

Ireneusz Telejko, Andrzej Chojecki

Instytut Technologii i Mechanizacji Odlewnictwa AGH - Kraków

## POWSTAWANIE BŁONEK TLENKOWYCH W STALIWIE CHROMOWYM

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono mechanizm tworzenia się błonek tlenkowych na ciekłym staliwie stopowym. Błonki tlenkowe obniżają własności odlewnicze staliwa, powodując powstawanie braków. Podano szereg uwag praktycznych, zmierzających do zmniejszenia ilości błonek tlenkowych.

### 1. Wstęp

Wszystkie staliwa niskowęglowe, zawierające znaczną ilość chromu, a także tytanu, krzemu, aluminium są skłonne do tworzenia błonek tlenkowych. Błonka taka, tworząca się na odkrytej powierzchni ciekłego stopu znacznie zmniejsza lejność, obniża właściwości mechaniczne i jest przyczyną szeregu wad odlewów. Błonki tworzące się przed zakończeniem zalewania przeważnie pozostają w odlewie, przywierając do ścian formy i rdzenia, często się przy tym rozrywają, zawijają, są zalewane wciąż nowym postępującym metalem. Niechendzi [1] podaje, że nie udało mu się otrzymać zdrowego odlewu bez zastosowania specjalnych metod odlewania, gdy zawartość chromu w staliwie wynosiła już 5%. Otrzymanie odlewów z możliwie najmniejszą ilością błonek, a zatem i wad nimi spowodowanych, jest w tych gatunkach staliwa zagadnieniem specjalnym.

Wzrost temperatury ciekłej stali zmniejsza ilość błonek; dlatego rozlewanie stali o wysokiej zawartości chromu przeprowadza się z reguły przy bardzo dużym przegrzaniu kąpieli. Jest to oczywiście z wielu względów bardzo niekorzystne. Autorzy podjęli próbę kompleksowego ujęcia problemu błonek tlenkowych z punktu widzenia termodynamiki procesu.

Przyjęto następujące założenia:

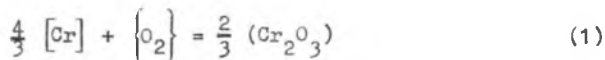
1. Błonka tlenkowa tworząca się na powierzchni stali jest wynikiem utlenienia rozpuszczonego w niej chromu.
2. W układzie podwójnym Fe-Cr uniknięcie powstawania błonek nie jest możliwe w zakresie temperatur osiągalnych w procesach stalowniczych, ponieważ w tych temperaturach zmiana energii swobodnej reakcji utleniania chromu jest zawsze ujemna.

3. Zanik stałej błonki następuje w przypadku jej redukcji przez inne składniki stali, tworzące tlenki gazowe lub ciekłe.
4. Aktywność tlenku chromu w błonce jest równa jedności.

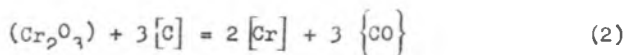
Dwa pierwsze założenia są wynikiem bezpośredniej obserwacji, natomiast trzecie wymaga bardziej szczegółowego wyjaśnienia. Zakłada się tu mianowicie, że obecność chromu w roztworze zawsze powoduje tendencję do tworzenia stałej błonki  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , z tym że w obecności innych pierwiastków ulega ona natychmiastowej redukcji. W ten sposób można tłumaczyć na przykład ogromny wpływ węgla na proces tworzenia się błonek. W obecności tego pierwiastka stałe błonki na powierzchni metalu obserwuje się tylko do momentu osiągnięcia przez metal określonej temperatury. Wzrost aktywności węgla powoduje jej obniżenie. Stanowi to potwierdzenie przyjętego założenia. Można zatem stwierdzić, że błonka nie utworzy się (lub ulegnie redukcji zaraz po utworzeniu), jeżeli w metalu znajdzie się pierwiastek, dla którego krytyczna aktywność tlenu będzie mniejsza niż dla chromu. Spośród podstawowych składników stali chromowych i chromowo-niklowych takie działanie może wykazywać jedynie węgiel i krzem. Krzem może wytworzyć ciekłą błonkę jedynie w przypadku powstania krzemianów z tlenkiem manganu czy żelaza, podczas gdy stwierdzono jednoznacznie, że mangan w stali wysoko-chromowej nie ulega utlenieniu, zaś  $\text{FeO}$  pojawia się we wtrąceniach jedynie przy zawartości chromu poniżej 7-8% [2]. Utworzenie stałej krzemionki w niczym nie ułatwia procesu zalewania, podobnie zresztą jak  $\text{Al}_2\text{O}_3$  czy  $\text{TiO}_2$ , trwalsze w znacznie wyższych temperaturach niż tlenek chromu. Czwarte założenie sprowadza się do stwierdzenia, że w błonce występują wolne tlenki chromu. Biorąc pod uwagę niską rozpuszczalność  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  w układach żużlowych, wynoszącą poniżej 5%, założenie to jest całkowicie uzasadnione.

