

Direktno ulivanje kokil iz belega grodlja

Opisani so poskusi direktnega ulivanja kokil formata OKGV 185 iz nemodificiranega, modificiranega belega grodlja in mešanice belega grodlja ter kokilne litine. Preizkus vzdržnosti direktno ulitih kokil po različnih postopkih v primerjavi s klasično ulitimi kokilami je bil izvršen v jeklarni Železarne Štore.

Na probnih vzorcih poskusnih kokil smo raziskovali metalografske strukture po preseku ter merili trdote in toplotno prevodnost. Prikazana je tudi ekonomska ocena direktnega ulivanja kokil.

Direktno ulivanje jeklarskih kokil se postavlja v Železarni Štore kot varianta perspektivne usmeritve proizvodnje kokil v okviru integriranega podjetja slovenskih železarn. Zaradi ekonomske interesantne perspektivne orientacije proizvodnje izključno belega grodlja z nižjim manganom na elektroplavžu ter cenejše proizvodnje direktno ulitih kokil, je bila naša naloga ugotoviti uporabnost belega grodlja za jeklarske kokile, ki bodo ulite po postopku direktnega ulivanja.

NEKAJ PODATKOV IZ LITERATURE

V Sovjetski zvezi ugotavljajo pri raziskavah vzdržnosti jeklarskih kokil, da je bistven vpliv skupne vsebnosti C in Si v litini. Z naraščanjem skupne vsebnosti C in Si v kokilni litini narašča vzdržnost kokil zaradi povečanja količine ferita in povečanja dimenzij lističev grafitu. Litina, ki vsebuje večji grafit in večji delež ferita ima boljše toplotno prevodnost, kar izboljšuje izravnavanje temperatur med notranjimi in zunanji stenami in logično zmanjšuje notranje termične napetosti. Da dobimo feritno-perlitno strukturo z grafitnimi lističi velikosti 4, 5 in 6 po ASTM standardih, je odločilna kemična sestava kokilne litine, kjer imajo glavni vpliv trije osnovni elementi: C, Si in Mn. Analiza litine se giblje v mejah: C — 3,3 ... 4,2 odst., Si — 1,00 ... 2,20 % ter Mn — 0,40 ... 0,90 %. Vsebnost P mora biti pod 0,10 %, da se ne izobli-

kuje močnejša mreža fosfidnega evtektika v strukturi materiala. Vsebnost S je dopustna maksimalno 0,07 ... 0,08 %. Nad 0,08 % S vzdržnost kokil izredno hitro pade.

Kot že omenjeno ima pomemben vpliv na strukturo in s tem na mehanske in termične lastnosti litine vsebnost Mn v kemični sestavi. Raziskave sovjetskih avtorjev so pokazale, da s povečanjem Mn do določenih mej dobimo boljše vzdržnost kokil. Pokazalo se je, da je v raziskovanem območju od 0,2 ... 1,2 % Mn vzdržnost kokil naraščala z naraščanjem vsebnosti Mn, pri višjem % Mn pa prične vzdržnost padati. V belem grodlju, ki se uporablja za direktno ulivanje kokil, postavljajo kot zgornjo mejo 1,50 % Mn. V Železarni Krivoj Rog ulivajo kokile različnih tipov z direktnim ulivanjem iz belega grodlja naslednje kemične sestave: C — 3,8 ... 4,5 %, min. 0,6 % Si, maks. 1,50 % Mn, maks. 0,20 % P in maks. 0,08 % S. Tekoči grodelj transportirajo iz obrata plavžev v livarno kokil v 80 t ponovcah in ga prelivajo v posebne prečiščevalne ponovce, kjer se beli grodelj zadržuje vsaj eno uro za odstranitev vseh nečistoč in za eventualne potrebne korekture kemične sestave. Če je vsebnost Si v grodlju manjša od 0,6 %, mu dodajajo FeSi, tako da dosežejo tudi 0,8 % Si. V primeru, da vsebuje grodelj več kot 1,5 % Mn, ga obdelajo s škajo, ki jo enako kot FeSi dodajajo iz posebnih bunkerjev neposredno v tok tekočega železa na izlivnem žlebu. Ker se pri takšni obdelavi oksidira tako Mn kot Si, zato v primeru nizke vsebnosti Si obdelujejo grodelj istočasno s škajo in FeSi. Maksimalno razmerje Mn : Si lahko znaša 2,3.

