

WPŁYW SKŁADU CHEMICZNEGO ŻELIWA CHROMOWEGO NA ROZKŁAD WIELKOŚCI WĘGLIKÓW

STUDNICKI Andrzej, JURA Stanisław, SUCHOŃ Jacek
Katedra Odlewnictwa, Politechnika Śląska
41-100 Gliwice, ul. Towarowa 7, POLAND

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono wyniki badań wielkości węglików w żeliwie chromowym z dodatkami stopowymi Ni, Mo, V i B. Wielkość węglików wyrażono równoważną średnicą kuli a następnie rozkład wielkości węglików opisano funkcją symulującą rozkład logarytmiczno-normalny. Wyznaczone parametry funkcji symulującej poddano analizie statystycznej ujmującej wpływ składu chemicznego na rozkład węglików.

1. WPROWADZENIE

Wyznacznikiem właściwości każdego tworzywa konstrukcyjnego jest jego metalograficzna budowa przestrzenna. Z tych względów sama informacja o rodzaju występujących faz bez podania ich ilościowych parametrów geometrycznych jest niewystarczająca w opisie metalograficznym tworzywa [1,2].

Ważną grupę stopów odlewniczych odpornych na zużycie ściernie stanowią żeliwa chromowe. Szczególną rolę w procesie ścierania odgrywają twarde węgliki chromu występujące w tych żeliwach. Korzystny wpływ fazy węglikowej (głównie typu M_7C_3 , M_3C) na odporność ścierną jest ogólnie uznawany. Aktualnie naukowcy i użytkownicy [3,4,5,6,7,8] poszukują sposobów jak rozszerzyć zakres zastosowania żeliw chromowych. Głównym problemem w tym tworzywie odlewniczym jest niska plastyczność, która zdecydowanie wyklucza stosowanie tego żeliwa w środowisku występowania sił dynamicznych.

Strukturę żeliwa chromowego można opisać jako strukturę kompozytu [4] w którym twarde węgliki rozmieszczone są w metalicznej osnowie stanowiącej element konstrukcyjny. Wykorzystanie plastycznej metalicznej osnowy jako elementu konstrukcyjnego będzie tylko wtedy możliwe gdy rozdrobnione węgliki nie będą tworzyły ciągłej siatki [7]. Sposobem podwyższenia własności plastycznych może być modyfikacja fazy węglikowej poprzez odpowiedni dobór składu chemicznego lub poprzez różne zabiegi technologiczne.

W niniejszym artykule przedstawiono opis ilościowy fazy węglikowej w żeliwie chromowym. Do opisu rozkładu wielkości węglików zastosowano funkcję symulującą [1] rozkład logarymiczno-normalny któremu podlegają tego typu obiekty. Funkcję symulującą jednoznacznie określają tylko trzy parametry mówiące o liczebności, średniej wielkości i stopniu zróżnicowania wielkości analizowanych węglików. Znajomość trzech parametrów funkcji symulującej pozwala na zdefiniowanie wszystkich parametrów stereologicznych badanych struktur izometrycznych [1].

W realizowanej pracy wyznaczono parametry funkcji rozkładu wielkości węglików badanych żeliw chromowych. Parametry te zostały wykorzystane jako zbiór danych do poszukiwania związków między fazą węglikową a składem chemicznym.

2. MATERIAŁ DO BADAŃ I ICH PRZEBIEG

Wytypy doświadczalne żeliwa chromowego prowadzono w tyglowym piecu indukcyjnym o wyłożeniu obojętnym i pojemności 30 kg. Wsad składał się z wcześniej przygotowanych wlewków żeliwa chromowego wyjściowego (ok. 18 %Cr i 2,4 %C lub 3,3 %C), niklu, chromu oraz żelazostopów (FeCr, FeV, FeB, FeMo, FeTi). W ramach badań wykonano 77 wytopów. Próbki do badań odlewano w formach skorupowych w kształcie pręta o średnicy 25 mm.

