

ASPECTE PRIVIND REDUCEREA CONSUMULUI DE ALIAJ LICHID ÎN MASELOTELE LATERALE

ASPECTS CONCERNING THE REDUCTION OF LIQUID ALLOY CONSUMPTION IN LATERAL FEEDERS

Ioan CIOBANU, Sorin Ion MUNTEANU, Ciprian SZABO, Daniel FERARU

“Transylvania” University of Braşov, Romania

Rezumat. În lucrare se prezintă rezultatele unui studiu privind influenţa numărului de piese cuplate la maselele laterale asupra modulului de solidificare real şi asupra consumului specific de aliaj lichid la turnare. Se arată că creşterea numărului de piese legate la o maseleă laterală conduce la creşterea modulului real de solidificare al maselelei. Randamentul de utilizare a aliajului lichid în maseleă creşte deoarece raportul dintre masa pieselor şi masa totală a aliajului turnat în formă creşte. Se creează de asemenea posibilitatea ca volumul maselelelor să se reducă datorită creşterii modulului de real de solidificare.

Cuvinte cheie: turnare, solidificare, maseleă

1. Introducere

Utilizarea maselelelor conduce la creşterea considerabilă a consumului de aliaje lichide la turnare. Ca urmare maselelele determină creşterea consumului de materiale, de manoperă şi energie la turnare şi deci a costului pieselor turnate. În practica atelierelor de turnare se pune permanent problema reducerii volumului relativ al maselelelor în raport cu piesele turnate pentru a se mări randamentul acestora în ceea ce priveşte consumul de aliaj lichid [7 ÷ 9].

Randamentul utilizării aliajului lichid în maselele într-o formă de turnare este dat de relaţia:

$$R_M = \frac{n_P \cdot m_P}{n_P \cdot m_P + n_M \cdot m_M}, \quad (1)$$

unde R_M reprezintă indicele de utilizare a metalului lichid în maseleă (randamentul maselelei), n_P – numărul de piese turnate într-o formă, m_P – masa unei piese turnate, n_M – numărul de maselele din forma de turnare, m_M – masa unei maselele, m_{RT} – masa reţelei de turnare.

Relaţia (1) arată că randamentul utilizării aliajelor lichide în maselele este influenţat de numărul de piese turnate şi de numărul de maselele dintr-o formă. Randamentul utilizării aliajului lichid în maselele laterale poate fi mărit prin cuplarea unui număr mai mare de piese la o maseleă.

În acelaşi timp numărul de piese cuplate la o maseleă are un efect favorabil asupra modulului real de solidificare al maselelelor. Pentru ca o maseleă să

Abstract. The paper presents the results of a study on the influence of the number of parts connected to the lateral feeders on the real solidification module and on the specific consumption of liquid alloy in casting. It is shown that an increase in the number of parts connected to a lateral feeder causes an increase of the real solidification module of the feeder. The efficiency of liquid alloy utilization in the feeder is improved due to the increase of the parts mass to total mass of the alloy cast in the mould ratio. Further the possibility is created for reducing feeder volume due to the increased real solidification module.

Key words: casting, solidification, feeder

1. Introduction

The utilization of feeders significantly increases the consumption of liquid alloy in casting. Hence feeders cause increased material, work and energy consumption in casting and consequently a higher cost of the cast parts. A permanent issue in foundry practice is reducing feeder volume relatively to that of the cast parts, in order to increase feeder efficiency as regards liquid alloy consumption [7 ÷ 9].

The efficiency of liquid alloy utilization in casting mould feeders is computed by equation (1):

where R_M represents the utilisation index of liquid metal in the feeder (feeder efficiency), n_P – the number of parts cast in a mould, m_P – the mass of a cast part, n_M – the number of feeders in a mould, m_M – mass of a feeder, m_{RT} – mass of the gating.

Equation (1) shows that the efficiency of liquid alloy utilisation in feeders is influenced by the number of cast parts and the number of feeders in one mould. The efficiency of liquid alloy utilisation in lateral feeders can be increased by connecting a larger number of parts to one feeder.

At the same time the number of parts connected to one feeder has a favourable effect of the real solidification module of the feeders. In order for a

își îndeplinească rolul este necesar ca timpul de solidificare al maselotei să fie mult mai mare decât timpul de solidificare al nodului termic pe care îl alimentează. Ca urmare pentru ca o maselotă să funcționeze corespunzător este necesar ca modulul real de solidificare al maselotei să respecte relația:

$$M_M \geq 1,2 \cdot M_{NT}, \quad (2)$$

unde M_M reprezintă modulul de solidificare real al maselotei, iar M_{NT} – modulul de solidificare real al nodului termic alimentat de maselotă. Această condiție conduce în general la dimensiuni mai mari ale maselotelor comparativ cu dimensiunile nodurilor termice.