POSKUSI DIREKTNEGA ULIVANJA KOKIL, IZVRŠENI V ŽELEZARNI ŠTORE V LETU 1968

Direktno ulivanje kokil iz belega grodlja predstavlja za naše pogoje popolnoma novo tehnologijo. Današnji standardi za jeklarske kokile predpisujejo sledeče sestave za % Si in % Mn (po UJŽ):

1. razred — deb. stene do 200 mm	1,5 — 2,1 % Si, 0,5 — 1,0 % Mn
deb. stene nad 200 mm	1,3 — 2,0 % Si, 0,5 — 1,0 % Mn
2. razred — deb. stene do 200 mm	1,5 — 2,2 % Si, 0,4 — 1,1 % Mn
deb. stene nad 200 mm	1,2 — 1,9 % Si, 0,4 — 1,1 % Mn

Z direktnim ulivanjem iz belega grodlja se spremenita vsebnosti Si in Mn tako, da bi bilo območje Si — 0,90...1,20 %, območje Mn pa 1,00...1,50 %. Zato je naša naloga dobiti z direktnim ulivanjem z drugačno kemično sestavo enakovredne kokile po vzdržnosti, ki imajo svojo osnovo v pravilni metalografski strukturi, mehanskih lastnostih in toplotni prevodnosti.

S posameznimi kampanjami po različnih postopkih direktno ulitih kokil v letu 1968, smo želeli dobiti čim več tehnoloških podatkov za izbor optimalnega tehnološkega procesa direktnega ulivanja jeklarskih kokil.

Osnovna izhodišča so bila naslednja: ugotoviti strukturne lastnosti in vzdržnost kokil ulitih po dveh različnih postopkih glede na surovinsko osnovo, t. j. a) kokile ulite iz mešanice približno 70 % belega grodlja iz elektroplavža ter 30 % normalne kokilne litine iz kupolke in modificirane s FeSi ter b) kokile ulite iz 100 % belega grodlja in modificirane s FeSi.

Vse raziskave na direktno ulitih kokilah smo vršili na formatu OKGV 185, t. j. na kokilah za domačo jeklarno.

Po postopku direktnega ulivanja so bile ulite tri grupe kokil in sicer:

Grupa I — (26 kokil, OKGV 185). Kokile so bile ulite po postopku mešanja neodžveplanega belega grodlja iz elektroplavža ter kokilne litine iz kupolke v približnem razmerju 70 : 30 ter modificirane s FeSi. Temperatura grodlja na žlebu elektroplavža je bila 1380...1400° C, pred ulivanjem pa 1280...1300° C. Ta grupa kokil je bila izdelana iz grodlja dveh prebodov elektroplavža. Po mešanju s kokilno litino je bila kemična analiza prvih 19 kokil: C — 3,57 %, Si — 1,90 %, Mn — 1,02 odst., P — 0,120 %, S — 0,074 %, naslednjih 7 pa je imelo sestavo: C — 3,54 %, Si — 1,94 %, Mn — 0,86 %, P — 0,120 %, S — 0,068 %.

Grupa II — (6 kokil, OKGV 185). Kokile so bile ulite po posebej dogovorjenem postopku in sicer iz 100 % belega grodlja, ki je bil na elektroplavžu odžveplan s sodo, modificiran s FeSi ter izpihan z dušikom (1 min.) pred ulivanjem z namenom, da odstranimo žlindro in ostale nečistoče iz taline. Količino modifikatorja smo omejili z ozirom na zgornjo dopustno mejo Si, ki smo jo postavili 1,20 % Si za kokile iz belega grodlja, ki se bodo po izločitvi uporabljale v vložku jeklarskih peči. Količina modifikatorja je bila 0,3 % Si, čeprav je sicer zaželeno, da znaša vsaj 0,5 %. Temperatura grodlja na žlebu elektroplavža je bila 1400° C, temperatura pred ulivanjem pa 1310° C. Kemična analiza po modificiranju je bila: C — 3,46 %, Si — 1,13 %, Mn — 1,58 %, P — 0,074 %, S — 0,029 %.

