

Stanisław Miśta, Sławomir Iis

Politechnika Śląska

Jan Łaczek

Huta Bobrek

WPLYW SPOSOBU NAKRYWANIA CHEMICZNEGO NA STRUKTURĘ I SEGREGACJĘ DOMIESZEK WE WLEWKU STALI NIEUSPOKOJONEJ

Streszczenie. Autorzy referatu próbowali w warunkach przemysłowych ustalić związek między rodzajem stosowanego odtleniacza i czasem jego dodawania do wlewnicy podczas chemicznego zamrażania głów wlewków stali nieuspokojonej a strukturą i segregacją pierwiastków we wlewnicy. Jako odtleniacze stosowano granulowane aluminium i miedź 75% żelazokrzem, w ilości 0,3 kg/t stali. Wlewki zamrażano po upływie 1 i 4 minut po zakończeniu odlewania. Jakość wlewków oceniano na podstawie odbitek Baumanna, prób głębokiego trawienia i rozkładu segregacji pierwiastków na poprzecznych przekrojach odciętych głów wlewków.

1. Wstęp

Stały wzrost produkcji stali nieuspokojonej związany jest z szeregiem jej zalet, a mianowicie:

- niskim kosztem produkcji,
- dużym uzyskiem podczas wstępnego przerobu na walcowni,
- dobrą jakością powierzchni wlewków, szczególnie wymaganą przy produkcji wyrobów płaskich,
- wzrostem wydajności stalowni.

Mimo tych oczywistych zalet stal ta posiada szereg wad, jak: duża niejednorodność składu chemicznego oraz rzadziwy osiowe powodujące duży odpad technologiczny. Dlatego też, od wlewka stali nieuspokojonej dobrej jakości wymaga się czystej powierzchni, niewielkiego wyrośnięcia

wlewka, małej segregacji pierwiastków, a głównie właściwej struktury wlewka.

Zapewnienie tych wysokich wymagań związane jest z właściwie prowadzoną technologią wytapiania i odlewania stali, a w szczególności z utrzymaniem właściwych warunków krzepnięcia. Warunki te określone są temperaturą i szybkością odlewania, czasem i intensywnością gotowania stali we wlewnicy oraz rodzajem stosowanego odtleniacza do zamrażania głowy wlewka.

2. Wpływ nakrywania chemicznego na jakość wlewka stali nieuspokojonej

Jednym ze sposobów przeciwdziałania zjawisku nadmiernej segregacji jest przerywanie gotowania stali we wlewnicy za pomocą silnych odtleniaczy (aluminium, żelazokrzem) lub przez stosowanie ciężkich pokryw i wlewnic butelkowych.

Chemiczne nakrywanie głów wlewków krzepnącej stali nieuspokojonej poprawia strukturę wlewka z punktu widzenia metalurgicznego oraz ułatwia pracę w hali odlewniczej walcowni. Poprawa ta uwidocznia się zwiększoną chemiczną jednorodnością i bardziej zwartą strukturą kęsisk, umożliwiającą zmniejszenie odpadu technologicznego od głowy wlewka o około 3% w porównaniu z normalnie odlewaną stalą nieuspokojoną [1,2] oraz o 9% lepszym uzyskiem na zgniataczu niż wlewków odlanych do wlewnic butelkowych [3].

Przy doborze odtleniaczy do chemicznego nakrywania należy uwzględnić gatunek stali nieuspokojonej oraz jej przeznaczenie [4].

Oprócz doboru odtleniacza w celu otrzymania dobrej jakości wlewka istotny jest czas wprowadzenia odtleniacza po zakończeniu odlewania.

W badaniach [5] do chemicznego nakrywania stosowano: aluminium, żelazokrzem 45%, żelazokrzem 75%, żelazokrzemomangan, wapniokrzem. Odtleniacze wprowadzono na powierzchnię metalu we wlewnicy po upływie 1-2 minut lub 14-16 minut po jej napełnieniu. W wyniku przeprowadzonych badań ustalono:

- nakrywanie głowy wlewka za pomocą aluminium jest skuteczne. Stwierdzono jednak, że aluminium powoduje zanieczyszczenie wlewka glinia-

nami, które przy produkcji blach były przyczyną rozwarstwień. Podczas walcowania kształtowników zjawisko to nie występowało.