Modulul de solidificare real ale pieselor turnate, cât și al maselotelor este influențat de distanța mică dintre acestea. Amestecul de formare situat între piesă și maselotă se încălzește rapid la temperaturi foarte mari. Aceasta influențează transmisia căldurii prin suprafețele apropiate ale acestora. La dimensiuni constante ale unei maselote, modulul de solidificare real al acesteia crește când numărul de piese alimentate de maselotă este mai mare. Aceasta se explică prin faptul că suprafața maselotei prin care este încetinită transmisia căldurii este mai mare. Există astfel posibilitatea ca prin alimentarea mai multor piese dintr-o maselotă relația (2) să fie respectată la dimensiuni mai mici ale maselotelor. Rezultă că randamentul maselotelor, calculat prin relația (1) crește pe două căi. Pe de o parte prin faptul că la creșterea numărului de piese alimentate dintr-o maselotă numărul relației (1) crește într-o măsură mai mare decât numitorul. Pe de altă parte este posibilă o reducere a diametrului și deci a volumului maselotei (datorită răcirii mai lente a aliajului lichid din maselote) ceea ce determină o micșorare a numitorului relației (1).

În cazul turnării pieselor mici (când într-o formă se toarnă mai multe piese) există posibilitatea ca o maselotă laterală să alimenteze mai multe piese. Totuși în practica atelierelor de turnare se adoptă soluții prin care o maselotă alimentează cel mult două piese. Această soluție se adoptă pentru că poziționarea modelelor pe placa portmodel este mai simplă când maselota alimentează una sau două piese.

2. Scopul lucrării și mod de lucru

Până în prezent influența numărului de piese alimentate de o maselotă asupra modulului de solidificare real al maselotelor și asupra randamentului maselotelor nu a fost analizată.

În această lucrare autorii prezintă rezultatele unui studiu privind influența numărului de piese alimentate de o maselotă asupra modulului de

feeder to achieve its purpose, its solidification time has to be significantly greater than that of the hot spot it feeds. Consequently for a feeder to function adequately its real solidification module needs to satisfy equation (2):

were M_M represents the real solidification module of the feeder, and M_{NT} – the real solidification module of the fed hot spot. This condition generally determines larger feeder dimensions compared to those of the hot spots.

The real solidification module of the cast parts and of the feeders is influenced by the small distance between them. The moulding sand located between the part and the feeder is quickly heated to very high temperatures, thus influencing heat transmission through near surfaces. For constant dimensions of a feeder, its real solidification module increases when the number of parts fed is larger. This is explained by the larger feeder surface slowing heat transmission. Thus the possibility exists that by feeding more parts from one feeder equation (2) is satisfied also for smaller feeder dimensions. It follows that feeder efficiency, computed by equation (1) increases by two ways. Firstly an increased number of parts fed from one feeder causes a larger increase of the numerator of equation (1) than that of the denominator. Secondly feeder diameter, hence feeder volume reduction is possible, due to the slower cooling rate of the liquid alloy in the feeder, what causes a decrease of the denominator of equation (1).

In the case of casting of small parts (several parts cast in one mould) it is possible to feed several parts from one lateral feeder. Still, the solutions adopted in foundry practice involve maximum two parts connected to a feeder. This is a preferred solution as the positioning of the parts on the model holding plate is simpler when only one or two parts are fed by one feeder.

2. Purpose and methodology

To date the influence of the number of parts fed by one feeder on the real solidification module of the feeders and their efficiency has not be analyzed.

In the paper the authors present the results of a study on the influence of the number of parts fed by one feeder on the real solidification module of the

solidificare real al maselei și asupra randamentului de utilizare a aliajului lichid la turnare. S-a analizat cazul concret al unei piese turnate din oțel, de dimensiuni mici, care prezintă un nod termic accentuat și care necesită utilizarea unei maselețe la turnare. Piesa turnată pentru care s-a efectuat studiul este arătată în figura 1. S-au analizat patru cazuri și anume când maseleța alimentează 1, 2, 3 și 4 piese.

feeder and on the efficiency of liquid alloy utilization in casting. The study analyzes the concrete case of a small steel cast part with a significant hot spot requiring the use of a feeder in casting. Figure 1 shows the studied cast part. The analysis included four cases, namely those of 1, 2, 3 and 4 parts, respectively, fed by one feeder.

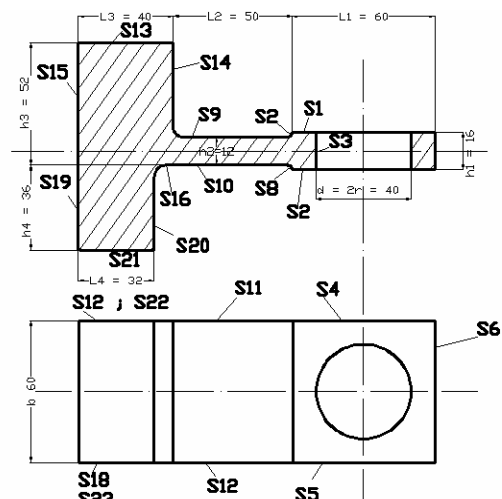


Figura 1. Geometria și dimensiunile piesei turnate
Figure 1. Geometry and dimensions of the cast part

Într-o primă fază s-a analizat solidificarea piesei, în absența rețelei de turnare și a maseleței. S-a aplicat metoda modulului de solidificare real. În acest scop volumul piesei a fost împărțit în patru zone (în funcție de grosimea pereților) așa cum este arătat din figura 2. S-a calculat modulul de solidificare real al fiecărei zone (în absența maseleței).

A first phase of the study concerned part solidification in the absence of a gating and feeder. The method of the real solidification module was applied. For this purpose the part volume was divided into four zones (corresponding to wall thickness), as shown in figure 2. The real solidification module for each zone was computed (in the absence of a feeder).