Grupa III — (5 kokil, OKGV 185). Kokile so bile ulite iz 100 % belega grodlja, ki ni bil odžveplan, niti modificiran. Temperature so bile

podobne kot pri prvih dveh grupah. Kemična analiza kokil pa je bila: C — 3,68 %, Si — 0,83 %, Mn — 2,00 %, P — 0,085 %, S — 0,075 %.

PREIZKUS VZDRŽNOSTI KOKIL OKGV 185

V livno halo jeklarne Železarne Štore smo postavili 4 grupe kokil ulitih po različnih postopkih zaradi medsebojnih primerjav in sicer:

Grupe I, II in III ulite po zgoraj opisanih postopkih ter Grupo IV — (18 kokil, OKGV 185). Te kokile so bile ulite na klasičen način iz redne livarske proizvodnje. To grupo kokil smo označili kot poskusno zato, da bi lahko izvršili primerjavo o vzdržnosti kokil klasičnega ulivanja s kokilami ulitimi po postopkih direktnega ulivanja.

Tabela 1

Zap. št.	St. kokile	Vzdržnost (število ulivanj)	Zap. št.	St. kokile	Vzdržnost (število ulivanj)
Grupa I					
1	3412	89	29	3816	54
2	3413	49	30	3817	66
3	3414	114	31	3822	53
4	3415	54	32	3823	33
5	3416	48			
6	3417	38	Grupa III		
7	3418	80	33	3785	51
8	3419	59	34	3794	33
9	3420	41	35	3795	60
10	3421	38	36	3798	31
11	3422	108	37	3799	31
12	3423	105			
13	3424	89	Grupa IV		
14	3425	48	38	3473	108
15	3426	76	39	3478	93
16	3427	63	40	3479	110
17	3428	29	41	3490	113
18	3430	67	42	3491	93
19	3431	27	43	3492	75
20	3434	98	44	3494	62
21	3435	63	45	3495	38
22	3438	4	46	3496	83
23	3439	38	47	3497	67
24	3441	29	48	3499	114
25	3447	93	49	3500	67
26	3449	109	50	3501	49
			51	3502	63
			52	3503	38
Grupa II					
27	3806	104	53	3504	76
28	3807	44	54	3505	42
			55	3507	32

Opomba: Pri izračunu vzdržnosti kokila št. 3438, ki je izdržala le 4 ulivanja ni bila upoštevana iz razloga, ker je bila ta kokila najprej klasificirana kot izmeček ter naknadno zavarjena in dostavljena v jeklarno.

Zbirni podatki o vzdržnosti oz. porabi kokil so naslednji:

Grupa kokil	Povprečno število ulivanj	%-ni odnos proti klasično ulitim kokilam	poraba kokil kg/t jekla
I	66,1	89,9	22,50
II	59,0	80,1	25,25
III	41,2	56,0	36,20
IV	73,7	100,0	20,15

Vzroki izločanja kokil: Večina kokil je bila izločena zaradi zajed, sorazmerno veliko pa tudi zaradi razpok (prečne razpoke na prehodu tanjšega dela stene v debelejši na nogi in navpične razpoke or vrha navzdol). Pri precejšnjem številu kokil sta se pojavili obe vrsti napak, t. j. zajede in razpoke skupaj. Razpoke so se pojavile predvsem pri kokilah grupe II in III.

