

WPLYW ZAWARTOŚCI BIZMUTU I CERU PO MODYFIKACJI KOMPLEKSOWEJ NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE ŻELIWA NADEUTEKTYCZNEGO

Tadeusz WARCHALA, Marek Sławomir SOIŃSKI
Dr inż. – Katedra Odlewnictwa Politechniki Częstochowskiej

Żeliwo nadeutektyczne ($S_c \cong 1,05$) poddano jednoczesnej modyfikacji dodatkami FeSiCaBi (rozchód od 0,2% do 0,5%) oraz FeSiMZR (rozchód od 0,14% do 0,36%). Otrzymane żeliwo wykazywało osnowę ferrytyczną i ferrytyczno-perlityczną ze zwartymi wydzieleniami grafitu – od wermikularnego do kulkowego włącznie. Stwierdzono ponad sześciokrotny wzrost wytrzymałości na rozciąganie i umownej granicy plastyczności oraz ponad pięciokrotny wzrost wydłużenia względnego. Jedynie twardość Brinella zwiększyła się zaledwie o około 20 jednostek, nie przekraczając poziomu 170 HBS. Analiza statystyczna wykazała istnienie wyraźnych zależności między zawartością bizmutu i ceru w osnowie a wymienionymi wcześniej właściwościami mechanicznymi. Ustalone relacje mają charakter zbliżony do funkcji parabolicznych z tym, że w przypadku bizmutu występuje maksimum właściwości przy zawartości 0,0008% do 0,0010% Bi. Optymalna zawartość śladowych ilości Bi i Ce powinna odpowiadać stosunkowi ilościowemu ceru do bizmutu w granicach 30÷45.

1. Wprowadzenie

Żeliwo nadeutektyczne modyfikowane kompleksowo dodatkami zawierającymi metale ziem rzadkich (MZR) oraz żelazostopem na bazie FeSi z dodatkami Ca oraz Bi wykazuje dobre właściwości mechaniczne, zbliżone do żeliwa sferoidalnego o wytrzymałości 350 ÷ 450 MPa, przy twardości nie przekraczającej 170 HB [1]. Osnowa tego żeliwa charakteryzuje się dużym udziałem ferrytu (do 80%). Grafit ma postać zwartą, przy znacznym udziale grafitu kulkowego. Udział wydzieleni grafitu o wskaźniku kształtu ξ równym co najmniej 0,03 przekracza 90% [2]. Tak istotne zmiany rodzaju żeliwa jak i podstawowych jego cech wymagają obecności w osnowie powyżej 0,0005% do 0,001% Bi oraz powyżej 0,015% do 0,03% Ce. Stosunek ilościowy Ce/Bi powinien być w granicach 30 ÷ 45.

2. Badania własne

Żeliwo o składzie nadeutektycznym ($S_c = 1,02 \pm 1,09$) wytapiano w piecu indukcyjnym średniej częstotliwości z tygłem obojętnym o pojemności 50 kg. Wsad stanowiło żeliwo otrzymane z przetopu surówki wielkopiecowej przeznaczonej na żeliwo sferoidalne (4,40% C, 0,90% Si, 0,03% Mn, 0,04% P, 0,01% S) z dodatkami złomu stalowego i żelazokrzemu Si75. Temperaturę przegrzania utrzymywano w granicach 1475^{+50} °C. Modyfikacji poddawano porcje żeliwa, o masie nominalnej 10 kg, dodatkami 20g i 50g FeSiCaBi (2% Bi) oraz 14g i 36g FeSiMZR (18% Ce). Wielkość ziaren obu modyfikatorów mieściła się w granicach $2 \div 6$ mm. Z żeliwa odlewano wlewki próbne kształtu U typ IIb (wg PN-92/H-83123), z których wytaczano próbki wytrzymałościowe o średnicy pomiarowej $d_0 = 14$ mm. Podstawowy skład chemiczny oraz zawartość ceru określano metodą optycznej spektrometrii emisyjnej, natomiast zawartość bizmutu oznaczano metodą atomowej spektrometrii absorpcyjnej.

Wyniki badań zestawiono w tabeli 1. Podane w niej wartości cech wytrzymałościowych są średnimi pomiarów na czterech próbkach.

