40/44

Solidification of Metals and Alloys,
Year 2000, Volume 2, Book No. 44
Krzepnięcie Metali i Stopów,
Rok 2000, Rocznik 2, Nr 44
PAN – Katowice PL ISSN 0208-9386

WPŁYW WĘGLA I CHROMU NA ILOŚĆ FAZY WĘGLIKOWEJ W ŻELIWIE CHROMOWYM

M. PRZYBYŁ[1], A. STUDNICKI[2], S. JURA[3]
Katedra Odlewnictwa
Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej

STRESZCZENIE

W pracy określono wielkość i udział węglików w żeliwie chromowym o znacznie zróżnicowanej zawartości węgla (1.7-2.8%) i chromu (6-22%). Przedstawiono empiryczne rozkłady udziału węglików w funkcji wielkości ich powierzchni na zgładzie, a następnie przeprowadzono ich aproksymację funkcją jednoznacznie określoną trzema parametrami U,W,Z. Parametry te opisują strukturę danej próbki w sposób ilościowy, dogodny do dalszych obliczeń.

1. WPROWADZENIE

Żeliwo chromowe cechuje się wieloma korzystnymi własnościami, tj. dużą twardością, znaczną odpornością korozyjną i żaroodpornością, a przede wszystkim znaczną odpornością na zużycie ścierne. Problemy zużycia ściernego materiałów konstrukcyjnych obok procesów korozyjnych nabierają coraz większego znaczenia we współczesnym przemyśle. Szczególnie duże zużycie elementów urządzeń następuje wskutek oddziaływania mineralnych materiałów ziarnistych w trakcie ich transportu i przerabiania, jak np. kul, wykładzin młynów cementowych i węglowych, elementów rurociągów transportu pneumatycznego itp.

Zużycie części maszyn i urządzeń zależy od warunków eksploatacji, ich kształtu oraz tworzywa z jakiego są wykonane. Zmiana warunków pracy i kształtu elementów nastręcza duże trudności, toteż poszukiwania prowadzi się w kierunku doboru odpowiedniego tworzywa o największej odporności na zużycie, przyczyniając się do zwiększenia trwałości eksploatacyjnej urządzeń.

[1] *Dr inż. e-mail: marlo13@zeus.polsl.gliwice.pl*
[2] *Dr inż. e-mail: ajstud@zeus.polsl.gliwice.pl*
[3] *Prof. dr hab. inż. e-mail: serrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl*

Głównym czynnikiem wpływającym na odporność żeliwa na ścieranie jest skład chemiczny, nie mniej proces krystalizacji i obróbka cieplna tworzywa kształtująca mikrostrukturę odgrywają ważną rolę.

Tworzywem spełniającym wymóg wysokiej odporności na ścieranie jest najczęściej żeliwo zawierające znaczne ilości chromu do około 30%. Wysoka zawartość chromu wg wielu badaczy [1-3] jest niezbędnym czynnikiem zapewniającym dużą ilość fazy węglikowej w strukturze żeliwa. Autorzy niniejszego opracowania sugerują, że znaczne zmniejszenie zawartości chromu w żeliwie do około 7% umożliwia wytworzenie stopu zawierającego wystarczającą ilość fazy węglikowej.

2. CEL PRACY I MATERIAŁ DO BADAŃ

Celem pracy było określenie wpływu składu chemicznego, a w szczególności takich pierwiastków jak węgla i chromu na strukturę żeliwa chromowego.

Badania przeprowadzono na 7 wytopach żeliwa chromowego. Skład chemiczny badanego żeliwa chromowego przedstawiono w tabeli 1. Wytopy wykonano w Katedrze Odlewnictwa Politechniki Śląskiej. Topienie żeliwa przeprowadzono w indukcyjnym piecu tyglowym o wyłożeniu obojętnym i
pojemności 30 kg.

Próbki do badań odlewano w formach skorupowych o przekroju prostokątnym 15x7 mm i długości 130 mm.