PODATKI RAZISKAV

Iz vsake grupe I, II, IV poskusnih kokil smo izbrali po eno kokilo po izločitvi iz uporabe ter analizirali strukturo preseka, trdoto in toplotno prevodnost. V naših raziskavah smo izločili grupo III kot neinteresantno, ker so rezultati vzdržnosti kokil pokazali, da neodžveplane in nemoificirane kokile iz belega grodlja ne pridejo v poštev za postopek direktnega ulivanja.

a) Metalografske strukture



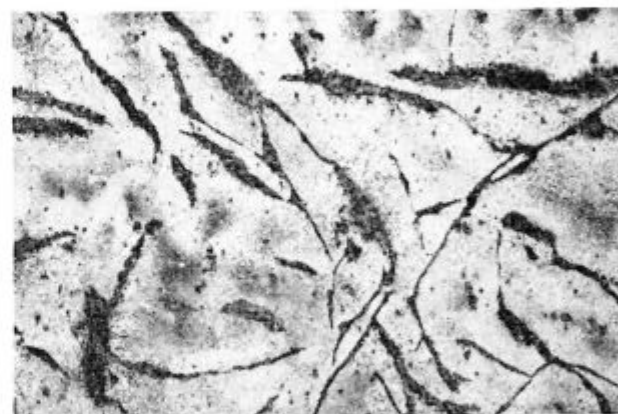
Slika 1
Struktura kokile grupe I.
Globina od notranje stene 3 mm. Povečava 100 ×, nital.



Slika 2
Struktura kokile grupe I.
Globina od notranje stene 10 mm. Povečava 100 ×, nital.



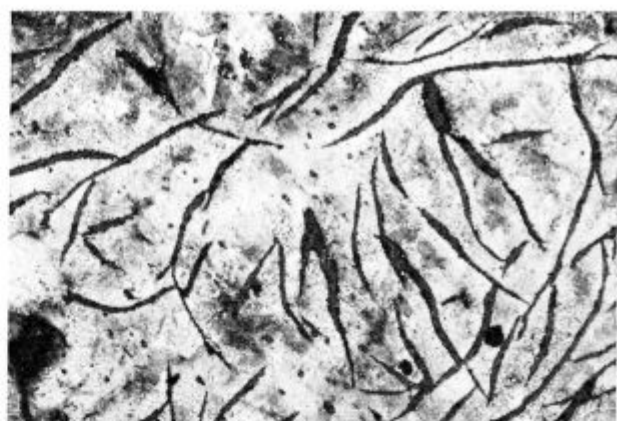
Slika 3
Struktura kokile grupe I.
Globina od notranje stene 20 mm. Povečava 100 ×, nital.



Slika 4
Struktura kokile grupe I.
Globina od notranje stene 30 mm. Povečava 100 ×, nital.



Slika 5
Struktura kokile grupe I.
Globina od notranje stene 40 mm. Povečava 100 ×, nital.



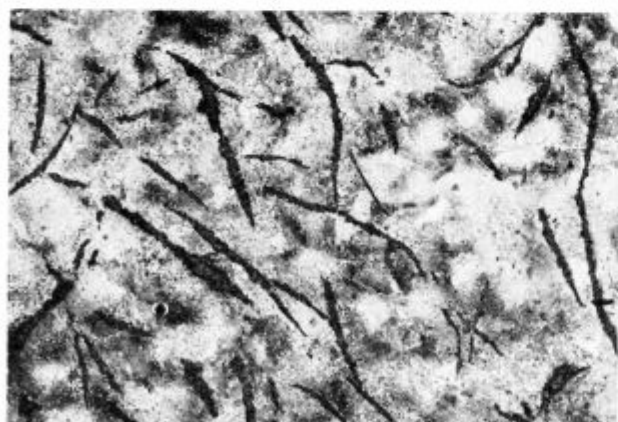
Slika 8
Struktura kokile grupe II.
Globina od notranje stene 20 mm. Povečava 100 ×, nital.



Slika 6
Struktura kokile grupe II.
Globina od notranje stene 3 mm. Povečava 100 ×, nital.



Slika 9
Struktura kokile grupe II.
Globina od notranje stene 30 mm. Povečava 100 ×, nital.



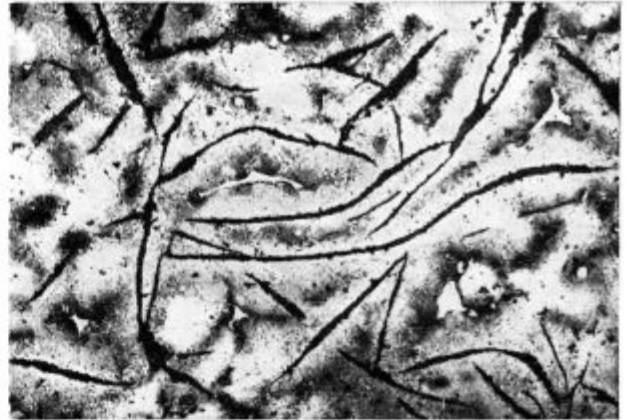
Slika 7
Struktura kokile grupe II.
Globina od notranje stene 10 mm. Povečava 100 ×, nital.