Tabela 1

Wyniki badań
Experimental results

Lp.	Zawartość, %		Właściwości mechaniczne			
	Bi	Ce	R_m , MPa	$R_{0,2}$, MPa	A_5	HBS
1	0,0012	0,023	342,9	267,5	5,4	146,5
2	0,0010	0,022	321,6	256,7	6,2	143,3
3	0,0011	0,026	346,0	278,2	5,5	161,9
4	0,0013	0,024	328,3	268,2	5,0	156,0
5	0,0010	0,030	315,7	250,7	2,0	165,3
6	0,0014	0,016	65,0	50	0	110,2
7	0,0017	0,010	40,5	-	0	73,1
8	0,0012	0,022	292,4	225,7	5,2	137,8
9	0,0010	0,028	400,4	294,5	12,9	149,5
10	0,0008	0,015	61,7	48,0	1,3	95,5
11	0,0006	0,033	374,4	291,0	7,3	154,5
12	0,0015	0,017	55,2	-	1,3	114,2
13	0,0010	0,043	409,3	324,5	5,4	163,5
14	0,0011	0,016	362,3	282,5	8,9	149,2
15	0,0007	0,021	350,8	285,2	6,9	150,8
16	0,0009	0,020	385,8	305,0	8,3	153,1
17	0,0009	0,015	180,2	140,2	1,5	125,4
18	0,0008	0,024	432,9	325,7	13,9	162,0
19	0,0016	0,012	31,6	-	0	-

20	0,0007	0,022	285,2	214,3	5,1	136,2
21	0,0010	0,019	337,8	269,2	7,2	147,0
22	0,0013	0,011	90,7	70,5	1,5	148,5
23	0,0008	0,040	420,2	327,0	9,9	161,9
24	0,0016	0,010	81,2	-	0	148,5
25	0,0012	0,030	304,6	251,0	5,6	140,1
x	0,0011	0,022	264,7	239,3	5,1	141,4
S	0,00030	0,0086	139,4	87,3	3,83	22,8

Ostatnie dwa wiersze tabeli 1 zawierają średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe. W tabeli 2 zestawiono rezultaty analizy korelacji międzyparametrowej.

Tabela 2

Wyniki korelacji międzyparametrowej
Results of correlation between parameters

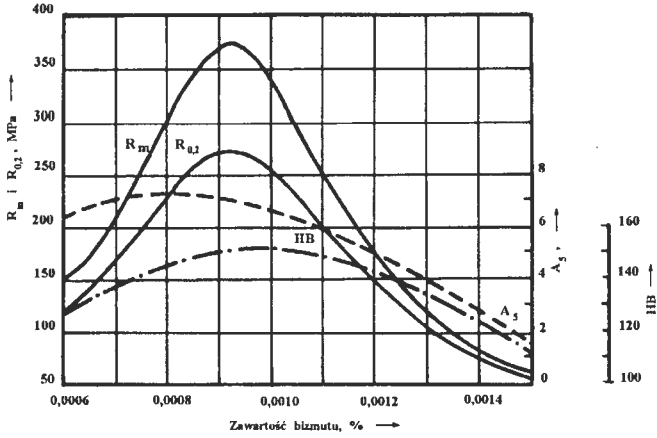
Zmienna	Bi	Ce	R_m	$R_{0,2}$	A_5	HBS
Bi	-	-0,26	-0,35	-0,33	-0,33	-0,11
Ce	-0,26	-	0,66*	0,66*	0,35	0,58*
R_m	-0,35	0,66*	-	1,00*	0,79*	0,81*
$R_{0,2}$	-0,33	0,66*	1,00*	-	0,75*	0,832*
A_5	-0,33	0,35	0,79*	0,75*	-	0,52*
HBS	-0,11	0,58*	0,81*	0,82*	0,52*	-

Gwiazdka * oznacza istotność współczynnika korelacji ($\alpha = 0,05$).

Współczynniki korelacji między zawartością bizmutu z właściwościami mechanicznymi badanego żeliwa okazały się statystycznie nieistotne. Jest to oczywiste, jako że występują tu zależności nieliniowe z ekstremum w obszarze bliskim średniej zawartości bizmutu (rys.1). Cer nie wykazał korelacji liniowej jedynie z wydłużeniem względnym, jednakże zachodzi między nimi relacja typu parabolicznego (rys.2). Jednoczesny wpływ bizmutu i ceru na R_m oraz A_5 żeliwa przedstawiają wykresy powierzchniowe na rysunkach 3 do 4.

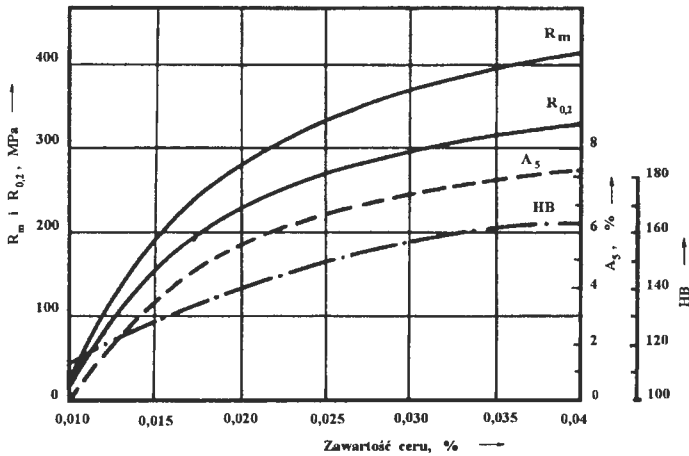
3. Podsumowanie

Niewielkie ilości, rzec można śladowe, bizmutu i ceru, wprowadzone do żeliwa nad-eutektycznego podczas modyfikacji kompleksowej spowodują radykalne zmiany osnowy i charakterystyk wydzielenń grafitu. Żeliwo uzyskało wyraźne cechy plastyczne oraz względnie dużą wytrzymałość na rozciąganie. Zawartość bizmutu w granicach



