de turnare continuă: I-zona de curgere; II-zona de evacuare a căldurii de supraîncălzire; III-zona aliajului încă nesolidificat; IV-zona aliajului solidificat; V-zona de răcire a semifabricatului.

barel

ale acestui procedeu de turnare amintim turnarea continuă a benzilor și tablei. În primul caz, figura 9.17, cristalizorul este o roată metalică, puternic răcită la interior și care pe circumferința obzeii are un canal profilat după secțiunea dorită a semifabricatului. Prin rotire, cristalizorul antrenează o bandă subțire care este unul din pereții secțiunii barei turnate. Banda se confecționează din oțel moale cu conținut de carbon scăzut.

În cazul turnării benzilor și tablei (figura 9.18) se utilizează două cristalizoare cilindrice rotitoare.

În cazul unei introduceri necorespunzătoare a aliajului între cristalizoarele cilindrice ce se rotesc pot apărea defecte de suprafață – sub forma unor părți neumplute, microporozități, sufluri, incluziuni gazoase.

Pentru a feri de distrugere cristalizoarele, la o dereglare a parametrilor de funcționare a instalației, acestea sunt construite încât când se depășește un anumit efort limită, distanța dintre cristalizoare să se poată modifica automat.

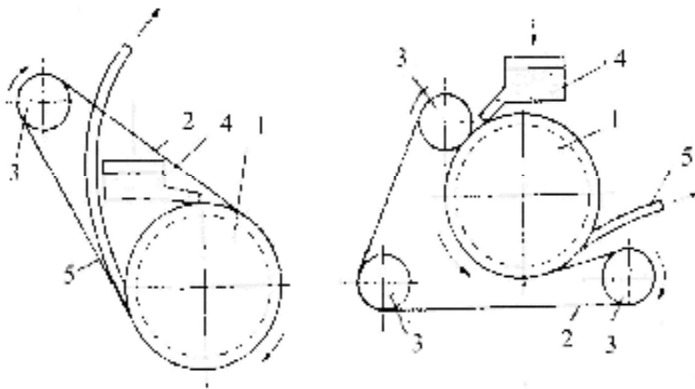


Fig.9.17. Instalații de turnare continuă bare, cu cristalizor rotitor: 1-cristalizor rotitor; 2-bandă metalică elastică; 3-role de tensionare; 4-sistem dozator; 5-semifabricat.

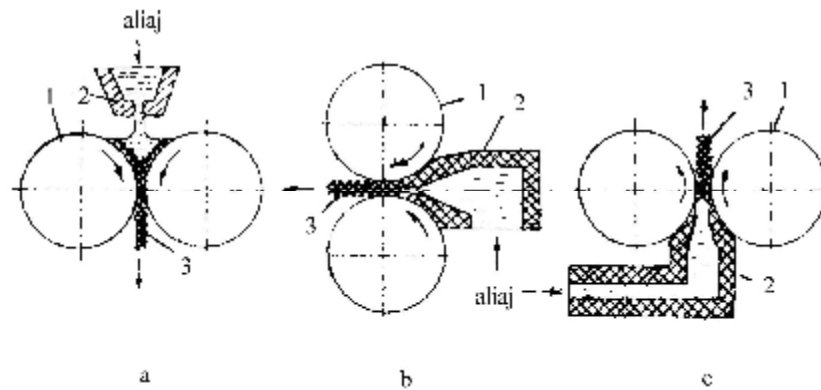


Fig.9.18. Turnarea benzilor și tablei: *a-introducerea aliajului prin partea superioară; b-introducerea aliajului lateral; c-introducerea aliajului prin partea de jos; 1-cristalizoare cilindrice; 2-sistemul de dozare și alimentare cu aliaj lichid; 3-semifabricat.*

9.2.4. Turnarea prin expulzare progresivă a aliajului în curs de solidificare

Turnarea prin expulzare este caracterizată prin curgerea continuă a aliajului lichid în raport cu crusta solidificată, datorită presării mecanice de către semiforma mobilă.

Schema de principiu a instalației de turnare prin expulzare este prezentată în figura 9.19. Este singurul procedeu de turnare la care secțiunea jetului de aliaj este mai mare decât secțiunea medie a peretelui piesei.

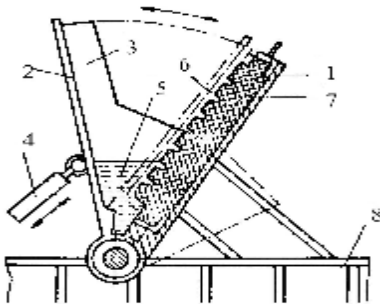


Fig.9.19. Schema de principiu a instalației de turnare prin expulzare: *1-semiformă fixă; 2-semiformă basculantă; 3-pereții laterali ai formei; 4-mecanism de basculare; 5-aliaj lichid, 6-piesă turnată; 7-miez; 8-suport.*

Operațiile tehnologice sunt:

- pregătirea ansamblului formei de turnare (curățire, vopsire, preîncălzire cu rezistențe electrice, montarea miezurilor,...);
- turnarea aliajului lichid în alimentatorul central inferior de mare capacitate;
- începerea deplasării semiformei mobile, umplerea cavității amprenteii prin expulzarea progresivă a aliajului;
- îmbinarea straturilor solidificate de pe suprafețele ambelor semiforme, eliminarea surplusului de fază solidă și terminarea solidificării piesei turnate;
- extragerea piesei turnate și pregătirea formei pentru un nou ciclu.

Specifice acestui procedeu de turnare sunt inexistența pierderilor hidraulice la curgerea aliajului și solidificarea care are loc în condiții dinamice.

Procesul decurge în două etape: formarea crustelor la suprafețele semiformelor și îmbinarea acestor cruste.

Prin acest procedeu se toarnă piese cu suprafețe deosebit de mari ($4-6 \text{ m}^2$) și grosimi mici, cu nervuri de rigidizare.

Mișcarea fazei lichide față de crusta solidificată modifică nu numai procesul de curgere ci și cinetica solidificării și eliminării impurităților nemetalice.

Are loc o modificare a câmpului de temperatură și o superfinisare a structurii, cu obținerea unor cristale echiaxiale deosebit de mici, deoarece se produce o rupere mecanică a vârfurilor dendritelor în curs de solidificare de jetul de aliaj lichid.

Ca urmare a vitezelor diferite a jeturilor de aliaj lichid, incluziunile de gaze și zgură intră într-o mișcare de rotație, depărtându-se de peretele piesei, unde are loc solidificarea și fiind eliminate prin deversare. Acest proces are loc numai în cazul curgerii laminare.

9.2.5. Turnarea sub presiune

Calitatea pieselor turnate sub presiune este superioară celor turnate în forme temporare sau în forme metalice prin turnare liberă (gravitațional). Formele folosite la turnarea sub presiune sunt metalice și ca atare asigură o mare viteză de răcire deci se obțin piese cu structură fină și proprietăți mecanice superioare; în plus presiunea ridicată din timpul turnării asigură o mai mare compactare a aliajului și reduce posibilitatea de apariție a suflurilor în piesele turnate.

În cazul turnării la presiune atmosferică, se formează un număr mic de germeni de cristalizare, în schimb viteza liniară de creștere a acestor germeni este mare, ceea ce evident duce la obținerea unor cristale mari. Mărirea presiunii la turnare, peste cea atmosferică, determină mărirea numărului de germeni de cristalizare și micșorează viteza liniară de creștere a acestora ceea ce duce la obținerea unei structuri granulare fine.

9.2.5.1. Turnarea la joasă presiune

La turnarea sub joasă presiune, presiunea se realizează, de obicei, cu aer comprimat și are valori între $0,5-1 \text{ daN/cm}^2$; în timpul solidificării se poate mări presiunea până la $2,5 \text{ daN/cm}^2$. Viteza maximă de curgere a aliajului este $1,5 \text{ m/s}$.

Spre deosebire de turnarea la presiune înaltă, instalațiile TJP sunt mai simple iar etanșarea formei este mult mai ușor de realizat. Calitatea pieselor este la parametri apropiați de ai pieselor turnate la presiune înaltă, dar la o investiție și un cost de fabricație mult mai reduse.

Topirea se realizează într-un creuzet metalic sau de grafit, cu flacără, cu rezistență sau cu inducție.

Schema de principiu este prezentată în figura 9.20

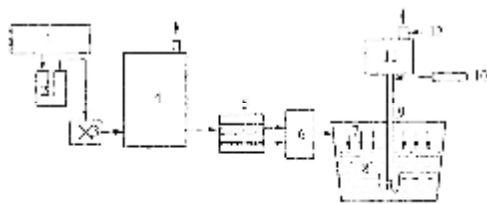
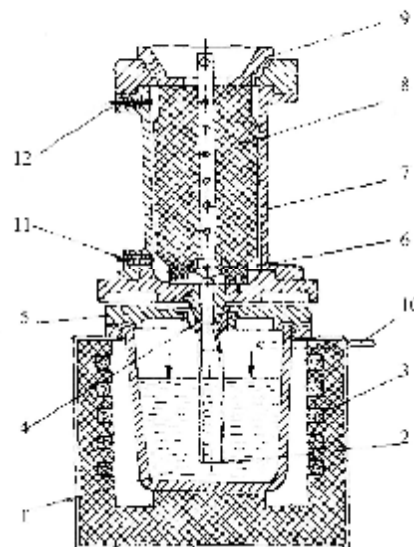


Fig.9.20. Schema de principiu a unei instalații TJP: 1-sursă de aer comprimat; 2-separator de apă; 3-reductor de presiune; 4-rezervor de aer; 5-rezistență hidraulică variabilă; 6-distribuitor; 7-spațiu etanș; 8-aliaj lichid; 9-conductă; 10-dispozitiv de întrerupere mecanică a alimentării cu aliaj lichid; 11-formă de turnare; 12-filtru.

În figura 9.21 se prezintă, în detaliu, o variantă constructivă. Forma de turnare metalică 7 se așază pe capacul creuzetului 1 închis ermetic. Cuptorul de menținere 3 asigură temperatura dorită a aliajului. Aliajul lichid trece prin țeava 2, prin capacul 4, duza de intrare 5 și ajunge prin alimentatorul 6 în cavitatea piesei formată în miezurile 8. 9 este o piesă de închidere. Umplerea formei cu aliaj se realizează în următoarea succesiune: în creuzetul cu aliaj lichid, prin conducta 10 se introduce aer comprimat sau gaz inert, care presând asupra oglinzii aliajului îl dizijează spre formă. Viteza de umplere a formei variază, la început este mai lentă, iar după ce atinge nivelul contactului electric 11, mai rapidă.

Fig.9.21. Instalație de turnat la joasă presiune cu creuzet etanș.



La sfârșitul umplerii cavității formei, aliajul închide cel de-al doilea contact electric 12, care comandă oprirea creșterii presiunii din creuzet, menținând-o la un nivel constant până la solidificare, după care scade la presiunea atmosferică și se deschid semiformele.