Slika 10
Struktura kokile grupe II.
Globina od notranje stene 40 mm. Povečava 100 ×, nital.



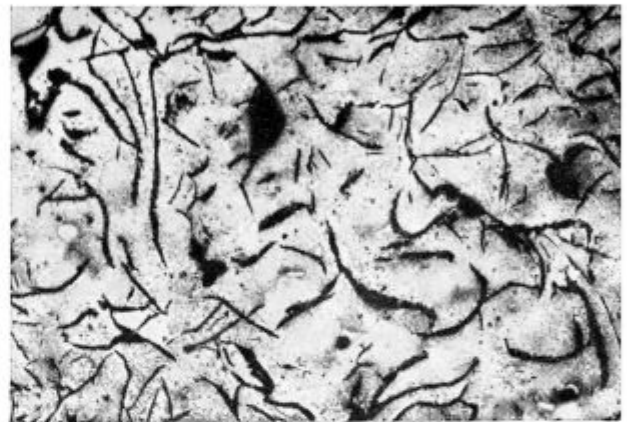
Slika 11
Struktura kokile grupe IV.
Globina od notranje stene 3 mm. Povečava 100 ×, nital.



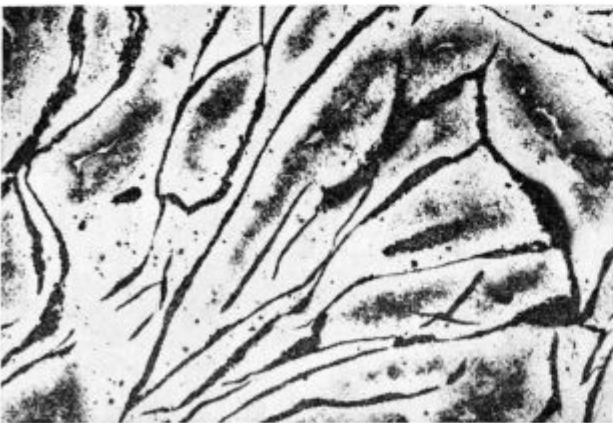
Slika 14
Struktura kokile grupe IV.
Globina od notranje stene 30 mm. Povečava 100 ×, nital.



Slika 12
Struktura kokile grupe IV.
Globina od notranje stene 10 mm. Povečava 100 ×, nital.



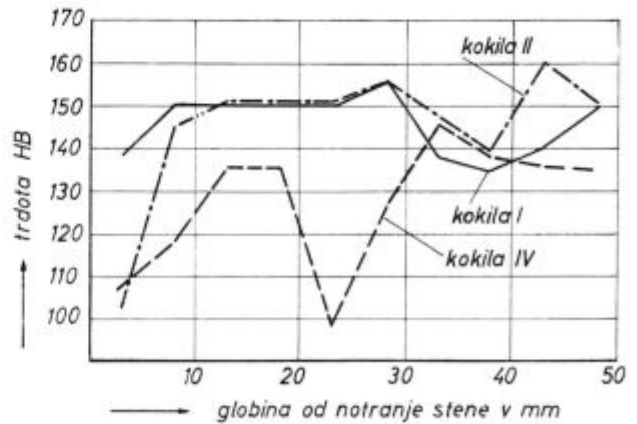
Slika 15
Struktura kokile grupe IV.
Globina od notranje stene 40 mm. Povečava 100 ×, nital.



Slika 13
Struktura kokile grupe IV.
Globina od notranje stene 20 mm. Povečava 100 ×, nital.

b) Trdote

Trdote merjene po preseku kokil so prikazane na skupnem diagramu.



