

**WPLYW WIELKOŚCI WYDZIELEŃ GRAFITU NA
WYTRZYMAŁOŚĆ ŻELIWA SFEROIDALNEGO NA
ROZCIĄGANIE**M. STAWARZ¹, J. SZAJNAR²Zakład Odlewnictwa, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska
ul. Towarowa 7, 44 – 100 Gliwice**STRESZCZENIE**

W artykule przedstawiono badania nad oceną jakości żeliwa sferoidalnego w oparciu o analizę wielkości wydzieleni grafitu. Wytopy żeliwa sferoidalnego przeprowadzono w warunkach przemysłowych. Ocenę własności mechanicznych żeliwa przedstawiono w formie równań regresji.

Key words: ductile cast iron, nodular graphite, mechanical properties

1. WSTĘP

Żeliwo sferoidalne jest nowoczesnym tworzywem odlewniczym, które znajduje coraz szersze zastosowanie w wielu dziedzinach gospodarki. Dzięki odpowiednio dopracowanej technologii żeliwa sferoidalnego można uzyskać odlewy, które cechują się bardzo dużą niezawodnością a równocześnie niższą ceną w porównaniu ze staliwem [1]. Ciągły wzrost produkcji odlewów z żeliwa sferoidalnego powoduje poszukiwania skutecznych sposobów oceny jakości tego materiału. W pracach [2÷4] przedstawiono ocenę jakości żeliwa sferoidalnego w oparciu o metodę analizy termiczno-derywacyjnej (ATD).

W niniejszej pracy podjęto próbę oceny wpływu wielkości wydzieleni grafitu sferoidalnego na własności mechaniczne żeliwa (R_m), na podstawie wytopów uzyskanych w warunkach przemysłowych.

¹ mgr inż. sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl

² dr hab. inż., prof. Pol. Śl., jszajnar@zeus.polsl.gliwice.pl

2. PRZEBIEG I WYNIKI BADAŃ

W badaniach wykorzystano dwa gatunki żeliwa sferoidalnego (EN-GJS-400-15 i ZsCu1.0). Próbkę zostały odlane w warunkach przemysłowych.

W celu opisu przestrzennej budowy żeliwa sferoidalnego posłużono się analizatorem obrazu MAGISCAN wraz z oprogramowaniem. Ponadto do opisu kształtu wydzielań grafitu zastosowano współczynnik kształtu C [5], który można zdefiniować jako:

$$C = O_K/O_w \text{ dla warunku } F_K = F_w;$$

gdzie: O_K – obwód koła,
 O_w – obwód wydzielenia,
 F_K – pole koła,
 F_w – pole wydzielenia.

Dokonano pomiarów następujących charakterystycznych parametrów:

- pola powierzchni wydzielenia grafitu BD,
- obwodu wydzielenia BP,
- długości wydzielenia L,
- szerokości wydzielenia B,
- procentowego udziału powierzchni grafitu.

Pola pomiarowe były wybierane na dwóch prostopadłych przekątnych leżących na powierzchni zglądu. Na płaszczyźnie pomiarowej przeprowadzono 10 analiz dla każdego badanego zglądu. Wydzielenia o powierzchni $BD < 10 \mu\text{m}^2$ były pomijane w analizie.

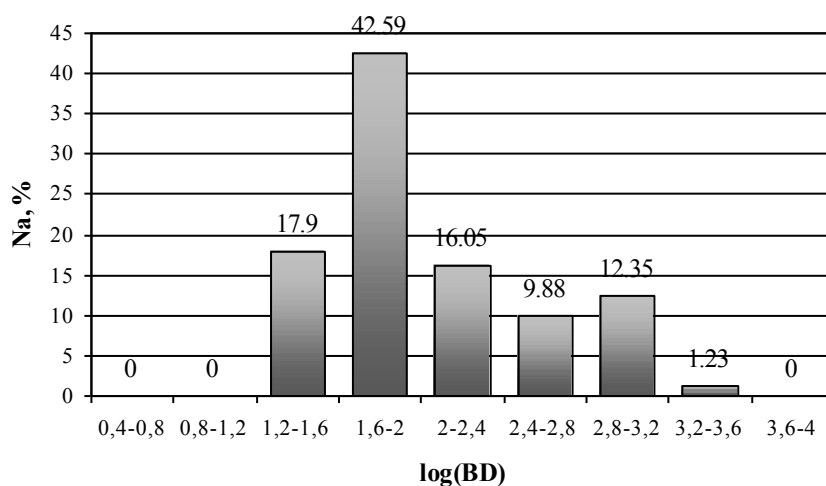
Powyższe wielkości zostały wykorzystane przy sporządzaniu histogramów przedstawiających ilość wydzielań grafitu „ N_a ” w funkcji pola powierzchni BD. W tabeli poniżej przedstawiono rzeczywiste klasy wielkości wydzielań grafitu oraz odpowiadające im wielkości w skali logarytmicznej.