Turnarea la joasă presiune cu contrapresiune

Instalația, figura 9.22, se compune din două camere etanșe: una pentru cuptorul de menținere și creuzetul cu aliaj lichid și alta pentru forma de turnare.

Se introduce, cu supapa 4 închisă, prin intermediul supapelor 2,1,3 în ambele camere etanșe o suprapresiune de ordinul a 20 daN/cm^2 .

Se închide supapa 3 și se deschide treptat supapa 4.

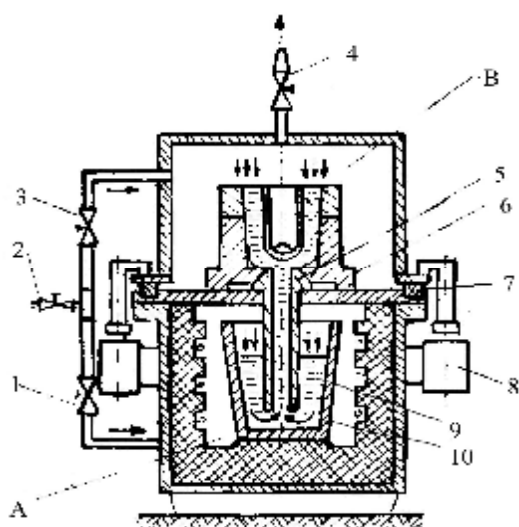


Fig.9.22. Schema de principiu a instalației de turnare la joasă presiune, cu contrapresiune: 1,2,3,4-ventile; 5- duză; 6-formă de turnare; 7-sistem etanșare; 8-sistem de închidere; 9-aliaj; 10-creuzet.

Aliajul urcă în formă ca urmare a diferenței de presiune dintre cele două camere, solidificarea făcându-se la o suprapresiune egală cu valoarea presurizării rămasă în camera de compensație a formei (în jur de 20 daN/cm²).

Calculul principalilor parametri tehnologici

Presiunea de injectare. Presiunea necesară de injectie pentru fiecare piesă turnată se poate calcula cu ajutorul schemei din figura 9.23.

Dacă se notează cu:

h_f - înălțimea amprentei din forma metalică;

h_b - scăderea nivelului băii de aliaj la fiecare injectare (turnare de piesă);

h_0 - înălțimea coloanei de lichid între suprafața băii din creuzet și atacul (duza) din formă;

h_1 - înălțimea coloanei de lichid între suprafața băii din creuzet și punctul maxim cu metal din amprenta formei;

P_0 - presiunea necesară ca lichidul să urce la h_0 ;

P_1 - presiunea necesară ca lichidul să urce la h_1 ;

n - numărul de injecții (piese turnate), atunci:

$$P_1 = \gamma \cdot h_1 \quad [\text{N/m}^2]$$

$$P_{1-n} = \gamma \cdot h_{1-n} \quad [\text{N/m}^2]$$

unde:

$$h_{1-n} = h_f + h_0 + n \cdot h_b \quad [\text{m}]$$

Deci:

$$P_{1-n} = \gamma (h_f + h_0 + n \cdot h_b)$$

Deoarece

$$h_b = \frac{V}{S} = \frac{G}{\gamma \cdot S}$$

unde : V este volumul injectat pentru o piesă; S - suprafața băii din creuzet; G - greutatea unei piese turnate; γ - greutatea specifică a aliajului.

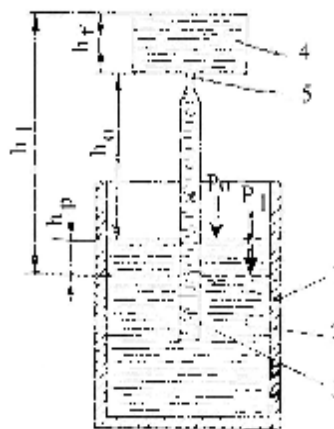


Fig.9.23. Schema de calcul a valorii presiunii de injectare: 1-creuzet; 2-aliaj lichid; 3-tubul imersat în baie; 4-forma; 5-duză alimentare

$$\text{Rezultă că : } P_{1-n} = \gamma (h_f + h_0) + n \cdot \frac{G}{S}$$

Se poate trasa curba $P_{1-n}=f(n)$, care reprezintă o caracteristică a instalației respective și care permite determinarea rapidă a presiunii necesare pentru fiecare turnare, figura 9.24.

Dacă viteza nu depășește valoarea de 1,5 m/s avem curgere laminară și nu turbulentă.

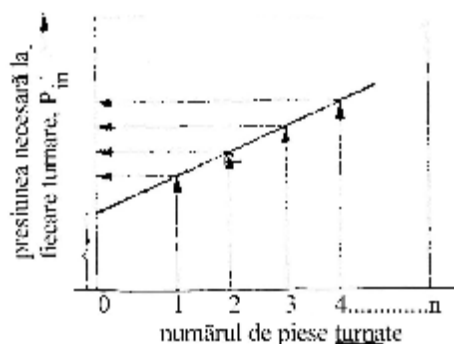


Fig.9.24. Curba caracteristică $P_{1-n}=f(n)$, unde n reprezintă numărul de piese (injectări) turnate.

Pentru a menține viteza de introducere a aliajului în formă constantă este necesară creșterea presiunii, continuu, proporțional cu mărimea contrapresiunii metalostatice.

Deoarece alimentarea cu aliaj se face prin partea inferioară a formei, câmpul de temperatură ce se obține pe verticală este nefavorabil, inversându-se de multe ori sensul solidificării.

Pentru a evita acest fenomen se utilizează răcitori interiori poziționați în alimentator, care pot fi din oțel sau chiar din aliajul ce se toarnă.

Se poate renunța la răcitori, printr-o proiectare corectă a formei de turnare, cu grosimi corespunzătoare de pereți în zona nodurilor termice.

Metoda TJP se utilizează pentru turnarea pieselor de tipul batiurilor, plăcilor, cutiilor, din aliaje neferoase. La proiectarea pieselor trebuie să se țină seama că alimentarea se face prin partea inferioară, deci zonele groase se vor amplasa jos, pentru ca retasura să fie alimentată de aliajul lichid care în timpul solidificării este încă sub presiune.

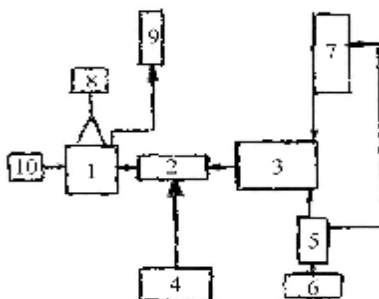
9.2.5.2. Turnarea la presiuni înalte

Caracteristic pentru acest procedeu este viteza mare de curgere a aliajului lichid, sub acțiunea unei suprapresiuni realizate pneumatic sau mecanic, într-o formă metalică denumită matriță.

Investițiile inițiale sunt mari, ceea ce a limitat extinderea procedurii; se toarnă frecvent piese din zinc și aluminiu, cele din magneziu și cupru impunând condiții speciale de elaborare și mai ales de turnare.

Piesele turnate au mase mijlocii și mici (max. 150 kg), grosimi de pereți posibile foarte mici (sub 1 mm) și suprafețe mari a pereților. Schema de principiu a unei instalații de turnare la presiuni înalte este prezentată în figura 9.25.

Fig.9.25. Blocurile funcționale principii de turnat sub presiune: 1-forma de compresie; 3-dispozitivul care presare; 4-cuptor și sistem de a rezervor cu lichid de lucru; 7-acun sistem de închidere a semiform vid; 10-sistem de extragere a piese.



stfel:

Instalațiile de turnare sub presiune

1. cu cameră de compresie caldă (p

-cu piston- pentru aliaje de star...

-pneumatice- pentru aliaje pe bază de aluminiu, (10-100 daN/cm²);

2. cu cameră de compresie rece, pentru aliaje cu temperatura de circa 950°C;

-cu cameră orizontală - 1000-1200 daN/cm²

-cu cameră verticală - 900-2000 daN/cm².

La instalațiile de turnare cu cameră de compresie caldă, cuptorul de încălzire se construiește împreună cu sistemul de injectare. Consumul de energie este mare deoarece se încălzește o cantitate mare de aliaj, de asemenea apar pierderi mari prin oxidări și arderi

La instalațiile cu baie închisă, oxidările sunt eliminate dar presiunile de injectare sunt mici iar capacitatea creuzetului de asemenea mică.

Datorită contactului prelungit dintre baia topită și camera de compresie, care micșorează durabilitatea acesteia, mașinile cu cameră de compresie caldă se utilizează la turnarea aliajelor cu temperatura de turnare sub 450°C.

Aliajele de aluminiu se toarnă cu precădere în utilaje acționate cu aer comprimat, dar productivitatea este scăzută și consumul de aer comprimat sau gaz inert este mare.

Prin acest procedeu se toarnă piese de dimensiuni precise, cu un înalt grad de netezime a suprafețelor, făcând posibilă utilizarea piesei direct la montaj, fără prelucrări mecanice ulterioare turnării.

În figura 9.26 este reprezentată schema umplerii matriței cu aliaj lichid la turnarea sub presiune. De aici se deduce că umplerea matriței cu aliaj lichid are loc (datorită vitezei mari a jetului) de la partea opusă alimentării spre orificiul de alimentare. Acest lucru este deosebit de important la alegerea locului de amplasare a canalelor de ventilare a formei.

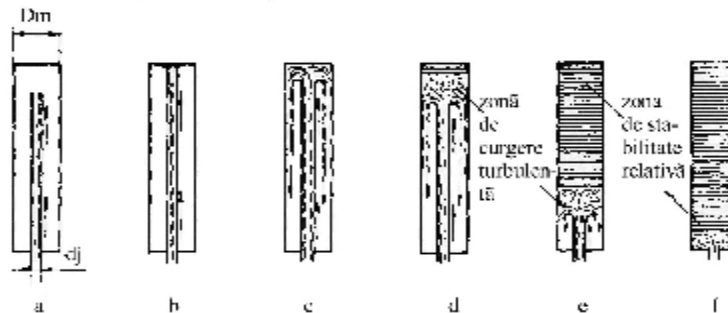


Fig.9.26. Curgerea aliajului lichid sub acțiunea presiunii de injectare

Pentru evitarea pierderilor de temperatură, deci de fluiditate, timpul de contact între aliajul care curge și pereții formei metalice trebuie să fie foarte scurt, aliajul lichid trebuie să pătrundă în cavitatea formei cu viteză foarte mare. De exemplu, la turnarea sub presiune a aliajelor de magneziu, durata de umplere t , se poate calcula cu relația: $t = 0,003 \cdot \sqrt{\delta^3}$, unde δ este grosimea pereților piesei, în mm.

Durate atât de scurte de umplere se pot obține numai dacă aliajul este injectat cu viteză mare în cavitatea formei, adică numai sub presiune.

La turnarea în forme temporare, unde viteza aliajului în alimentator este de 1-2 m/s, presiunea la intrarea în alimentator este dată de înălțimea aliajului în pâlnia de turnare.