Z pozostałych odtleniaczy najkorzystniejszy okazał się żelazokrzem 45% w ilości 0,15-0,20 kg/t wlewka. Jednocześnie stwierdzono, że stosowanie nakrywania chemicznego dla stali zawierającej poniżej 0,10%C nie daje wyników zadowalających. Najkorzystniejsze efekty tej metody uzyskano dla stali nieuspokojonej zawierającej 0,13-0,22%C. Smirnow [6] prowadził badania na 7 tonowych wlewkach odlewanych z góry w gat.St3kp (0,14-0,20%C) nakrywanych za pomocą aluminium w różnych fazach odlewania:

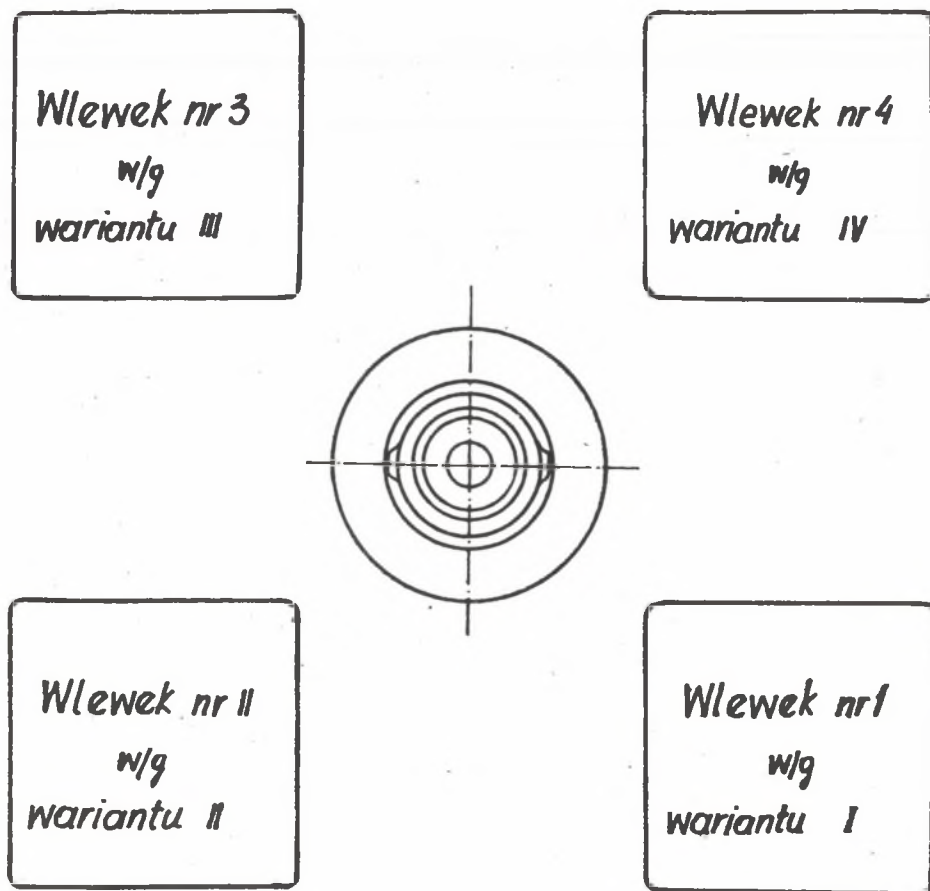
- 1) pod koniec napełniania wlewnicy, 5-6 sek. przed zamknięciem zatyczki,
- 2) po 5 min. od zamknięcia zatyczki,
- 3) po 12 min. gotowania stali we wlewnicy.

Ilość dodawanego aluminium o czystości 95% wynosiła 0,15-0,20 kg/twlewka. Stwierdzono, że wlewki do których dodano aluminium pod koniec napełniania wlewnicy nie wykazują tendencji do rośnięcia, a struktura ich głów podobna jest do wlewów stali półuspokojonej. Natomiast we wlewkach z późnym dodaniem aluminium (12 min.) głowa wlewka jest ścisła, z małą skupioną jamą skurczową. W dolnej połowie wlewka występowały pustki skurczowe, a w otoczeniu których obserwowano zwiększoną zawartość segregujących domieszek i wtrąceń tlenkowych. Przedłużenie czasu gotowania stali we wlewnicy powodowało powiększenie strefy pęcherzy podskórnych. Najniższą segregację dodatnią uzyskano we wlewkach nakrytych aluminium po upływie 12 min. od chwili zamknięcia zatyczki.