## 2. Warunki termodynamiczne tworzenia i redukcji błonek tlenkowych

Tworzenie tlenku chromu przebiega według reakcji:



W wysokich temperaturach następuje reakcja redukcji tlenku chromu węglem



Stała równowagi tej reakcji jest równa:

$$K_p = \frac{a_{\text{Cr}}^2 \cdot p_{\text{CO}}^3}{a_{\text{Cr}_2\text{O}_3} \cdot a_{\text{C}}^3} \quad (3)$$

Ponieważ  $a_{\text{Cr}_2\text{O}_3} = 1$  i  $p_{\text{CO}} = 1 \text{ atm}$ , wzór (3) po zlogarytmowaniu sprowadza się do postaci:

$$\lg K_p = 2 \lg f_{\text{Cr}} + 2 \lg \% \text{Cr} - 3 \lg \% \text{C} - 3 \lg f_{\text{C}} \quad (4)$$

Zmiana energii swobodnej reakcji (2) jest równa

$$\Delta F_e = \Delta F_2^0 + 19,14 T \lg K_p \quad (\text{J/mol}) \quad (5)$$

gdzie:

$\Delta F_2^0$  - standardowa zmiana energii swobodnej,

T - temperatura,

f - współczynnik aktywności.

Temperatura, dla której  $\Delta F = 0$ , jest temperaturą powstawania błonki w stali, której skład chemiczny wyrażony jest stałą równowagi  $K_p$ . Współczynniki aktywności można wyliczyć ze wzoru Wagnera [3]:

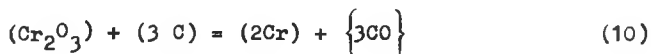
$$\lg f_{\text{Cr}} = e_{\text{Cr}}^{\text{Cr}} \% \text{Cr} + e_{\text{Cr}}^{\text{C}} \% \text{C} + e_{\text{Cr}}^{\text{Si}} \% \text{Si} \quad (6)$$

$$\lg f_{\text{C}} = e_{\text{C}}^{\text{C}} \% \text{C} + e_{\text{C}}^{\text{Cr}} \% \text{Cr} + e_{\text{C}}^{\text{Si}} \% \text{Si} \quad (7)$$

gdzie:

e - parametr oddziaływania.

Reakcję podstawową redukcji błonki tlenkowej węglem można uzyskać odejmując stronami reakcje:



Według danych [4] standardowa zmiana energii swobodnej wynosi:

dla reakcji (8)

$$\Delta F_8^0 = - 22400 - 39,6 T \quad [\text{J/mol}],$$

dla reakcji (9)

$$\Delta F_9 = - 887\,400 + 393\,T \left[ \text{J/mol} \right].$$

Dla reakcji podstawowej (2) standardowa zmiana energii swobodnej jest równa:

$$\Delta F_2^0 = 3\Delta F_8^0 - \Delta F_9^0 = 820200 - 511,8\,T \left[ \text{J/mol} \right] \quad (11)$$

Po podstawieniu zależności (11) do (5) oraz po uporządkowaniu dla  $\Delta F=0$  otrzymuje się:

$$T_x = \frac{820200}{511,8 - 19,14 \lg K_p} \quad (12)$$

Zróżniczkowanie wzoru (12) pozwala wyliczyć współczynniki ujmujące wpływ składników stopowych na zmianę temperatury powstawania błonki.

