

CERCETĂRI PRIN SIMULARE PE CALCULATOR PRIVIND INFLUENȚA RĂCITORILOR ASUPRA EFICIENȚEI MASELOTELOR

RESEARCH BY COMPUTER SIMULATION REGARDING THE INFLUENCE OF COOLERS ON FEEDERS PERFORMANCE

Tibor BEDŐ, Vasile JIMAN, Aurel CRIȘAN, Ioan CIOBANU
Transilvania University of Brasov, Romania

Rezumat. Sunt prezentate rezultatele obținute prin simularea pe calculator a solidificării pieselor turnate referitoare la influența răcitorilor asupra funcționării maselotelor. Rezultatele arată că prin utilizarea răcitorilor combinați cu maselote, volumul maselotelor poate să fie redus considerabil.

Cuvinte cheie: piese turnate, răcitori, maselote, simularea solidificării

1. Introducere

Maselotele își îndeplinesc rolul dacă în timpul solidificării aliajului lichid din formă este asigurat un gradient de temperatură suficient dinspre piesa turnată spre maselotă. Pentru aceasta este necesar ca între modulul de solidificare real al piesei, al canalului de legătură și al maselotei, să existe cel puțin raportul $1 / 1,1 / 1,2$ [5, 9, 11, 12]. Aceasta conduce însă la dimensiuni mari ale maselotei și deci la un randament scăzut privind utilizarea aliajului lichid la turnare.

Este posibil ca gradientul de temperatură piesă – alimentator - maselotă să fie influențat favorabil prin utilizarea de răcitori în forma de turnare. Plasarea în forma de turnare a unor răcitori, în poziții favorabile, accentuează acest gradient, influențând astfel favorabil funcționarea maselotelor. Se poate reduce astfel volumul maselotelor, micșorându-se consumul de aliaj lichid la turnare. Ca urmare se reduce costul de fabricație al pieselor turnate [1, 2].

În cadrul acestei lucrări sunt prezentate rezultatele cercetărilor efectuate de autori care au urmărit să pună în evidență în ce măsură utilizarea de răcitori poate influența consumul de aliaj lichid la turnare și deci costul pieselor turnate [6].

2. Mod de lucru

S-au efectuat cercetări prin simularea solidificării pe calculator. Piesa convențională asupra căreia s-au efectuat cercetările este arătată în figura 1. După dimensiuni aceasta se încadrează în categoria pieselor mici. Rezultatele pot fi însă extrapolate și în zona pieselor mijlocii și mari, categorii pentru care efectul reducerii dimensiunilor

Abstract. The paper presents the results obtained by computer aided simulation related to the solidification of castings, concerning the influence of coolers on feeder performance. The results reveal that feeder volume can be considerably reduced by utilization of coolers combined with feeders.

Key words: cast parts, coolers, feeders, simulation of solidification

1. Introduction

The feeders fulfil their role if during solidification of the liquid alloy in the mould they ensure a sufficient temperature gradient from the casting towards the feeder. A requirement in order to achieve this is to ensure a ratio of at least $1 / 1.1 / 1.2$ [5, 9, 11, 12] of the real solidification moduli of part, the channel and feeder. This however requires large feeder dimensions and thus causes a reduced efficiency of liquid alloy utilization.

The part-feeder- feeding channel temperature gradient can be favourably influenced by using coolers in the casting mould. Placing the coolers in favourable positions in the mould augments this gradient, thus benefiting the operation of the feeders. Hence feeder volume can be reduced, and consequently also the consumption of liquid alloy in casting. The overall effect is a reduced manufacturing cost of the castings [1, 2].

The paper presents the results of research conducted by the authors who aimed at revealing the extent to that cooler utilization can influence liquid alloy consumption in casting and thus the manufacturing cost of cast parts [6].

2. Working methodology

Research was conducted by computer aided simulation of solidification. Figure 1 shows the conventional part used for research, which by its dimensions belongs to the category of small parts. The results can however be extrapolated to medium and large parts, categories with a more significant effect of reducing feeder dimensions on the

maselotelor asupra consumului de aliaj lichid la turnare și asupra costului de fabricație este mult mai important.

În tabelul 1 sunt date rezultatele unei analize sumare a solidificării acestei piese prin metoda modulului de solidificare [13]. Pentru efectuarea acestei analize, volumul piesei s-a împărțit în trei zone, conform schiței din figura 2. S-a calculat modulul de solidificare geometric al celor trei zone. Rezultatele analizei sunt date în tabelul 1. Deoarece piesa nu prezintă goluri de dimensiuni mici, modulele reale de solidificare sunt apropiate ca valoare de modulele de solidificare geometrice.

consumption of liquid alloy in casting and on manufacturing cost.

Table 1 shows the results of a summary analysis of the solidification of this casting, by the method of the solidification modulus [13]. In order enable solidification analysis the volume of the part has been divided into three areas, as shown in figure 2. The geometrical solidification moduli of the three areas were computed. Analysis results are given in table 1. As the part has no small size holes, the values of the real solidification moduli are close to those of the geometrical ones.