3. Badania własne

3.1. Metodyka badań

Wytap doświadczalny w gatunku St3A prowadzono w piecu martenowskim o pojemności 75 ton, opalany olejem opakowym i gazem koksowniczym. Wytap prowadzono wg obowiązującej instrukcji technologicznej dla tego gatunku stali. Wytap odtleniono w piecu żelazomanganem (65,9% Mn) w ilo-



Rys. 1. Schemat ustawienia wlewnic i nakrywania wlewków

ści 6,15 kg/t. W kadzi nie stosowano żadnych odtleniaczy. Temperatura stali w momencie dodania żelazomanganu wynosiła 1625°C. Wytop odlano syfonowo przez wylew o średnicy 35 mm do wlewnic zbieżnych ku górze typu N 65. Masa odlanego wlewka wynosiła 6,0 t. Wlewki przeznaczone do badań odlano na drugim kolejnym zespole. Temperatura odlewania na tym zespole mierzona pirometrem optycznym wynosiła 1560°C. Czas odlewania -11 min. 30 sek. przy liniowej szybkości odlewania 0,162 m/min. Badane wlewki odlano wg czterech wariantów zgodnie z rys. 1.

Wariant I - wlewek nakryto za pomocą aluminium granulowanego w ilości 0,3 kg/t stali w 1 minucie po zakończeniu odlewania.

Wariant II - wlewek nakryto żelazokrzemem 75% w ilości 0,3 kg/t stali w pierwszej minucie po zakończeniu odlewania.

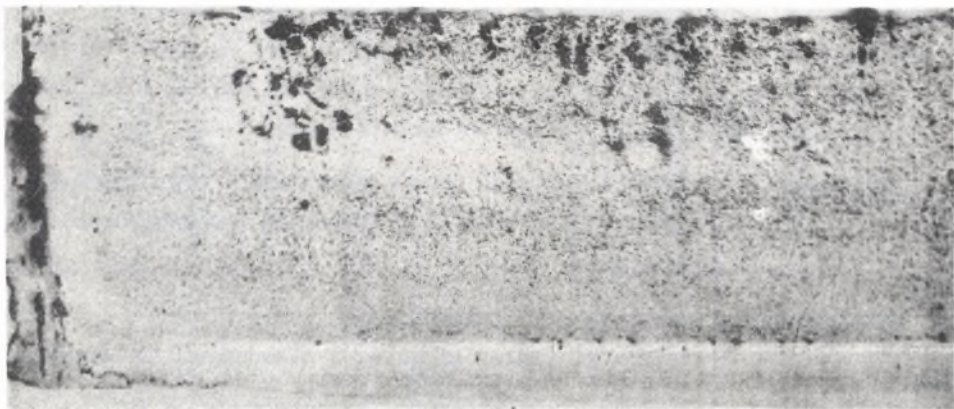
Wariant III - wlewek nakryto aluminium granulowanym w ilości 0,3 kg/t stali po upływie 4 minut od zamknięcia zatyczki.

Wariant IV - wlewek nakryto żelazokrzemem 75% w ilości 0,3 kg/t stali po upływie 4 minut od zamknięcia zatyczki.

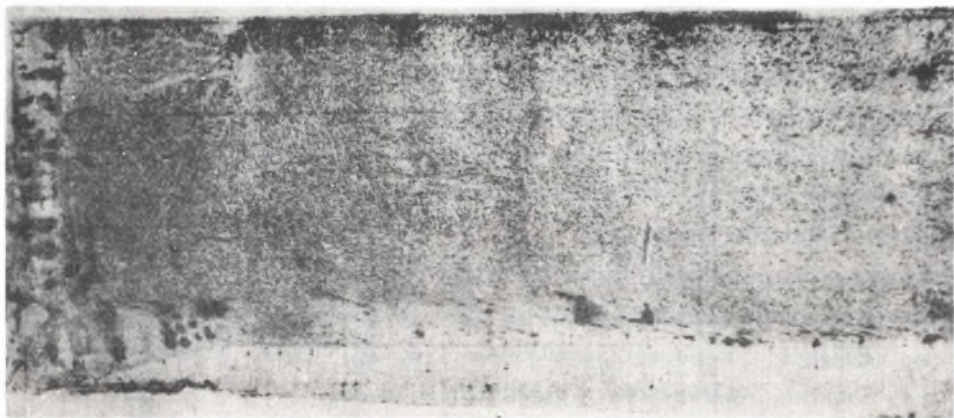
Przed dodaniem odtleniacza z głów wlewków ściągnięto częściowo żużel. Użyte odtleniacze posiadały następującą granulację:

- aluminium w postaci śrutu (ϕ 15 mm)
- żelazokrzem 75% - kawałki 10-30 mm.

