JÓZEF GAWROŃSKI
BERNARD KRAJCZY

WPŁYW KRZEMU I MAGNEZU NA WŁASNOŚCI ŻELIWA SFEROIDALNEGO ODLEWANEGO DO KOKIL

Streszczenie

Podano ilościową zależność między własnościami żeliwa sferoidalnego odlewanego do kokil grubościennych a zawartością krzemu,dodatkiem magnezu i grubością ścianki odlewu. Równocześnie wyznaczono wpływ zawartości krzemu na zabielenie odlewów oraz określono minimalne, konieczne do uzyskania pełnej sferoidyzacji ilości magnezu wprowadzonego do żeliwa w postaci zaprawy magnezowo-krzemowej.

1.Wstęp

Charakterystyczną cechą odlewania w kokilach jest duża intensywność stygnięcia odlewów. Otrzymanie niezabielonych odlewów z żeliwa sferoidalnego wymaga więc podwyższenia zawartości pierwiastków działających grafityzująco /C,Si/ lub wprowadzenia dodatków takich pierwiastków jak Al,Cu,Ni oraz stosowanie modyfikacji żeliwa za pomocą grafitu, Fe-Si,Al,Ca-Si. Istnieje na ogół zgodność odnośnie optymalnego składu chemicznego żeliwa sferoidalnego, np: dane radzieckie[1] zalecają następujący skład: 3,2-3,5%C, 2,5-3,0%Si, 0,4-0,7%Mn, do 0,12%P, do 0,03%S.

Według A.J. Zuithoff'a [2] skład chemiczny żeliwa powinien mieścić się w granicach: 3,8-4,0%C, 2,4-2,7%Si, 0,5-0,7Mn, do 0,1%P, do 0,02%S.

Powyższe składy chemiczne są optymalne dla odlewania w kokile cienkościenne, które zapewniają co prawda mniejszą intensywność stygnięcia odlewów, jednakże w czasie cyklu zalewania silnie się przegrzewają. Przegrzanie to według A.J. Wiejnika jest czynnikiem decydującym o żywotności kokil,

stąd istniejąca obecnie tendencja do stosowania kokil grubościennych zmusza do zwiększenia zawartości C,Si w żeliwie przy jednoczesnym obniżeniu ilości Mn.Wg A.M.Petriczenki [3] otrzymanie niezabielonych odlewów o ściankach 10-15 mm wymaga: podwyższenia zawartości C+Si do 6,5%, podgrzania kokil do temperatury 300-400°C, stosowania pokryć ochronnych o grubości przekraczającej 0,6 mm. Ponieważ dalsze zwiększanie zawartości C w żeliwie powoduje obniżenie własności mechanicznych odlewów, jedną z dróg otrzymania odlewów niezabielonych jest zwiększenie zawartości krzemu z jednoczesnym obniżeniem zawartości manganu.

2.Badania własne

2.1. Cel i metodyka badań

Celem badań było określenie wpływu podwyższonej zawartości krzemu oraz ilości wprowadzanego w procesie sferoidyzacji magnezu na strukturę i własności mechaniczne żeliwa sferoidalnego odlewanego do kokil.Powyższe zależności wyznaczano dla odlewów okrągłych o średnicach: 6,10,16, 25 i 40 mm.

Do badań użyto grubościennych kokil żeliwnych /ZL25/, których grubości ścianek obliczone metodą A.J.Wiejnika [4] podano w tablicy 1.

W y m i a r y k o k i l

Tablica 1

średnica odlewu $2X_1$ mm	6	10	16	25	40
Grubość ścianki kokil X_2 mm	28	37	48	63	84
wysokość kokili h mm	250	250	250	300	350

Pokrycie ochronne o składzie: 20%talku; 4%szkła wodnego, reszta wodą nanoszono na kokile za pomocą pistoletu natryskowego; grubość pokrycia wynosiła 0,3-0,4mm. Temperatura początkowa kokil wahała się w granicach 350-400°C.