Tabelul 1 Analiza solidificării prin metoda modulului de solidificare
Table 1. Analysis of solidification by the method of the solidification modulus

No.	Area of the part Zona din piesă	Volume Volum	Cooling surface Suprafața de răcire	Geometrical solidification modulus Modulul geometric de solidificare
-	-	V	S	$M=V/S$
u.m.	-	mm ²	mm ²	mm
1	Area 1 (zona 1)	19200	3840	5
2	Area 2 (zona 2)	33280	5824	5.71
3	Area 3 (zona 3)	160000	18560	8.62

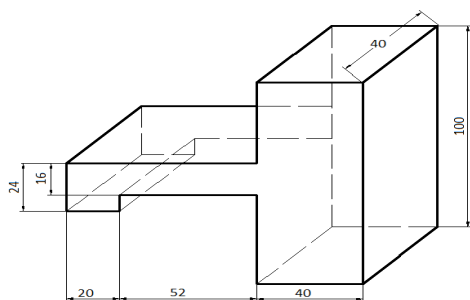


Figura 1. Piesa turnată
Figure 1. The casting

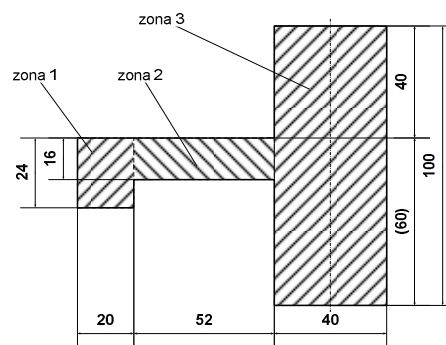


Figura 2 Împărțirea piesei în zone pentru calculul modulelor de solidificare

Figure 2 Division of the part into areas for the computation of the solidification moduli

Rezultatele arată că piesa prezintă (cum era de intuit) un nod termic în zona cu grosimea de 40 mm, plasată în partea dreaptă. Pentru obținerea unei piese fără retasură este necesar ca la turnare, să se utilizeze o maselotă laterală plasată în zona nodului termic. În acest caz, pentru a influența favorabil dirijarea solidificării piesei spre maselotă, este posibil să se utilizeze un răcitor exterior care să se plaseze la partea de jos a nodului termic al piesei.

Influența utilizării unui răcitor asupra funcționării maselotei s-a studiat prin simulare pe calculator.

S-a simulat solidificarea acestei piese turnate în patru variante de turnare și anume:

- piesă turnată fără maselotă și fără răcitor;

The results reveal (as could be presumed) a 40 mm thick hotspot on the right hand side of the part. In order to obtain a shrinkhole-free casting a lateral feeder is required placed in the area of the hotspot. In this case, in order to favourably direct the solidification towards the feeder an external cooler can be used placed at the inferior part of the hotspot.

The research on the influence of cooler utilization on feeder operation was studied by means of computer aided simulation.

The solidification of this cast part was simulated in four variants of casting:

- casting in the absence of a feeder and cooler;

- piesă turnată cu o maselotă cu grosimea $d_m = 60$ mm și fără răcitor;
- piesă turnată cu o maselotă cu grosimea $d_m = 60$ mm și cu un răcitor exterior;
- piesă turnată cu o maselotă cu grosimea $d_m = 80$ mm și fără răcitor.

În toate cazurile înălțimea maselotei a fost $H_m = 120$ mm. Modul de amplasare a maselotelor, a răcitorului și dimensiunile acestora este arătat în figurile 3 ÷ 5. S-au utilizat maselote cu secțiune pătrată. Aceasta nu afectează însă concluziile privind influența răcitorilor asupra funcționării maselotei.

- casting with a feeder of thickness $d_m = 60$ mm and in the absence of a cooler;
- casting with a feeder of thickness $d_m = 60$ mm with an external cooler;
- casting with a feeder of thickness $d_m = 80$ mm in the absence of a cooler.

In all cases the height of the feeder was of $H_m = 120$ mm. Figures 3 + 5 show the locations of the feeders, the cooler and their dimensions. Feeders of square cross section were used, what however does not influence the conclusions regarding the influence of coolers on feeder operation.

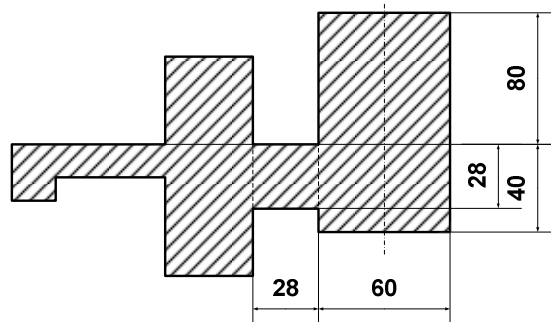


Figura 3. Schema turnării cu maselotă cu $d_m = 60$ mm și fără răcitor
Figure 3. Schematic of casting with a feeder of $d_m = 60$ mm and in the absence of a cooler