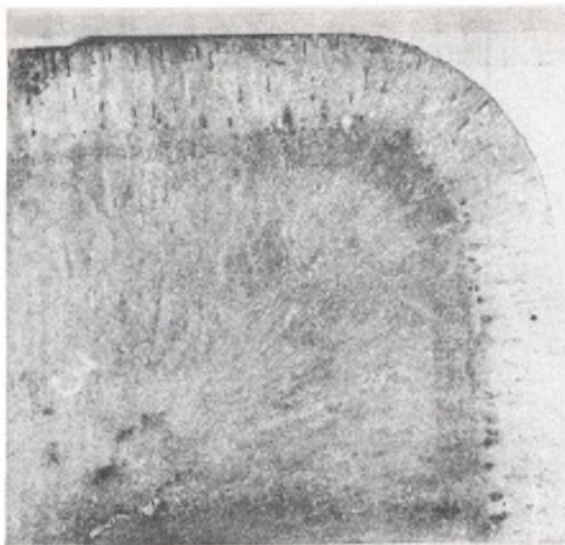
Wlewnice ściągnięto z wlewków po upływie 45 minut od zakończenia odlewania. Po wystudzeniu z każdego wlewka odcięto głowę o wysokości 570 mm. Obcięte głowy podzielono na 4 części. Na płaszczyznach pionowych i poziomych wybranych ćwiartek wykonano odbitki Baumanna i próby głębokiego trawienia (rys. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). Ponadto z płaszczyzny pionowej przechodzącej przez oś wlewka pobrano próbki do analizy chemicznej w celu określenia segregacji domieszek. Schemat pobierania prób na segregację domieszek przedstawia rys. 10. Wyniki badań na segregację domieszek zestawiono w tablicach 1, 2, 3.



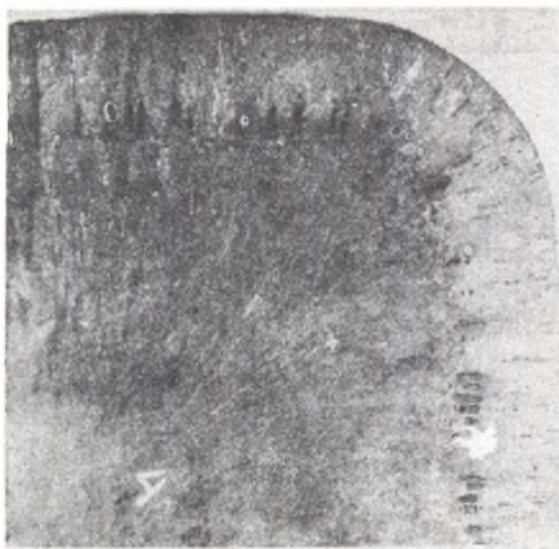
Rys. 2. Fotografia odbitki Baumannna głowy wlewka odlanego wg wariantu I



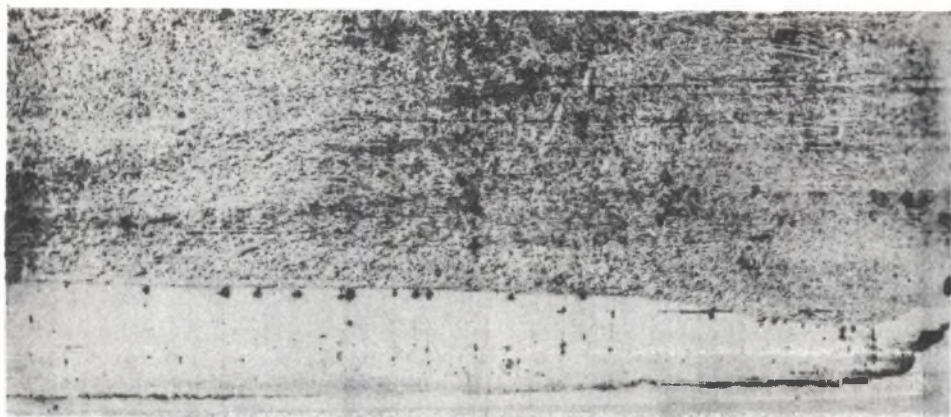
Rys. 3. Fotografia odbitki Baumannna głowy wlewka odlanego wg wariantu II