La turnarea sub presiune, vitezele necesare sunt mult mai mari, 10-50 m/s.

La turnarea sub presiune, prin umplerea rapidă a formei se asigură, pe lângă o scădere neînsemnată a temperaturii aliajului, un curent uniform de aliaj, fără turbulențe. În acest fel se evită incluziunile de aer și gaze iar aerul din cavitatea formei se deplasează uniform spre și prin răsuflători. Aerul inclus în metal la curgerea turbulentă, duce inevitabil la apariția suflurilor, eliminarea acestora fiind imposibilă din cauza duratei scurte a solidificării.

Turnarea sub presiune pe mașini cu cameră caldă.

Se folosesc în general pentru turnarea aliajelor cu temperatură de turnare relativ scăzută.

În figura 9.27 este prezentată schematic mașina de turnare sub presiune cu cameră caldă.

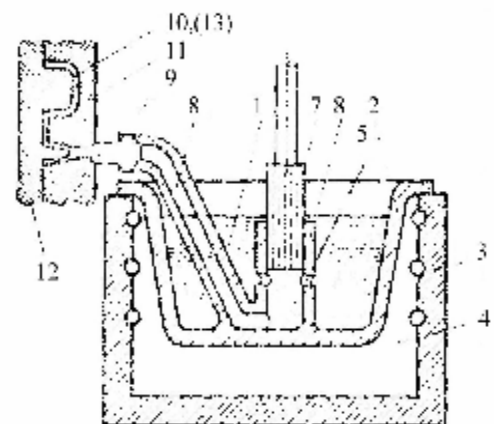


Fig.9.27. Mașină de turnare cu cameră caldă.

Aliajul 1, din creuzetul de fontă 2, este menținut în stare lichidă de către elementele de încălzire 3, montate în pereții cuptorului 4. Prin orificiile 5, aliajul pătrunde în cilindrul 6, sub pistonul 7. Prin acționarea pistonului 7, aliajul este deplasat prin canalul 8, și presat prin intermediul ajutorului 9, în cavitatea formei 10, realizată între semimatrița fixă 11 și cea mobilă 12. Solidificarea aliajului din cavitatea formei duce la obținerea piesei 13.

Mașinile de turnare cu cameră caldă se pretează foarte bine la automatizare. Productivitatea mașinii este de până la 500 de turnări pe oră.

Dezavantajul principal al acestor mașini este uzura prea rapidă a cilindrului de presare și a pistonului ceea ce face să scadă etanșeitatea, deci forța de presare și implicit calitatea pieselor turnate.

Turnarea sub presiune pe mașini cu cameră rece.

Se caracterizează prin faptul că aliajul se topește într-un cuptor care se află în afara mașinii de turnare; în cilindrul de presare se introduce numai cantitatea necesară pentru o singură turnare.

Presarea aliajului se face cu ajutorul unui piston acționat mecanic, presiunea putând ajunge la $1000-1500 \text{ daN/cm}^2$. Această presiune ridicată permite coborârea temperaturii de turnare a aliajului, mergând până la starea păstoasă, ceea ce micșorează solicitările formei metalice, asigurând în același timp piese cu compactitate ridicată.

După poziția pistonului și respectiv a cilindrului de presare, mașinile cu cameră rece se clasifică în mașini orizontale și în mașini verticale.

În figura 9.28 este prezentată schema funcțională a mașinilor de turnare sub presiune cu cameră rece cu piston de presare orizontal

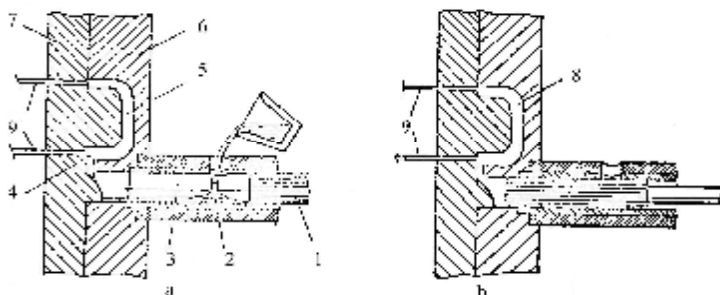


Fig.9.28. Mașină de turnare sub presiune cu cameră rece, cu piston de presare orizontal: a-înainte de presare; b-în momentul presării.

Pistonul 1 presează aliajul 2, din cilindru 3, prin canalul de alimentare 4 și îl introduce în cavitatea 5 a formei realizată între semimatrița fixă și semimatrița deplasabilă 7. După solidificare, piesa turnată 8 se deplasează împreună cu semimatrița mobilă 7 de pe care este evacuată cu ajutorul tijelor extractoare 9.

Volumul maxim al cavității formelor mașinilor cu cameră rece cu piston orizontal este de cel mult 300 cm^3 , deci greutatea pieselor turnate nu depășește 2-3 kg.

Aceste mașini se pretează greu la automatizare.

În figura 9.29 este reprezentat schematic principiul de funcționare al mașinilor de turnare sub presiune cu cameră rece cu piston de presare vertical.

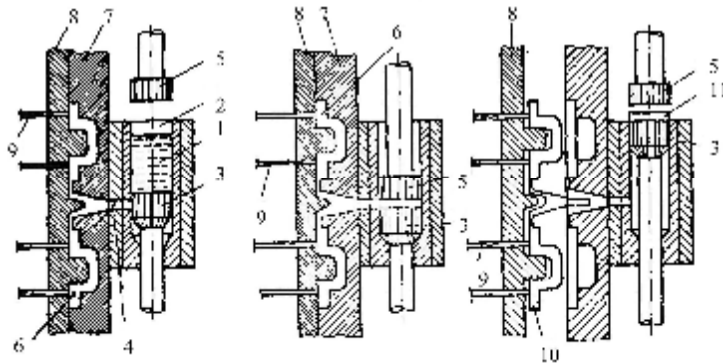


Fig.9.29. Mașină de turnare sub presiune cu cameră rece, cu piston de presare vertical: a-înainte de presare; b-în timpul presării; c-în timpul evacuării din matriță a piesei turnate.

Aliajul 1 este introdus în cilindrul vertical de presare 2. Contrapistonul 3 astupă orificiul 4, al rețelei de turnare. Când pistonul de presare vertical 5, coboară și presează aliajul, contrapistonul 3, coboară, lăsând liber orificiul 4, al rețelei de turnare și aliajul este introdus sub presiune în cavitatea formei 6, realizată între semimatrița fixă 7 și semimatrița mobilă 8. După presare și solidificare au loc următoarele operații:

-semimatrița mobilă 8 se retrage împreună cu tijele de extracție 9 și piesa solidificată 10, până la o distanță suficientă, când extractoarele 9 acționează asupra piesei și o evacuează din matriță;

-în același timp, pistonul de presare 5 revine în poziția inițială iar contrapistonul 3 se ridică până la nivelul superior al cilindrului 2 și evacuează surplusul 11 de aliaj.

După îndepărtarea piesei și a surplusului de aliaj, se assemblează forma și se repetă operația.

Construcția pieselor turnate sub presiune. Caracteristica generală a pieselor turnate sub presiune înaltă este grosimea mică a peretelui. Este necesar ca pereții să aibă grosimi uniforme, raze constructive mari, nervuri de rigidizare.

Înclinările pereților trebuie să fie la limita minimă deoarece piesele în general nu mai suferă prelucrări mecanice.

9.2.5.3. Matrițarea în stare lichidă

În figura 9.30 este reprezentată schematic metoda de obținere a pieselor prin matrițare în stare lichidă. Presiunea mecanică se realizează cu un dispozitiv special profilat de tipul unui piston, poanson sau combinat.

Specifice celor trei variante le sunt următoarele:

-în toate cazurile în forma metalică este turnată, prin metodele obișnuite, o cantitate de metal;

-la prima variantă (figura 9.30 a și b) la turnare se umple cu aliaj întreaga cavitate a formei și pistonul acționează asupra metalului pe suprafața sa superioară;

-la varianta a doua (figura 9.30 c și d) forma metalică, inițial, este umplută aproximativ numai până la jumătate din capacitate; poansonul este profilat și el va imprima viitoarei piese forma sa în zona interioară a găurilor sau orificiilor; la deplasarea pistonului se realizează dislocarea unui volum de aliaj și deplasarea lui în sus;

-la varianta a treia (figura 9.30 e și f) dispozitivul de presare are o formă intermediară și realizează atât o presare în partea superioară cât și o curgere și umplere a formei prin ridicarea nivelului aliajului.

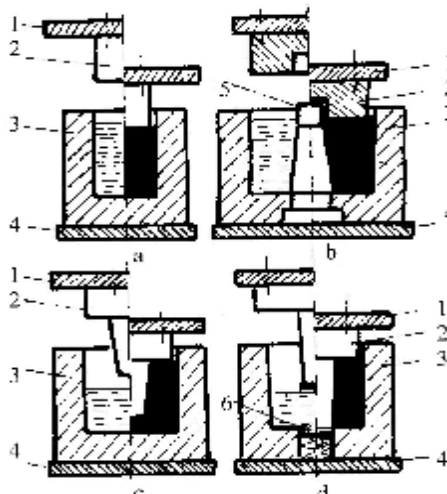
Parametrii de bază ai instalației de presare, sunt:

-forța nominală maximă de presare;

-viteza de deplasare a dispozitivului de presare;

-durata de presare.

Fig.9.30. Procedee speciale de turnare cu sc sub presiune: a,b-presiune realizată cu idem, cu dispozitiv tip poanson-pist superioră; 2-pistonul sau poanson metalică; 4-placă inferioară; 5-miez dispozitiv de preluare a surplusului de ali



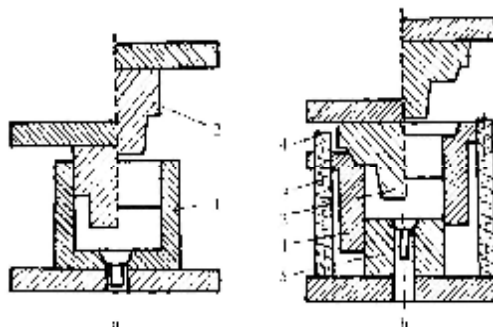
Formele utilizate lucrează în condiții grele și sunt construite cu sau fara plan de separație vertical sau orizontal. Sunt prevăzute cu părți mobile pentru extragerea piesei, figura 9.31.

Presiunea mecanică, realizată prin presarea directă cu un piston sau poanson duce la creșterea caracteristicilor mecanice prin obținerea unor structuri deosebit de fine și îmbunătățirea compactității peretelui.

O particularitate a procedurii constă în faptul că la partea superioară a lingoului turnat valorile caracteristicilor mecanice sunt mai ridicate.

Înseamnă că aliajul lichid real nu se comportă ca un fluid ideal în care presiunea la un anumit nivel ar fi aceeași în toate direcțiile.