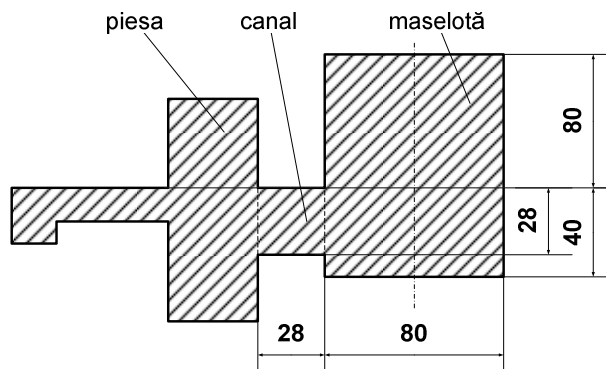


Figura 4. Schema turnării cu maselotă cu $d_m = 80$ mm și fără răcitor
Figure 4. Schematic of casting with a feeder of $d_m = 80$ mm and in the absence of a cooler
(piesa = casting; canal = runner; maselotă = feeder)

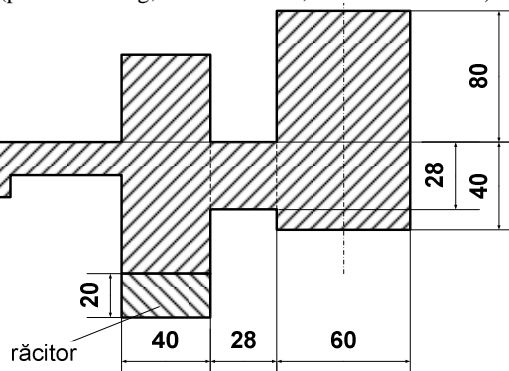


Figura 5. Schema turnării cu maselotă cu $d_m = 60$ mm și răcitor
Figure 5. Schematic of casting with a feeder of $d_m = 60$ mm and with a cooler

3. Rezultate

Simularea solidificării s-a realizat cu soft-ul SIM-3D, realizat la Universitatea Transilvania din Braşov [3, 4]. S-a considerat cazul turnării piesei din fontă eutectică, cu grafit nodular. Caracteristicile termofizice ale aliajului turnat, ale răcitorului și ale formei sunt date în tabelul 2.

3. Results

Simulation of solidification was achieved by SIM-3D software, developed at the Transilvania University of Braşov [3, 4]. The case considered was that of casting from eutectic spheroidal graphite cast iron. Table 2 features the thermo-physical characteristics of the cast alloy, the feeder and the mould.

Tabelul 2. Caracteristicile termofizice ale materialelor din ansamblul formei (aliaj turnat folosit, răcitor, formă) utilizate la simulare

Table 2. Thermo-physical characteristics of the materials included by the mould assembly (cast alloy, cooler, mould) utilized for simulation

No.	Thermo physical parameter Parametru termofizic	Symbol Simbol	u.m.	Value Valoare
1	Cast alloy density Densitatea aliajului turnat	ρ_{me}	Kg/m ³	6700
2	Specific heat of the alloy in liquid state. Căldura specifică medie a fontei lichide	C_{Lme}	J/KgK	850
3	Specific heat of the alloy in solid state Căldura specifică a fontei solide	C_{Sme}	J/KgK	750
4.	Initial temperature of the mould Temperatura inițială a formei.	T_{Of}	°C	20
5	Initial temperature of the cast alloy Temperatura inițială a fontei lichide	T_{0me}	°C	1350
6	Specific latent heat of cast alloy Căldura latentă specifică de solidificare a fontei turnate	L_{me}	J/kg	250000
7	Environment temperature Temperatura mediului exterior	T_{ex}	°C	20
8	Thermal exchange coefficient mould-environment Coeficientul de schimb de căldură între formă și mediul exterior	α_{ex}	W/m ² K	10
9	Thermal conductivity coefficient of the solidified alloy Coeficientul mediu de conductibilitate termică în stare solidă a fontei turnate	λ_{Sme}	W/mk	40
10	Thermal conductivity coefficient of the liquid alloy Coeficientul mediu de conductibilitate termică în stare lichidă a fontei turnate	λ_{Lme}	W/mK	30
11	Solidus temperature of the cast iron Temperatura de solidificare a fontei	T_{Sme}	°C	1150
12	Initial temperature of the cooler Temperatura inițială a răcitorului	T_{Or}	°C	20
13	Mould density Densitatea formei	ρ_f	Kg/m ³	1550
14	Specific heat of the mould Căldura specifică a formei	c_{sf}	J/KgK	1170
15	Thermal conductivity coefficient of the mould Coeficientul mediu de conductibilitate termică a formei	λ_f	W/mK	0,85
16	Thermal conductivity coefficient of the cooler Coeficientul mediu de conductibilitate termică a răcitorului	λ_{Ra}	W/mk	40
17	Specific heat of the cooler Caldura specifică medie a răcitorului	c_{Ra}	J/KgK	750
18	Cooler density Densitatea răcitorului	ρ_{Ra}	Kg/m ³	7200

Pentru fiecare caz s-au determinat următoarele:

- poziția (coordonatele) nodului termic;
- timpul de solidificare a piesei și a maselotei;
- repartizarea grafică a izotermelor și a nodului

The following were determined for each case:

- position (coordinates) of the hotspot;
- solidification time of the part and feeder;
- graphical distribution of the isotherms and hotspot

termic în ansamblul formei de turnare la momentul solidificării complete a aliajului turnat în formă;

- evoluția temperaturii pe parcursul răcirii și solidificării aliajului lichid în nodul termic (punctul ultimei solidificări) a aliajului turnat.