Żeliwa wyjściowe wytapiano w zasadowym piecu indukcyjnym o pojemności 50 kg. Jako materiałów wsadowych używano surówki LH21 i M1 oraz złom stalowy, brakujące ilości krzemu uzupełniano dodatkiem Fe-Si75. Po stopieniu żeliwo odsiarczano przez wprowadzenie do pieca sody amoniakalnej w ilości 1%. Temperatura spustu żeliwa wynosiła 1420-1440°C /mierzona termoparą zanurzeniową PtRh10-Pt/.

Sferoidyzację żeliwa przeprowadzano zaprawą typu Fe-Si-Mg /9,82%Mg, 51%Si reszta Fe/ wprowadzaną do kadzi za pomocą dzwonu grafitowego. Ilość zaprawy zmieniano w granicach odpowiadających wprowadzeniu od 0,05 do 0,3% Mg. Po sferoidyzacji żeliwo modyfikowano dodatkiem 0,5% Fe-Si75.

W badaniach wykonano 12 wytopów zalewając każdorazowo 3 jednakowe komplety kokil. W pierwszej serii wytopów /Tabl.2.poz.1-6/ zmieniano ilość wprowadzonego magnezu, natomiast w drugiej serii /Tabl.2.poz.7-12/ zmianie ulegała zawartość krzemu w żeliwie wyjściowym.

Odlewy były usuwane z kokil w temperaturze 700-900°C i studzone dalej w suchym piasku. Wobec znacznego zabielenia odlewów o średnicy 6 i 10 mm oraz w celu otrzymania porównywalnych wyników wszystkie odlewy wyżarzano w temperaturze 950°C i studzono w powietrzu.

Pomiaru twardości odlewów surowych dokonano na zeszlifowanej pobocznicy odlewu a po obróbce cieplnej na pobocznicy łba próbki wytrzymałościowej.

Próbę rozciągania oraz pomiar wydłużenia przeprowadzono na próbkach wytoczonych z odlewów zgodnie z PN-63/H-83108. Dla odlewów Ø 10 mm średnica pomiarowa wynosiła 9,5 mm, natomiast próbki z odlewów Ø 6 mm zrywano w stanie nieobrobionym.

2.2. Wyniki badań

Skład chemiczny badanych wytopów podano w tablicy 2.

Własności mechaniczne rozpatrywanych żeliw przedstawiono na załączonych wykresach; rzędna każdego punktu jest wartością średnią z trzech wyników /wyniki dla próbek z wadami na przełomie odrzucano/.

Skład chemiczny badanych wytopów

Tablica 2

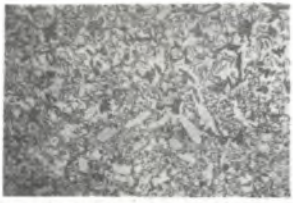
Nr wytopu	Skład chemiczny w %						Sc
	C	Si	Mn	P	S	Mgd*	
1	3,29	4,12	0,34	0,17	0,02	0,05	1,12
2	3,25	3,99	0,44	0,16	0,03	0,10	1,10
3	3,32	4,16	0,39	0,14	0,02	0,15	1,13
4	3,27	4,28	0,36	0,15	0,01	0,20	1,09
5	3,35	4,17	0,37	0,19	0,02,	0,25	1,15
6	3,12	4,07	0,43	0,12	0,03	0,30	1,04
7	3,40	2,36	0,40	0,07	0,03	0,20	0,97
8	3,41	3,20	0,56	0,11	0,02	0,20	1,05
9	3,41	3,29	0,51	0,14	0,03	0,20	1,07
10	3,45	3,69	0,49	0,06	0,04	0,20	1,11
11	3,36	4,21	0,40	0,17	0,01	0,20	1,16
12	3,08	4,59	0,47	0,08	0,04	0,20	1,10

* ilość magnezu wprowadzana do żeliwa

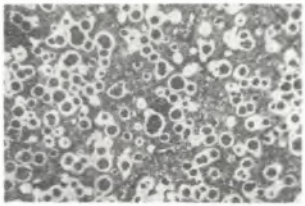
3. Analiza wyników badań

Analiza przeprowadzonych badań strukturalnych dla wytopów 1-6 potwierdza ścisłą zależność między minimalną ilością magnezu, konieczną do otrzymania grafitu sferoidalnego a grubością ścianki odlewu. Przy dodatku 0,05% Mg we wszystkich odlewach grafit występował w postaci płatkowej. Za minimalne ilości wprowadzanego w procesie sferoidyzacji magnezu można uznać odpowiednio dla odlewów o średnicy 6 i 10 mm oraz 16 i 25 mm wartości 0,10% i 0,15% Mg. Otrzymanie grafitu kulkowego w całym przekroju odlewu o średnicy 40 mm wymaga dodatku 0,20% Mg.