Fig.9.31. Forme metalice: a-cu cavitate-amprentă înaltă; b-cu cavitate-amprentă din părți mobile; 1-formă sau semiformă; 2-poanson-piston; 3-arcuri; 4-tije de ghidare; 5-placă de bază.



La partea superioară aliajul este mai cald și se solidifică ultimul cu toate că pistonul sau poansonul are o temperatură mai scăzută.

Rezistența la uzură nu este influențată de presiunea mecanică aplicată.

La creșterea presiunii, crește temperatura liniei lichidus și scade timpul de solidificare. Presiunea la solidificare trebuie să crească pe măsura micșorării diametrului semifabricatelor, datorită solidificării mai rapide a acestora la contactul cu forma metalică.

9.2.6. Turnarea centrifugă

Este o metodă de obținere a pieselor prin turnarea metalului într-o formă care se rotește și se bazează pe acțiunea forței centrifuge asupra metalului lichid, care este proiectat pe pereții formei unde se solidifică.

Axa de rotație poate să corespundă cu axa piesei și atunci se obțin piese de revoluție sau să nu corespundă cu axa piesei și se obțin așa numitele piese fasonate.

Axa de rotație poate fi verticală, orizontală sau înclinată.

În toate cazurile aliajul se găsește sub acțiunea a două forțe:

- forța de gravitație $G = m \cdot g$, [N]
- forța centrifugă $F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$, [N].

În figura 9.32 sunt prezentate principalele metode de turnare centrifugă.

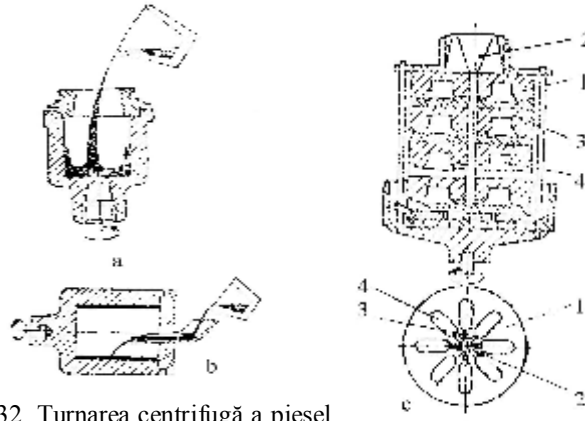


Fig.9.32. Turnarea centrifugă a piesel
ax vertical; b-turnare centrifugă cu ax orizontal; c-turnarea pieselor fasonate.

Schimbarea condițiilor fizice la turnarea centrifugă în raport cu turnarea prin curgerea aliajului în cădere liberă este definită de coeficientul gravitațional K, numit și coeficient de supraîncărcare:

$$K = \frac{F_c}{G} = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot r}{m \cdot g} = \frac{\omega^2 \cdot r}{g}$$

Suprafața liberă a aliajului centrifugat este în cazul turnării cu ax vertical o parabolă, iar în cazul turnării cu ax orizontal un cerc.

Schema de calcul din figura 9.33 este folosită pentru definirea suprafeței libere. Aceasta poate fi considerată într-un echilibru relativ și orice punct de pe suprafață se va afla sub acțiunea celor două forțe F_c și G .

Pentru orice punct de pe suprafața liberă $G \cdot \sin\alpha = F_c \cdot \cos\alpha$.

$$m \cdot g \cdot \sin\alpha = m \cdot \omega^2 \cdot x \cdot \cos\alpha$$

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{X \cdot \omega^2}{g} \Rightarrow \frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}\alpha = \frac{X \cdot \omega^2}{g}$$

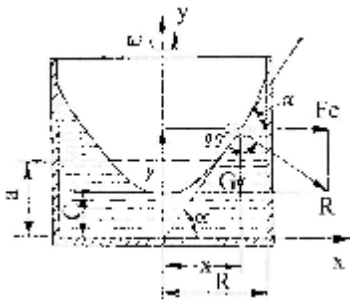


Fig.9.33. Schema de calcul pentru determinarea ecuației suprafeței libere la turnarea centrifugă cu axă verticală de rotație.

$$Y = \frac{\omega^2}{2g} \cdot X^2 + C, \text{ pentru } X=0 \text{ rezultă că } Y=C.$$

Deci suprafața liberă a aliajului are forma unei parabole.

Corpul cilindric gol ce se obține are o grosime neuniformă de perete pe verticală, $\Delta S = \frac{g}{\omega^2}$

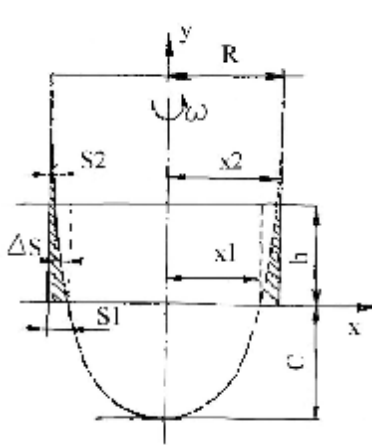


Fig.9.34. Schema de calcul pentru determinarea matematică a neuniformității grosimii peretelui.

Neuniformitatea de grosime a pereților ΔS va fi cu atât mai mică cu cât ω este mai mare, cu cât h este mai mic, cu cât R este mai mare și cu cât grosimea medie de perete S_m trebuie să fie mai mică.

Ca urmare, prin acest procedeu se toarnă piese de înălțime mică, subțiri și cu diametru mare.

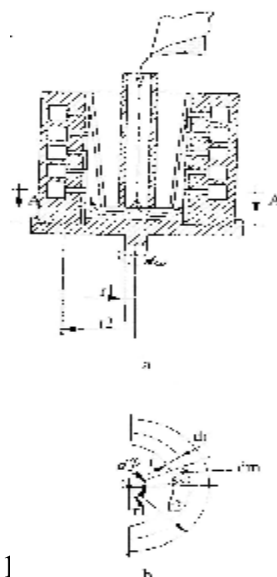
La turnarea cu ax orizontal suprafața interioară este un cilindru excentric față de axa rotației, excentricitatea fiind: $\varepsilon = \frac{g}{\omega^2}$.

Dacă grosimea medie a peretelui tubului sau bucei este S_m , atunci diferența de grosime este de $2\varepsilon = \frac{2 \cdot g}{\omega^2}$, ε devine foarte mic la turații foarte mari.

Presiuni realizate la turnarea centrifugă. Presiunile în interiorul aliajului lichid centrifugat sunt privite diferit, în funcție de procedeu: turnarea obișnuită, când axa forme corespunde cu axa piesei sau turnarea când axa piesei nu corespunde cu axa forme.

Pentru cazul prezentat în figura 9.35, dacă se consideră r_1 -raza canalului central de alimentare și r_2 distanța până la amprenta viitoarei piese fasonate, atunci:

Fig.9.35. Turnarea centrifugă a pieselor fasonate: a-forma de turnare; b-schema de calcul a presiunii realizate prin turnare centrifugă.



$$dF_c = dm \cdot r \cdot \omega^2$$

$$\text{unde } dm = \rho \cdot dV = \rho \cdot (r \cdot d\varphi \cdot dr \cdot h)$$

Se consideră înălțimea jetului în alimentator $h = 1$.

$$dF_c = \omega^2 \cdot r^2 \cdot d\varphi \cdot dr \cdot \rho.$$

Această forță acționează asupra elementului de suprafață dS , unde $dS = (r + dr) \cdot d\varphi \cdot h$.

Se neglijează $dr \cdot d\varphi$ și atunci $dS = r \cdot d\varphi$.

$$\text{Creșterea presiunii va fi } dP = \frac{dF_c}{dS} = \frac{r^2 \cdot \omega^2 \cdot d\varphi \cdot dr \cdot \rho}{r \cdot d\varphi}.$$

$$\text{Integrând de la } r_1 \text{ la } r_2: \quad P = \rho \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot (r_2^2 - r_1^2)$$

Deci presiunea în aliajele supuse centrifugării:

- crește pe măsura îndepărtării de suprafața liberă după o lege parabolică;
- crește în funcție de viteza de rotație; -în timp, presiunea reală pe secțiunea peretelui pisei descrește deoarece scade raza exterioară a stratului lichid.

Solidificarea pieselor turnate centrifug. Răcirea pieselor turnate centrifug se face bidirecțional:

-cedarea de căldură la interfața cu forma, prin convecție, conducție și după apariția interstițiului, prin radiație;

-cedarea de căldură la suprafața interioară prin radiație.

Procesul de radiație are o mare intensitate la temperaturi ridicate ale aliajului (peste 600°C). Intensitatea transmisiei căldurii este mai mare în cazul turnării cu axă de rotație verticală; la turnarea cu axa de rotație orizontală, fenomenul are o intensitate mare numai la părțile frontale.

S-a constatat că intensitatea transmisiei căldurii este invers proporțională cu lungimea piesei. Se pare că intensitatea circulației aerului este maximă la turnarea cu axă înclinată și cu forma de turnare deschisă la ambele capete.

Influența parametrilor tehnologici asupra solidificării. La creșterea vitezei, crește forța centrifugă, deci presiunea din interiorul aliajului lichid, ceea ce duce la creșterea vitezei de răcire prin mărirea intimității contactului piesă-formă.

Creșterea vitezei influențează echilibrul aliajului din formă. Peste o anumită viteză critică, suprafața liberă se stabilizează, devine concentrică cu cea a formei și se poate considera lichidul în repaus relativ. Din acest punct de vedere creșterea vitezei are efect de micșorare a vitezei de răcire.

La solidificarea statică apar cristale columnare iar la solidificarea dinamică, cristale echiace. Deci la viteze unghiulare mari se poate considera că avem o solidificare statică. Pentru a avea cristale echiace în zona cristalelor columnare se utilizează viteze mici, chiar sub nivelul turajului critic sau viteze de rotație variabile.

Utilizarea căptușelilor refractare. În cazul turnării obișnuite în forme metalice, protecția termică avea ca scop principal mărirea durabilității formei.

La turnarea centrifugă se urmărește micșorarea vitezei de răcire a piesei, deci evitarea zonelor extradure la fonte sau a tensiunilor de turnare foarte mari.

Separarea incluziunilor. La turnarea obișnuită decantarea incluziunilor pe baza principiului lui Arhimede se produce conform expresiei:

$$F_r = g \cdot V \cdot (\rho_i - \rho_m),$$

F_r este forța rezultantă de ridicare ce acționează asupra incluziunii, [N]; V – volumul incluziunii, [m³]; ρ_i, ρ_m - densitatea incluziunii, respectiv a aliajului, [kg/m³].

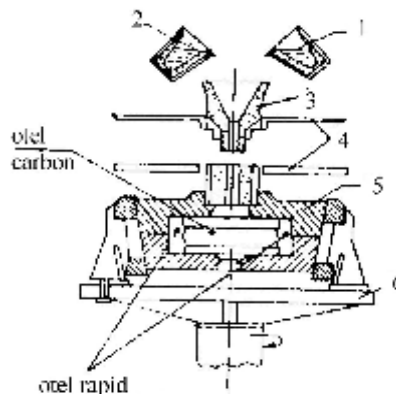
La turnarea centrifugă, forța de ridicare este majorată cu coeficientul K (30...100) și incluziunile vor apare la suprafața interioară.