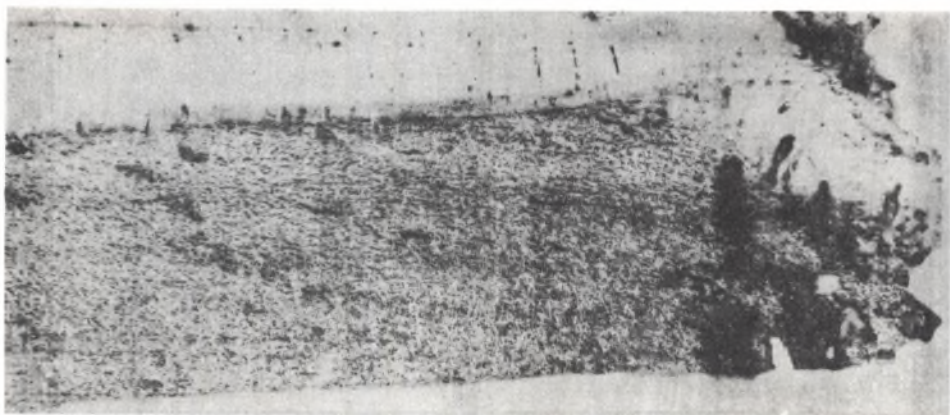
Rys. 4. Fotografia próby głębokiego trawienia głowy wlewka odlanego wg wariantu I



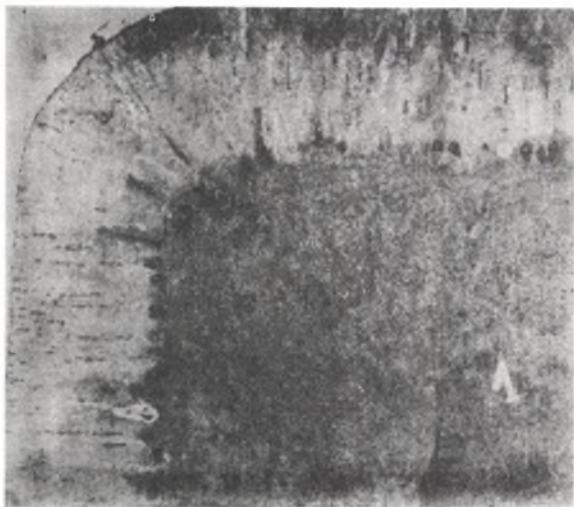
Rys. 5. Fotografia próby głębokiego trawienia głowy wlewka odlanego wg wariantu II



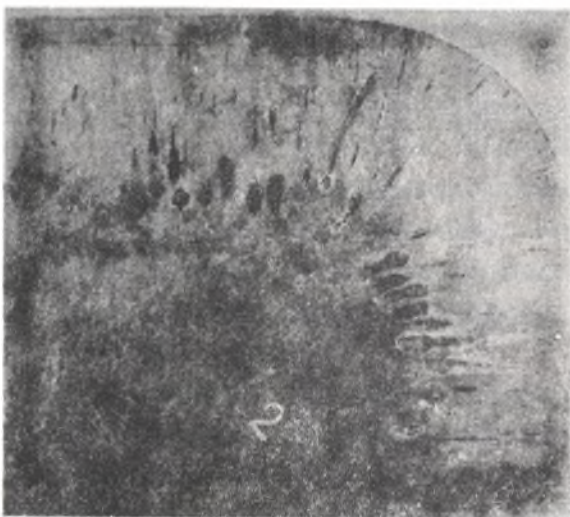
Rys. 6. Fotografia odbitki Baumanna głowy wlewka odlanego wg wariantu III