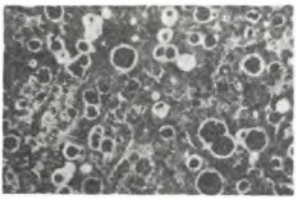
Analiza przedstawionych na rys.7,8 i 9 własności mechanicznych żeliwa z wytopów 1-6 potwierdza powyższe wnioski. Wzrost ilości wprowadzanego magnezu powyżej 0,1% powoduje wzrost wytrzymałości na rozciąganie



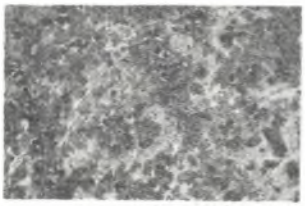
Rys.1.Struktura odlewu Ø 25, wytop 1; grafit płatkowy, ferryt.
Traw.nitalem, pow.100x



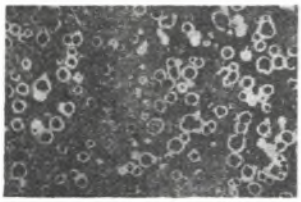
Rys.2.Struktura odlewu Ø 25, wytop 3; grafit kulkowy, perlit, ferryt, cementyt
Traw.nitalem, pow.100x



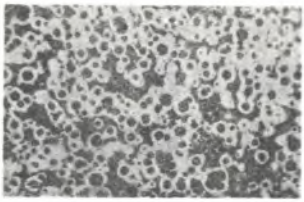
Rys.3.Struktura odlewu Ø 25, wytop 6; grafit kulkowy, perlit,ferryt, ledeburyt.
Traw.nitalem, pow.100x



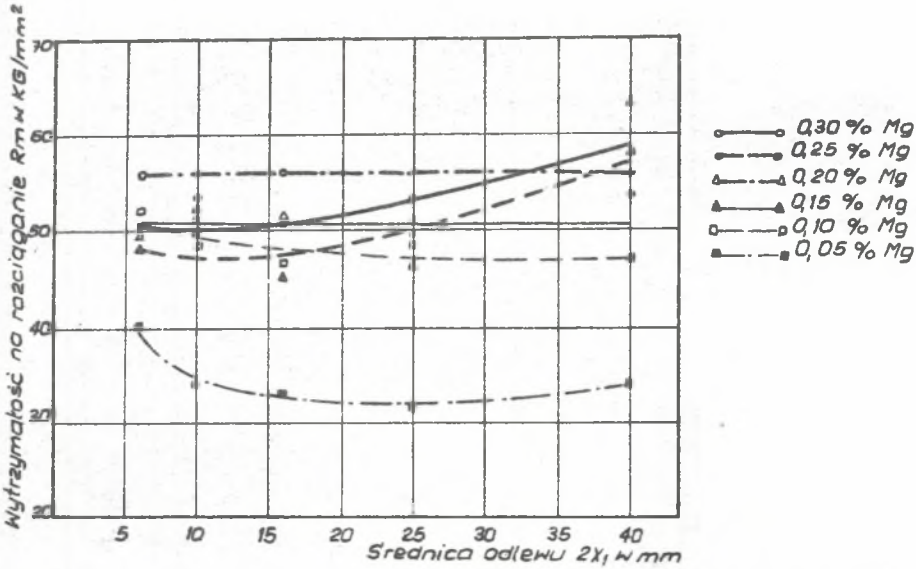
Rys.4,Struktura odlewu Ø 25, wytop 7; grafit kulkowy,perlit ledeburyt
Traw.nitalem , pow.100x