Rezultatele sunt date în tabelul 3 și în figurile 3 – 8 și 9 – 12.

În tabelul 3 sunt date rezultatele privind coordonatele punctelor în care se termină solidificarea aliajului lichid și timpul de solidificare a piesei și a maseletoțelor.

in the assembly of mould at the moment of complete solidification of the cast alloy in the mould;

- evolution of temperature during cooling and solidification of the liquid alloy in the hotspot (the final point of solidification) of the cast alloy.

Results are given in table 3 and figures 3 – 8 and 9 – 12, respectively.

Table 3 features the results obtained for the coordinates of the final solidification points of the liquid alloy and the solidification times of cast part and feeder.

Tabelul 3 Rezultate privind solidificarea piesei și a maseletoțelor
Table 3 Results concerning solidification of casting and feeders

No.	Variant of casting Varianta de turnare	Coordinates of the hotspot Coordonatele nodului termic	Solidification time of the casting Timpul de solidificare a piesei	Solidification time of the feeder Timpul de solidificare a maseletoței	Feeder to part solidification time ratio Raportul dintre timpii de solidificare al maseletoței și al piesei
		xOy mm × mm	t _{SOLP} s	t _{SOLM} s	t _{SOLM} / t _{SOLP}
u.m.	-	mm × mm	s	s	-
1	Part cast in the absence of a feeder Piesa turnată fără maseletoță	23; 34	621.6	-	-
2	Part cast with a dm = 60 mm feeder Piesa turnată cu maseletoță cu dm = 60mm	28; 48	933.2	1538.0	1.65
3	Part cast with a dm = 60 mm feeder and a cooler Piesa turnată cu maseletoță cu dm = 60mm și răcitor	26; 52	560.4	1329.0	2.37
4	Part cast with a dm = 80 mm feeder Piesa turnată cu maseletoță cu dm = 80mm	24; 52	944.0	1975.0	2.09

Note. The coordinates of the hotspots are measured in relation to a frame of reference with its origin in the left hand side hotspot

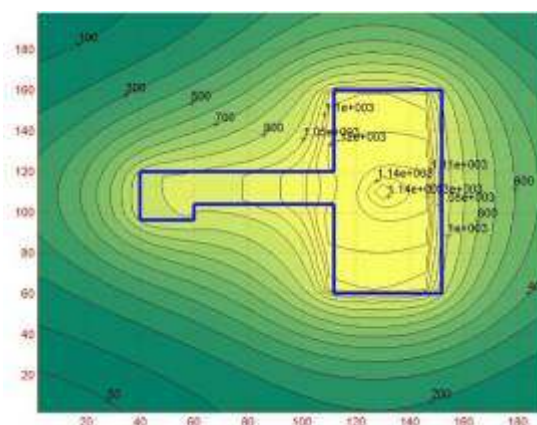


Figura 6. Repartizarea izotermelor în piesă turnată fără maseletoță la momentul sfârșitului solidificării piesei (tabelul 3, poz. 1)
Figure 6. Distribution of the isotherms in the casting in the absence of a feeder at the final moment of solidification (table 3, pos. 1)

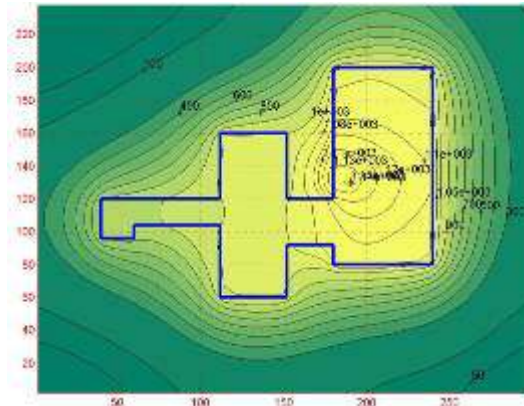


Figura 7. Repartizarea izotermelor în piesa turnată cu maselotă dimensiuni $dm \times Hm = 60 \times 120$ mm la momentul sfârșitului solidificării (tabelul 3, poz. 2)

Figure 7. Distribution of the isotherms in the casting with a $dm \times Hm = 60 \times 120$ mm feeder at the final moment of solidification (table 3, pos. 2)