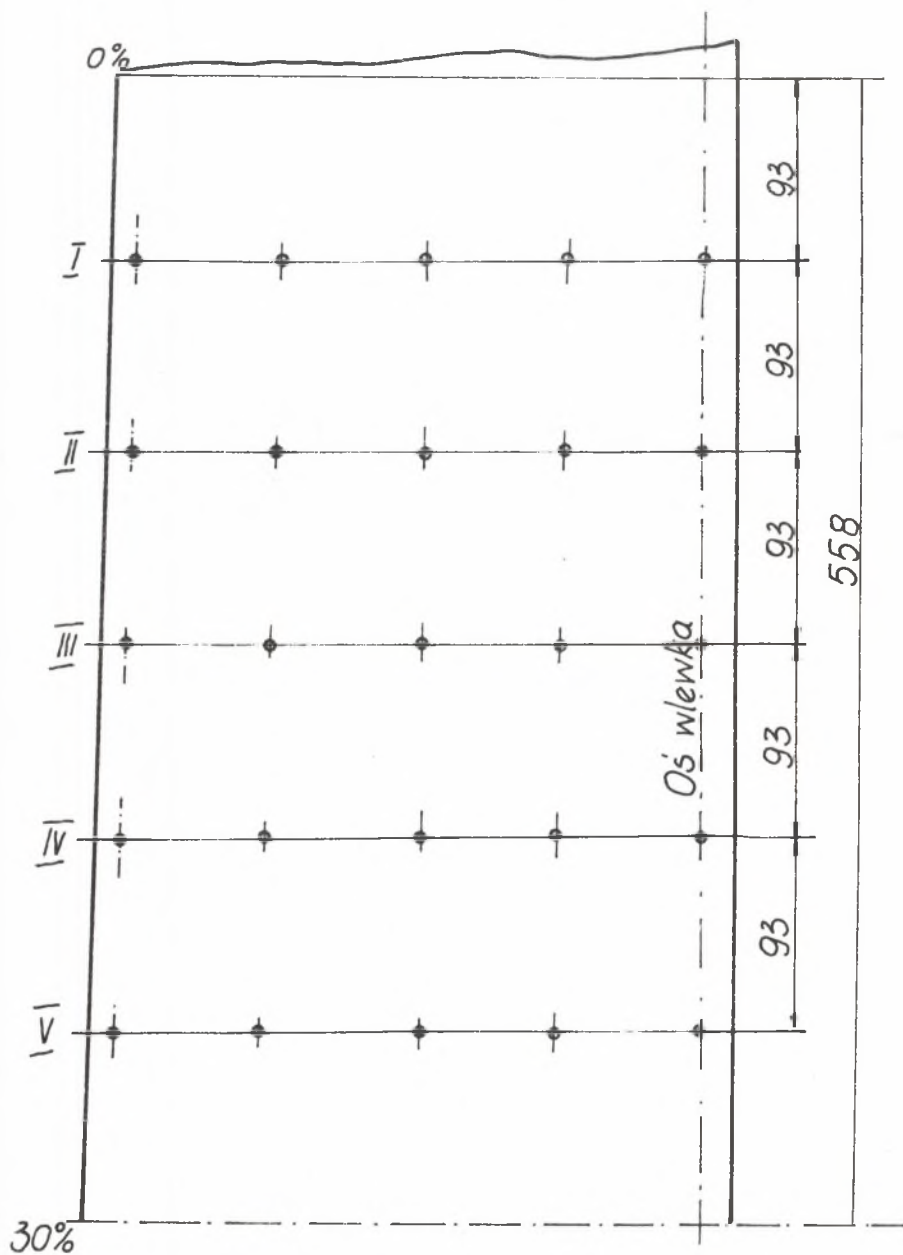
Rys. 7. Fotografia odbitki Baumanna głowy wlewka odlanego wg wariantu IV



Rys. 8. Fotografia próby głębokiego trawienia głowy wlewka odlanego wg wariantu III



Rys. 9. Fotografia próby głębokiego trawienia głowy wlewka odlanego wg wariantu IV



Rys. 10. Schemat pobierania i oznaczania próbek z głowy wlewka dla wykonania analiz chemicznych na segregację domieszek

3.2. Analiza wyników badań

Struktury głów wlewków nakrytych za pomocą aluminium i żelazokrzemu 75% wg wariantów I i II przedstawiają rys. 2-5. Grubość warstwy bezpęcherzowej we wlewkach z wariantu I wynosi 40 mm, a dla wlewka z wariantu II - 45 mm.

Wlewek nakryty aluminium na wysokości 92,5% od stopy posiada ślady rzadzinny osiowej oraz w strefie naskórkowej nakładzie szczególnie pod powierzchnią wlewka. Struktura wlewka nakrytego żelazokrzemem 75% jest bardziej zwała.

Strukturę głów wlewków wg wariantów III i IV przedstawiają rys. 6-9. Grubość warstwy bezpęcherzowej w obu wlewkach jest w przybliżeniu jednakowa i wynosi w dolnej części ok. 60 mm. Wlewek nakryty aluminium posiada zwała budowę z niewielką ilością nakładów. Natomiast wlewek nakryty żelazokrzemem 75% posiada w górnej części skupioną rzadzinę, co spowodowane zostało prawdopodobnie przebiegiem przez ciekłą stal powierzchni głowy wlewka.

Analizując zestawienia w tablicach 1, 2, 3 stwierdzono, że najmniejszy stopień segregacji występuje we wlewkach wg wariantów I i II. Natomiast dla wariantów III i IV stopień segregacji jest wyraźnie większy. Zjawisko tłumaczy się dłuższym czasem gotowania stali we wlewnicy. W wyniku czego na skutek ruchu stali wzdłuż frontu krzepnięcia do góry w osi wlewka w dół, segregujące domieszki koncentrują się w osi wlewka. Wcześniejsze zatrzymanie gotowania stali we wlewnicy zmniejsza stopień segregacji domieszek, jak również powoduje bardziej równomierne ich rozmieszczenie. W tablicy 3 zestawiono rozkład segregacji aluminium i krzemu w górnej, środkowej i dolnej części głowy wlewka (5, 15, 25% wysokości wlewka), z której wynika, że najczęściej segreguje aluminium (wariant III od 0,001-0,114% Al).

