

WPLYW POŁA MAGNETYCZNEGO NA MORFOLOGIĘ GRAFITU W ŻELIWIE SZARYM

M. STAWARZ¹, J. SZAJNAR²

Zakład Odlewnictwa, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych
Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska
ul. Towarowa 7, 44 – 100 Gliwice

STRESZCZENIE

Jednym ze sposobów poprawy jednorodności struktury odlewów może być zastosowanie podczas krystalizacji wymuszonej konwekcji. W przeprowadzonych badaniach do wytwarzania wymuszonego ruchu ciekłego metalu w formie zastosowano pole magnetyczne.

W tym celu porównano morfologię grafitu we wlewkach wytworzonych tradycyjnie oraz pod wpływem pola elektromagnetycznego. Wirujące pole elektromagnetyczne pozwala na poprawienie morfologii grafitu.

Key words: electromagnetic field, graphite morphology, gray cast iron, abrasive wear

1. WSTĘP

Na zużycie ściernie odlewów żeliwnych oddziałują w znacznym stopniu warunki w jakich zachodzą procesy zużywania, to jednak istotny wpływ na intensywność ich przebiegu wywiera struktura żeliwa [1].

W celu szerszego wyjaśnienia powyższej tezy zostaną omówione dwa przypadki zużycia ściernego (zużycie przy tarcu suchym i zużycie przy tarcu ze smarowaniem), gdzie przede wszystkim postać wydzieleni grafitu odgrywa istotny wpływ na warunki procesu.

Zużycie przy tarcu suchym występuje podczas toczenia lub ślizgania współpracujących części. W takich warunkach pracują walce, sprzęgła, szczęki i bębny hamulcowe. Szczególny wpływ przy tarcu suchym wywiera grafit, który dzięki swoim

¹ dr inż., marcin.stawarz@polsl.pl

² dr hab. inż. prof. Pol. Śl., jan.szajnar@polsl.pl

właściwością smarnym przeciwdziałając zacieraniu się współpracujących części. Dlatego też w przypadku żeliwa zawierającego grafit nie zachodzi tarcie całkowicie suche [1].

Drugim przypadkiem jest zużycie przy tarcu ze smarowaniem. Zalicza się ono do najczęściej spotykanego rodzaju niszczenia współpracujących materiałów. Ulegają mu cylindry, pierścienie tłokowe, wały, łożyska, krzywki wałków rozrządu i dźwignie zaworów. Warunki zużycia tych części są bardzo zróżnicowane i pomimo smarowania, decydującą rolę w zużyciu części odgrywa struktura materiału – (analogicznie jak w przypadku zużycia przy tarcu suchym). Tworzywo, które pracuje w tego typu warunkach powinno się charakteryzować:

- małym współczynnikiem tarcia,
- dobrą zdolnością do docierania,
- zdolnością do utrzymania ciągłej warstwy smaru na powierzchni,
- powinno zachowywać wysokie własności wytrzymałościowe w wysokiej temperaturze.

Wszystkie powyższe wymogi spełnia żeliwo, którego struktura jest niejednorodna, ponieważ jedna z faz ma twardość znacznie większą niż druga ścierająca się znacznie szybciej i stanowiąca źródło „naturalnych zbiorników smaru”.

Duży wpływ na odporność przy tarcu ze smarowaniem wywierają: udział, postać i rozmieszczenie wydzieleni grafitu. Najkorzystniejsze są wydzielenia grafitu o średnich rozmiarach płatków. Rozdrobnienie grafitu niezależnie od postaci, zmniejsza odporność na ścieranie, podobnie jak w tarcu suchym [1]. Również obecność nierównomierne rozmieszczonego grafitu, jak np. miejscowych skupień dużych płatków, grafitu międzydendrytycznego (zwłaszcza z równoczesnym występowaniem ferrytu) znacznie pogarsza odporność na ścieranie [2].

Żeliwo sferoidalne jest lepsze od zwykłego żeliwa szarego tylko w przypadku ciężkich warunków pracy, przy zapewnieniu odpowiednio dużych wydzieleni grafitu oraz właściwych warunków docierania się części (ponieważ żeliwo sferoidalne dociera się gorzej niż żeliwo z grafitem płatkowym) [1].

W związku z powyższymi rozważaniami powstaje problem uzyskania żeliwa szarego z wydzieleniami grafitu płatkowego o równomiernym rozmieszczeniu i wymaganym kształcie grafitu. Problem ten ujawnia się między innymi podczas produkcji żeliwa szarego na liniach do odlewania ciągłego, gdzie warunki odprowadzania ciepła z odlewu są znacznie zróżnicowane w zależności od odległości pomiędzy miejscem na rozważanym przekroju poprzecznym odlewu a ścianką krystalizatora.