Podstawowe parametry statystyczne rozkładu zawartości pierwiastków stopowych w badanych żeliwach chromowych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Rozkład statystyczny pierwiastków stopowych w badanym żeliwie chromowym

pierwiastek stopowy	zawartość pierwiastka stopowego w % wag.			
	min	max	średnia	odchylenie standardowe
C	1.60	3.30	2.46	0.423
S	0.009	0.037	0.024	0.00766
P	0.046	0.096	0.059	0.00897
Si	0.44	1.10	0.47	0.210
Mn	0.32	3.18	0.59	0.376
Cr	10.63	24.94	16.32	1.836
Ni	0.11	3.95	0.906	0.863
Mo	0.097	2.90	1.343	1.103
V	0.063	4.83	1.398	1.233
B	0.001	1.771	0.197	0.398
Ti	0.001	0.183	0.024	0.034

Próbki do badań ilościowych fazy węglikowej wycinano z prętów ϕ 25 mm. Zgłady do pomiarów parametrów stereologicznych zostały przygotowane standardową metodą metalograficzną. Do trawienia dobrano taki odczynnik który barwi tylko osnowę żeliwa a węgliki pozostawia jasne. Najlepszym odczynnikiem okazała się woda królewska. Do ilościowego opisu fazy węglikowej wykorzystano komputerowy analizator obrazu MAGISCAN 2AR firmy Joyce Loebel. Pomiary prowadzono na ekranie monitora złożonego z 512x512 punktów. Dla zastosowanego obiektywu (x40) współczynnik kalibracji wynosi 0.4796 $\mu\text{m}/\text{punkt}$ a powierzchnia pola pomiarowego równa się 58413 μm^2 . Pomiary

przeprowadzono na 8 polach pomiarowych dla każdej próbki. Dla każdego węglika i pola pomiarowego wykonano pomiary podstawowych parametrów stereologicznych tj. długość, szerokość, obwód, pole powierzchni, udział objętościowy węglików.

3. FUNKCYJNY OPIS ROZKŁADU WIELKOŚCI WĘGLIKÓW

Opis rozkładu wielkości mikrocząstek stopu oparte są w metalografii ilościowej na powszechnie akceptowanym twierdzeniu Bockstiegeła, według którego najwłaściwszym wykładnikiem wielkości cząstki jest równoważna średnica D kuli lub równoważna średnica d przekroju [1]. Zgodnie z tym twierdzeniem uzyskane z pomiarów wielkości węglików przeliczono na równoważne im średnice przekrojów. Następnie rozkłady wielkości węglików wyrażone równoważnymi średnicami opisano za pomocą funkcji opisującej rozkład logarytmiczno-normalny.

Bezpośrednie wyrażenie liczby węglików o dowolnej wielkości d można wyrazić za pomocą następującego wzoru[1]:

$$N_A(d) = U \frac{Z \exp[Z(W - \ln d)]}{\{1 + \exp[Z(W - \ln d)]\}^2}$$

gdzie:

d - średnica węglików [10^{-3} mm];

U - wskaźnik sumarycznej liczby węglików [10^{-3} mm/mm²];

W - średnia logarytmiczna wielkość węglików [10^{-3} mm];

Z - zróżnicowanie wielkości węglików [$1/10^{-3}$ mm].