Segregația. Apare mai accentuat la turnarea centrifugă decât la cea obișnuită, mai pronunțat pe direcția radială.

Componentii aliajului suferă o segregație după densități în funcție și de scăderea temperaturii și de avansarea frontului de cristalizare. Fenomenul este inexistent la aliajele eutectice și la piesele cu pereți subțiri. La bronzuri și alame, la exterior apar compuși de plumb și staniu și la interior cei de cupru.

Turnarea pieselor bimetalice. Efectul separării după densitate a constituenților unui aliaj sub acțiunea forței centrifuge a dus la aplicarea unei tehnologii specifice și anume turnarea pieselor bimetalice. Metoda constituie un procedeu de bază pentru confecționarea lagărelor și cuzineților, scule în formă de disc, cilindri de laminor (figura 9.36).

Fig.9.36. Turnarea pieselor bimetalice (scule disc) centrifug: 1,2-oale de turnare, cu dozator, cu cele două calități de aliaj; 3-pâlnie de turnare; 4-capace protectoare; 5-forma metalică; 6-masa mașinii.



În cazul turnării centrifuge cu utilizarea unui miez solid (figura 9.37) se pune problema sudării stratului exterior centrifugat de armătura încorporată precum și evitarea crăpăturilor datorate contracției neuniforme.

Temperatura necesară de încălzire a miezului, înainte de turnarea aliajului lichid se calculează astfel:

$$D_{p0} = D_m [1 - \alpha_c (t_c - t_0)]$$

$$D_{p0} = D_m [1 - \alpha_m (t_m - t_0)]$$

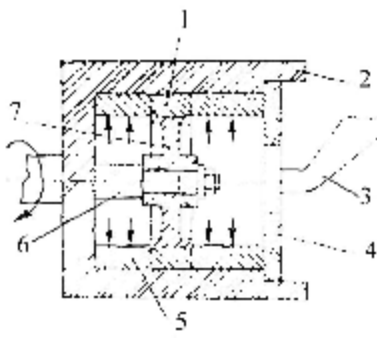


Fig.9.37. Turnarea roților dințate elicoidale bimetalice: 1-bronz pentru dantură; 2-forma metalică; 3-pâlnia de turnare; 4-capac; 5-surplus de bronz lichid; 6-axa de rotație orizontală; 7-miez;

de preîncălzire a miezului t_m :

$$\frac{\alpha_c}{\alpha_m} = \frac{t_m - t_0}{t_c - t_0},$$

$$t_m = \frac{\alpha_c}{\alpha_m} \cdot t_c - \frac{\alpha_c}{\alpha_m} \cdot t_0 + t_0$$

unde t_c este temperatura de solidificare a aliajului centrifugat;

t_m -temperatura de preîncălzire a miezului;

t_0 -temperatura finală;

α_c, α_m -coeficientul de dilatație liniară a crustei și miezului;

D_m, D_{p0} -diametrul miezului după preîncălzire și diametrul final al piesei.

9.2.7. Turnarea prin aspirație

Prin acest procedeu, care utilizează depresiunea atât la umplerea formei (cristalizerului) cât și la solidificarea aliajului, se obțin piese cilindrice pline sau cave, de tipul barelor, bușelor din aliaje de aluminiu, bronzuri, oțeluri aliate și inoxidabile. Schema de principiu a unei astfel de instalații este prezentată în figura 9.38.

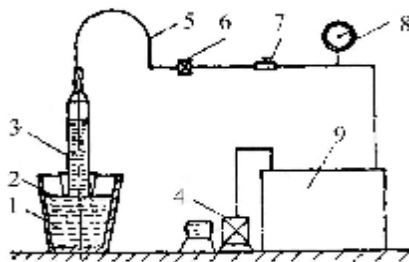


Fig.9.38. Schema de principiu a instalației de turnare prin aspirație.

În urma depresiunii create, aliajul lichid 1, din creuzetul 2, este aspirat în cristalizorul 3, care cu ajutorul unui mecanism poate fi ridicat sau coborât după dorință.

Cristalizerul este pus în legătură cu pompa de vid 4, prin intermediul conductei flexibile 5 pe care sunt montate un robinet cu trei căi 6, un regulator de presiune 7, un vacuummetru 8 și un rezervor de vid 9.

După scufundarea capătului cristalizerului pe o anumită adâncime în baia de aliaj lichid, se racordează la instalația de vid. Aliajul urcă în cristalizer și sub acțiunea pereților reci ai acestuia începe solidificarea. Cristalizerul se confecționează din oțel sau cupru răcit cu apă.

Cilindrul de vid permite efectuarea unor depresiuni în cristalizer la intervale relativ scurte de timp, cu viteze mari de aspirație.

Realizarea pieselor cave se poate face cu utilizarea unor miezuri, figura 9.39.

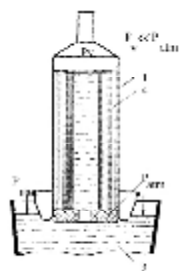


Fig.9.39. Obținerea pieselor cave:1-cristalizer;2-miez tip diafragmă; 3-aliaj lichid;4-piesă solidificată.

Calculul parametrilor tehnologici

Depresiunea de regim. Considerând montajul din figura 9.40 vom constata că mercurul se va ridica până la înălțimea H_{Hg} de 760 mm, ceea ce corespunde valorii presiunii atmosferice.

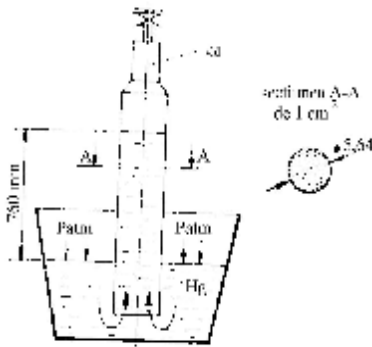


Fig.9.40. Experiența lui Toricelli.

$$H_{Hg} \cdot \gamma_{Hg} = 7,6 \cdot 13,6 = 103,36 \text{ daN} / \text{dm}^2 = 1,0336 \text{ daN} / \text{cm}^2$$

Rezultă că pentru orice aliaj lichid la presiunea exterioară constantă egală cu 1 daN/cm^2 se va păstra raportul constant:

$$H_a \cdot \gamma_a = H_{Hg} \cdot \gamma_{Hg}$$

Înălțimile maxime ale pieselor care se pot turna prin aspirație vor fi:

$$H_{p \max} = \frac{7,6 \cdot 13,6}{\gamma_p} \quad [dm]$$

unde γ_p este greutatea specifică a aliajului turnat, în daN/dm^3 .

Pentru aluminiu această valoare este de 3.800 mm iar pentru cupru 1.100 mm.

Pentru lungimile uzuale ale pieselor calculăm valoarea necesară a depresiunii de regim H_r .

$$H_r = \frac{H_p \cdot \gamma_p}{13,6}, \quad [cm]$$

Adâncimea de scufundare

Volumul dintre nivelele băii între cele două aspirații succesive trebuie să fie cel puțin egal cu volumul piesei turnate.

$$H_s = H_p + H_r,$$

unde H_s este adâncimea de scufundare; H_p - adâncimea necesară pentru piesă; H_r - adâncimea la care rămâne scufundat cristalizorul (10 mm).

Degazarea aliajului la turnarea prin aspirație

Presiunea totală a gazelor ce se degajă este egală cu suma presiunilor normale a gazelor i:

$$\Sigma p_{\text{gaz},i} = P_1 + P_2 + \dots + P_i,$$

Din exterior asupra bulei de gaz acționează o presiune reactivă:

$$\Sigma P_{\text{ext}} = P_{\text{atm}} + P_m + P_{ps},$$

unde P_{atm} este presiunea atmosferică; P_m - presiunea metalostatică a coloanei de aliaj lichid egală cu $H_m \cdot \gamma_m$; P_{ps} - presiunea tensiunii superficiale a peliculei.

O bună degazare se face la temperaturi ridicate ale aliajului și la valori cât mai ridicate ale depresiunii. Deci la piesele lungi se face o degazare mai bună decât la piese cu înălțime mică. Degazarea este condiționată și de vâscozitatea aliajului.

CAP.X. DEZBATEREA, CURĂȚIREA ȘI REMANIEREA DEFECTELOR PIESELOR TURNATE

10.1. Dezbaterea formelor și miezurilor

După solidificarea și răcirea pieselor turnate sub o anumită temperatură formele se dezbat (se distrug) în vederea extragerii pieselor.

Utilajele folosite pentru dezbaterea formelor și a miezurilor precum și gradul de mecanizare a operației de dezbatere depind pe de o parte de caracterul producției turnătoriei iar pe de altă parte de greutatea formelor respectiv a pieselor turnate.

Dezbaterea mecanică a formelor de dimensiuni mici, în cazul producției de serie mare poate fi realizată în două variante:

-depunerea formei, împreună cu ramele de formare, pe masa grătarului de dezbatere (figura 10.1,a) și supunerea acestui ansamblu la operația de vibrație până când forma din amestec se distruge;

-desprinderea amestecului de formare și a piesei din ramele de formare cu ajutorul unui piston (figura 10.1-b) și depunerea pe masa grătarului de dezbatere numai a amestecului și a pieselor. Acestea sunt supuse operației de vibrație până când amestecul de formare se distruge și trece printre barele grătarului de dezbatere.

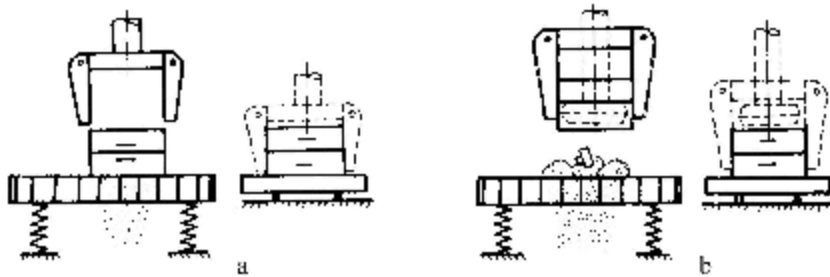


Fig.10.1. Utilaje pentru dezbaterea formelor de dimensiuni mici în cazul producției cu caracter de serie mare și masă.

În general dezbaterea mecanizată se realizează cu ajutorul grătarelor vibratoare. Acestea pot fi grătare vibratoare inerțiale (figura 10.2-a), sau grătare vibratoare inerțiale cu șoc (figura 10.2-b).

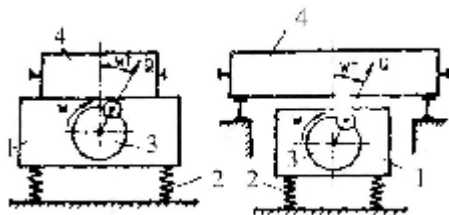


Fig.10.2. Dezbătătoare vibratoare inerțiale: 1-grătar de dezbatere; 2-arcuri de susținere; 3-mecanism de acționare; 4-forma.

