## 3/22

Archives of Foundry, Year 2006, Volume 6, № 22 Archiwum Odlewnictwa, Rok 2006, Rocznik 6, Nr 22 PAN – Katowice PL ISSN 1642-5308

### STRUKTURA ŻELIWA EN-GJS-500-7 W ZALEŻNOŚCI OD MATERIAŁÓW WSADOWYCH

#### D. BARTOCHA<sup>1</sup> Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Zakład Odlewnictwa Politechniki Śląskiej ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice

#### STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki analizy ilościowej i jakościowej struktury żeliwa sferoidalnego EN-GJS-500-7 pochodzącego z pięciu wytopów zrealizowanych z użyciem różnych, pod względem jakości i rodzaju, materiałów wsadowych. Wyznaczono i porównano wartości parametrów opisujących strukturę grafitu badanego żeliwa.

Key words: ductile cast iron, charge materials, graphite structure.

#### 1. WSTĘP

Właściwości żeliwa, mechaniczne, użytkowe itp. zależne są w pierwszym rzędzie od jego struktury. W przypadku żeliwa sferoidalnego decydujący wpływ ma jakość (kształt, ilość i wielkość) wydzieleń grafitu oraz rodzaj osnowy. Struktura żeliwa jest funkcją stanu fizyko-chemicznego ciekłego metalu oraz procesu krystalizacji i krzepnięcia. Jeżeli w badaniach zachowa się takie same warunki topienia (rodzaj pieca, temperatura, zabiegi metalurgiczne, wyłożenie kadzi i pieca) oraz krzepnięcia i krystalizacji (konstrukcja i materiał formy, temperatura zalewania), to na podstawie struktury otrzymanego odlewu można wnioskować o stanie fizyko-chemicznym ciekłego metalu. Zakładając, przy niezmienności wymienionych wyżej czynników, że na stan ciekłego żeliwa wpływa tylko jakość i rodzaj materiałów wsadowych, można na podstawie analizy struktury wnioskować i oceniać ten wpływ. Wykorzystując powyższe założenia w pracy podjęto próbę oceny wpływu jakości i rodzaju materiałów wsadowych na strukturę żeliwa sferoidalnego.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> dr inż. dariusz.bartocha@polsl.pl

#### 2. BADANIA I WYNIKI

Ilościowej i jakościowej analizie poddano strukturę żeliwa sferoidalnego EN-GJS-500-7 pochodzącego z pięciu wytopów zrealizowanych przy użyciu różnych pod względem jakości i rodzaju materiałów wsadowych. Szczegółowo wytopy te zostały opisane w [1]. Analizę wykonano przy pomocy programu MultiScan 13.01. Do opisu jakości wydzieleń grafitu przyjęto współczynnik kształtu grafitu C [2, 3, 4]. Jest on określany jako stosunek obwodu koła Ok do obwodu wydzielenia grafitu Ow, dla warunku: pole powierzchni wydzielenia Fw jest równe polu powierzchni koła Fk wg wzoru:

$$C = Ok/Ow$$
(1)  
dla warunku:  
$$Fw = Fk$$

Wyniki przeprowadzonych pomiarów posłużyły do sporządzenia histogramów rozkładu ilości wydzieleń grafitu Na w funkcji współczynnika kształtu C. Histogramy wraz z przykładowymi obrazami struktury przedstawiono na rysunkach 1-5.



Rys. 1. Histogram rozkładu ilości wydzieleń grafitu w funkcji współczynnika kształtu C, dla wytopu 1.

Fig. 1. Histogram of graphite amount in function of shape coefficient C distribution, for melt 1.



Rys. 2. Histogram rozkładu ilości wydzieleń grafitu w funkcji współczynnika kształtu C, dla wytopu 2.

Fig. 2. Histogram of graphite amount in function of shape coefficient C distribution, for melt 2.



Rys. 3. Histogram rozkładu ilości wydzieleń grafitu w funkcji współczynnika kształtu C, dla wytopu 3.

35

Fig. 3. Histogram of graphite amount in function of shape coefficient C distribution, for melt 3.



Rys. 4. Histogram rozkładu ilości wydzieleń grafitu w funkcji współczynnika kształtu C, dla wytopu 4.