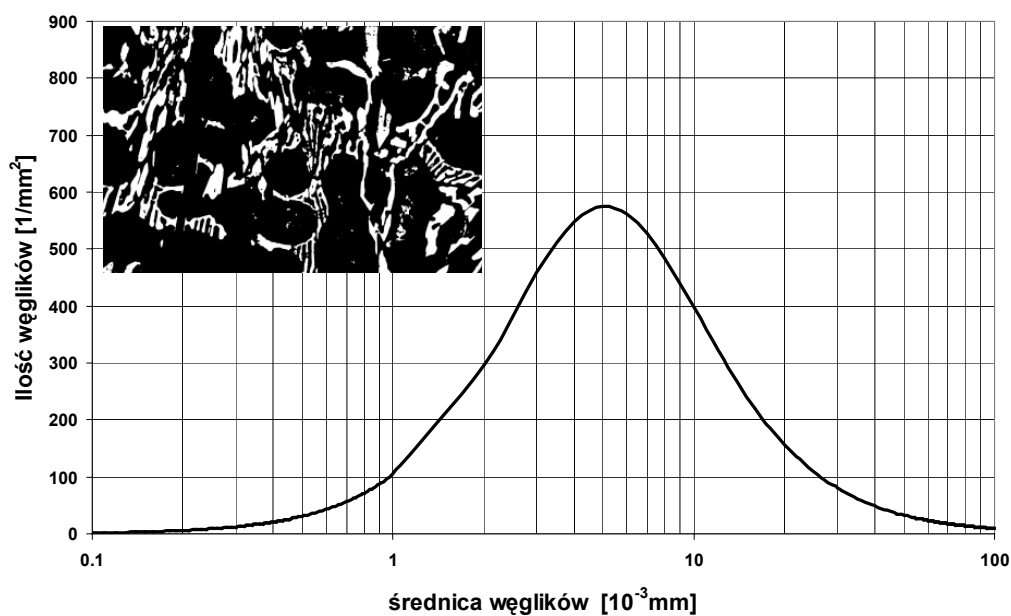
Wartości parametrów U, W, Z funkcji symulującej rozkład wielkości węglików wyznaczono numerycznie na podstawie dokonanych pomiarów. W tabeli 2 przedstawiono rozkład statystyczny parametrów U, W, Z .

Tabela 2

Rozkład statystyczny parametrów funkcji symulującej

Parametr	min	max	średnia	odchylenie standardowe
U [10^{-3} mm/mm ²]	702	1839	1324	280
W [10^{-3} mm]	1.013	1.982	1.429	0.178
Z [$1/10^{-3}$ mm]	1.258	2.267	1.714	0.223

Na rys.1 – 3 pokazano funkcyjny opis rozkładu wielkości węglików w wybranych żeliwach chromowych oraz odpowiadający jemu obraz rozłożenia węglików na przygotowanym do pomiaru parametrów stereologicznych zglądzie.

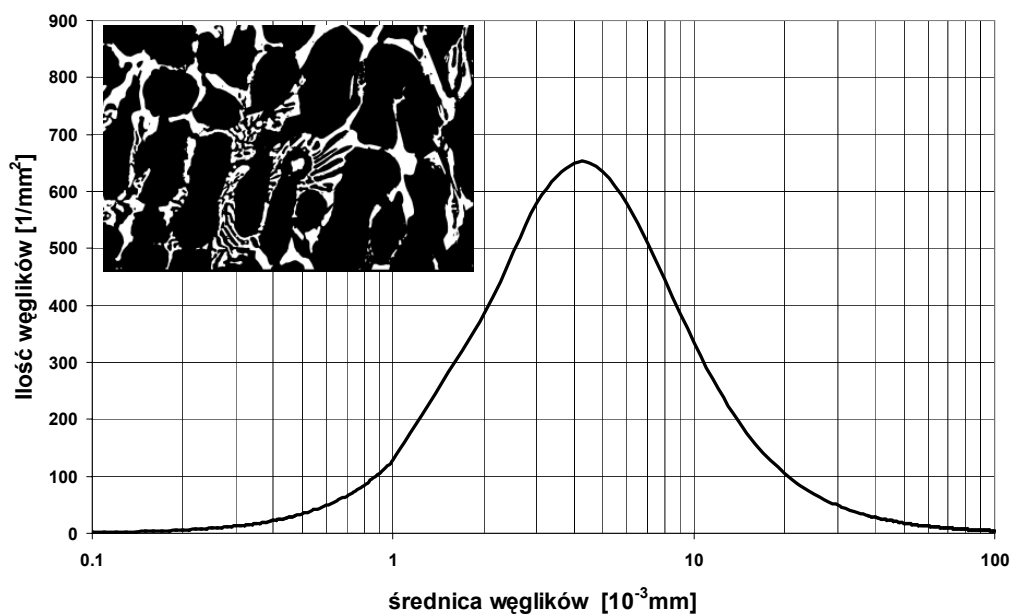


Skład chemiczny w % wag.