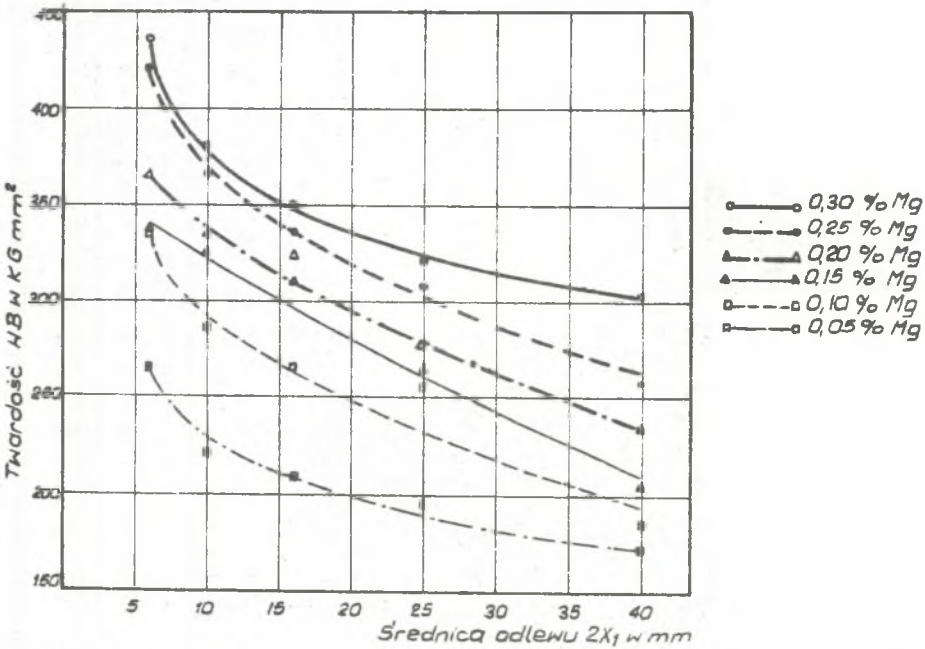
Rys.5.Struktura odlewu Ø 25, wytop 10: grafit kulkowy, perlit, ferryt,cementyt
Traw. nitalem pow.100x



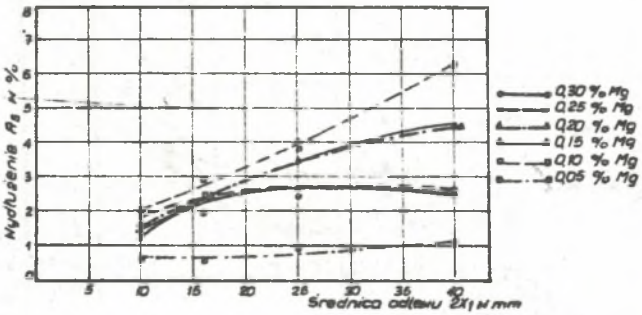
Rys.6.Struktura odlewu Ø 25, wytop 12; grafit kulkowy, ferryt, perlit, cementyt
Traw. nitalem, pow. 100x



Rys.7. Wytrzymałość na rozciąganie żeliwa sferoidalnego w zależności od dodatku Mg i grubości ścianki odlewu.



Rys.8. Twardość powierzchniowa przed obróbką cieplną żeliwa sferoidalnego w zależności od dodatku Mg i grubości ścianki odlewu.



Rys.9.Wydłużenie żeliwa sferoidalnego w zależności od dodatku Mg i grubości ścianki odlewu.