Slika 16
Diagram trdot kokil grupe I, II in IV.

c) Toplotna prevodnost

Rezultati meritev toplotne prevodnosti po Schröderjevi metodi so bili:

Kokila grupe I — 43,7 Kcal/m, h, st

Kokila grupe II — 45,4 Kcal/m, h, st

Kokila grupe IV — 39,4 Kcal/m, h, st

OCENA REZULTATOV RAZISKAV

Posnetki metalografskih struktur kažejo, da po osnovnih strukturnih karakteristikah kot tudi po obliki in velikosti grafita, med primerjanimi tremi različnimi kokilami in bistvenih razlik. Ugotavljamo pa, da so direktno ulite kokile nekoliko trše od klasično ulitih, kar nam potrjujejo tudi diagrami trdot.

Zanimivi so rezultati toplotne prevodnosti, kjer ugotavljamo najslabšo toplotno prevodnost pri klasično ulitih kokilah. Vzrok za to lahko iščemo v % Si ter tudi v velikosti in obliki grafita, verjetno pa je na rezultat vplival tudi nehomogeni vzorec že iztrošene kokile. Znano je, da z naraščanjem % Si pada toplotna prevodnost litine, zato je to pomembno pri naši obravnavani tehnologiji, kjer postavljamo kot zgornjo mejo 1,20 % Si. Nismo pa mogli ugotoviti vpliv % Mn na toplotno prevodnost, vendar zaradi višjih trdot in razpok, ki nastajajo na kokilah, smatramo, da bi bila zgornja meja 1,50 % Mn.

Čeprav se za boljšo toplotno prevodnost zahteva večje lističe grafita, naši rezultati kažejo, da smo dobili pri večjih lističih kot jih določajo ASTM standardi (4, 5, 6), nižje toplotne prevodnosti. Upoštevati pa moramo, da je važnejša od velikosti, oblika in razporeditev grafita. S pravilno kemično analizo ter zadostno količino modifikatorja FeSi pa je možno dobiti potrebno toplotno prevodnost kokilne litine od 45 do 55 Kcal/m, h, st. Kot že v uvodu omenjeno, bi morala biti osnovna struktura kokilne litine perlitno-feritna, ker ferit zvišuje toplotno prevodnost in bi tako lahko dosegli zaželeno vrednost.

EKONOMSKA OCENA DIREKTNEGA ULIVANJA KOKIL

Vsekakor je važno vprašanje ekonomičnosti direktnega ulivanja kokil. Za ugotovitev ekonomike direktnega ulivanja moramo primerjati osnovne parametre iz kalkulacij klasičnega in direktnega ulivanja. Pri klasičnem ulivanju smo prikazali dve varianti glede na različno razmerje vložka (grodelj : zlomnina — 60 : 40 oz. 40 : 60). Rezultati so prikazani v %-nem razmerju, kjer predstavlja 100 % tekoča kokilna litina pri klasičnem ulivanju po varianti a).

Klasično ulivanje

a) Razmerje surovin — grodelj : zlomnina = 60 : 40

— Neto vložek 80,5 %

— Stroški taljenja 19,0 %

— Kovinski dodatki 0,5 %

Skupaj 100,0 %

b) Razmerje surovin — grodelj : zlomnina = 40 : 60

— Neto vložek 71,0 %

— Stroški taljenja 19,0 %

— Kovinski dodatki 0,5 %

Skupaj 90,5 %

Direktno ulivanje

— Neto vložek 82,5 %

— Stroški pregrevanja in pretaljevanja v indukcijski peči 3,3 %

— Kovinski dodatki 2,7 %

Skupaj 88,5 %

Pri klasičnem ulivanju bazirajo izračuni na ceni grodlja 917,00 Ndin/t ter ceni zlomnine 500,00 Ndin/t, pri direktnem ulivanju pa je upoštevana cena tekočega belega grodlja iz elektroplavža 800,00 Ndin/t. V obeh primerih smo računali s kapaciteto 10.000 t kokil na leto.

Iz primerjav lastnih cen tekoče kokilne litine pred ulivanjem (nadaljnji stroški izdelave kokil so v obeh primerih enaki), vidimo, da je postopek direktnega ulivanja cenejši, upoštevati pa moramo še, da se glavni ekonomski učinek pokaže šele pri uporabi kokil namesto grodlja v vložku jeklarskih peči.