Fig. 4. Histogram of graphite amount in function of shape coefficient C distribution, for melt 4.



Rys. 5. Histogram rozkładu ilości wydzieleń grafitu w funkcji współczynnika kształtu C, dla wytopu 5.



Fig. 5. Histogram of graphite amount in function of shape coefficient C distribution, for melt 5.

Tabela 1. Udział i liczebność wydzieleń grafitu o wartości współczynnika kształtu "C" należącej do przedziałów 0.9 < C < 1i0.8 < C < 1

Table 1. Graphite fraction and number about value of shape coefficient C belongs to 0.9 < C < 1and 0.8 < C < 1 ranges

	0,9 < C < 1	0,8 < C < 1	0,9 < C < 1	0,8 < C < 1	Udział
	Na(C) [%]	Na(C) [%]	Na(C)	Na(C)	grafitu [%]
Ι	76,62	89,58	272	318	3,55
II	75,37	87,12	404	467	7,2
III	74,82	91,24	205	250	6,33
IV	70,97	90,33	176	224	8,82
V	75,06	90,23	292	351	9,61

Przyjmuje się, że dla dobrego żeliwa sferoidalnego współczynnik kształtu C przynajmniej 70% sferoidów powinien zawierać się w przedziale 0,9 < C < 1; w szczególnych przypadkach można przedział ten rozszerzyć do 0,8 < C < 1. Udział i liczebność wydzieleń grafitu spełniających ten warunek w poszczególnych wytopach przedstawiono w tabeli 1. Wszystkie badane żeliwa spełniają warunek dobrej jakości ze względu na odpowiedni kształt, odpowiedniej ilości wydzieleń grafitu. Jednakże całkowita liczebność i liczebność wydzieleń w poszczególnych klasach (histogramy) w zestawieniu z udziałem powierzchniowym grafitu (tabela 1) wskazują na duże różnice w strukturze grafitu poszczególnych żeliw. Wynika z tego, że współczynnik kształtu C nie może być stosowany jako jedyne kryterium oceny jakości żeliwa sferoidalnego. Dlatego poszukując "ostrzejszego" kryterium oceny struktury grafitu sporządzono rozkłady liczebności sferoidów w klasach wartości zlogarytmowanego pola powierzchni. Przykładowy rozkład przedstawiono na rysunku 6.

$$Na(BD) = \frac{(U_{ne} \cdot Z_{ne} \cdot exp(Z_{ne} \cdot (W_{ne} - \log(BD))))}{(1 + exp(Z_{ne} \cdot (W_{ne} - \log(BD))))^2} + \frac{(U_e \cdot Z_e \cdot exp(Z_e \cdot (W_e - \log(BD))))}{(1 + exp(Z_e \cdot (W_e - \log(BD))))^2}$$
(2)

gdzie:

Une – wskaźnik sumarycznej liczby wydzieleń,

Z<sub>ne</sub> – zróżnicowanie wielkości wydzieleń,

Wne - średnia logarytmiczna wielkość powierzchni wydzieleń,

Ue – wskaźnik sumarycznej liczby wydzieleń,

Z<sub>e</sub> – zróżnicowanie wielkości wydzieleń,

We - średnia logarytmiczna wielkość powierzchni wydzieleń,

BD – pole powierzchni wydzieleń,

indeksy:

e – eutektyczny

ne - nadeutektyczny

Dopasowano także do otrzymanych rozkładów krzywą aproksymującą o postaci przedstawionej zależnością (2), dopasowanie przeprowadzono metodą regresji

krokowej wyznaczając, dla każdego wytopu, wartości współczynników zależności, które zostały zestawione w tabeli 2. Histogramy wszystkich badanych żeliw charakteryzowały dwa lokalne maksima, wymagało to zastosowanie dwuczłonowej funkcji rozkładu gdzie pierwszy człon opisuje wydzielenia grafitu o mniejszych rozmiarach drugi zaś wydzielenia o większych rozmiarach. Wychodząc z założenia, że w strukturze badanych żeliw muszą występować zarówno grafit eutektyczny i nadeutektyczny (są to stopy okołoeutektyczne [1]) współczynniki członu opisującego wydzielenia o większych rozmiarach zaindeksowano "ne" natomiast o mniejszych "e", odpowiednio nadeutektyczne i eutektyczne.