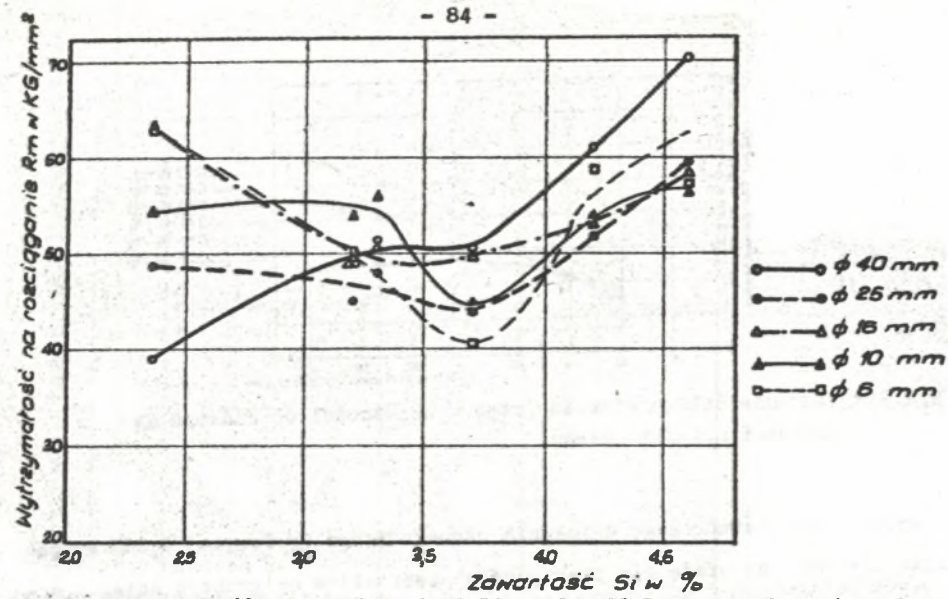
w wyniku perlitotwórczego działania magnezu] /rys.7/.Powyżej 0,20% Mg żeliwo sferoidalne staje się praktycznie niewrażliwe na grubość ścianki odlewu. Jednakże, zwiększanie ilości magnezu powyżej 0,15-0,20% ze względu na wzrost udziału cementytu w osnowie /rys.2,3/ i związany z tym znaczny wzrost twardości /rys.8/ jest niewskazane. Niższe Rm dla odlewów o średnicy od 6 do 25 mm, przy dodatku 0,25 i 0,30% Mg jest wynikiem obecności cementytu w osnowie / za krótki czas wyżarzania/.

Twardość żeliwa sferoidalnego po wyżarzaniu jest rzędu 250 HB przy rozrzucie nie przekraczającym 25HB.

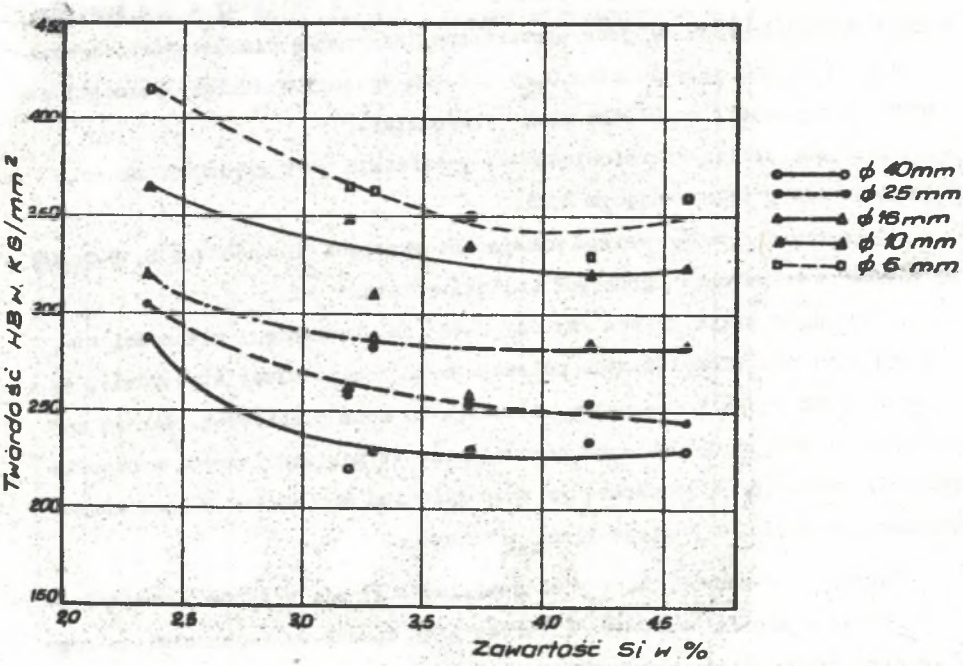
Wydłużenie /rys.9/ osiąga maksymalne wartości dla dodatku 0,10-0,20% Mg i rośnie ze wzrostem grubości ścianki odlewu.