Formele cu piese solidificate și răcite se depun pe grătarul de dezbatere și sunt supuse operației de vibrație până la evacuarea completă a amestecului din ramele de formare.

Miezurile se îndepărtează parțial o dată cu dezbaterea formelor. Miezurile mici care nu s-au îndepărtat pe grătar se îndepărtează cu ajutorul unor mașini vibratoare. În vederea debaterii miezurilor piesa se fixează pe mașina vibratoare și se lovește cu pistonul vibratorului până la îndepărtarea completă a miezurilor.

La piesele mari se folosește dezbaterea hidraulică folosind apă sub presiune sau un amestec de apă și nisip. Se realizează atât dezbaterea formei cât și a miezurilor. În același timp se obține și curățirea pieselor

Piesele rezultate în urma dezbaterei sunt transmise atelierului de curățătorie. Înaintea începerii operației de curățire sunt îndepărtate rețelele de turnare și maselotele. În funcție de aliaj și de mărimea pieselor, pentru îndepărtare se folosesc diferite metode: tăiere cu ferăstrăul sau cu flacăra oxiacetilenică, lovire cu ciocanul etc.

10.2. Curățirea pieselor turnate

După dezbaterea formelor și îndepărtarea rețelilor de turnare și a maselotelor, pe suprafața interioară și exterioară a pieselor mai rămân o serie de materiale străine de piesă (nisip remanent și sub formă de aderențe) sau care sunt din același material cu piesa însă nu fac parte din geometria piesei turnate (bavuri, cruste, creste etc).

Curățirea pieselor are loc în două etape:

- curățirea primară care constă în îndepărtarea nisipului remanent pe piesele turnate;
- curățirea finală care constă în îndepărtarea aderențelor, bavurilor, crustelor, șlefuirea suprafețelor de pe care au fost îndepărtate rețelele de turnare și maselotele etc.

Pentru curățirea pieselor turnate pot fi folosite mai multe procedee:

- clasice (mecanice)-prin frecare cu perii de sârmă sau polizare;
 - prin frecare și șoc (tobe rotative);
 - prin șoc-curățirea cu alice, dălți pneumatice.
- speciale-termice – se bazează pe șoc termic;
 - fizice – prin vibrare, cu ultrasunete;
 - chimice – prin acțiunea sărurilor și acizilor.

Curățirea prin frecare se face manual cu perii de sârmă sau mecanizat prin prinderea unei perii rotative de sârmă în axul unui polizor pneumatic cu ax flexibil.

Curățirea prin frecare și șoc se realizează în tobe rotative, figura 10.3. Piesele ce trebuiesc curățite se introduc în tobă împreună cu bucățele mici de fontă albă (300 kg pentru un metru cub al tobei). Toba se rotește cu 20-25 rot/min. Evacuarea aerului se realizează prin intermediul axului tobei 3, care fiind cav, permite intrarea aerului și ieșirea prafului. Praful este captat într-un bazin cu apă (hidrociclon). Durata ciclului de curățire este de 30-90 minute.

Curățirea în tobele rotative se remarcă prin zgomot ridicat ceea ce face ca această metodă să fie din ce în ce mai mult evitată.

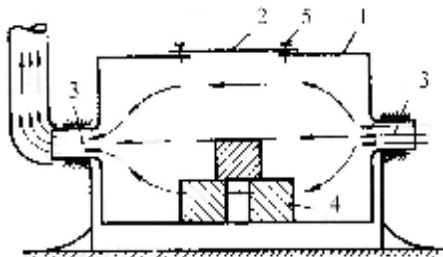


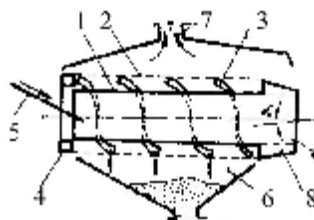
Fig.10.3. Tobă de curățire.

De asemenea, productivitatea metodei este scăzută în comparație cu alte metode de curățire.

Toba din figura 10.3 are o funcționare discontinuă, piesele 4 sunt încărcate și descărcate în toba 1 prin ușa 2 care în timpul funcționării este fixată cu șuruburile 5.

O variantă îmbunătățită a curățirii prin frecare și șoc este aceea care folosește o tobă cu o funcționare continuă a cărei schemă principală este prezentată în figura 10.4.

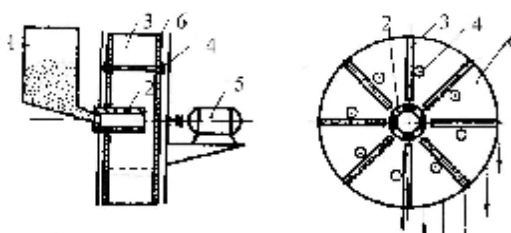
Fig.10.4. Principiul de lucru al tobei continue.



Piesele sunt încărcate prin jgheabul 5 în tubul interior 1 prevăzut cu sita exterioară 2 și cu paletetele elicoidale 3. Tubul 1 este înclinat cu unghiul α față de orizontală. Nisipul care trece prin ochiurile sitei 2 este acumulat în pâlnia 6 de unde este evacuat periodic. Praful este evacuat prin orificiul 7 iar piesele prin orificiul 8.

Curățirea prin șoc, cu alicie constă în proiectarea unui jet de alicie pe suprafața piesei care trebuie curățată. Proiectarea se realizează cu ajutorul unui cap centrifug care asigură o viteză a alicelor de 50-70 m/s. Alicele pot fi din fontă albă sau oțel. Principiul de funcționare a capului centrifug este prezentat în figura 10.5.

Fig.10.5. Capul centrifug al cu alicie.



Alicele din rezervorul 1 pătrund în tubul distribuitor perforat 2, sunt preluate de paletetele 3 și proiectate prin centrifugare asupra suprafeței piesei de curățat. Paletetele 3 sunt fixate cu șuruburile 4 de discurile 6. Capul centrifug este pus în mișcare de către motorul 5. Recircularea alicelor se face cu ajutorul unui elevator cu cupe.

Piese mari și grele pot fi curățate cu alicie folosind instalații cu masă rotativă.

În cazul în care piesele prezintă bavuri, acestea sunt îndepărtate fie cu ajutorul dărilor pneumatice fie cu ajutorul preselor de debavurare.

După îndepărtarea bavurilor, suprafața rămasă se netezește cu ajutorul polizoarelor. Polizoarele pot fi de diferite tipuri: fixe, basculante, deplasabile, cu ax fix sau flexibil, cu acționare electrică sau pneumatică.

Curățirea electro-hidraulică este un procedeu superior de curățire. Principial, acesta constă în descărcări electrice în regim de impulsuri într-un volum determinat de lichid. Ca urmare a acestor descărcări succesive de energie se crează presiuni mari care deplasează lichidul creând zone de cavitație. Între descărcări, lichidul rămâne în poziția inițială. Aceste șocuri provoacă desprinderea crustelor de pe suprafața pieselor turnate.

În figura 10.6 sunt prezentate fazele procesului de curățire electrohidraulică.

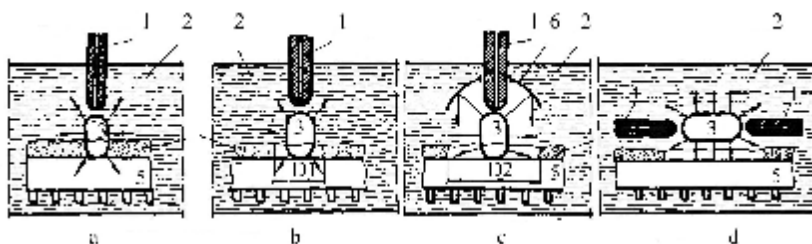


Fig.10.6. Schema efectului de curățire: 1-electrod; 2-apă; 3-bulă de cavitație; 4-crustă; 5-piesă; 6-ecran concentrator de energie.

Din figura 10.6, a și b, se vede că o parte din energie se pierde în apă, efectul fiind mai redus, crusta se desprinde pe distanța D_1 . Dotând instalația cu ecranul reflector de energie 6, figura 10.6-c, efectul se îmbunătățește, crusta desprinzându-se pe distanța D_2 .

În cazurile când suprafața piesei turnate este acoperită de un strat compact, aderent, de crustă ceramică, iar descărcarea electrică între electrod și piesă este îngreunată, se aplică schema cu doi electrozi (figura 10.6-d).

Instalația și metoda se caracterizează printr-o productivitate ridicată, consum redus de energie și lipsa prafului în atmosfera înconjurătoare.

Curățirea chimică se aplică de obicei pieselor turnate în forme cu silicat de sodiu sau silicat de etil ca liant.

Operația de curățire constă în fierberea pieselor într-o soluție de sodă caustică a cărei concentrație este de 30-35%.

Curățirea se realizează în timp de 2-3 ore la o temperatură de 385-397K.

10.3. Remanierea defectelor pieselor turnate

10.3.1. Controlul tehnic de calitate în turnătorii

Calitatea piesei turnate exprimă gradul de îndeplinire a funcțiilor impuse de destinația sa, de a satisface cerințele beneficiarului.

Activitatea de control tehnic de fabricație începe din momentul alegerii procedurii tehnologice de formare și turnare, continuă cu recepția calitativă a materiilor prime și materialelor care urmează să fie utilizate în procesul de producție, se desfășoară constant pe tot parcursul procesului de fabricație și se va încheia cu livrarea și respectiv recepția pieselor turnate.

Activitatea de control tehnic trebuie să se desfășoare în următoarele faze:

-controlul primar care se efectuează asupra materiilor prime, materialelor auxiliare și combustibililor care intră în procesul de producție;

-controlul intermediar, în cadrul căruia se verifică modul cum sunt executate diferitele operații componente ale procesului tehnologic de fabricație, calitatea utilajelor folosite etc;

-controlul final care verifică calitatea pieselor turnate înainte de a fi livrate.

Controlul primar se realizează în scopul de a nu permite intrarea în procesul de fabricație a materiilor prime de fuziune, a materialelor de formare, materialelor auxiliare, necorespunzătoare din punct de vedere calitativ.

În cadrul controlului primar se verifică calitativ:

-materii prime și auxiliare de fuziune: fonte brute, fontă veche, deșeuri feroase, cocs de turnătorie, fondanți, minereu, feroaliaje, modificatori etc;

-materiale de formare: nisipuri, lianți, vopsele, grafit, pudre, cleiuri, chituri etc.

Controlul intermediar. În această fază se verifică atât utilajele și dispozitivele cât și operațiile care alcătuiesc procesul tehnologic de formare și turnare.

La rame se verifică planeitatea, uzura bușelor și cepurilor, perpendicularitatea cepului, distanța dintre axele bușelor,...