Nierównomierny rozkład aluminium można tłumaczyć tym, że po 4 minutach gotowania metalu prądy cyrkulacyjne są silnie rozwinięte i wciągają nierozpuszczone aluminium do głębszych części wlewka, w wyniku czego można spodziewać się, że te części wlewka będą silnie zanieczyszczone wtrąceniami tlenkowymi typu glinianów. Segregacja krzemu w wariantach II i IV jest niewielka i mieści się w granicach dopuszczal-

Tablica 1

Analiza chemiczna na segregację domieszek z głów wlewków wg wariantów I, III, II i IV

Numer i miejsce pobrania próby wg rys. 14	Skład chemiczny %												
	Wariant I			Wariant II			Wariant III			Wariant IV			
	Analiza kadziowa: C = 0,15% P = 0,017% S = 0,027%												
	C	P	S	C	P	S	C	P	S	C	P	S	
I (5%)	1	0,15	0,014	0,020	0,12	0,016	0,015	0,11	0,012	0,013	0,10	0,011	0,012
	2	0,15	0,016	0,026	0,13	0,016	0,022	0,22	0,020	0,036	0,11	0,014	0,015
	3	0,18	0,019	0,026	0,20	0,021	0,034	0,23	0,022	0,036	0,26	0,022	0,048
	4	0,18	0,018	0,026	0,18	0,018	0,030	0,23	0,021	0,037	0,29	0,029	0,050
	5	0,18	0,017	0,026	0,18	0,018	0,029	0,25	0,022	0,038	0,28	0,032	0,046
III (15%)	1	0,11	0,013	0,013	0,10	0,012	0,011	0,09	0,010	0,013	0,08	0,016	0,012
	2	0,18	0,020	0,027	0,15	0,014	0,020	0,14	0,015	0,020	0,12	0,016	0,017
	3	0,18	0,021	0,027	0,19	0,017	0,029	0,22	0,023	0,039	0,21	0,023	0,038
	4	0,21	0,026	0,027	0,20	0,020	0,033	0,22	0,022	0,038	0,20	0,025	0,035
	5	0,26	0,027	0,049	0,21	0,028	0,031	0,22	0,022	0,037	0,19	0,022	0,031
V (25%)	1	0,11	0,015	0,013	0,10	0,015	0,019	0,10	0,013	0,013	0,11	0,015	0,013
	2	0,17	0,022	0,028	0,20	0,020	0,023	0,12	0,014	0,021	0,10	0,015	0,010
	3	0,19	0,023	0,029	0,21	0,021	0,028	0,21	0,020	0,036	0,21	0,020	0,035
	4	0,21	0,023	0,033	0,21	0,021	0,032	0,17	0,018	0,028	0,20	0,018	0,032
	5	0,22	0,025	0,041	0,18	0,022	0,026	0,17	0,019	0,026	0,16	0,017	0,026

Tablica 2

Stopień segregacji dla C, P, S z głów wlewków wg wariantów I, II, III i IV

Poziom pobrania próby (%) od góry wlewka	Nr próby i składnik segregujący	Wariant I	Wariant II	Wariant III	Wariant IV
I (5%)	1	C	0	-20,0	-26,7
		P	-17,7	-5,9	-33,4
		S	-26,0	-29,4	-35,4
	5	C	-44,5	-51,8	-55,5
		P	+20,0	+20,0	+66,7
		S	0	+29,4	+86,5
III (15%)	1	C	+5,9	+40,8	+88,0
		P	-3,7	+7,9	+70,0
		S	-26,7	-33,4	-40,0
	5	C	-23,6	-41,1	-46,6
		P	-51,8	-59,0	-55,5
		S	+73,5	+40,0	+26,7
V (25%)	1	C	+59,0	+29,4	+29,4
		P	+81,5	+37,0	+14,8
		S	-26,7	-33,4	-33,4
	5	C	-11,8	-23,6	-26,7
		P	-51,8	-51,8	-11,8
		S	+46,6	+13,3	+6,6
	1	C	+47,0	+11,8	0
		P	+52,0	-3,7	-3,7
		S			
	5	C			
		P			
		S			

Tabela 3

Zestawienie zawartości aluminium i krzemu w głowach wlewków
wg wariantów I, II, III i IV