Tabela 1. Pole powierzchni wydzielań grafitu
Table 1. Area of graphite separations

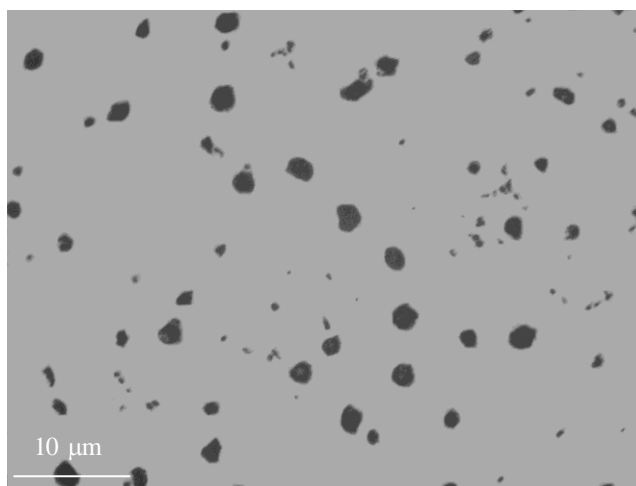
BD, μm^2	log(BD)
2,51-6,31	0,4-0,8
6,31 - 15,85	0,8 - 1,2
15,85 - 39,81	1,2 - 1,6
39,81 - 100	1,6 - 2
100 - 251,2	2 - 2,4
251,2 - 631	2,4 - 2,8
631 - 1585	2,8 - 3,2
1585 - 3981	3,2 - 3,6
3981 - 10000	3,6 - 4

BD - pole powierzchni wydzielenia grafitu

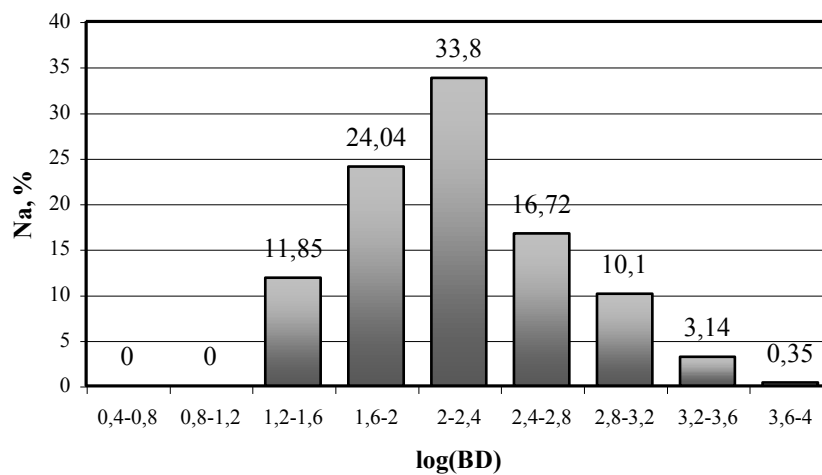
Przykładowe histogramy i zdjęcia struktur wydzieli grafitu przedstawiono poniżej na rysunkach 1÷4.



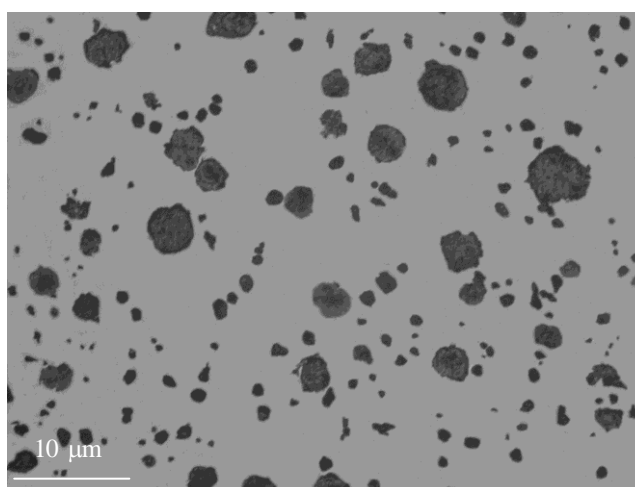
Rys. 1. Ilość wydzieli grafitu „N_a” w funkcji pola powierzchni “BD”
 Fig. 1. Numbers of graphite separations „N_a” in function of area “BD”



Rys. 2. Sferoidy grafitu
 Fig. 2. Graphite spheroids



Rys. 3. Ilość wydzieleni grafitu „N_a” w funkcji pola powierzchni “BD”
 Fig. 3. Numbers of graphite separations „N_a” in function of area “BD”



Rys. 4. Sferoidy grafitu
 Fig. 4. Graphite spheroids

3. ANALIZA STATYSTYCZNA UZYSKANYCH WYNIKÓW

Wszystkie wypy zostały przebadane w sposób opisany powyżej, a wyniki badań umieszczono w dwóch macierzach danych (macierz dla żeliwa gatunku EN-GJS 400-15 i macierz dla żeliwa gatunku ZsCu1.0). W oparciu o uzyskane dane stosując metodę regresji krokowej opracowano zależności statystyczne. Poniżej przedstawiono równanie statystyczne 1, dla żeliwa gatunku ZsCu1.0.

$$R_m = 747,85 + 0,447Na_{(1,6-2)}\% - 1,19Na_{(2,4-2,8)}\% \quad (1)$$

Gdzie:

- $Na_{(1,6-2)}\%$ – ilość wydzielen grafitu w klasie wielkości powierzchni 1,6–2
(rzeczywista klasa wielkości wydzielen grafitu: $39,81\mu\text{m}^2 - 100\mu\text{m}^2$),
 $Na_{(2,4-2,8)}\%$ – ilość wydzielen grafitu w klasie wielkości powierzchni 2,4–2,8
(rzeczywista klasa wielkości wydzielen grafitu: $251,2\mu\text{m}^2 - 631\mu\text{m}^2$).