Garniturile de model se verifică atât dimensional cât și din punct de vedere al stării generale. Plăcile de uscare trebuie să aibă suprafața activă foarte curată, netedă și să se monteze perfect în cepurile cutiei de miez.

De asemenea se verifică umiditatea, permeabilitatea și rezistențele mecanice ale amestecurilor de formare, cât și modul de realizare și uscare a formelor.

Controlul asamblării și consolidării formelor constă în verificarea stării generale a semiformelor, verificarea grosimii unor pereți prin intermediul închiderii de probă,...

Controlul elaborării și turnării aliajului, se face, în general, pe baza tehnologiei de elaborare și turnare. Concomitent cu turnarea aliajului în forme se efectuează și turnarea epruvetelor de probă pentru determinarea caracteristicilor mecanice.

Controlul final. În cadrul acestei faze se stabilește calitatea piesei turnate, verificarea efectuându-se pe loturi.

Principalele încercări prescrise pentru verificarea calității pieselor turnate sunt: verificarea aspectului exterior; verificarea formei, dimensiunilor și masei; verificarea compoziției chimice a aliajului; verificarea caracteristicilor mecanice; verificarea macro și microstructurii.

Pentru detectarea defectelor pieselor turnate au fost dezvoltate o serie de metode distructive și nedistructive.

Dintre metodele distructive enumerăm:

-secționarea pieselor turnate, care se aplică la producția de serie mare și de masă. Ea se aplică la un număr restrâns de piese turnate, pe baza rezultatelor obținute se pot trage concluzii asupra compactității unui lot de piese turnate;

-ruperea și prelucrarea mecanică, se aplică de asemenea la un număr restrâns de piese dintr-un lot.

Metodele distructive de verificare a calității pieselor turnate au un caracter limitat deoarece piesele turnate se distrug, majorându-se astfel și costul producției.

Defectoscopia nedistructivă are un caracter mai larg deoarece se poate aplica tuturor pieselor turnate.

Principalele metode nedistructive sunt:

-detectarea vizuală a defectelor, care începe din momentul dezbaterii și se desfășoară în patru etape: după curățirea piesei pentru detectarea defectelor; după pregătirea piesei cu defect remaniabil, înainte de remaniere; în cursul remanierii și după terminarea operației de remaniere;

-detectarea prin cântărire;

-detectarea prin ciocănire - la piesele cu defecte de continuitate a materialului se aude un zgomot înfundat;

-detectarea prin încercare la presiune, se face la piese care lucrează sub presiune (armături, elemente pentru rezervoare de aer, elemente de radiator);

-detectarea prin decapare și atac cu acid;

-detectarea defectelor cu ajutorul substanțelor penetrante, are la bază utilizarea unor lichide penetrante care pătrunzând în discontinuitățile piesei, le pun în evidență, prin contrast, după aplicarea unei substanțe absorbante. Substanțele penetrante utilizate pot fi: după contrast (penetranți coloranți, fluorescenți, produse radioactive) și după solubilitate (solubili în apă sau în solvenți organici sau cu post-emulsionare.

Fazele principale ale punerii în evidență a defectelor, cu substanțe penetrante, sunt următoarele:

-aplicarea substanței penetrante, figura 10.7-a ;

-îndepărtarea lichidului de pe suprafața piesei prin spălare sau ștergere, figura 10.7-b;

-aplicarea absorbantului, figura 10.7-c;

-examinarea defectului după 5 și 30 minute, figura 10.7-d și e.

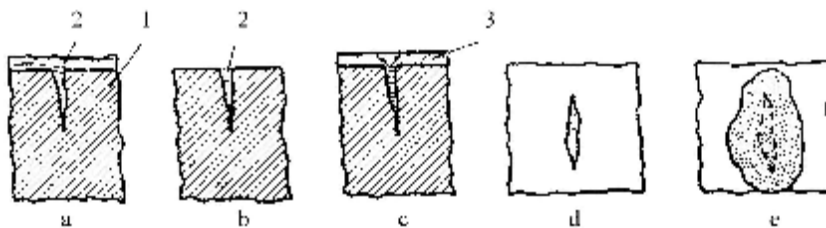


Fig.10.7. Detectarea defectelor cu substanțe penetrante: a-aplicarea substanței; b-spălarea și ștergerea; c-aplicarea absorbantului; d-examinarea petei după 5 minute; e-examinarea petei după 30 minute; 1-piesa turnată; 2-substanța penetrantă; 3-substanța absorbantă.

-detectarea defectelor cu pulbere magnetică, figura 10.8. Metoda se bazează pe diferența de permeabilitate magnetică dintre materialul compact și cel cu defecte putându-se aplica numai pieselor turnate din aliaje cu proprietăți magnetice. Liniile de flux magnetic ocolesc

discontinuitățile sau incluziunile nemetalice. Se pot detecta defecte de suprafață sau din imediata apropiere a acesteia.

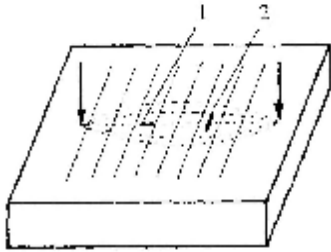


Fig.10.8. Schema detectării defectelor cu pulberi magnetice: 1-defect detectabil; 2-defect netectabil.

-detectarea defectelor cu ajutorul radiațiilor penetrante, figura 10.9. Se poate aplica tuturor tipurilor de aliaje. La baza acestei metode stă tehnica radiografierii pieselor turnate cu o sursă de radiații X.

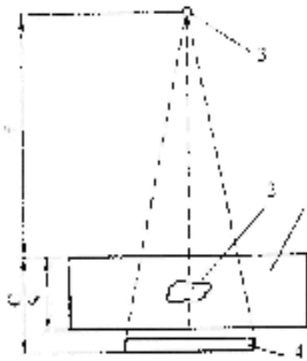


Fig.10.9. Poziția sursei de radiații penetrante față de piesă: 1-piesa turnată; 2-defectul; 3-sursa de radiații; 4-filmul radiografic; c-distanța de la suprafața piesei la film; f-distanța de la sursă la suprafața piesei; s-grosimea piesei turnate.

-detectarea defectelor prin ultrasunete. Controlul se face numai după efectuarea tratamentului termic final și respectiv după o prelucrare corespunzătoare a piesei.

-controlul formei, dimensiunilor și masei.

10.3.2. Defectele pieselor turnate

În funcție de importanța lor defectele pieselor turnate se împart în trei grupe:

- defecte admisibile, fără remanieri;
- defecte admisibile, cu remanieri;
- defecte inadmisibile.

Prima grupă cuprinde defecte care nu influențează în nici un fel calitatea și funcționalitatea piesei iar defectele din grupa a doua se pot înlătura utilizând diferite procedee de remanieră.

Defectele pieselor turnate se simbolizează printr-o literă urmată de un număr format din trei cifre. Litera indică simbolic categoria de bază în care se include defectul, prima cifră arată grupa, a doua cifră indică subgrupa, iar ultima cifră este specifică fiecărui defect în parte.

Defectele pieselor turnate se împart din punct de vedere al morfologiei defectelor în următoarele opt categorii de bază:

A-excreșcențe metalice. Au formă de bavuri, umflături, creste, picături, defecte ce apar ca urmare a ridicării semiformelor, cedarea semiformei inferioare, deplasarea unei părți de formă sau de miez, fisurarea suprafeței formei datorită extragerii greșite a modelului etc.

B-goluri. Din această categorie fac parte suflurile, porii superficiali-sita, retasura deschisă, retasura de miez, retasura axială, microretasurile etc. Aceste goluri apar ca urmare a conținutului

crescut de gaze, temperatura prea înaltă de turnare, contracția în volum a materialului metalic turnat etc.

C-discontinuități-crăpături. Fac parte rupturile la rece, la cald, crăpăturile la rece și cald, crăpături la tratament termic, intercrystaline etc.

D-defecte de suprafață. Cuprind ridurile, pielea de elefant, cutele, rugozitatea, retasuri de suprafață, aderențe mecanice, termice, chimice, exfolierea.

E-piesă turnată incomplet. Fac parte defecte cum sunt: colțuri rotunjite, piesă incompletă, turnare incompletă, piesă scursă, topire sau deformare la tratament termic, repriză, turnare întreruptă, repriză pe inserția metalică.

F-dimensiuni sau configurații necorespunzătoare. Contracție incorect calculată, contracție frânată, model deformat, greșală de montare a modelului, dezaxarea formei, deformare datorită eliminării tensiunilor remanente.

G-incluziuni și defecte de structură. incluziuni metalice, picătură rece, incluziuni de nisip, pete negre, puncte dure, licuația etc.

10.3.3. Remanierea pieselor turnate

Se supun operației de remaniere piesele cu defecte care după remaniere pot fi folosite în ansamblul destinat.

Procedeele de remaniere pot fi mecanice, prin sudare, chimice și speciale. Remanierea pieselor turnate care au defecte conduce la realizarea unor economii importante, în ceea ce privește: îmbunătățirea calității pieselor turnate; micșorarea consumului de metal și de energie; scurtarea ciclului de fabricație; reducerea costurilor de producție.

Procedee mecanice de remaniere. În această categorie intră curățirea, îndreptarea, ștemuirea, dopuirea și bușarea, placarea. Se aplică în mod curent în turnătorii, prezentând avantajul unor utilaje și tehnologii simple, în piesele turnate neavând loc transformări structurale.

Curățirea se face prin tăiere cu dalta, polizare, prelucrare mecanică.

Îndreptarea este un procedeu de remaniere a pieselor turnate, mai ales în cazul pieselor cu lungime mare. În cazul pieselor din fontă îndreptarea se face la cald. De regulă, îndreptarea pieselor turnate se face înainte de tratamentul termic final.

Ștemuirea se realizează prin presarea materialului metalic (cu plasticitate ridicată) în zona cu defect, fiind folosită pentru înlăturarea infiltrațiilor.

Dopuirea sau bușarea se aplică în cazul defectelor interioare (retasuri, pori, sufluri, incluziuni) și constă din găurirea locului defect și introducerea unor știfturi sau dopuri filetate figura 10.10.

Placarea se aplică la piesele mari și voluminoase executate în serie mică sau unicate.c

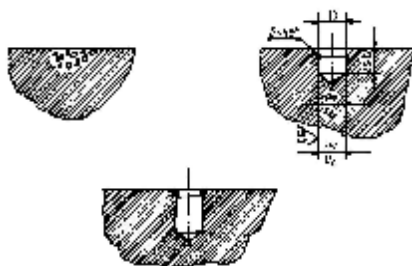


Fig.10.10.Remanierea defectului cu dopuri sudate: a- forma defectului în piesa turnată;b-locul cu defect pregătit pentru remaniere;c-defectul remaniat.

Remanierea prin sudare. Sudarea este una dintre cele mai sigure și mai răspândite metode de remaniere a defectelor pieselor turnate. Clasificarea procedeele de sudare se face în funcție de natura surselor de căldură folosite pentru topirea aliajului de bază și a celui de adaos la locul de îmbinare.