Tabela 1 Skład chemiczny badanego żeliwa chromowego.
Table 1 Chemical composition of chromium cast iron

Numer wytopu	zawartość pierwiastków w % wag.					
	C	S	P	Si	Mn	**Cr**
1	**1.8**	0.020	0.035	0.18	0.23	**10.5**
2	**2.05**	0.025	0.031	0.36	0.23	**22.4**
3	**1.7**	0.025	0.031	0.14	0.16	**6.6**
4	**2.55**	0.030	0.035	0.47	0.16	**12.1**
5	**2.8**	0.029	0.030	0.53	0.11	**22.3**
6	**2.6**	0.036	0.034	0.35	0.10	**7.2**
7	**1.7**	0.025	0.031	0.55	0.35	**6.3**

Przygotowanie zgładów.

Przygotowanie zgładów polegało na wycięciu z każdego wytopu po jednej próbce o wymiarach 7x15x10mm.W następnej kolejności zostały one poddane szlifowaniu na papierach ściernych o zmniejszających się wielkościach ziaren. Po operacji szlifowania próbki poddano polerowaniu.

Tak przygotowane, zostały następnie poddane trawieniu. Dla pokazania większego kontrastu zastosowano silny odczynnik trawiący, inny niż w klasycznych metodach - „wodę królewską”, po czym były już gotowe do ilościowych badań metalograficznych.

3. BADANIA STRUKTURALNE

Badania strukturalne obejmowały klasyczne badania metalograficzne na mikroskopie optycznym oraz komputerową analizę obrazu struktury. Badania prowadzono na zgładach (przekrojach poprzecznych) próbek w stanie surowym

Do ilościowego opisu struktury wykorzystano komputerowy analizator obrazu „MAGISCAN 2AR" firmy „Joyce Loebel" –W.Brytania.

W skład urządzenia wchodzi świetlny mikroskop metalograficzny "OPTIPHOT", wyspecjalizowany komputer analizujący obraz mikroskopowy przesłany za pomocą kamery TV o wysokiej zdolności rozdzielczej.

Obserwacje prowadzono w polu jasnym stosując obiektyw o powiększeniu 40x ,60x i 100x, natomiast samą analizę prowadzono z użyciem obiektywu o powiększeniu 60x oraz 100x.

Segmentacja obrazu pola pomiarowego była kontrolowana na zasadzie interakcji z ekranem monitora komputera.

Na uzyskanym w ten sposób obrazie system dokonywał automatycznie detekcji obiektów. Dla każdego obiektu (węglika) dokonano pomiaru pola powierzchni oraz długości obwodu. Ponadto dla każdego pola pomiarowego zmierzono całkowitą powierzchnię detekowaną oraz liczbę obiektów.

W dalszej kolejności na tym samym urządzeniu przedstawiono analizę otrzymanych wyników za pomocą wykresów – histogramów (Vv = f(A) udziału objętościowego węglików Vv[%] w klasach wielkości powierzchni A węglików).

Do aproksymowania rozkładów empirycznych pomiarów udziału objętościowego (histogramów) posłużono się sprawdzoną [4] wcześniej wielokrotnie funkcją w postaci:

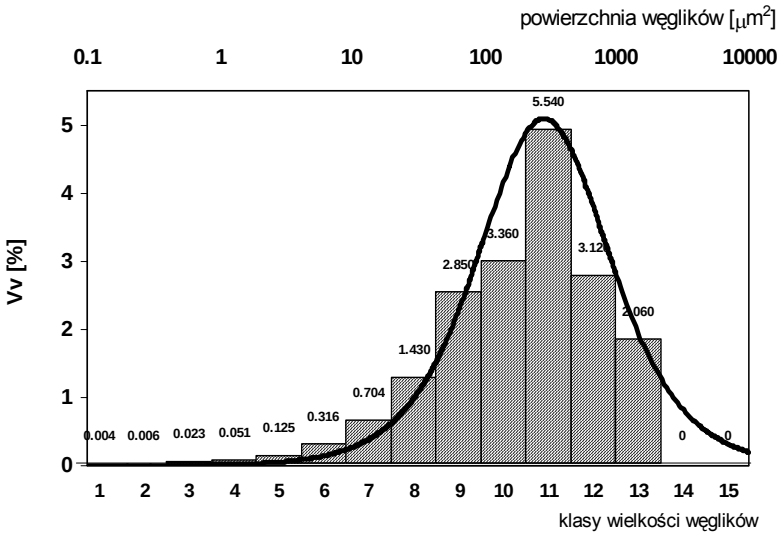
$$\mathbf{Vv(A)} = \frac{\mathbf{U \cdot Z \cdot exp(Z \cdot (W - ln\,A))}}{\mathbf{(1 + exp(Z \cdot (W - ln\,A)))^2}}$$