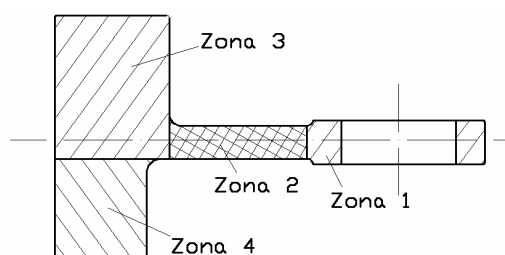


Figura 2. Împărțirea piesei în zone pentru calculul modulului real de solidificare
Figure 2. Division of the part into zones for the computation of the real solidification module

Modulul de solidificare real al unei piese sau al unei zone din piesele turnate s-a calculat prin relația [1-5]:

The real solidification module of a part or of a zone of a cast part was calculated by equation (3) [1-5]:

$$M = \frac{V_z}{\sum_{i=1}^{i=n} k_i \cdot S_i}, \quad (3)$$

unde V_z reprezintă volumul zonei din piesă pentru

where V_z represents the volume of part zone for that

care se calculează modulul, S_i - suprafețele prin care se realizează răcirea piesei, k_i - coeficientul de răcire aferent suprafeței respective, n - numărul suprafețelor prin care se realizează răcirea piesei sau a părții din piesă analizată.

În tabelul 1 sunt date relațiile de calcul ale modulului de solidificare real pentru fiecare zonă a piesei din figura 1. De asemenea sunt date valorile coeficientului de răcire pentru suprafețele prin care intensitatea transmisiei de căldură este afectată de încălzirea mai accentuată a amestecului de formare (colțuri calde) și valorile calculate ale modulului de solidificare real.

Volumele și suprafețele prin care se realizează răcirea celor patru zone ale piesei s-au calculat pe baza cotelor din figura 1. La calculul volumelor și a ariei suprafețelor s-au neglijat razele de racordare.

the module is calculated, S_i – the surface through that part cooling is achieved, k_i – the cooling coefficient corresponding to the respective surface, n – the number of surfaces through that the cooling of the part or of the analyzed part zone is achieved.

Table 1 features the equations for the computation of the real solidification module for each zone of the part shown in figure 1. Further the values of the cooling coefficient are given for the surfaces through which the intensity of heat transmission is affected by the more intensive heating of the moulding sand (hot corners) and the computed values of the real solidification module.

The volumes and surfaces through which the cooling of the four zones is achieved were computed based on the dimensions shown in figure 1. Volume and surface area calculations were carried out under neglect of the connecting radii.

Tabelul 1. Valorile modulului real de solidificare ale zonelor piesei calculate în absența maselotei și a rețelei de turnare
Table 1. The values of the real solidification module for casting zones computed in the absence of feeder and filling system

Nr. zonei Zone no.	Relația de calcul a modulului real de solidificare Equation to compute the real solidification module	Valorile coeficienților de răcire Cooling coefficients values	Modulul real de solidificare Real solidification module
Simbol Symbol	M_i	k_i	M_i [mm]
1	$M_1 = \frac{V_1}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + k_7 S_7 + k_8 S_8}$	$k_7 = k_8 = 0.5$	3.867
2	$M_2 = \frac{V_2}{k_9 S_9 + k_{10} S_{10} + S_{11} + S_{12}}$	$k_9 = k_{10} = 0.78$	6.122
3	$M_3 = \frac{V_3}{S_{13} + k_{14} S_{14} + S_{15} + k_{16} S_{16} + S_{17} + S_{18}}$	$k_{14} = 0.925$ $k_{16} = 0.5$	10.280
4	$M_4 = \frac{V_4}{S_{19} + k_{20} S_{20} + S_{21} + S_{22} + S_{23}}$	$k_{20} = 0.7$	7.977
Obs. $V_1 \div V_4$ reprezintă volumul celor patru zone ale piesei Obs. $V_1 \div V_4$ represent the volume of the four zones of the part			

Pentru suprafețele prin care transferul de căldură nu este afectat de existența unor colțuri calde coeficientului de răcire este $k_i = 1$ (de exemplu pentru suprafețele S_1 , S_2 etc.). Pentru suprafețele prin care transferul de căldură este afectat de prezența unor colțuri calde coeficienții de răcire au valori subunitare. Acestea s-au stabilit în funcție de raportul dintre grosimea pereților care formează colțul cald și de lungimea suprafețelor [1÷6].

Din analiza valorilor modulului real de solidificare din tabelul 1 pentru cele patru zone ale piesei turnate (calculate în absența maselotei) se observă că solidificarea piesei este dirijată de la capătul subțire (zona 1) spre zona cea mai groasă a piesei (zona 3). Ca urmare la o solidificare a piesei (în absența unei maselote și a rețelei de turnare) există o tendință accentuată de a se forma o retasură

For surfaces through which heat transfer is not affected by the existence of hot corners the cooling coefficient is $k_i = 1$ (for example for surfaces S_1 , S_2 , etc.). For surfaces through which heat transfer is affected by the existence of hot corners the cooling coefficient has smaller than unit values. These were established based on the ratio of thickness of the walls forming the corner and on the surfaces length [1÷6].