Cele mai utilizate procedee de sudare pentru remanierea pieselor turnate sunt:

-sudarea cu arc electric;

- sudarea oxiacetilenică;
- sudarea aluminotermică.

Alegerea materialelor de adaos se face în funcție de condițiile de solicitare și exploatare, ținând seama de compoziția chimică și caracteristicile mecanice ale piesei ce urmează a fi remaniată prin sudare.

Materialele de adaos se împart în două grupe: de bază și auxiliare. Dintre materialele de adaos de bază fac parte aliajele care participă la realizarea îmbinării sudate (electrozi înveliți, sârme, pulberi metalice). Materialele de adaos auxiliare ușurează realizarea îmbinării sudate, ele neparticipând direct la formarea cusăturii sudate (fluxuri de sudură, gaze de protecție, gaze combustibile).

Procedee chimice de remaniere. La unele piese turnate problema remanierii defectelor de neetanșitate este foarte importantă. Aceste defecte apar de obicei după prelucrarea mecanică și dacă piesa corespunde din punct de vedere al rezistenței mecanice, se poate remedia piesa turnată prin procedee chimice de remaniere: impregnare, chituire etc.

Materialele de impregnare trebuie să răspundă la următoarele cerințe:

- să aibă capacitate mare de pătrundere și de umezire;
- să se contracte cât mai puțin la uscare;
- să nu fie toxic;
- să aibă durabilitate mare și rezistență ridicată;
- să aibă plasticitate bună și să fie ieftin.

Condiția de bază pentru obținerea unei bune etanșări este efectuarea unei pregătiri corespunzătoare a piesei turnate cu defecte și folosirea soluției de etanșare optimă.

Operația preliminară este curățirea corectă a pieselor turnate care se face de obicei mecanic (prin sablare) sau cu ajutorul periiilor de sârmă. Se impune apoi o degresare, de regulă prin încălzirea pieselor turnate într-o atmosferă oxidantă, la o temperatură de 220-250°C timp de 2-4 ore, după care se spală într-o soluție apoasă de săpun.

Pentru remanierea pieselor turnate cu defecte ce înrăutățesc aspectul comercial se aplică chituirea. În general chituirea se aplică pentru eliminarea denivelărilor suprafețelor pieselor turnate și a urmelor rezultate de la remanierea unor defecte mai mari.

Remanierea prin metalizare. Prin acest procedeu se pot remania defecte de turnare ca sufluri, retasuri, incluziuni precum și alte defecte ce înrăutățesc etanșitatea sau aspectul exterior.

Metalizarea se realizează prin pulverizarea aliajului topit sub o presiune de 5-6 daN/cm² pe suprafața pregătită în acest scop. După aplicare, stratul metalizat poate fi prelucrat cât este necesar.

Temperatura piesei în timpul remanierii nu trebuie să depășească 50°C, distanța dintre pistolul de metalizare și piesă să fie de 150-200 mm.

Sârma de zinc se utilizează la remanierea pieselor din fontă, sârma de oțel la sudarea semiautomată sub strat de flux sau în mediu de CO₂ în cazul pieselor de oțel, sârmă de aluminiu pentru piesele turnate din aliaje de aluminiu etc.

Proprietățile mecanice ale stratului metalizat depus sunt, în general, inferioare celor ale aliajului de bază, dar etanșitatea pieselor poate fi mărită.

Metalizarea se realizează cu dispozitive speciale, numite pistoale de metalizare, care pot fi cu flacără oxiacetilenică, cu arc electric sau cu plasmă.

XI. NORME DE TEHNICA SECURITĂȚII MUNCII LA REALIZAREA PIESELOR TURNATE

Generalități

Obținerea pieselor turnate în secțiile de turnătorie, este necesar să se facă în condiții optime de muncă, fără a se periclita sănătatea sau viața muncitorilor. Prin cunoașterea normelor de protecția muncii se urmărește nu numai evitarea accidentelor ci și o creștere a productivității muncii, prin exploatarea rațională a instalațiilor și utilajelor secției, fără ca acestea să sufere întreruperi funcționale sau degradări premature.

Căile de acces și trecerile de circulație din hale vor avea marginile marcate vizibil.

Pardoselile secțiilor vor fi rezistente la acțiunea metalului topit și la celelalte condiții impuse de tehnologia de lucru, să fie plane și să nu prezinte pericol de alunecare.

Se va asigura iluminat natural adecvat și alimentarea secției cu apă potabilă și carbo-gazoasă.

Pregătirea amestecurilor de formare

Depozitarea amestecurilor de formare se va face în buncăre special amenajate, amplasate în apropierea instalațiilor de preparare. Buncărele vor fi prevăzute cu grătare la gurile de alimentare, iar accesul în interiorul lor va fi interzis.

Prepararea amestecurilor de formare se va face în încăperi special amenajate, izolate de celelalte încăperi de lucru.

La utilajele de dezagregare, măcinare sau malaxare ce servesc la prepararea amestecurilor de formare, gura de alimentare va fi acoperită cu un grătar care să nu permită introducerea mâinii în zona periculoasă. Luarea probelor este interzisă în timpul funcționării agregatelor.

Instalațiile de preparat amestecuri, amplasate la înălțimi diferite vor fi prevăzute cu platforme și pasarele de trecere.

Se va asigura accesul normal și comod în gropile și canalele subterane, folosind scări metalice fixe.

La utilizarea unor lianți toxici (rășini furanice etc) se va asigura o ventilare corespunzătoare.

În cazul defectării agregatelor, separarea lor se face numai de echipele de reparație și întreținere, cu avertizarea derigoare "ATENȚIE AGREGAT ÎN REPARAȚIE"

Confecționarea modelelor, formelor și miezurilor

Modelele se confecționează în ateliere separate. Se vor respecta normele de tehnica securității pentru lucrul la mașinile de prelucrat. Păstrarea modelelor se va face în încăperi uscate, unde se vor așeza în stive după dimensiuni sau pe stelaje.

La executarea formelor nu se admite folosirea ramelor de formare care prezintă crăpături, deformări, ochiuri de fixare dezaxate,...

Ramele de formare goale se depozitează în locuri prevăzute cu mijloace de ridicare și manipulare nepericuloase.

Se interzice efectuarea oricărei operații, când ramele sunt suspendate în cârligul macaralei. Când forma se execută în solul turnătoriei, gropile se îngădesc.

Umplerea și îndesarea amestecului de formare în jurul modelului se va face cu multă atenție. La deservirea mașinilor de format se vor lua toate măsurile pentru prevenirea prinderii mâinilor.

Înainte de uscare, formele se vor găuri în vederea evacuării gazelor.

Atelierele unde se realizează miezurile vor fi amplasate în spații separate de atelierul de formare și turnare. Vor fi prevăzute cu mese de lucru comode. În cazul lucrului cu materiale fuzibile – stearină, ceară, parafină, se vor utiliza magazii speciale.

La formarea cu CO₂ se vor verifica cu atenție recipientele de CO₂ și reductoarele de presiune, pentru a se evita scăpările de gaz.

Operațiile de vopsire a miezurilor cu pulverizatorul se vor executa în camere închise, prevăzute cu aspiratoare.

Uscarea și pregătirea formelor pentru turnare

Se va asigura o ventilare corespunzătoare a zonei în care are loc uscarea formelor mari cu uscătoare cu flacăra.

Pentru forme mici se vor utiliza cuptoare de uscare prevăzute cu uși și instalații de captare a gazelor.

Pentru a se evita deschiderea formelor în timpul turnării, acestea se vor prinde cu cleme sau se vor încălzi cu greutatea repartizată uniform.

Se va interzice urcarea pe forme sau trecerea pe sub greutatea suspendată de cârligul macaralei.

Topirea metalelor și aliajelor

Secția de topire și turnare a metalelor și aliajelor neferoase va fi prevăzută cu un sistem de ventilare care să asigure în perioadele de vârf o concentrație a substanțelor nocive sub limita prevăzută de standarde.

Fluxurile se vor păstra în saci de polietilenă, la loc uscat.

Creuzetele cuptoarelor nu se folosesc dacă prezintă fisuri sau spărturi sau dacă au pereții subțiați sub 10 mm.

Înainte de folosire, creuzetele se vor usca și apoi se vor încălzi. Încărcătura cuptorului se va preîncălzi în prealabil. Deasupra cuptoarelor cu creuzet se montează hote pentru evacuarea gazelor.

Lingotierele precum și formele metalice vor fi bine uscate și preîncălzite înainte de turnare.

Muncitorii vor purta ochelari de protecție adecvați, șorțuri, mănuși și jambiere de azbest.

În caz de defecțiune se deconectează instalația de la rețea și apoi se remediază.

Stamparea cuptorului se va face cu materiale refractare adecvate din punct de vedere al compoziției chimice, granulometrice etc.

Oale de turnare

Se vor verifica cu atenție, neadmițându-se folosirea oalelor de turnare cu căptușeala sau mantaua fisurată.

Înainte de folosire, oalele se usucă bine până la îndepărtarea completă a apei din căptușeala refractară.

Oalele de turnare manipulate manual de doi muncitori nu vor depăși 60 kg în stare încărcată. Oalele ce depășesc 0,5 tone vor fi prevăzute cu dispozitiv de basculare cu angrenaj cu melc care să asigure oala împotriva basculării la orice unghi de basculare.

Umplerea oalei se va face în proporție de 7/8 din volumul ei.

Turnarea metalelor și aliajelor în forme

Înainte de începerea turnării trebuie să se verifice asigurarea ramelor de formare; pâlnia de turnare trebuie să fie bine uscată.

Gazele toxice emanate de formă se vor aprinde imediat.

Locurile de trecere printre rândurile de forme trebuie să fie de cel puțin 0,8 m lățime. La turnarea manuală trebuie să fie de cel puțin un metru.

Este interzisă trecerea peste formele cu metal topit. Tunelele de răcire vor fi prevăzute cu instalații de ventilare prin absorbție a gazelor.

După turnări repetate, formele metalice se încălzesc și se impune răcirea lor cu aer.

Dezbaterea formelor și curățirea pieselor turnate

Încăperile în care se execută dezbaterea formelor vor fi izolate și prevăzute cu instalații de ventilație pentru absorbția prafului.

Pieșele mici se vor lua cu furci sau clești, nu cu mâna. La dezbaterea manuală temperatura pieselor nu va depăși 200°C. Pentru ușurarea debaterii și evitarea prafului se poate umezi amestecul din forme.

Curățirea pieselor se va executa într-o zonă izolată a halei sau în încăperi speciale.

În timpul curățirii manuale piesa va avea o temperatură sub 50°C și o poziție stabilă.

Polizoarele se prevăd cu apărători solide.

La mașinile de curățire cu alice se impune asigurarea etanșeității spațiului de lucru. Datorită uzurii rapide a elementelor instalațiilor de sablare expuse jetului de sablare, se va prevedea înlocuirea lor din timp.