gdzie: A – pole powierzchni węglika [μm^2];
U – wskaźnik sumarycznego udziału objętościowego węglików [%];
W – średnia logarytmiczna wielkość powierzchni węglików [μm^2];
Z – wskaźnik zróżnicowania wielkości powierzchni węglików [$1/\mu m^2$]
(im wartość Z jest większa tym krzywa rozkładu jest „smuklejsza").

Na rys.1 pokazano histogram rozkładu udziału objętościowego węglików w klasach wielkości ich powierzchni oraz funkcję aproksymującą ten histogram.

Wszystko to odbywało się za pomocą programu optymalizacji krokowej dla pochodnej funkcji zastępczej „OPTYMAL". Jest to program do numerycznego wyznaczania parametrów funkcji U, W i Z napisany w języku PASCAL. Procedura matematyczna polega na dobraniu metodą kolejnych przybliżeń dla każdego rozkładu empirycznego takiej krzywej, która spełniałaby zadość postawionym na początku wymaganiom co do dokładności przybliżenia. Uzyskuje się w ten sposób dla każdej

próbki zestaw trzech liczb – U, W, Z – który opisuje strukturę danej próbki w sposób ilościowy, dogodny dla dalszych obliczeń.
W trakcie obliczeń na ekranie monitora pokazywany jest na bieżąco schematyczny wykres rozkład punktów i postaci funkcji dla aktualnie optymalizowanych parametrów oraz wartości testów statystycznych.



Rys.1. Histogram rozkładu udziału objętościowego węglików w klasach wielkości ich powierzchni oraz funkcję aproksymującą ten histogram.
Fig.1. Histogram of distribution of carbides volume fraction in carbide size classes and approximation the histogram