W pracy [3] autorzy zaproponowali zastosowanie pola magnetycznego do zmiany morfologii wydzieleni grafitu. Oddziaływanie polem magnetycznym na krzepnący odlew w celu poprawienia własności użytkowych jest znanym sposobem modyfikacji własności odlewu szeroko opisywanym również przez autorów krajowych [4÷7].

Badania [3] prowadzono na dwóch rodzajach żeliwa szarego tj. żeliwa o składzie podeutektycznym i nadeutektycznym. Mikrostruktura próbek wytworzonych bez udziału pola magnetycznego charakteryzowała się nierównomiernym rozłożeniem

wydzieleń grafitu o znacznej długości. Wyniki prac [3, 4] potwierdzają korzystne oddziaływanie pola magnetycznego na morfologię grafitu.

2. CEL BADAŃ, PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA

Celem przeprowadzonych badań było wykonanie wytopów eksperymentalnych z żeliwa szarego od których wymaga się z góry założonej morfologii grafitu. Żeliwo to powinno charakteryzować się mikrostrukturą osnowy w 100% perlityczną. Natomiast wydzielania grafitu powinny cechować się równomiernym rozmieszczeniem typu „A” oraz kształtem wydzieleń typu: „I” [8].

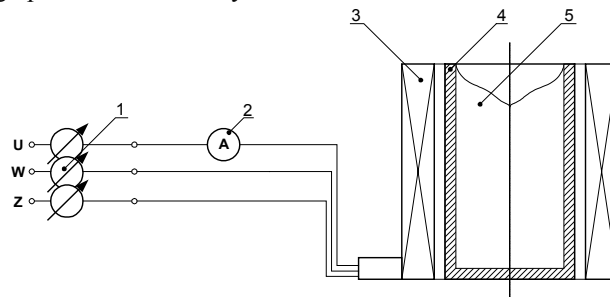
3. ZAKRES BADAŃ

Przeprowadzone badania wstępne polegały na wykonaniu wlewków wzorcowych bez oddziaływania pola magnetycznego oraz wlewków z działaniem wirującego pola magnetycznego. Z otrzymanych wlewków $\phi 30 \times 220\text{mm}$ wycięto próbki do dalszych badań. W obu przypadkach próbki zostały wycięte na wysokości 100mm od ich dna.

Zakres przeprowadzonych badań obejmował następujące etapy:

- odlanie próbki wzorcowej bez udziału wirującego pola magnetycznego WPM,
- odlanie próbek przy zastosowaniu wirującego pola magnetycznego, gdzie wartość indukcji magnetycznej wynosiła $B = 50 \text{ mT}$,
- porównanie morfologii grafitu,
- przeprowadzenie prób odporności na zużycie ściernie,
- opracowanie wyników badań.

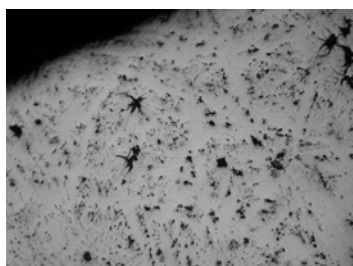
Pole magnetyczne, generujące ruch ciekłego metalu, było wytworzone przez induktor o odpowiednim uzwojeniu trójfazowym. Schemat stanowiska doświadczalnego przedstawiono na rysunku 1.



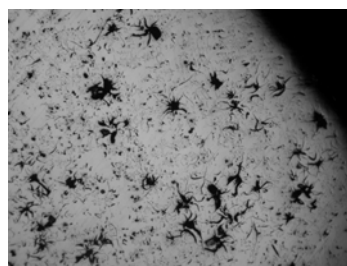
Rys. 1. Stanowisko pomiarowe: 1- transformator trójfazowy, 2- amperomierz, 3 - induktor, 4- forma, 5- ciekły metal.

Fig. 1. Test stand scheme: 1- three-phase transformer, 2- ammeter, 3- magnetic field coil, 4- mould, 5- liquid metal.

4. WYNIKI BADAŃ I ICH PODSUMOWANIE



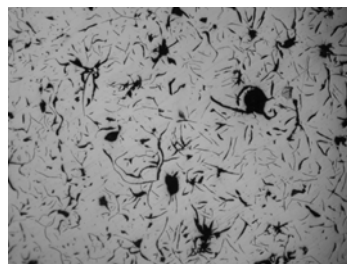
a)



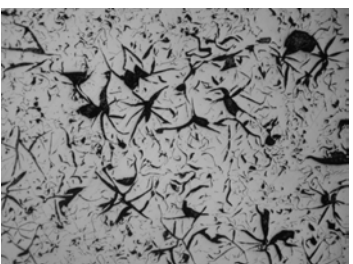
d)



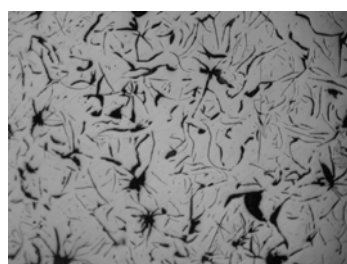
b)



e)



c)



f)

Rys. 2. Morfologia grafitu w żeliwie szarym: bez udziału pola magnetycznego a) brzeg, b) połowa promienia, c) środek. Z polem magnetycznym ($B=50$ mT): d) brzeg, e) połowa promienia, f) środek. (Powiększenie x50).