C	S	P	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	B	Ti
2.34	0.027	0.053	0.32	0.59	17.2	0.116	0.106	0.071	0.001	0.001

Rys.1 Rozkład wielkości węglików – WYTOP 1 (U=1246, W=1.624, Z=1.844)

Fig.1 Distribution of carbides size – MELT 1 (U=1246, W=1.624, Z=1.844)

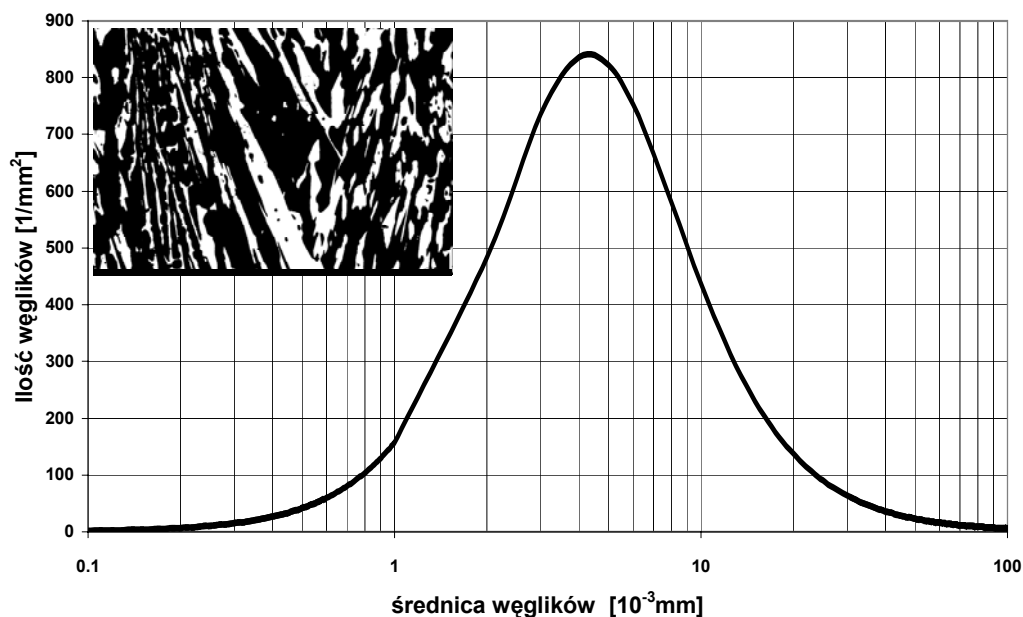


Skład chemiczny w % wag.

C	S	P	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	B	Ti
2.11	0.027	0.060	0.42	0.44	15.88	0.906	2.71	0.108	0.052	0.024

Rys.2 Rozkład wielkości węglików – WYTOP 21 (U=1295, W=1.445, Z=2.014)

Fig.2 Distribution of carbides size – MELT 21 (U=1295, W=1.445, Z=2.014)



Skład chemiczny w % wag.

C	S	P	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	B	Ti
3.30	0.033	0.049	0.20	0.62	16.5	0.116	0.282	0.067	0.001	0.002

Rys.3 Rozkład wielkości węglików – WYTOP 46 (U=1659, W=1.461, Z=2.026)

Fig.3 Distribution of carbides size – MELT 46 (U=1659, W=1.461, Z=2.026)