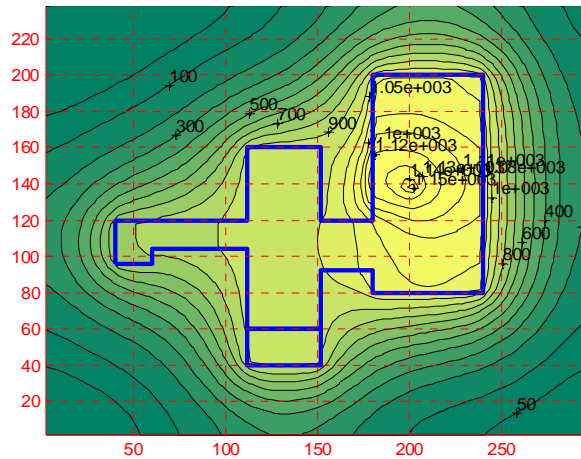


Figura 8. Repartizarea izotermelor în piesa turnată cu maselota cu dimensiuni $dm \times Hm = 60 \times 120$ mm și răcitor cu dimensiunile $40 \times 40 \times 20$ mm la momentul sfârșitului solidificării maselotei (tabelul 3, poz. 3)

Figure 8. Distribution of the isotherms in the casting with a $dm \times Hm = 60 \times 120$ mm feeder and $40 \times 40 \times 20$ mm cooler at the final moment of feeder solidification (table 3, pos. 3)

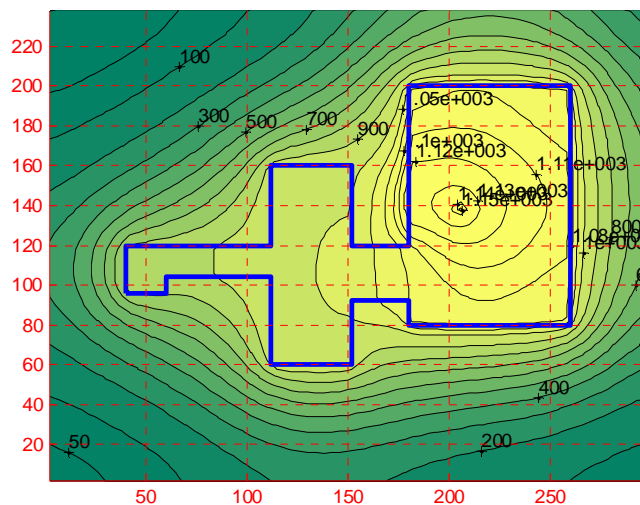


Figura 9. Repartizarea izotermelor în piesa turnată cu maselota cu dimensiunile $dm \times Hm = 80 \times 120$ mm și fără răcitor la momentul sfârșitului solidificării maselotei (tabelul 3, poz. 4)

Figure 9. Distribution of the isotherms in the casting with a $dm \times Hm = 80 \times 120$ mm feeder in the absence of a cooler at the final moment of feeder solidification (table 3, pos. 4)

În figurile 6 ÷ 9 este arătată repartizarea izotermelor în ansamblul formei de turnare la sfârșitul solidificării aliajului turnat. În aceste figuri se observă poziția punctului în care se termină solidificarea sistemului piesă – maselotă – răcitor.

În figurile 10 ÷ 13 este arătată repartizarea temperaturii pe axa formei situată la nivelul piesei și a alimentatorului la momentul solidificării piesei turnate. Aceste figuri pun în evidență gradientul de temperatură în sistemul piesă turnată – maselotă, la acest moment. De acest gradient depinde funcționarea maselotei.

Figures 6 ÷ 9 show the distribution of the isotherms in the assembly of the mould at the final moment of alloy solidification. The figures reveal the position of the final point of solidification of the casting – feeder – cooler system.

Figures 10 to 13 show the distribution of temperature along the mould axis located at casting and feeder channel level at the moment of casting solidification end. These figures reveal the temperature gradient in the casting - feeder system at this moment. This gradient determines the functioning of the feeder.

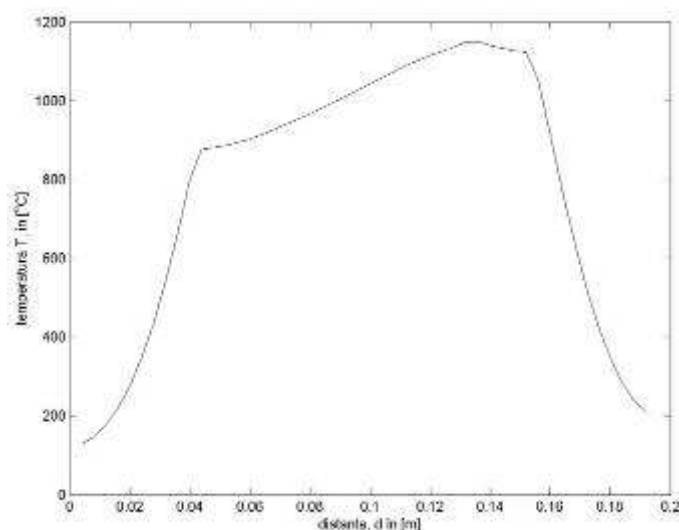


Figura 10. Temperatura pe axa orizontală a piesei, la momentul sfârșitului solidificării acesteia ($t_{sol_p} = 621,6$ s) (varianta 1)