ZAKLJUČKI

Studije literarnih podatkov, izvršene poskusne kampanje direktno ulitih kokil, izvršene preiskave in analiza tehnološkega procesa v obstoječih pogojih nam dajo naslednje zaključke:

1. Proizvodnja direktno ulitih kokil je ekonomsko zanimiva, posebno v primeru, da je po klasičnem postopku predviden večji delež grodlja v vložku oz. bo nujna tehnološka usmeritev v primeru, da se bo celotna količina kokil direktno uporabljala v vložku jeklarskih peči. Potrebno pa je doseči po direktnem postopku enakovredno kvaliteto kokil. V naših primerih smo ugotovili, da se približujemo vzdržnosti klasično ulitim kokilam z 80 do 90 %-no vzdržnostjo direktno ulitih kokil.

2. Beli grodelj za direktno ulivanje kokil naj ima po kemični analizi maks. 1,50 % Mn. V primeru višjega % Mn v proizvedenem grodlju je treba Mn znižati z dodatkom škaže. % Si naj bo

v grodlju v mejah od 0,50 do 0,80 %, tako da bi po modifikaciji s FeSi z 0,5 do 0,7 % Si na eni strani zadostno modifikirali kokilno litino, da bi dobili mehkejše kokile, na drugi strani pa bi dobili v kokilah maks. 1,20 % Si, kar je še primerno za vložek v jeklarskih pečeh. Predlagana količina modifikatorja (0,5 do 0,7 % Si) predstavlja 6,67 kg oz. 9,35 kg FeSi/t litine, t. j. od 20,80 do 29,30 Ndin/t litine. Ta izračun tudi potrjuje ekonomičnost uporabe modificiranega belega grodlja za direktno ulivanje namesto sivega grodlja, če upoštevamo, da je razlika lastne cene med sivim in belim grodljem cca 80 Ndin/t.

3. Vzdržnost kokil ulitih iz mešanice belega grodlja in kokilne litine (razmerje 70:30) in modificiranih s FeSi je bila boljša kot kokil ulitih iz 100 % belega grodlja ter modificiranih s FeSi. Ta ugotovitev je važna za naše pogoje, ker predvidevamo v predlaganem tehnološkem procesu vložek: 80 % tekočega belega grodlja ter 20 % kokilne litine v obliki odpadkov in krožnega materiala.

4. Rezultati izvršenih poskusov in raziskav ugotavljajo in potrjujejo možnost uvedbe postop-

ka direktnega ulivanja kokil iz belega grodlja. Potrebno pa je še nadalje vršiti raziskave o kvaliteti direktno ulitih kokil, ki bodo dale osnovne normative tehnološkega procesa.

5. Trenutna opremljenost v Železarni Štore še ne dopušča uvedbe rednega direktnega ulivanja. Za to je potrebno postaviti na elektroplavžu mešalec grodlja s predvideno kapaciteto 200 t za izenačevanje sestave grodlja ter za možnost kontinuirnega dela v livarni, v livarni pa postaviti indukcijsko peč predvidene kapacitete 10 t, ki bi služila za pregrevanje litine in pretaljevanje krožnega materiala v procesu direktnega ulivanja kokil.

Literatura

1. V. M. Borekij, V. G. Silajev »Puti povyšeniya stojkosti izložnic«, Bjulletenj. 1965, No 10 (510), str. 1—6.
2. G. I. Jankelevič, V. V. Rjabovoj »Vlijanie soderžanija marganca na stojkost izložnic«, Stalj, 1964, No 9, str. 800—801.
3. J. von Elponz, »Herstellung und Einsatz von Holzkohlenroheisen« Ferrolegeringar AG, Zürich.

ZUSAMMENFASSUNG

Die ökonomischen Ausrechnungen zeigen, dass das direkte Giessen der Kokillen aus dem modifizierten Stahlroheisen billiger ist als nach dem klassischen Verfahren. Ökonomisch interessant ist auch die Verwendung der gebrauchten unzerschlagenen Kokillen im Einsatz der Elektroöfen. Es ist deshalb zu erwarten, dass sich in der Zukunft das direkte Giessen der Kokillen mehr und mehr erweitern wird.