The analysis of the values of the real solidification module for the four zones of the cast part, values given in table 1 and computed for the absence of feeders, shows that part solidification is directed from the thin end (zone 1) to the thickest zone (zone 3) of the part. Consequently the solidification process of the part (in the absence of a feeder and a gating) has a strong tendency of

concentrată în zona 3. De aceea este necesar ca la turnare să se utilizeze o maselotă care să alimenteze această zonă în timpul solidificării. Conform relației (2), pentru ca maselota să funcționeze corespunzător și să își îndeplinească rolul tehnologic este necesar ca modulul de solidificare al ei să aibă valoarea:

$$M_M \geq 1,2 \cdot M_3 = 12.336 \text{ mm} . \quad (4)$$

În figura 3 este arătată varianta în care la turnare se utilizează o maselotă laterală care să alimenteze o singură piesă. Este arătată poziționarea maselotei și dimensiunile acesteia. De asemenea este arătată notarea suprafețelor maselotei și ale canalului de legătură a maselotă - piesă.

Dimensiunile maselotei s-au stabilit astfel încât să se respecte relația (4). În acest caz la împărțirea ansamblului piesă – maselotă în zone de răcire pentru calculul modulelor reale de solidificare s-a notat zona 5 – canalul de legătură maselotă–piesă și zona 6 – maselota. Prezența maselotei în apropierea zonelor 3 și 4 ale piesei determină modificarea modului de solidificare real al acestor zone. Aceasta deoarece transferul de căldură prin suprafețele piesei situate în vecinătatea maselotei (S_{15} , S_{19}) se reduce considerabil. De asemenea aria suprafeței S_{15} prin care se realizează răcirea zonei 3, se micșorează datorită prezenței canalului de alimentare maselotă - piesă.

forming a concentrated shrinkhole in zone 3. Hence the utilization of a feeder is required to feed this area during solidification. Based on equation (2), for the feeder to operate correspondingly and achieve its technological purpose the value of its solidification module needs to satisfy equation (4):

Figure 3 shows the variant in that a lateral feeder is used in casting, designed to feed a single part. Further the location and dimensions of the feeder are shown, as well as the notations of the feeder surfaces and of the feeder - part connecting channel.

Feeder dimensions have been established such as to satisfy equation (4). In this case, upon dividing the part –feeder assembly into cooling zones for the computation of the real solidification modules, the feeder – part connecting channel was denoted as zone 5 and the feeder as zone 6. The presence of the feeder close to zones 3 and 4 of the part causes a modification in the real solidification module of these zones, due to the significantly reduced heat transfer through the surfaces close to the feeder (S_{15} , S_{19}). The area of surface S_{15} , ensuring the cooling of zone 3 is also decreased due to the presence of the feeder – part channel.

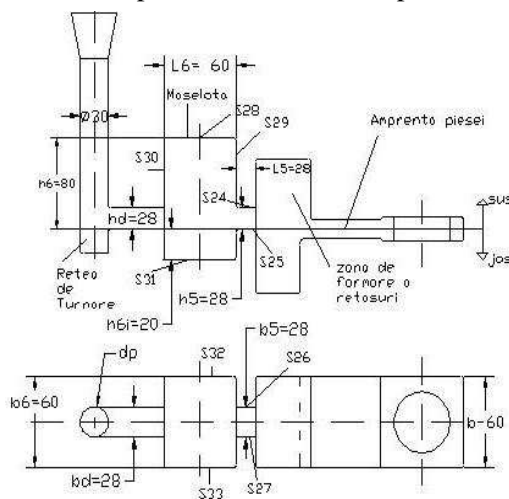


Figura 3. Poziția și dimensiunile maselotei în cazul alimentării unei singure piese

Figure 3. Feeder position and dimensions in the case of a single fed part

În figurile 4, 5 și 6 sunt arătate variantele de turnare în care maselota alimentează simultan două, trei și patru piese. Dimensiunile maselotei se mențin aceleași ca în cazul când maselota alimentează o singură piesă. Numerotarea zonelor pentru care s-a calculat modulul de solidificare real și notarea suprafețelor piesei și ale maselotei sunt aceleași ca în varianta 2 (maselotă cu o piesă).

Figures 4, 5 and 6 show casting variants where the feeder simultaneously feeds two, three or four parts, respectively. The feeder dimensions are the same as in the case of a single fed part. The numbering of the zones for which the real solidification module was computed and the denoting of the part surfaces and the feeder are the same as in variant 2 (single part connected to the feeder).

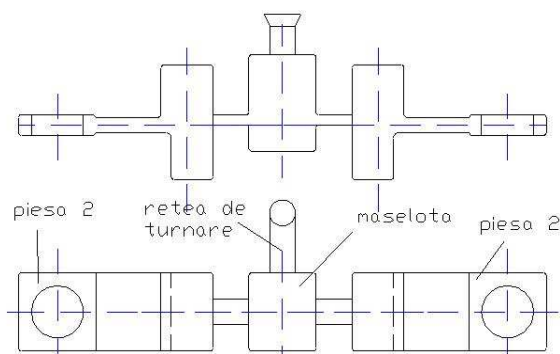


Figura 4. Plasarea maselotei în cazul alimentării a două piese
Figure 4. Feeder position in the case of two fed parts