Figure 10. The distribution of temperature along the horizontal casting axis at the moment of part solidification end ($t_{sol_p} = 621.6$ s) (variant 1)

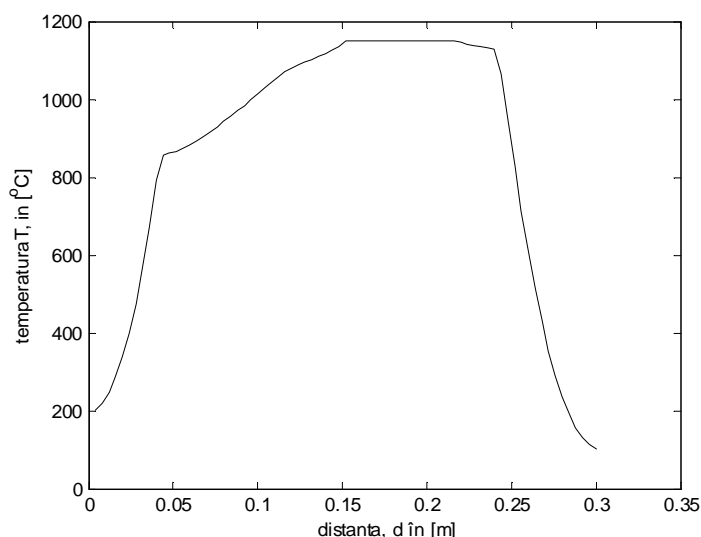


Figura 11. Temperatura pe linia orizontală din ansamblul formei (situată la nivelul azei alimentatorului) la momentul solidificării piesei turnate ($t_{sol_p} = 933,2$ s) (varianta 2)

Figure 11. The distribution of temperature along the mould axis located at casting and feeder channel level at the moment of casting solidification end ($t_{sol_p} = 933.2$ s) (variant 2)

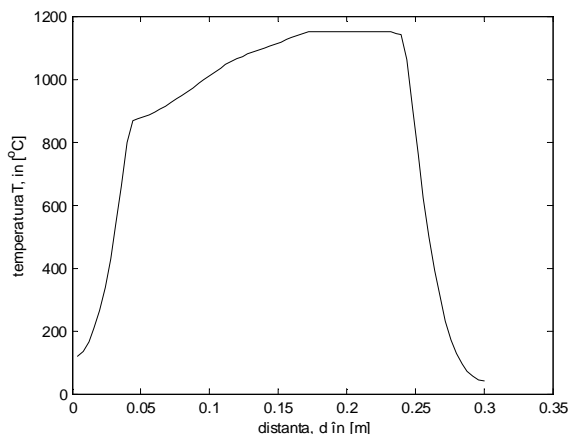


Figura 12. Temperatura pe linia orizontală din ansamblul formei (situată la nivelul axei alimentatorului) la momentul solidificării piesei turnate ($t_{sol_p} = 560,4$ s) (varianta 3)

Figure 12. The distribution of temperature along the mould axis located at casting and feeder channel level at the moment of casting solidification end ($t_{sol_p} = 560.4$ s) (variant 3)

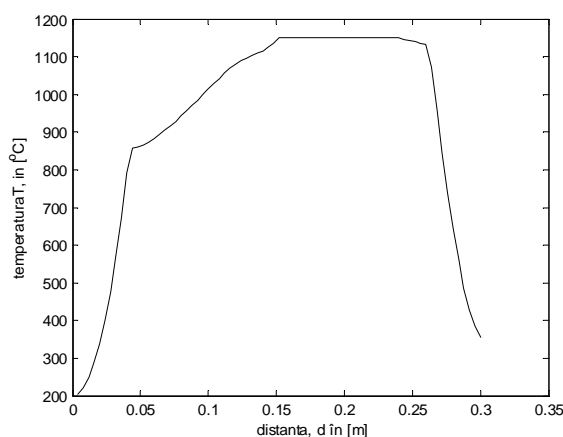


Figura 13. Temperatura pe linia orizontală din ansamblul formei (situată la nivelul azei alimentatorului) la momentul solidificării piesei turnate ($t_{sol_p} = 944,0$ s) (varianta 4)

Figure 13. The distribution of temperature along the mould axis located at casting and feeder channel level at the moment of casting solidification end ($t_{sol_p} = 944.0$ s) (variant 4)

4. Concluzii

Analiza rezultatelor a condus la următoarele concluzii:

În cazul solidificării piesei turnate fără maselotă nodul termic este plasat (așa cum era de așteptat) în piesa turnată, în centrul zonei cu grosimea maximă. Aspectul izotermelor arată că solidificarea piesei este dirijată de la stânga spre dreapta piesei (figura 6). Această dirijare a solidificării este favorabilă utilizării unei singure maselote laterale în partea dreaptă a piesei, în zona nodului termic.