4. ANALIZA STATYSTYCZNA WYNIKÓW BADAŃ

Jak widać z przedstawionych powyżej wykresów (rys.1-3) skład chemiczny żeliwa chromowego odgrywa istotną rolę w kształtowaniu fazy węglikowej. Analizie statystycznej poddano więc parametry U, W, Z i skład chemiczny aby uchwycić wzajemne ich zależności a tym samym określić wpływ poszczególnych składników stopowych na fazę węglikową. Obliczenia statystyczne przeprowadzono metodą regresji krokowej. Dla każdego analizowanego parametru przyjęto liniowy model równania regresji. W ten sposób ustalono które składniki stopowe i w jakim kierunku działają na parametry U, W, Z . W wyniku obliczeń otrzymano następujące zależności:

$$U = 748 + 155C - 10977S + 125Si + 33Cr - 56Ni - 101Mo + 61V + 57B - 1885Ti$$

Parametry statystyczne równania:

Wartość średnia = 1325; Odchylenie standardowe = 129; Współczynnik korelacji = 0.89;
Test Fishera = 24.68; Test wiarygodności = 4.18; Poziom istotności = 0.005

$$W = 0.72 - 0.034C + 14.55S + 2.87P - 0.15Si - 0.064Mn + 0.025Cr - 0.028V - 0.078B$$

Parametry statystyczne równania:

Wartość średnia = 1.403; Odchylenie standardowe = 0.081; Współczynnik korelacji = 0.83;
Test Fishera = 16.84; Test wiarygodności = 2.89; Poziom istotności = 0.01

$$Z = 2.17 - 0.19C + 13.6S - 0.34Si + 0.085Mn - 0.07Mo - 0.035V - 0.077B - 0.74Ti$$

Parametry statystyczne równania:

Wartość średnia = 1.733; *Odchylenie standardowe* = 0.161; *Współczynnik korelacji* = 0.72;
Test Fishera = 8.30; *Test wiarygodności* = 1.82 ; *Poziom istotności* = 0.1

5. PODSUMOWANIE

Opis rozkładu wielkości węglików przy pomocy funkcji symulującej okazuje się bardzo przydatny, gdyż za pomocą jedynie trzech parametrów można analizować wszystkie zależności stereologiczne w metalografii ilościowej. Wyżej podane zależności statystyczne ułatwiają analizę parametrów stereologicznych węglików w zależności od założonego składu chemicznego żeliwa. W badanej grupie żeliw chromowych składnikami, które korzystnie wpływają na rozdrobnienie węglików są: węgiel, krzem, wanad i bor ponieważ jednocześnie powiększają parametr U (sumaryczną liczbę węglików) i zmniejszają parametr W (średnią logarytmiczną wielkość węglików). Trzeba jednak dodać, że składniki te przyczyniają się do większego zróżnicowania wielkości węglików ponieważ zmniejszają parametr Z.

LITERATURA

- [1] Cybo J., Jura S.: Funkcyjny opis struktur izometrycznych w metalografii ilościowej. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 1995,
- [2] Cwajna J.: Ilościowy opis struktury stopów narzędziowych i jego zastosowanie. Zeszyty Naukowe Pol. Śląskiej. Hutnictwo, z.39, 1991,
- [3] El-Ghazaly S.A.: Optimizing structure, toughness and wear performance of 15% Cr cold work cast tool steel. Steel Research, No 2, 1993,
- [4] Laird G., Nielsen R.L., MacMillan N.M.: On the nature of eutectic carbides in Cr-Ni white cast iron. Metallurgical Transactions A, vol.22A, 1991,
- [5] Radulovic M., Fiset M., Peev V.: The influence of vanadium on fracture toughness and abrasion resistance in high chromium cast irons. Journal of Materials Science, No 29, 1994,
- [6] Fusheng H., Chaochang W.: Modifying high Cr-Mn cast iron with boron and rare earth-Si alloy. Materials Science and Technology, vol.5, 1989.
- [7] Patent amerykański nr 4,638,847
- [8] Badania własne Katedry Odlewnictwa Politechniki Śląskiej.

THE INFLUENCE OF CHEMICAL COMPOSITION OF CHROMIUM CAST IRON ON DISTRIBUTION OF CARBIDES SIZE

This paper presents the influence of chemical composition of chromium cast iron with Ni, Mo, V and B on distribution of carbides size. Distribution of carbides size was described by special function. Results of the investigations are presented as mathematical relationships and diagrams.