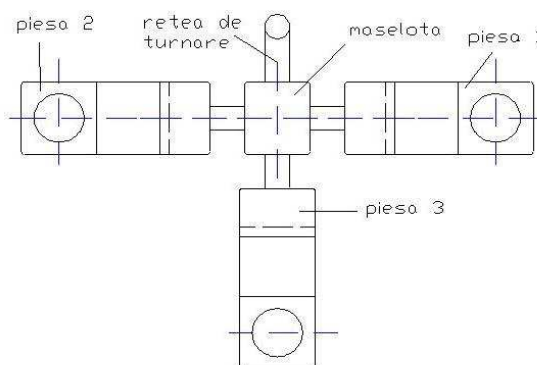


Figura 5. Poziția maselotei în cazul alimentării a trei piese
Figure 5. Feeder position in the case of three fed parts

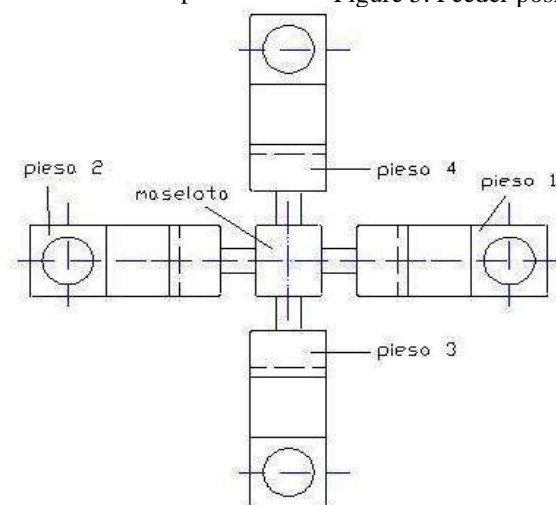


Figura 6. Plasarea maselotei în cazul când aceasta alimentează patru piese
Figure 6. Feeder position in the case of four fed parts

În aceste variante modulele de solidificare reale ale piesei și ale canalelor de alimentare maselotă – piesă, rămân aceleași ca în varianta 2. În schimb modulul de solidificare al maselotei se modifică la fiecare caz, deoarece se schimbă condițiile de răcire prin suprafețele S_{30} , S_{32} și S_{33} .

În toate cele patru cazuri s-au recalculat valorile modulului real de solidificare pentru fiecare zonă a piesei, pentru canalul de alimentare maselotă – piesă și pentru maselotă. În tabelul 2 sunt date relațiile utilizate. În tabelul 3 sunt date valorile coeficienților de răcire aferenți suprafețelor prin care transferul de căldură este încetinit.

3. Rezultate

În tabelul 4 sunt date valorile modulului de solidificare real pentru zonele piesei și zona alimentatorului maselotă–piesă, calculate cu ajutorul relațiilor din tabelul 2 și a valorilor coeficienților din tabelul 3. Se observă că valorile modulului de solidificare al zonelor 3 și 4 din piesă se modifică în raport cu valorile calculate pentru aceste zone în absența maselotei (tabelul 1).

In these variants the real solidification modules of the part and the feeder–part channels remain the same as in variant 2. On the other hand the solidification module of the feeder is different in each case, due to different cooling conditions through surfaces S_{30} , S_{32} and S_{33} .

In all four cases the values of the real solidification module were recalculated for each part zone, for the feeder – part channel and for the feeder. Table 2 features the utilized equations. Table 3 shows the values of the cooling coefficients corresponding to the surfaces with slowed heat transfer.

3. Results

Table 4 shows the values of the real solidification module for the part zone and the feeder-part channel zone, calculated by the equations given in table 2 and the coefficient values of table 3. It can be noticed that the values of the solidification coefficients of part zones 3 and 4 are modified in relation to the values computed for these zones in the absence of a feeder (table 1).

Aspects Concerning the Reduction of Liquid Alloy Consumption in Lateral Feeders

Tabelul 2 Relații utilizate pentru calculul modului real de solidificare al zonelor piesei și maselei
Table 2. Equations used to compute the real solidification module for each zone of parts and feeder

Nr. zonei Zone no.	$z = 1$	$z = 2$	$z = 3$	$z = 4$	$z = 5$	$z = 6$
Pozitia zonei Zone position	Zona opusă rețelei de alimentare Zone opposite to filling system	Zona subțire a brațului pârghiei Thin zone of the lever arm	Zona nodului termic din piesă Zone of part hot spot	Zona situată sub nodul termic Zone situated bellow the hot spot	Canal de alimentare Feeding channel	Maseletă Feeder
Relația de calcul a modului real M_j Equation to calculate the real solidification module M_j	$M_1 = \sum_{i=1}^{i=8} \frac{V_1}{k_i S_i}$	$M_2 = \sum_{i=9}^{i=12} \frac{V_2}{k_i S_i}$	$M_3 = \sum_{i=13}^{i=18} \frac{V_3}{k_i S_i}$	$M_4 = \sum_{i=19}^{i=23} \frac{V_4}{k_i S_i}$	$M_5 = \sum_{i=24}^{i=27} \frac{V_5}{k_i S_i}$	$M_6 = \sum_{i=28}^{i=33} \frac{V_6}{k_i S_i}$
$V_1 \div V_6 =$ reprezintă volumul zonelor, k_i – coeficient de răcire al suprafeței S_i , i – indicele suprafeței $V_1 \div V_6 =$ represent the volum of zones, k_i – cooling coefficient for the surface S_i , i – surface index						