În cazul utilizării unei maselote laterale cu grosime redusă ($d_m = 60$ mm) nodul termic este situat în maselotă, însă este plasat lateral, în imediata apropiere a canalului maselotă – piesă (figura 7). Această poziție este defavorabilă deoarece există riscul ca retasura să se extindă spre

4. Conclusions

Analysis of the results yielded the following conclusions:

In the case of solidification of a part cast in the absence of a feeder, the hotspot is located (as expected) centrally in the area of maximum thickness of the casting. The aspect of the isotherms shows that part solidification is directed from the left to the right hand side of the casting (figure 6). The direction of solidification is favourable for placing a single lateral feeder in the right hand side of the casting, in the area of the hotspot.

In the case of utilizing a lateral feeder of reduced thickness ($d_m = 60$ mm) the hotspot is located in the feeder, but laterally, in the immediate vicinity of the feeder – part channel (figure 7). This position is unfavourable, as it entails the risk of the shrinkhole to expand towards the feeder and even

alimentator și chiar în piesă, fiind posibil să apară o zonă cu microporozități în piesă, în apropierea canalului de alimentare. Raportul dintre timpul de solidificare al maseletei și al piesei este suficient de mare ($t_{solm} / t_{solp} \text{ minim} = 1,65$, tabel 3, poz. 2), fiind mai mare decât valoarea minimă recomandată de literatură ($t_{solm} / t_{solp} \text{ minim} = 1,45$, corespunzător unui raport al modulelor de solidificare $Mm / Mp = 1,2$).

Utilizarea unei maselețe mai mari (grosimea $d_m = 80\text{mm}$, dublul grosimii piesei) determină o poziție mai favorabilă a nodului termic, respectiv a retasurii, în maseleță (figura 9). În acest caz nodul termic este situat spre mijlocul maseleței, mai departe de piesa turnată, ceea ce garantează obținerea unei piese compacte. Raportul timpilor de solidificare maseleță – piesă este în acest caz $t_{solm} / t_{solp} \text{ minim} = 2,09$ (tabel 3, poz. 4).

Utilizarea unui răcitor plasat la partea de jos a piesei, chiar în prezența maseleței cu grosime mică ($d_m = 60\text{ mm}$) determină deplasarea nodului termic spre partea superioară a maseleței, îndepărtând în acest fel retasura de piesa turnată.

Prin utilizarea răcitorului, raportul dintre timpul de solidificare a maseleței și a piesei crește considerabil, $t_{solm} / t_{solp} \text{ minim} = 2,37$. Aceasta evidențiază creșterea accentuată a gradientului de temperatură dinspre piesă spre maseleță și o îmbunătățire considerabilă a funcționării maseleței. De asemenea pune în evidență că există o rezervă în privința reducerii dimensiunilor maseleței și deci este posibilă o ameliorare considerabilă a randamentului de utilizare a aliajului lichid la turnare. Aspectul izotermelor din ansamblul formei (figura 8) evidențiază, de asemenea, accentuarea gradientului de temperatură de la piesă spre maseleță.

Analiza curbelor de variație a temperaturii și a fracției de solid în funcție de timp în nodul termic arată cinetica solidificării acestuia și pune de asemenea în evidență efectul favorabil considerabil al utilizării răcitorilor în combinație cu maselețele asupra funcționării maselețelor. Se pune în evidență că timpul de solidificare efectiv al nodului termic (durata palierului curbei de variație a temperaturii) este mult mai mic. Durata mai scurtă a solidificării creează condiții pentru compactizarea retasurii. Scade riscul ca aceasta să se disperseze sub formă de porozități și să se extindă într-un volum mai mare, care ar putea afecta piesa în cazul că nodul termic este apropiat de piesă.

Efectul răcitorului asupra gradientului de temperatură piesă – maseleță se explică prin

the cast part, and of an area of microporosity to occur in the casting next to the feeding channel. The feeder to casting solidification time ratio is sufficiently great ($t_{solm} / t_{solp} \text{ minim} = 1.65$, table 3, pos. 2), greater than the minimum value recommended in literature ($t_{solm} / t_{solp} \text{ minim} = 1.45$, corresponding to a ratio of the solidification moduli of $Mm / Mp = 1.2$).

The utilization of a larger feeder (of thickness $d_m = 80\text{ mm}$, two times the thickness of the part) determined a more favourable position of the hotspot and the shrinkhole, respectively, namely in the feeder (figure 9). In this case the hotspot is located towards the centre of the feeder, further away from the casting, hence ensuring the casting of a compact part. The feeder to part solidification time ratio in this case is $t_{solm} / t_{solp} \text{ minim} = 2.09$ (table 3, pos. 4).

The utilization of a cooler located at the inferior part of the casting, even in the presence of a thin feeder ($d_m = 60\text{ mm}$) determines the location of the hotspot towards the superior part of the feeder, thus distancing the shrinkhole from the casting.