Analizując wpływ krzemu /wytopy 7-12/ na strukturę i własności mechaniczne żeliwa sferoidalnego odlewanego do kokil należy stwierdzić, że jest on podobny jak w przypadku odlewania do form piaskowych. Wzrost zawartości krzemu od 2,4 do 4,6% powoduje wzrost udziału ferrytu w osnowie żeliwa /rys.4,5,6/ z jednoczesnym zmniejszeniem skłonności żeliwa sferoidalnego do zabieleń /maleje ilość cementytu/.

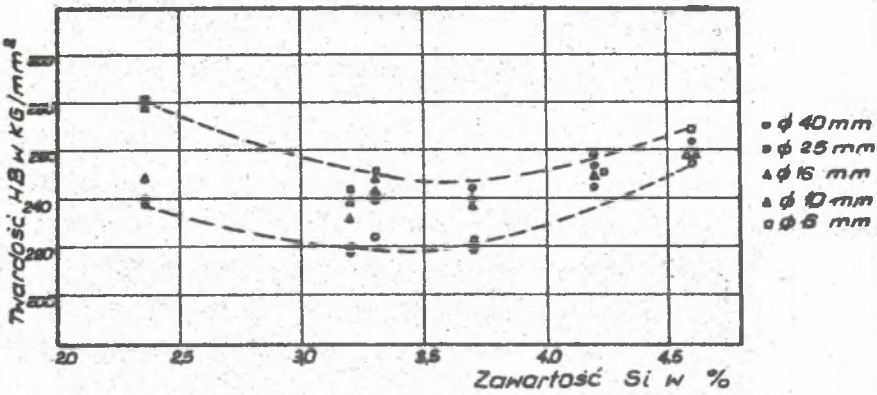
Wpływa to w sposób istotny na kształtowanie się własności mechanicznych żeliwa sferoidalnego. Charakterystyczny spadek wytrzymałości na rozciąganie, występujący w przypadku odlewania do form piaskowych przy zawartości około 3,0%Si,w wyniku większej intensywności stygnięcia, dla odlewów kokilowych ulega przesunięciu do zawartości ~ 3,7%Si.



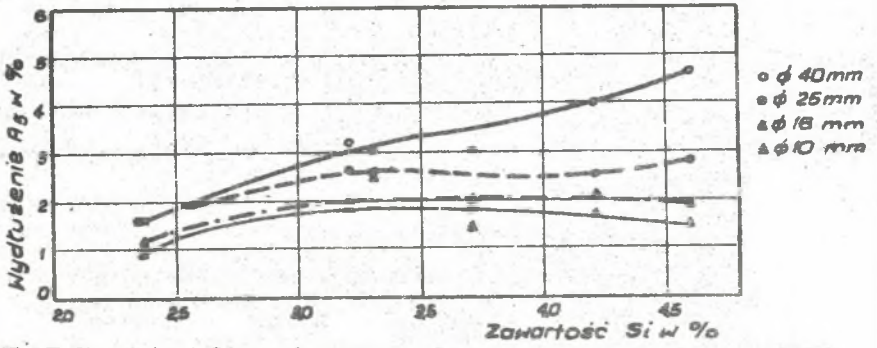
Rys.10. Wytrzymałość na rozciąganie żeliwa sferoidalnego w zależności od zawartości Si i grubości ścianki odlewu



Rys.11. Twardość powierzchniowa przed obróbką cieplną żeliwa sferoidalnego w zależności od zawartości Si i grubości ścianki odlewu



Rys.12. Twardość żeliwa sferoidalnego po obróbce cieplnej w zależności od zawartości Si i grubości ścianki odlewu.



Rys.13. Wydłużenie żeliwa sferoidalnego w zależności od zawartości Si i grubości ścianki odlewu.