$$\omega_T^{Cr} = \frac{\partial T}{\partial \%Cr} = \frac{-A}{M_x^2} R \left[ \frac{2}{2,3 \cdot \%Cr} + a \right], \quad (13)$$

$$\omega_T^C = \frac{\partial T}{\partial M_x^2} = \frac{-A}{M_x^2} (-R) \left[ \frac{3}{2,3 \cdot \%C} + b \right], \quad (14)$$

$$\omega_T^{Si} = \frac{\partial T}{\partial \%Si} = \frac{-A}{M_x^2} \cdot C (-R), \quad (15)$$

gdzie:

$$R = 19,14 \left[ \text{J/mol deg} \right]$$

$$A = - 820200 \left[ \text{J/mol} \right]$$

$$M_x = - 511,8 + R (2 \log \%Cr + a \%Cr) - R(3 \lg \%C + b \%C) - R_c \%Si,$$

$$a = 2e_{Cr}^{Cr} - 3e_C^{Cr}, \quad (16)$$

$$b = 3e_C^C - 2e_{Cr}^C, \quad (17)$$

$$c = 3e_C^{Si} - 2e_{Cr}^{Si}. \quad (18)$$

Zmianę temperatury powstawania błonki ze zmianą koncentracji składnika można wyliczyć ze wzoru:

$$T(x_n + \Delta x_n) = T_x + \frac{dT}{\partial x_1 \dots \partial x_n} \cdot \Delta x_1, \Delta x_2 \dots \Delta x_n, \quad (19)$$

gdzie:

$T(x_n + \Delta x_n)$  - temperatura powstawania błonki przy zmianie zawartości składników  $x_n$  o wielkość  $\Delta x_1, \Delta x_2 \dots \Delta x_n$ ,

$T_x$  - temperatura powstawania błonki dla zawartości poszczególnych składników  $x_1, x_2 \dots x_n$ .

Sprawdźmy teraz, czy zmiana stężenia składnika wywołuje liniową zmianę temperatury. W tym celu w tablicach 1 - 3 zestawiono wyniki obliczeń ze wzorów (12) i (19). Do obliczeń przyjęto [5]:

$$e_C^C = 0,21, e_C^{Cr} = -0,020, e_C^{Si} = 0,107, e_{Cr}^{Cr} = 0,0129, e_{Cr}^C = 0,10,$$

$$e_{Cr}^{Si} = 0,035.$$

Tablica 1

Zmiana temperatury tworzenia błonki ze zmianą zawartości chromu

Zawartość chromu %	Temperatura wg wzoru (12) °K	Temperatura wg wzoru (19) °K	Poprawka deg
14	2018,3	2018,3	0
18	2084,1	2084,54	-0,44
22	2148,6	2150,78	-2,18
26	2214,60	2217,02	-2,42

Tablica 2

Zmiana temperatury powstawania błonki ze zmianą zawartości węgla

Zawartość węgla %	Temperatura wg wzoru (12) °K	Temperatura wg wzoru (19) °K	Poprawka deg
0,2	2018,3	2018,3	0
0,3	1958,78	1947,13	11,65
0,4	1915,73	1875,95	39,76
0,5	1881,47	1804,77	76,70
0,6	1852,66	1733,59	119,07

Tablica 3

Zmiana temperatury powstawania błonki ze zmianą zawartości krzemu

Zawartość krze- mu %	Temperatura wg wzoru (12) °K	Temperatura wg wzoru (19) °K	Poprawka deg
0,9	2018,3	2018,3	0
1,2	2011,16	2011,85	-0,69
1,5	2004,07	2005,40	-1,33
1,8	1997,03	1983,95	-1,92
2,1	1990,03	1992,50	-2,47

Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że zmiana zawartości chromu i krzemu w rozważanym zakresie stężeń wywołuje liniową zmianę temperatury tworzenia błonek. Wystarczy zatem zmierzyć lub obliczyć ze wzoru (12) temperaturę  $T_x$  powstawania błonki w stali chromowej o jakiejkolwiek zawartości chromu, mieszczącej się w granicach 14-26% chromu, a następnie ze wzoru (19), przy pomocy współczynników danych zależnościami (13) i (15) obliczyć temperaturę tworzenia błonki w stali o dowolnej zawartości chromu i krzemu. Wzór (19) może być również stosowany do obliczenia zmiany temperatury powstawania błonki w stali chromowej przy zmianie zawartości węgla; należy jednak wtedy wprowadzić poprawkę z tablicy 2.