Fig. 2. Graphite morphology of grey cast iron without magnetic field a) periphery, b) half of radius, c) centre. With magnetic field ($B=50$ mT): d) periphery, e) half of radius, f) centre. (Magnification x50).

Kolejny etapem badań był pomiar zużycia ściernego. Próbki poddano badaniu laboratoryjnemu na maszynie typu Skoda-Savine [9]. Zużycie określono przy tarcii ślizgowym granicznym (półsuchym), które występuje podczas ruchu obrotowego przeciwpróbki ślizgającej się po nieruchomej próbce badanej. Jako chłodziwa użyto 0,5% roztworu chromianu potasu (K_2CrO_4) w wodzie destylowanej.

Eksperyment przeprowadzono na płaskich próbkach wyciętych z uprzednio otrzymanych wlewków. Badanie odporności na ścieranie przeprowadzono w odległości 5mm od brzegu analizowanych wlewków.

Parametry procesu były następujące: średnica przeciwpróbki $\phi 30$ mm, grubość 2,5mm, prędkość obrotowa 1000obr/min, czas trwania próby 5min, obciążenie 50N.

Wielkością wynikową próby jest długość śladu zużycia l pozostawiona na próbce badanej przez przeciwpróbkę. Wykonano po 6 prób dla każdej badanej próbki. Średnie wyniki próby przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Odporność na zużycie ściernie – wartość średnia
Table 1. Wear resistance – average value

Oznaczenie wtopu	Wartość indukcji B , mT	Długość śladu zużycia l , mm
1.1	0	1,904
3.1	50	1,88

Analiza uzyskanych wyników pozwala na sformułowanie następujących spostrzeżeń:

- działanie WPM w strefie brzegowej próbki spowodowało uzyskanie nieznacznej poprawy morfologii grafitu (patrz rysunek 2 d),
- morfologia grafitu w strefie brzegowej jest nadal niezadowalająca,
- korzystne zmiany morfologii pod wpływem pola magnetycznego zaobserwowano na pozostałej powierzchni badanych próbek (rys 2 e, f),
- pomiar zużycia ściernego potwierdził korzystny wpływ równomiernego rozłożenia grafitu płatkowego na wielkość zużycia.

LITERATURA

- [1] C. Podzucki: *Żeliwo* Tom 2. ZG STOP, Kraków 1991
- [2] C. Kalata i inni: *Żeliwo modyfikowane* PWT Warszawa 1955
- [3] Li Qiushu, Liu Liqiang, Li Renxing, Hou Xu, Zhai Qijie: *Effect of pulse magnetic field on graphite morphology and solidification of gray cast iron* PROCEEDINGS vol.1, 66th World Foundry Congress Istanbul 2004. pp. 147-156
- [4] J. Gawroński, B. Krajczy, A. Pilarz, J. Szajnar: *Oddziaływanie sił elektromagnetycznych na strukturę, charakter i postać wydzielen w stopach żelaza*. Sprawozdanie CPBP 02-09, Politechnika Śląska, Gliwice 1983 (materiały niepublikowane)

- [5] J. Szajnar: *technologia odlewania w rewersyjnym polu magnetycznym*, WZO STOP Gliwice, 1985
- [6] J. Szajnar: *Transformacja struktury kolumnowej w równoosiową przy krzepnięciu odlewów z wymuszoną konwekcją wirującym polem magnetycznym*. Zeszyty Naukowe „Mechanika”, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001
- [7] J. Szajnar, J. Gawroński: *Oddziaływanie pola magnetycznego na transformację struktury kolumnowej odlewów*, Przegląd Odlewnictwa, t. 55, nr 4, 2005, 232-241
- [8] Polska Norma PN-EN ISO 945: *Żeliwo – określenie cech wydzieleni grafitu*
- [9] Polska Norma PN-67/M-04306: *Oznaczenie odporności na zużycie na maszynie typu Skoda – Savine*

ELECTROMAGNETIC STIRRING INFLUENCE ON GRAPHITE MORPHOLOGY OF GRAY CAST IRON

SUMMARY

One of the ways to improve structural homogeneity is application of forced convection during solidification of the casting. In presented studies forced convection was obtained by use of electromagnetic field.

The graphite morphology of gray cast iron under electromagnetic rotating field was studied. In the studies alloy ingots were poured with and without electromagnetic rotating field and then the graphite morphology was analysed. The electromagnetic rotating field can improve the graphite morphology.

Recenzował Prof. Józef Gawroński