Jak wynika z rys.10 i 12, ze wzrostem zawartości krzemu do 3,7% zarówno wytrzymałość na rozciąganie jak i twardość maleją w wyniku wzrostu ilości ferrytu w osnowie żeliwa. Dalszy wzrost zawartości krzemu, wobec zachodzącego procesu utwardzania się ferrytu powoduje wzrost twardości i wytrzymałości na rozciąganie.

Spadek wytrzymałości na rozciąganie w zakresie 2,36-3,7% Si występuje tym wyraźniej im mniejsza jest średnica odlewu, dla odlewu o średnicy 40 mm wytrzymałość na rozciąganie rośnie ze wzrostem zawartości krzemu od 2,36% do 4,6%.

Ze wzrostem zawartości krzemu i średnicy odlewu maleje stopień zabielenia odlewów, maleje tym samym twardość powierzchniowa odlewów w stanie surowym /rys.11/.

Wydłużenie /rys.13/ dla odlewów o średnicy 40 mm osiąga wartości maksymalne i rośnie ze wzrostem zawartości krzemu w żeliwie. Dla pozostałych średnic odlewów wzrost zawartości krzemu powyżej 3,3% praktycznie nie wpływa na wielkość wydłużenia, które kształtuje się na poziomie 1,5-2,0%. Należy sądzić, że obniżenie zawartości fosforu poniżej 0,1% zapewniłoby znacznie wyższe wartości wydłużenia kokilowego żeliwa sferoidalnego z podwyższoną zawartością krzemu.

4. Wnioski

1. Wzrost ilości wprowadzanego do żeliwa sferoidalnego magnezu /do 0,3%/ powoduje wzrost twardości i wytrzymałości na rozciąganie, wydłużenie, natomiast osiąga maksimum przy minimalnej ilości magnezu potrzebnej do procesu sferoidyzacji żeliwa.
2. Krytyczna wartość dodatku magnezu uzależniona jest od grubości ścianki odlewu i dla rozpatrywanych warunków odlewania wynosi 0,10% dla grubości ścianek 3-5 mm, 0,15% dla ścianek 5-13 mm oraz 0,20% dla zakresu 13-20 mm.
3. Podwyższenie zawartości krzemu powyżej 4% przeciwdziała zabieleniu odlewów w kokilach grubościennych; zapewnia jednocześnie otrzymanie żeliwa sferoidalnego o wytrzymałości R_m=50-55kG/mm^2 i wydłużeniu A_5 = 2-4%.

LITERATURA

1. Praca zbiorowa /tłumaczenie/ - Odlewanie kokilowe - poradnik Część II, Instytut Odlewnictwa - 1970 r.
2. A.J. Zuinthoff - Materiały z Międzynarodowej Konferencji Odlewniczej. Düsseldorf - 1971 r.

3.A.M.Petriczenko - Tieoria i technołogia kokilnogo litja, Kijów - 1967 r.

4.A.J.Wiejnik - Tieoria zatwierdiewania otliwki, Maszgiz, Moskwa 1960 r.

5.J.Meus - Kokilowe odlewanie nurów do pras z żeliwa sferoidalnego, Przegląd Odlewnictwa, Nr 8-9, 1970.

Влияние кремния и магния на свойства сфероидизованного чугуна литого в кокиль

Р е з ю м е :

В статье представлена количественная зависимость между свойствами сфероидизованного чугуна литого в толстостенные кокили и содержанием кремния, присадкой магния и толщиной стенки отливки. Одновременно определено влияние кремния на отбелку отливок и определено минимальное количество магния необходимое для получения полной сфероидизации при введении его в чугун в виде магниего-кремниевого промежутонного сплава.

The Influence upon the Properties of Spheroidal Cast Iron, Cast in Permament Moulds by Magnesium and Silicon.

Summary:

The quantity dependence between the properties of spheroidal cast iron cast into thick-walled permament moulds and the contents of silicon, an additive of magnesium and the thicknees of the walls is being provided herewith. Simultaneously the influence of the silicon is being determined for the whitening of casts alongside with the minimum quantities of magnesium introduced into the cast iron as master alloy necessary for obtaining a complete spheroidisation.