Po uwzględnieniu podanych uwag wzór (19) przyjmie postać:

$$T_{(x+\Delta x)} = T_x + \omega_T^{Cr} \cdot \Delta \%Cr + \omega_T^{Si} \cdot \Delta \%Si + \omega_T^C \cdot \Delta \%C + \delta, \quad (20)$$

gdzie:

$\omega_T^{Cr}$ ,  $\omega_T^{Si}$ ,  $\omega_T^C$  - współczynniki wpływu Cr, Si i C na temperaturę tworzenia błonki tlenkowej, dane równaniami (13-15),

$\Delta \%Cr$ ,  $\Delta \%Si$ ,  $\Delta \%C$  - zmiana stężenia chromu, krzemu i węgla w stosunku do staliwa, dla którego temperatura powstawania błonki wynosi  $T_x$ ,

$\delta$  - poprawka, dana w tablicy 2.

Wiadomo, że błonki tlenkowe tworzą się nie tylko w staliwie chromowym, lecz również w innych gatunkach staliwa, zawierających między innymi chrom. Powszechnie stosowane jest staliwo chromowo-niklowe, przy czym zawartość niklu w tym staliwie nie jest na ogół mniejsza niż 7%. Przy przyjęciu założeń analogicznych jak dla staliwa chromowego i przy uwzględnieniu wpływu niklu na wartość współczynnika aktywności chromu i węgla, podjęto próbę wyprowadzenia zależności, pozwalających ująć ilościowo wpływ niklu w granicach 10-35% na temperaturę powstawania błonek w staliwie chromowo-niklowym.

Współczynnik wpływu niklu dany jest równaniem:

$$\omega_{T}^{Ni} = \frac{\partial T}{\partial \%Ni} = - \frac{A}{M_x^2} (-R) \cdot d, \quad (21)$$

gdzie:

$$d = 3 e_C^{Ni} - 2 e_{Cr}^{Ni}, \quad (22)$$

$$e_C^{Ni} = 0,012,$$

$$e_{Cr}^{Ni} = -0,0093,$$

$$M_x = -B + R(2 \lg \%Cr + a \%Cr) - R(3 \lg \%C + b \%C) - R c \%Si - R d \%Ni$$

$$A = -820200 \text{ (J/mol)}$$

$$B = 511,8 \text{ (J/mol.deg)},$$

$$R = 19,14 \text{ (J/mol.deg)}.$$

Zatem wzór do obliczenia temperatury powstawania błonki w staliwie chromowo-niklowym zawierającym 14,26% Cr i 10-35% Ni ma postać:

$$T_{Cr-Ni} = T(x + \Delta x) + \omega_{T}^{Ni}, \quad (23)$$

gdzie:

$$T(x + \Delta x) \text{ - zależność dana wzorem (20).}$$

### 3. Sprawdzenie przyjętego modelu procesu tworzenia błonek w staliwie chromowym i chromowo-niklowym

Sprawdzenie przyjętego modelu polega na zestawieniu wyników obliczeń i pomiarów.

Przeprowadzimy obliczenia temperatury powstawania błonki w staliwie LH14 zawierającym C = 0,20%, Si = 0,5% oraz Cr = 14,5%.

Obliczamy wartość współczynników aktywności ze wzorów (6) i (7):

$$\lg f_{Cr} = 0,0129 \cdot 14,5 - 0,10 \cdot 0,20 + 0,035 \cdot 0,5 = 0,1845,$$

$$\lg f_C = 0,21 \cdot 0,2 - 0,020 \cdot 14,5 + 0,107 \cdot 0,5 = -0,194.$$

Ze wzoru (4) wyliczymy:

$$\lg K_p = 2 \cdot 0,1845 + 2 \cdot 1,161 + 3 \cdot 0,194 + 3 \cdot 0,699 = 5,3706.$$

Po podstawieniu wyliczonych wartości do wzoru (12) otrzymuje się:

$$T_{LH14} = \frac{820200}{511,8 - 19,14 \cdot 5,3706} = 2005^{\circ}\text{K}$$

Obliczona w analogiczny sposób temperatura powstawania błonki w staliwie LH26 zawierającym: C = 0,45%, Si = 0,70% oraz Cr = 24,7% wynosi 1998<sup>o</sup>K. Temperaturę tworzenia błonki w staliwie LH26 można obliczyć również ze wzoru (20).