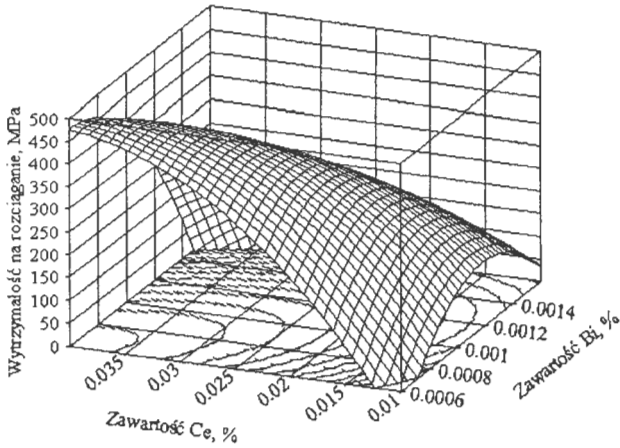
Rys. 1 Wpływ bizmutu na właściwości mechaniczne żeliwa nadeutektycznego, modyfikowanego dodatkami FeSiCaBi i FeSiMZr

Fig. 1. The influence of bismuth on the mechanical properties of hypereutectic cast iron modified with FeSiCaBi and FeSiREM additions



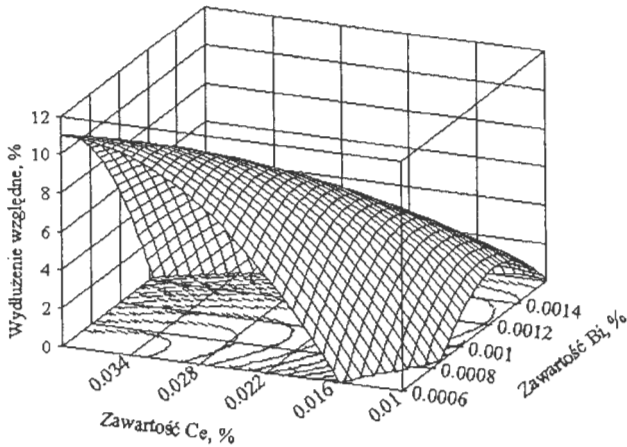
Rys. 2. Wpływ ceru na właściwości mechaniczne żeliwa nadeutektycznego, modyfikowanego dodatkami FeSiCaBi i FeSiMZr

Fig. 2. The influence of cerium on the mechanical properties of hypereutectic cast iron modified with FeSiCaBi and FeSiREM additions



Rys. 3. Wpływ bizmutu i ceru na R_m żeliwa nadeutektycznego, modyfikowanego FeSiCaBi i FeSiMZR

Fig. 3. The influence of bismuth and cerium on the yield strength R_m of hypereutectic cast iron modified with FeSiCaBi and FeSiREM



Rys. 4. Wpływ bizmutu i ceru na A_5 żeliwa nadeutektycznego, modyfikowanego FeSiCaBi i FeSiMZR

Fig. 4. The influence of bismuth and cerium on the elongation A_5 of hypereutectic cast iron modified with FeSiCaBi and FeSiREM

0,0008% do 0,001%, w obecności 0,02% do 0,04% ceru, spowodowała ponad sześćkrotny wzrost wytrzymałości na rozciąganie (z poziomu około 60 MPa do ponad 420 MPa), natomiast wydłużenie względne wzrosło, średnio, z poziomu zerowego do ponad 5%, a maksymalnie nawet powyżej 13%. Wpływ omawianych pierwiastków na twardość Brinella jest bardzo umiarkowany i wynosi nieco ponad 20 jednostek.

LITERATURA

- [1] **Warchala T., Soiński M.S.:** Żeliwo wysokojakościowe modyfikowane żelazostopami zawierającymi bizmut i metale ziem rzadkich. Przegląd Odl. 1999 nr 8-9, s. 305-307.
- [2] **Warchala T., Soiński M.S.:** Zmiany wskaźnika kształtu grafitu żeliwa modyfikowanego niewielkimi dodatkami Bi i Ce. Acta Metallurgica Slovaca R.5, 2/1999, s. 307-311.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Janusz Braszczyński

Badania finansowane w ramach projektu badawczego KBN Nr7 T08B 019 13