Für unsere Bedingungen ist interessant die Erzeugung der Kokillen aus Stahlroheisen mit niedrigem Manganengehalt, welcher richtig modifiziert werden muss. Die Untersuchungsergebnisse der Kokillenhaltbarkeit, welche nach verschiedenen Verfahren gegossen wurden, zeigten, dass die Haltbarkeit der direkt gegossenen Kokillen im Vergleich zu den klassischen zwar etwas kleiner ist, dass sie aber diesen ziemlich nahe kommen. Es wird festgestellt,

dass die aus Stahlroheisen direkt gegossenen Kokillen zu hart waren, weil sie zu wenig modifiziert worden sind. Es geht daraus hervor, dass der Stahlroheisen genügend modifiziert werden muss um eine weichere Struktur der Kokillen und eine bessere Wärmeleitfähigkeit zu erzielen. Es ist auch zu berücksichtigen, dass beim direkten Giessen der Kokillen nicht hundertprozentiger Stahlroheisen verwendet wird, sondern auch Abfälle und anderes Material, welches schon von sich selbst teilweise modifizierend wirkt.

Die folgenden Untersuchungen über die Qualitätsverbesserung der direkt gegossenen Kokillen werden vor allem in der Richtung der Bestimmung der günstigsten Struktur und anderer Parameter weiter geführt. Zusätzlich müssen noch einige Anlagen aufgestellt werden, welche für eine normale Produktion der direkt gegossenen Kokillen unbedingt nötig sind.

SUMMARY

Economic calculations show that direct casting of modified white cast iron is cheaper than production of ingot moulds by the standard method. Economically interested is also the use of unbroken, worn out ingot moulds as a charge for steel-making, especially electric arc furnaces. Direct casting of ingot moulds is therefore expected to be more and more used in the future.

Production of ingot moulds made of white cast iron with a lower manganese content, which must be correctly modified, is interesting for our working conditions. Results of investigations of ingot mould endurance, when cast by different methods, showed that the endurance of directly cast ingot moulds is somewhat lower than of standardly cast moulds, but it does not differ much. Conclusion can be made that moulds, directly cast of white cast iron are

not modified enough and therefore they are too hard. Therefore, white cast iron must be sufficiently modified that moulds will have softer structure and higher thermal conductivity. At direct casting also scrap and other recycle material will be used, which by itself is a partial modifier, so that white cast iron will not present 100 per cent of the used raw materials, and this is necessary to take in account.

Investigations about quality improvements of the directly cast moulds will be continued in the direction to determine the most favourable structure and the other parameters of this technological process. Installation of necessary additional equipment will be forced what will enable the regular production of the direct ingot mould castings.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экономический расчёт доказывает, что непосредственная отливка изложниц из модифицированного белого чугуна дешевле от производства классическим способом. С экономической точки зрения также оправданно употребление целых, не разбитых израсходованных изложниц в завалке СМ-печи, в особенности в электродуговой печи. Поэтому можно ожидать, что в будущем этот способ литья увеличится.

Примечательно производство изложниц из белого чугуна с низким содержанием марганца; чугун надо правильно модифицировать. Результаты исследования прочности изложниц отлиты разными способами показали, что, хотя их прочность немного ниже в сравнении с литьём классическим способом, прочность этих изложниц им приближается. Установлено, что серия для исследова-

ния отлитых изложниц была недостаточно модифицирована и поэтому изложницы были слишком твёрды. На основании этого понятно, что белый чугун надо достаточно и правильно модифицировать чтобы изложницы имели более мягкую структуру с лучшей проводимостью теплоты. Надо принять во внимание, что непосредственным литьём изложницы необходимо употребить все отбросы и крутовращательный материал производства, так как этот материал сам по себе частично представляет модификатор.

Решено продолжать исследование непосредственно отлитых изложниц с целью улучшить их качество, установить самую подходящую структуру и определить параметры технологического процесса. Проектировано сооружение которое разрешит промышленное производство изложниц непосредственным способом.