Podstawiając wartości liczbowe do wzorów (16÷18) otrzymuje się:

$$a = 0,0258 + 0,060 = 0,0858$$

$$b = 0,63 + 0,20 = 0,83$$

$$c = 0,321 - 0,070 = 0,251$$

Ze wzorów (13÷15) wyliczymy:

$$\omega_T^{Cr} = 4,9 \cdot 19,14 \left[ \frac{2}{2,3 \cdot 14,5} + 0,0858 \right] = 13,66$$

$$\omega_T^C = 4,9 \cdot (-19,14) \left[ \frac{3}{2,3 \cdot 0,2} + 0,83 \right] = -692,28$$

$$\omega_T^{Si} = 4,9 \cdot (-19,14) \cdot 0,251 = -23,53$$

Wartości te podstawiamy do wzoru (20), przyjmując:

$$\Delta\%C = 0,25; \quad \Delta\%Cr = 10,2; \quad \Delta\%Si = 0,20; \quad \delta = 39,76 = 40 \text{ deg,}$$

Otrzymuje się wówczas:

$$T_{LH26} = T_{LH14} + 13,66 \cdot 10,2 - 692,28 \cdot 0,25 + 40 - 0,2 \cdot 23,53 = 2005 - 3 = 2002^{\circ}\text{K}$$

Pomiary temperatury powstawania błonek, przeprowadzono bezpośrednio w piecu indukcyjnym. Stal przegrzewano aż do momentu, kiedy lustro metalu było czyste. Następnie wyłączano piec i obserwowano metal. W momencie, kiedy pokazywała się błonka, mierzono temperaturę termoelementem Pt-PtRh18. W tabelicy 4 zestawiono wyniki pomiarów i obliczeń temperatury początku tworzenia się błonek w staliwie chromowym.



Tablica 4

Wyniki pomiarów i obliczeń temperatury powstawania błonek w staliwie chromowym

Gatunek staliwa	Skład chemiczny, %						Temperatura powstawania błonki, °C	
	C	Mn	Si	P	S	Cr	zmierzona	wyliczona
LH14	0,23	0,44	0,40	0,018	0,026	14,7	1710	1732
	0,18	0,47	0,66	0,021	0,030	14,6	1730	
	0,15	0,53	0,62	0,020	0,022	14,1	1730	
	0,18	0,54	0,47	0,022	0,017	14,7	1720	
LH26	0,42	0,26	0,78	0,034	0,018	24,7	1730	1729
	0,47	0,29	0,66	0,033	0,017	25,1	1710	
	0,48	0,35	0,64	0,034	0,017	25,1	1720	

Jak widać, obliczone temperatury początku tworzenia się błonek w staliwie chromowym, wykazują dobrą zgodność z pomiarami.

Inaczej jest, jeżeli staliwo zawiera jeszcze nikiel. Temperatura obliczona ze wzorów (12) czy (20), z uwzględnieniem zależności (21), odbiega od temperatury zmierzonej, szczególnie dla staliwa LH18N9. Dla staliwa, zawierającego wyższe wartości niklu, różnice te są mniejsze. Można na tej podstawie sądzić, że przyjęte założenie, iż wartości współczynników oddziaływania niklu na aktywność węgla i chrom nie zależą od zawartości niklu, nie jest słuszne.

Wykonano pomiary wpływu zawartości niklu na temperaturę tworzenia się błonek. Ustalono następującą zależność:

$$T = 1908 - 19,38 (\%Ni) + 0,36 (\%Ni)^2 - 19 \cdot 10^{-4} (\%Ni)^3, \quad (24)$$

gdzie:

T - temperatura początku tworzenia się błonki, °K.

Różniczkując zależność (24) otrzymuje się:

$$\omega_T^{Ni} = -19,38 + 0,72 (\%Ni) - 57 \cdot 10^{-4} (\%Ni)^2 \quad (25)$$

Przeprowadzimy obliczenia temperatury tworzenia się błonek dla staliwa LH18N9. Przy zawartości 9% Ni, parametr wpływu niklu na temperaturę tworzenia błonki jest równy:

$$\omega_T^{Ni} = -19,38 + 0,72 \cdot 9 - 57 \cdot 10^{-4} \cdot 81 = -13,3$$

Po podstawieniu tej wartości do wzoru (21) otrzymujemy się:

$$T_{LH18N9} = T_{LH14} + 13,66 \cdot 4 - 692,28 \cdot 0,05 - 9 \cdot 13,3 = 1635^{\circ}\text{C} = 1908^{\circ}\text{K}.$$

Do obliczeń przyjęto  $\Delta\%Cr = 4$ ;  $\Delta\%C = 0,05$ ;  $\Delta\%Ni = 9$ .