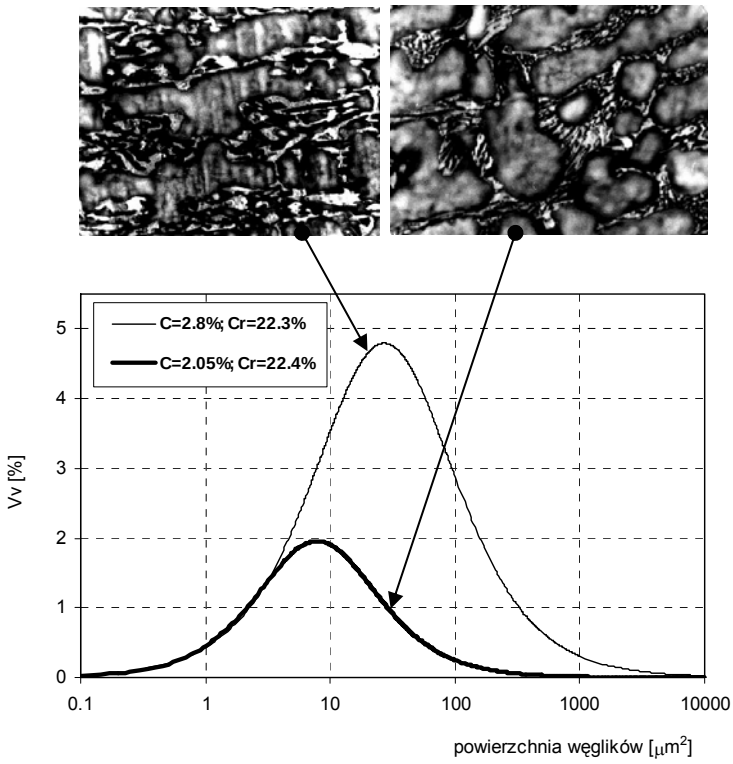
4. PODSUMOWANIE

Średnie wartości eksperymentalnych i wyznaczonych (obliczonych) parametrów stereologicznych węglików przedstawiono w tabeli 2, a rozkłady udziału objętościowego węglików w funkcji ich wielkości powierzchni na rys.2.
Udział objętościowy węglików Vv zależy głównie od stężenia węgla, natomiast znaczne zróżnicowanie zawartości chromu nie pociąga za sobą jego zmiany. Natomiast zwiększona zawartość chromu korzystnie oddziałuje na wielkość węglików – zmniejszając je (maksimum krzywej na rys.2 zostaje przesunięte w kierunku mniejszych wartości powierzchni A – parametr W maleje oraz wartości średniej powierzchni A i wzrostu Na – tabela 2).
Zastosowany funkcyjny opis struktury (za pomocą trzech parametrów U,W,Z) potwierdza dużą zgodność z empirycznym rozkładem udziału fazy węglikowej w funkcji wielkości węglików (parametry statystyczne – tabela 2).

Tabela 2 Średnie wartości mierzonych i obliczonych parametrów stereologicznych węglików w stanie surowym

Table 2 Mean values of measurement and calculation of stereological parameters of carbides

Nr	A μm^2	Vv %	Na $1/mm^2$	**Funkcja aproksymująca rozkład Vv(A)**				
				Obliczone parametry funkcji			Parametry statystyczne.	
				U %	W μm^2	Z $1/\mu m^2$	R	F
1	9.06	6.71	1891	5.28	3.55	1.19	0.99	112.0
2	4.39	7.58	1536	5.88	2.06	1.33	0.99	132.5
3	7.23	5.71	705	4.43	3.04	1.09	0.98	57.9
4	16.5	14.9	835	10.27	3.46	1.21	0.99	79.3
5	10.9	17.0	1428	16.83	3.30	1.14	0.96	21.6
6	53.51	19.63	937	15.77	5.65	1.29	0.97	27.3
7	5.93	4.51	675	4.25	2.88	1.01	0.87	6.4



Rys.2. Rozkład udziału objętościowego węglików w funkcji ich wielkości (Cr≅22%)

Fig.2. Distribution of carbides volume fraction in carbides size (Cr≅22%)

Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski

1. Decydujący wpływ na udział objętościowy węglików w żeliwie chromowym wywiera węgiel (wysoka zawartość Cr nie zapewni dużej ilości węglików).

2. Wzrost zawartości chromu sprzyja zmniejszeniu wielkości węglików

LITERATURA

[1]. Podrzucki Cz.: *Żeliwo*. ZG STOP, tom I i II Kraków 1991
[2]. Laird II G., Rawers J.C., Adams A.: *Fractal Analysis of Carbide Morphology in High-Cr White Cast Irons*. Metallurgical Transactions A, vol. 23A. 1992 r.
[3]. Dogan O.N.: *Columnar to exuiaxed transition in high Cr white iron castings*. Scipta Materialia, vol.35, 1996.
[4]. Cybo J., Jura S.: *Funkcyjny opis struktur izometrycznych w metalografii ilościowej*. Gliwice 1995.

INFLUENCE OF CARBON AND CHROMIUM ON AMOUNT OF CARBIDE PHASE IN CHROMIUM CAST IRON

SUMMARY

In this paper the size and the fraction of carbides in cast iron with various content of carbon (1.7-2.8%) and chromium (6-22%) were determined. There were presented the empirical distributions of carbides' fraction as a function of its area on microsection. Next it was approximated and the three parameters (numbers) U, W, Z were obtained as a results. These parameters describe the sample's structure in the quantitative way, what is very good for next calculations.

Reviewed by prof. Józef Gawroński