Tabelul 3. Valorile coeficienților de răcire utilizate pentru modulele reale de solidificare
Table 3. The cooling coefficients values used to calculate the real solidification modules

No.	Nr. suprafeței Surface number	Simbol coeficient de răcire Cooling coefficient symbol	Number of parts connected to feeder (j)			
			$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$
1	S_2, S_8	k_2, k_8	0.5	0.5	0.5	0.5
2	S_9, S_{10}	k_9, k_{10}	0.78	0.78	0.78	0.78
3	S_{14}	k_{14}	0.925	0.925	0.925	0.925
4	S_{15}	k_{15}	0.35	0.35	0.35	0.35
5	S_{16}	k_{16}	0.5	0.5	0.5	0.5
6	S_{19}	k_{19}	0.65	0.65	0.65	0.65
7	S_{20}	k_{20}	0.7	0.7	0.7	0.7
8	S_{24}, S_{25}	k_{24}, k_{25}	0.25	0.25	0.25	0.25
9	S_{26}, S_{27}	k_{26}, k_{27}	0.25	0.25	0.25	0.25
10	S_{29}	k_{29}	0.4	0.4	0.4	0.4
11	S_{30}	k_{30}	0.9	0.4	0.4	0.4
12	S_{32}	k_{32}	1.0	0.9	0.4	0.4
13	S_{33}	k_{33}	1.0	0.9	0.9	0.4
Obs. Coeficienții de răcire care nu sunt cuprinși în tabel au valoarea $k_i = 1$ Obs. The cooling coefficients not comprises the in the table have the value $k_i = 1$						

Tabelul 4 Modulul real de solidificare pentru zonele piesei și pentru maseletă
Table 4. The real solidification module for the zones of the parts and feeder

Nr. de piese alimentate Number of fed parts	Modulul real de solidificare pentru zonele piesei și pentru maseletă The real solidification module of the zones of part and feeder				
	Zona opusă nodului termic Zone opposite to hot spot	Brațul pârghiei Lever arm	Nod termic Hot spot	Zona de sub nodul termic Zone situated bellow the hot spot	Canal de alimentare Feeding channel
n_p	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1÷4	3.867	6.122	12.686	8.741	28.000

Astfel modulul de solidificare al zonei 3 crește de la 10,280 mm la 12,686 mm, iar modulul zonei 4 crește de la 7,977 mm la 8,741 mm. Această modificare se explică prin prezența maselei în apropiere și prin micșorarea suprafeței S_{15} datorită alimentatorului.

În tabelul 5 sunt date valorile modului de solidificare real al maselei calculate în funcție de

Thus the solidification module of zone 3 increases from 10.280 mm to 12.686 mm and the module of zone 4 increases from 7.977 mm to 8.741 mm. This modification can be explained by the closeness of the feeder and the decrease of surface S_{15} due to the feeder.

Table 5 gives the values of the real solidification module of the feeder calculated in

numărul de piese alimentate de maselotă. Pentru fiecare caz s-a calculat și raportul RM_j dintre modulul de solidificare real al maselotei $(M_6)_j$ și modulul de solidificare al maselotei în cazul când aceasta alimentează o piesă $(M_6)_1$. S-a utilizat relația:

$$RM_j = \frac{(M_6)_j}{(M_6)_1} \quad (5)$$

unde M_6 reprezintă modulul maselotei (zona 6), iar indicele j numărul de piese alimentat de maselotă.

dependence of the number of fed parts. Also, in each case the ratio RM_j was calculated of the feeder real solidification module $(M_6)_j$ and the feeder solidification module for a single part $(M_6)_1$. Equation (5) was used:

where M_6 represents the feeder module (zone 6) and index j the number of fed parts.

Tabelul 5 Modulul de solidificare real al maselotei în funcție de numărul pieselor alimentate de maselotă
Table 5. The real solidification module of the feeder depending on the number of parts fed by the feeder

Nr. de piese alimentate No. of fed parts	Modulul de solidificare real al maselotei The real solidification module of feeder	Raportul RM_j The ratio RM_j	Creșterea modulului real de solidificare al maselotei Increasing of the real solidification module of feeder
n_p	M_6	$RM_j = (M_6)_j / (M_6)_1$	ΔM_j
	[mm]		[%]
$j = 1$	13.856	1	0
$j = 2$	17.340	1.251	25.144
$j = 3$	19.831	1.4338	43.122
$j = 4$	23.158	1.6713	67.119

S-a calculat de asemenea creșterea relativă a modulului real de solidificare a maselotei ΔM_j în raport cu cazul când aceasta alimentează o singură piesă. Relația de calcul este:

$$\Delta M_j = \frac{(M_6)_j - (M_6)_1}{(M_6)_1} \cdot 100 \quad [\%]. \quad (6)$$

În figura 7 este reprezentată grafic sub formă de histogramă, influența numărului de piese alimentate de maselotă asupra modulului de solidificare real al maselotei. În figura 8 este reprezentată creșterea relativă a modulului de solidificare real al maselotelor în funcție de numărul de piese alimentate de maselotă.