W analogiczny sposób obliczono temperatury tworzenia błonki w staliwie LH25N19S2 i L35H17N37S. W tablicy 5 zestawiono wyniki obliczeń z wynikami pomiarów temperatur powstawania błonek.

Tablica 5

Wyniki pomiarów i obliczeń temperatury powstawania błonek w staliwie chromowo-niklowym

Gatunek staliwa	Skład chemiczny, %							Temperatura powstawania błonki, °C	
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	zmierzona	wyliczona
LH18N9	0,13	0,25	0,62	0,016	0,016	17,4	9,8	1650	1635
	0,12	0,25	0,74	0,028	0,017	17,3	9,0	1660	
	0,14	0,27	0,92	0,020	0,017	18,1	8,3	1640	
	0,11	0,27	0,87	0,025	0,018	17,3	9,3	1670	
LH25N19S2	0,15	0,36	2,30	0,030	0,016	24,0	18,7	1700	1688
	0,15	0,35	2,20	0,029	0,017	24,5	19,0	1710	
	0,16	0,38	2,40	0,030	0,016	24,5	19,4	1690	
L35H17N37S	0,22	0,54	1,98	0,025	0,021	17,2	38,1	1650	1632
	0,28	0,26	1,42	0,030	0,020	17,3	37,0	1640	
	0,30	0,36	1,62	0,023	0,018	17,1	38,0	1620	
	0,30	0,35	1,50	0,024	0,018	16,0	36,8	1640	

### Wniosek

Z przeprowadzonych badań wynika że temperatura zalewania odlewów ze staliwa wysokostopowego chromowego i chromowo-niklowego wykracza niż temperatury powstawania błonek są nie do przyjęcia w praktyce. Należy zatem stosować inne sposoby prowadzące do zmniejszenia ilości błonek w odlewach. Podstawowym parametrem jest tutaj spadek temperatury zalewanego metalu podczas zapełniania wnęki formy, który powinien być jak najmniejszy. Spadek ten jest związany ze sposobem doprowadzenia metalu i szybkości zalewania. Metal należy doprowadzić do wnęki formy przez umieszczenie dużej ilości wlewów. Zapełnienie wnęki formy musi być równomierne. Szybkość zalewania staliwa zawierającego chrom powinna być 1,5 do 2 razy większa niż staliwa węglowego [6,7]. Oprócz nadlewów należy stosować dużo przelewów,

umożliwiających wypływanie błonek. Zaleca się stosowanie form zamkniętych w których łatwiej można otrzymać atmosferę redukującą.

#### LITERATURA

1. Niechendzi Ju.A.: Stalnoje litje, Mietałkurgizdat, Moskwa, 1948.
2. Gruzin W.G.: Tiempieraturnyj režim litja stali. Mietałkurgizdat, Moskwa 1962.
3. Wagner C.: Thermodynamics of Alloys, Addison Wesley Press, Cambridge, 1952.
4. Elliot J., Gleisner M., Ramakrishna V.: Thermochemistry for Steelmaking t. 2, Addison Wesley Press, London, 1963.
5. Bodsworth C., Bell H.: Physical Chemistry of Iron and Steel Manufacture, Longmans, London, 1972.
6. Rous J.: Slevarenstvi 3, 1968, 103.
7. Gulajew B.B. i inni: Litiejnyje swojstwa mietałkow i spławow, Izd. Nauka, Moskwa, 1967.

#### ВОЗНИКНОВЕНИЕ ОКСИДНЫХ ПЛЕНОК В ХРОМИСТОЙ ЛИТОЙ СТАЛИ

#### Р е з ю м е

В работе описывается механизм образования оксидных пленок на жидком легированном стальном литье. Оксидные пленки занижают литейные свойства стального литья, вызывая возникновение пороков. Дается ряд практических рекомендаций для уменьшения количества оксидных пленок.

#### THE FORMATION OF OXIDE FILMS IN CHROMIUM CAST STEEL

#### S u m m a r y

The mechanism of forming oxide films in liquid alloy cast steel has been presented in the elaboration. Oxide films lower the casting properties of cast steel causing wasters. A number of practical advice have been given aiming at decreasing the amount of oxide films.