Utilization of a cooler cause a significant increase of feeder and casting solidification time, the ration being of $t_{solm} / t_{solp} \text{ minim} = 2.37$. This reveals a large increase of the temperature gradient from the casting to the feeder and a considerable improvement of feeder functioning. It further reveals a reserve existing in relation to reducing feeder dimensions and thus a considerable improvement of liquid alloy utilization efficiency in casting. The aspect of the isotherms in the assembly of the mould (figure 8) also reveals the augmentation of the temperature gradient from the casting towards the feeder.

Analysis of the variation curves versus time of temperature and solid fraction in the hotspot reveals the kinematics of its solidification and also the considerable favourable effect of cooler utilization in combination with feeders on the operation of the latter. The effective solidification time of the hotspot (duration of the horizontal phase of temperature variation curve) is proved as much shorter. This swifter solidification facilitates shrinkhole compacting. Thus the risk is diminished of its dispersing in form of porosities and expanding into a larger volume, what would affect the casting in cases of the hotspot being located close to the part.

The effect of the cooler on the casting – feeder temperature gradient is explained by the accelerated

accelerarea transferului termic de la aliajul lichid, în curs de solidificare, spre răcitor și formă la suprafața de contact piesă – răcitor. Având în vedere acest mod de acțiune este necesar ca răcitorii să se plaseze la baza nodului termic din piesă, în partea opusă a masei.

heat transfer from the liquid alloy undergoing solidification towards the cooler and mould at the casting-cooler contact surface. Considering this effect, the coolers need to be placed at the base of the hotspot in the casting, at the opposite side to the feeder.

References

1. Ciobanu, I., Feraru, D., Monescu, V., Munteanu, S.I., Crișan, A., Szabo, C. (2009) *Influence of Exterior Coolers on the Solidification of Cast Parts*. Buletinul Institutului Politehnic din Iași, Vol. LV, fasc. 4, pp. 107-113
2. Ciobanu, I., Munteanu, S.I., Monescu, V., Crișan, A., Feraru, D., Szabo, C. (2009) *Influența grosimii răcitorilor asupra câmpului de temperatură din piesele turnate (Cooler Thickness Influence on the Temperature Field in Castings)*. Revista de Turnătorie, Anul XV, Nr. 7 – 8/, pp. 7-11, ISSN 1224-21-44 (in Romanian)
3. Ciobanu, I., Munteanu, S.I., Crișan, A. (2004) *Model matematic și soft 3D bazat pe metoda diferențelor finite pentru simularea solidificării pieselor turnate din aliaje eutectice (Finite Differences Based Mathematical Model and 3D Software for the Simulation of Parts Cast from Eutectic Alloys)*. Metalurgia, nr. 12, pp. 17-24, ISSN 0461/9579 (in Romanian)
4. Ciobanu, I., Monescu, V., Munteanu, S.I., Crișan, A. (2010) *Simularea 3D a solidificării pieselor turnate (3D Simulation of Casting Solidification)*. Editura Universitatii Transilvania din Brașov, ISBN 978-973-598-678-0 (in Romanian)
5. Crișan, A. (1996) *Elaborarea și turnarea fontelor (Smelting and Casting of Cast Irons)*. Brașov, Editura Universității (in Romanian)
6. Feraru, D., Ciobanu, I., Bedö, T., Crișan, A., Szabo, C. (2011) *Simulation Study on the Influence of Coolers to Feeders Performance*. Cercetări Metalurgice și de Noi Materiale, vol. XIX, special no. – BRAMAT, pp. 1-7, ISSN 1221-5503
7. Ripoșan, I., Chișamera, M. (1985) *Tehnologia elaborării și turnării fontei (Technology of cast iron Smelting and Casting)*. Editura Didactică și pedagogică, București (in Romanian)
8. Skarbinski, M. (1967) *Construcția pieselor turnate și proiectarea formelor (Construction of cast parts and Mould Design)*. Translation from Polish. Editura Tehnică, București (in Romanian)
9. Soporan, V., Constantinescu, V. (1990) *Solidificarea aliajelor, preliminarii teoretice (Solidification of Alloys, theoretical Preliminaries)*. Editura Dacia, Cluj Napoca (in Romanian)
10. Soporan, V., Constantinescu, V. (1995) *Modelarea la nivel macrostructural a solidificării aliajelor (Macrostructural Modelling of Alloy Solidification)*. Editura Dacia, Cluj-Napoca (in Romanian)
11. Ștefănescu, C. (1986) *Îndrumătorul proiectantului de tehnologii în turnătorii (Foundry Technology Designer's Guide)*. Vol. II. Editura Tehnică, București (in Romanian)
12. Zirbo, Gh., Ciobanu, I. (1989) *Tehnologia turnării (Technology of Casting)*. Institutul Politehnic Cluj-Napoca (in Romanian)
13. Ciobanu, I., Munteanu, S.I., Crișan, A. (2011) *The Real Solidification Module of Castings*. Metalurgia nr. 5, pp. 34-43, ISSN 0461-9579

Lucrare primită în mai 2012

Received in May 2012