Poziom pobrania próby (%) od góry wlewka	Nr próby i składnik segregują- cy	Wariant I	Wariant II	Wariant III	Wariant IV
I (5%)	1 Al	0,008	-	0,001	-
	Si	-	0,18	-	0,03
	2 Al	0,001	-	0,008	-
	Si	-	0,05	-	0,04
	3 Al	0,000	-	0,060	-
	Si	-	0,06	-	0,05
	4 Al	0,000	-	0,058	-
	Si	-	0,09	-	0,06
	5 Al	0,000	-	0,058	-
	Si	-	0,08	-	0,07
III (15%)	1 Al	0,003	-	0,000	-
	Si	-	0,02	-	0,01
	2 Al	0,007	-	0,003	-
	Si	-	0,07	-	0,02
	3 Al	0,001	-	0,056	-
	Si	-	0,05	-	0,04
	4 Al	0,002	-	0,070	-
	Si	-	0,05	-	0,04
	5 Al	0,003	-	0,057	-
	Si	-	0,05	-	0,03
V (25%)	1 Al	0,000	-	0,000	-
	Si	-	0,02	-	0,04
	2 Al	0,002	-	0,001	-
	Si	-	0,07	-	0,02
	3 Al	0,000	-	0,001	-
	Si	-	0,07	-	0,05
	4 Al	0,000	-	0,107	-
	Si	-	0,06	-	0,05
	5 Al	0,000	-	0,114	-
	Si	-	0,06	-	0,04

nych dla stali nieuspokojonych. Wyższe zawartości krzemu stwierdza się w wariancie II. Powyższe stwierdzenia są zgodne z danymi literaturowymi [5, 6].

4. Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

1. Najkorzystniejsze wyniki jednorodności struktury i składu chemicznego uzyskano w przypadku nakrywania chemicznego za pomocą żelazokrzemu 75% po upływie 4 minut od zakończenia odlewania.
2. Grubość warstwy bezpęcherzowej wlewka jest tym większa, im dłuższy jest czas gotowania stali we wlewnicy.
3. Przy nakrywaniu chemicznym tak za pomocą aluminium, jak i żelazokrzemem 75%, dłuższy czas gotowania stali we wlewnicy powoduje większy stopień segregacji domieszek (C, P, S).
4. Przy dłuższym czasie gotowania stali we wlewnicy stopień segregacji aluminium jest większy.
5. W głowach wlewków z wariantów II i IV (nakrywanych żelazokrzemem 75%) nie stwierdzono dużych różnic w zawartości krzemu.

LITERATURA

1. Podynogin J.E., Judin N.S. - Stal, t. 21, 1961, nr 10 s. 889-894.
2. Lewin S.L. i inni - Izv. Wyższ. Učzeb. Zaw. Czorn. Mieżtałł. t. 7, 1964, nr 8, s. 44-49.
3. De Rousiers G. - Revue de Metallurgie 1966, nr 7-8, s. 647-650.
4. Mazanek T. - "Hutnik" 1966, nr 9, s. 376-379.
5. Uzjenko A.M. i inni - Stal 1958, nr 10, s. 899-905.
6. Smirnow L.A. i inni - Stal 1965, nr 9, s. 798-802.

ВЛИЯНИЕ ВИДА ХИМИЧЕСКОГО ЗАКУПОРОВАНИЯ СЛИТКА НА МИКРОСТРУКТУРУ И СЕГРЕГАЦИЮ ЭЛЕМЕНТОВ В СЛИТКЕ КИПАЩЕЙ СТАЛИ

Р е з ю м е

Авторы статьи пытались в промышленных условиях установить связь между видом раскислителя и моментом его добавления в изложницу во время химического закупоривания слитка кипящей стали на их структуру и сегрегацию элементов. Раскислителями были алюминиевые гранулы молотый 75% ферросилиций в количестве 0,3 кг/т стали.

Слитки закупоривали через минуту и через четыре минуты после окончания разливки. Оценивали качество слитков с учётом отпечаток на серу, травления и сегрегации элементов на поперечных темплетах головной части слитка.

THE INFLUENCE OF THE CHEMICAL FILLING ON THE MICROSTRUCTURE AND SEGREGATION OF ADMIXTURE IN THE INGOT OF RIMMING STEEL

S u m m a r y

The investigations on the influence of the kind of deoxidizer and the time of its introduction into the mould during the chemical covering of the ingot rimming steel, on the structure and the segregation of components were carried out.

As deoxidizers were used aluminium granulated and ferrosilicon (75% Si) in the amount of 0,3 kg/t of steel. The covering was made after 1 and 4 minutes after the end of the moulds filling.

The evaluation of the ingot quality on the base of Baumann test, deep corrode test and the distribution of segregations test on the ingot head sections were carried out.