Further the relative increase of the real solidification module of the feeder (ΔM_j) was computed for the case of a single fed part, by using equation (6):

The figure 7 shows in histogram form the influence of the number of fed parts on the real solidification module of the feeder. The figure 8 represents the relative increase of the real solidification module of the feeders in dependence on the number of fed parts.

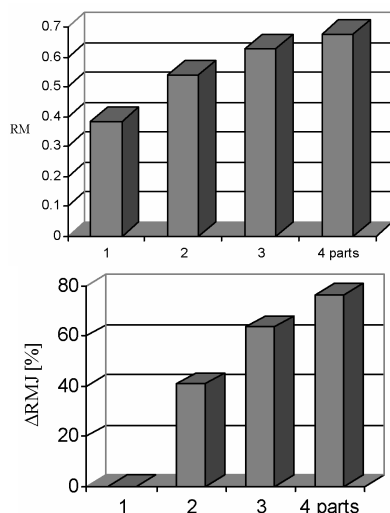


Figura 7. Modulul real de solidificare al maselotei în funcție de numărul de piese alimentate de maselotă
Figure 7. Real solidification module of the feeder versus the number of fed parts

Figura 8. Creșterea relativă a modulului real de solidificare al maselotei ΔM_j în funcție de numărul de piese alimentate de maselotă
Figure 8. The relative increase of the real solidification module of feeder ΔM_j depending on the number of parts connected at same feeder

4. Concluzii

Rezultatele prezentate în tabelul 5 arată că solidificarea piesei se desfășoară dirijat de la partea opusă maselotei spre nodul termic. Modulul de solidificare al alimentatorului maselotă-piesă este cel mai mare în toate cazurile. Aceasta este favorabil pentru ca maselota să poată alimenta piesa pe tot parcursul solidificării piesei. Solidificarea mai lentă a alimentatorului se explică prin faptul că răcirea acestuia este foarte mult atenuată de încălzirea amestecului de formare cuprins între piesă și maselotă.

De asemenea rezultatele din figurile 7 și 8 arată că creșterea numărului de piese alimentate de maselotă de la 1 la 4 determină o creștere substanțială (cu 67,119 %) a modulului de solidificare real al maselotei. Rezultă că prin alimentarea mai multor piese dintr-o maselotă este posibil ca relația (2) să se respecte la dimensiuni mai mici ale maselotelor.

Prin cuplarea mai multor piese la o maselotă s-a obținut și o creștere a randamentului utilizării metalului lichid la turnare. În tabelul 6 sunt centralizate datele privind influența numărului de piese alimentate de maselotă asupra randamentului de utilizare a metalului lichid în maselotă. Randamentul utilizării aliajului lichid în maselotă s-a calculat cu ajutorul relației (1). În calcul s-a considerat și masa alimentatorilor care leagă maselota de piese. Densitatea oțelului s-a considerat $\rho = 7,6 \text{ g/cm}^3$. În fiecare caz în parte s-a calculat de creșterea relativă a randamentului maselotei în raport cu cazul când maselota alimentează o piesă. Creșterea relativă a randamentului s-a calculat prin relația:

$$\Delta R_{MJ} = \frac{(R_M)_J - (R_M)_1}{(R_M)_1} \cdot 100 \quad [\%], \quad (7)$$

unde R_M reprezintă randamentul maselotei, iar indicele J numărul de piese alimentat de maselotă.

4. Conclusions

The results presented in table 5 show that the solidification of the part is directed from the end opposite to the feeder towards the hot spot. The solidification module of the feeder – part channel has the greatest value in all cases. This facilitates the feeding of the part during its entire solidification process. The slower solidification of the channel is explained by its cooling significantly diminished by the heating of the moulding sand between the part and the feeder.

Further, the results shown in figures 7 and 8 show that the increase of fed parts from 1 to 4 causes a substantial growth (by 67.119%) of the real solidification module of the feeder. It follows that by feeding several parts from one feeder it is possible for equation (2) to be satisfied also for smaller dimensions of feeders.

By connecting several parts to one feeder the efficiency of liquid metal utilization in casting was increased. Table 6 centralizes the data on the influence of the number of fed parts on the efficiency of liquid metal utilization in the feeder. The efficiency of liquid alloy utilization in the feeder was calculated by equation (1). The computation also considered the mass of the channels connecting the feeder to the parts. Steel density was considered as $\rho = 7.6 \text{ g/cm}^3$. In each case the relative increase of feeder efficiency was computed in relation to the case of a single fed part. The relative efficiency increase was calculated with equation (7):

where R_M represents the feeder efficiency, and index J the number of fed parts.

Tabelul 6. Modulul real de solidificare al maselotei și randamentul maselotei în funcție de numărul de piese alimentate de maselotă
Table 6. Real solidification module of feeder and the efficiency of feeder depending of the number of parts fed by the feeder

Nr. de piese alimentate No. of fed parts	Masa maselotei Feeder mass	Masa totală a alimentatorilor maselotă-piesă Total mass of feeder-part channels	Masa unei piese Single part mass	Randamentul maselotei Feeder efficiency	Creșterea relativă a randamentului maselotei Relative increase of feeder efficiency
n_p	$m_M = \rho \cdot V_M$	$m_{ta} = n_p \cdot m_a$	$m_p = \rho \cdot V_p$	R_M	ΔR_{MJ}
	[kg]	[kg]	[kg]	-	[%]
$j = 1$	2.736	0.167	1.804	0.383	0
$j = 2$	2.736	0.334	1.804	0.540	40.99
$j = 3$	2.736	0.501	1.804	0.626	63.45
$j = 4$	2.736	0.667	1.804	0.675	76.24

În figura 9 este reprezentată grafic influența numărului de piese asupra randamentului utilizării aliajului lichid în maselotă.