O parametrach statystycznych:

- wartość średnia $R_{m,s} = 738,5$ MPa,
- odchylenie standardowe $R_m = 11,35$ MPa,
- współczynnik korelacji $R = 0,8$,
- test $F = 7,58$.

Dla żeliwa gatunku EN-GJS-400-15 otrzymano następującą zależność:

$$R_m = 461,26 - 1,2Na_{(2-2,4)}\% - 0,74 Na_{(2,4-2,8)}\% \quad (2)$$

Gdzie:

- $Na_{(2-2,4)}\%$ – ilość wydzielen grafitu w klasie wielkości powierzchni 2–2,4
(rzeczywista klasa wielkości wydzielen grafitu: $100\mu\text{m}^2 - 251,2\mu\text{m}^2$),
 $Na_{(2,4-2,8)}\%$ – ilość wydzielen grafitu w klasie wielkości powierzchni 2,4–2,8
(rzeczywista klasa wielkości wydzielen grafitu: $251,2\mu\text{m}^2 - 631\mu\text{m}^2$).

O parametrach statystycznych:

- wartość średnia $R_{m,s} = 423,6$ MPa,
- odchylenie standardowe $R_m = 6,63$ MPa,
- współczynnik korelacji $R = 0,84$,
- test $F = 15,21$.

Na podstawie równań (1) i (2) możemy zauważyć niekorzystny wpływ ilości wydzielen grafitu w klasie wielkości 2,4 – 2,8, (wartość rzeczywista wielkości wydzielen w klasie to: $251,2\mu\text{m}^2 - 631\mu\text{m}^2$). Ponadto w równaniu (2) ujawnia się

niekorzystny wpływ ilości wydzielen grafitu klasy 2 – 2,4, (wartość rzeczywista wielkości wydzielen w klasie to: $100\mu\text{m}^2$ - $251,2\mu\text{m}^2$). W równaniu (1) na poprawę wytrzymałości na rozciąganie wpływa ilość wydzielen grafitu Na o wielkości wydzielen z przedziału $39,81\mu\text{m}^2$ - $100\mu\text{m}^2$.

Wielkość wydzielen grafitu jest bezpośrednio powiązana z wytrzymałością żeliwa na rozciąganie. Wraz ze zwiększeniem wielkości wydzielen grafitu sferoidalnego spada wytrzymałość żeliwa na rozciąganie ponieważ zwiększenie wielkości wydzielen powoduje jednocześnie występowanie grafitu w postaci zdegenerowanej.

4. PODSUMOWANIE

Zaprezentowane równania statystyczne odnoszą się do oceny wytrzymałości na rozciąganie żeliwa sferoidalnego na podstawie wielkości wydzielen grafitu. Uzyskane zależności statystyczne mogą być pomocne przy kontroli jakości żeliwa sferoidalnego w oparciu o komputerową analizę kształtu wydzielen grafitu.

LITERATURA

- [1] E. Guzik: „Procesy uszlachetniania żeliwa – wybrane zagadnienia” Archiwum Odlewnictwa, Monografia nr 1, 2001
- [2] M. Stawarz: „Ocena kształtu grafitu w żeliwie sferoidalnym gatunku ZsCu1.0 w oparciu o metodę ATD” DOKSEM 2003, Rajceckie Teplice, 11 –12 November 2003, 66-67.
- [3] S. Jura i inni: „Zastosowanie metody ATD do oceny jakości żeliwa sferoidalnego” Archiwum Odlewnictwa nr 1 (1/2) 2001, 93-102.
- [4] S. Pietrowski, G. Gumienny: „Metodyka przygotowania oceny jakości żeliwa sferoidalnego z zastosowaniem metody ATD” Archiwum Odlewnictwa, PAN vol.2, nr 6 2002
- [5] J. Szajnar, M. Stawarz: „Ocena skuteczności analizy stereologicznej grafitu w żeliwie sferoidalnym” Międzynarodowa Konferencja Naukowa „ŻELIWO SFEROIDALNE W XXI WIEKU” Kraków, 2 – 3 października 2003.

INFLUENCE OF GRAPHITE AREA ON UTS OF DUCTILE CAST IRON

The paper describes the study of ductile cast iron for evaluation of quality. The investigations were carried out on the Powen S.A. Zabrze. The investigations determine a relationship between the area of graphite separations and mechanical properties.

Recenzował: prof. dr hab. inż. Edward Guzik