Tabela 2. Wartości współczynników krzywej aproksymującej Table 2. Values of approximation curve's coefficients

able 2. Values of approximation curve s coefficients										
	Une	Z <sub>ne</sub>	Wne	Ue	Ze	We	R			
Ι	11,37	9,03	0,09	43,59	4,23	-0,50	0,95			
II	1,16	28,96	-0,28	96,19	3,24	-0,42	0,95			
III	6,33	16,73	0,28	46,98	4,95	-0,53	0,95			
IV	3,06	76,10	0,35	26,03	2,83	-0,29	0,96			
V	11,12	23,08	0,25	28,05	4,03	-0,37	0,99			



Rys. 6. Histogram rozkładu liczebności grafitu w klasach zlogarytmowanej wielkości powierzchni BD z krzywą aproksymującą, wytop V.

Fig. 6. Histogram of graphite number in class of BD area size distribution with approximation curve, melt V.

Uzyskano w ten sposób szereg wartości liczbowych opisujący strukturę grafitu w żeliwie sferoidalnym, wartości nadających się do łatwej i szybkiej analizy, szczególnie gdy dysponujemy dostatecznie dużym, statystycznie ważnym, zbiorem wartości współczynników opisujących strukturę reprezentatywnej grupy żeliw.





Fig. 7. Graphic comparison of distribution curves of graphite number in function of its size.

#### **3. PODSUMOWANIE**

Zastosowanie histogram rozkładu liczebności grafitu w klasach zlogarytmowanej wielkości powierzchni do opisu struktury grafitu w żeliwie sferoidalnym i pozwoliło wykazać różnicę w strukturze żeliwa wytopionego z materiałów wsadowych dobrej jakości (wytop 1, 2 i 3) i żeliwa wytopionego z materiałów gorszej jakości (wytop 4 i 5) [1]. Struktura żeliwa z wytopu 4 i 5 charakteryzuje się większym udziałem dużych wydzieleń grafitu w porównaniu z wytopami 1, 2 i 3, co widać na rysunku 7, mimo tego że współczynniki nasycenia eutektycznego, obliczone na podstawie składu chemicznego tych żeliw wynoszą odpowiednio: 0,99 i 1,05 oraz 1,02, 0,99 i 0,96. Wskazuje to na ścisły związek tych różnic z jakością i rodzajem materiałów wsadowych użytych w poszczególnych wytopach a zatem z jakością metalurgiczną ciekłego metalu. Wyniki uzyskane w pracy znajdują potwierdzenie w wynikach badań nad związkiem

właściwości mechanicznych i odlewniczych żeliwa sferoidalnego z rodzajem i jakością materiałów wsadowych [1].

#### LITERATURA

- [1] D. Bartocha: *Właściwości żeliwa EN-GJS-500-7 w zależności od materiałów wsadowych*. Archiwum Odlewnictwa, nr 22, rocznik 6, 2006.
- [2] M. Stawarz, S. Jura: *Parametry stereologiczne grafitu i skład chemiczny* określający właściwości mechaniczne żeliwa sferoidalnego. Archiwum Odlewnictwa, nr 4, rocznik 2, 2002.
- [3] M. Stawarz, J. Szajnar: *Ocena jakości żeliwa sferoidalnego metodą ATD*. Archiwum Odlewnictwa, nr 10, rocznik 3, 2003.
- [4] Jura S., Jura Z.: *Wpływ składu chemicznego i stopnia sferoidyzacji grafitu na właściwości mechaniczne żeliwa*. Archiwum Odlewnictwa nr 1 (2/2) 2001

# STRUCTURE OF EN-GJS-500-7 CAST IRON IN DEPENDENCE OF CHARGE MATERIALS

#### SUMMARY

In the work results of quantitative and qualitative analysis of microstructure of ductile cast iron EN-GJS-500-7 have been presented. Cast iron was prepared in five melts that had been realized with different in quality and kind respect charge materials. Values of parameters describes graphite's microstructure of tested cast iron have been determined and compared.

Recenzował Prof. Jan Szajnar