Figure 9 shows the graph of the influence of fed parts on the efficiency of liquid alloy utilization in the feeder.

În figura 10 este reprezentată grafic creșterea relativă a randamentului maselotei. Rezultatele sunt valabile pentru cazul piesei din figura 1.

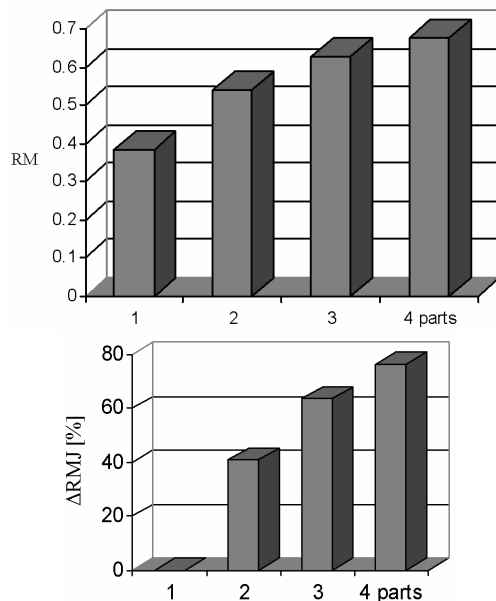


Figure 10 shows the graph of the relative increase of feeder efficiency. The results refer to the case of the part shown in figure 1.

Figura 9. Randamentul utilizării metalului în maselotă.
Figure 9. Efficiency of metal utilization in the feeder

Figura 10. Creșterea randamentului de utilizare a metalului în maselotă
Figure 10. Efficiency increase of metal utilization in the feeder

Analizând rezultatele prezentate în tabelul 5 rezultă că în practică se poate obține o creștere și mai mare a randamentului maselotei prin reducerea diametrului acesteia la limita permisă de relația (2).

The analysis of the results in table 5 shows that in practice an even greater increase of feeder efficiency can be obtained by reducing its diameter to the limit allowed by equation (2).

References

1. Ciobanu, I., Munteanu, S.I., Crișan, A.: *A New Concept in Casting: The Real Solidification Module of Cast Parts (Un nou concept în turnătorie: modulul de solidificare real al pieselor turnate)*. Revista de turnătorie, no. 1-2, month and year of the edition, 2005, p. 27-33, ISSN 1224-21-44, Bucharest, Romania (in Romanian)
2. Ciobanu, I., Munteanu, S.I., Crișan, A.: *The Solidification Module of U-Bars. Part I: The Ideal Solidification Module (Modulul de solidificare al barelor cu secțiune U. Partea I: Modulul de solidificare ideal)*. Revista de turnătorie, nr. 3-4, 2005, p. 3-7, ISSN 1224-21-44, Bucharest, Romania (in Romanian)
3. Ciobanu, I., Munteanu, S.I., Crișan, A.: *The Solidification Module of U-Bars. Part II: The Real Solidification Module (Modulul de solidificare al barelor cu secțiune U. Partea II: Modulul de solidificare real)*. Revista de turnătorie, nr. 5-6, 2005, p. 9-16, ISSN 1224-21-44, Bucharest, Romania (in Romanian)
4. Munteanu, S.I., Ciobanu, I., Crișan, A.: *The use of the real solidification module as an indicator for castings macro-solidification analysis*. **RECENT**, no. 1(13), March 2005, p. 43-49, ISSN 1582-0246, Brasov, Romania
5. Ciobanu, I., Munteanu, S.I., Crișan, A.: *Aspects Concerning the Real Solidification Conditions of Cast Parts (Aspecte privind condițiile reale de solidificare a pieselor turnate)*. Revista de turnătorie, nr. 11-12, 2005, p. 11-16, ISSN 1224-21-44, Bucharest, Romania (in Romanian)
6. Ciobanu, I., Munteanu, S.I., Crișan, A.: *The influence of the mould walls temperature on the real solidification module of castings (Influența temperaturii pereților formei de turnare asupra modulului de solidificare real al pieselor turnate)*. Metalurgia, nr. 12, 2005, p. 12-23, ISSN 0461/9579, Bucharest, Romania (in Romanian)
7. Sofroni, L., Brabie, V., Bratu, C.: *Theoretical basis of casting (Bazele teoretice ale turnării)*. Didactică și Pedagogică Publishing House, Bucharest, Romania, 1980 (in Romanian)
8. Soporan, V., Constantinescu, V.: *Solidification modelling at macrostructural level (Modelarea solidificării la nivel macrostructural)*. Dacia Publishing House, ISBN 973-35-0526-9, Cluj-Napoca, Romania, 1995 (in Romanian)
9. Soporan, V., Constantinescu, V., Crișan, M.: *Alloys solidification (Solidificarea aliajelor)*. Transilvania Press Publishing House, ISBN 973-9704-1-5, Cluj-Napoca, Romania, 1995 (in Romanian)

Lucrare primită în Noiembrie 2008

Received in November 2008