ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: Mechanika z.54 Nr kol. 438

Janina Marcinkowska, Bogdan Kusznir

Instytut Odlewnictwa Politechniki Śląskiej

WYTWARZANIE WARSTW NA ODLEWACH Z MATERIAŁÓW FERROMAGNETYCZNYCH

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań nad zastosowaniem pola magnetycznego do wytwarzania powłok ochronnych na odlewach metodą odlewniczą. Podano opis technologii metalizowania w formie oraz niektóre własności uzyskanych powłok.

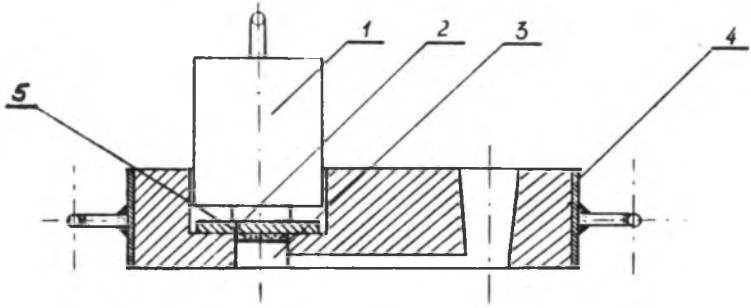
1. Wstęp

Od powierzchni współpracujących ze sobą części maszyn wymaga się niejednokrotnie specjalnych własności takich jak odporność na ścieranie, twardość, odporność na korozję itp. Cel ten można osiągnąć na drodze wprowadzania nowych materiałów wysokostopowych, przeprowadzania obróbki cieplno-chemicznej oraz wytwarzania różnymi metodami na metalu podstawowym warstw o specjalnych własnościach.

W poszukiwaniu ekonomicznych sposobów uzyskiwania pożądanych efektów prowadzi się od szeregu lat prace nad wytwarzaniem powłok na odlewach metodą odlewniczą na drodze zalewania pokryć z materiałów ziarnistych lub płytek [1,3]. Prace dotyczące uzyskiwania powłok z materiałów ziarnistych na odlewach metodą odlewniczą omawiają ich wytwarzanie przy użyciu lepiszcza (najczęściej szkła wodnego). Szkło wodne wpływa niekorzystnie na procesy zachodzące podczas powstawania powłok, głównie na infiltrację metalu zalewanego w materiał powłoki. Poza tym obecność lepiszcza stanowi przyczynę występowania wad wewnętrznych w powłoce, w postaci wtrąceń niemetalicznych przy zastosowaniu jako lepiszcza substancji nieorganicznych (szkło wodne) lub zagazowań w obecności substancji organicznych (polietylen, skrobia). Wykonana praca ujawniła możliwość wyeliminowania lepiszcza przez wprowadzenie metody magnetycznej.

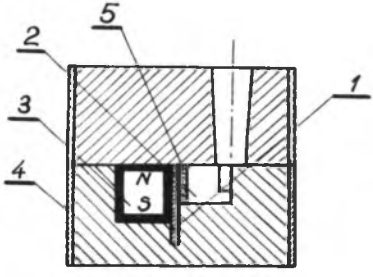
2. Badania własne

Celem wykonanych badań było stwierdzenie możliwości wytwarzania powłok stopowych na odlewach metodą odlewniczą, przy zastosowaniu pola magnetycznego, zbadanie głównych czynników wpływających na technologię wytwarzania powłok oraz ich jakość, a także zbadanie własności uzyskiwanych powłok.



Rys. 1. Górna skrzynka formy używanej do aktywacji poziomych powierzchni odlewu

1 - elektromagnes, 2 - płytka ceramiczna, 3 - wnęka formy, 4 - skrzynka formierska, 5 - materiał pokrycia



Rys. 2. Przekrój formy używanej do aktywacji bocznych powierzchni odlewu

1 - płytka ceramiczna, 2 - wnęka formy, 3 - magnes trwały, 4 - skrzynka formierska, 5 - materiał pokrycia

Zastosowana metoda magnetyczna wytwarzania powłok stopowych na odlewach cechuje się wykorzystaniem sił pola magnetycznego do przytrzymania materiału aktywnego przy ściance wnęki formy w czasie jej zalewania metalem. W celu uzyskania odpowiedniego pola magnetycznego do badań użyto zarówno elektromagnesów prądu stałego jak też magnesów trwałych, wykonanych ze stopu Alnico. W założeniach badań przyjęto aktywowanie górnych płaszczyzn poziomych wnęki formy oraz powierzchni pionowych bocznych (rys. 1 i 2).

W celu oddzielenia materiału aktywnego od rdzenia elektromagnesu, ewentualnie magnesu trwałego oraz jednocześnie do odwzorowania powierzchni odlewu zastosowano płytki ceramiczne, cechujące się żaroodpornością w temperaturze około 1800°C, brakiem gazotwórczości oraz wysoką przepuszczalnością gazów. Płytki te winny posiadać dobre własności mechaniczne, gdyż pożądane jest, aby ich grubość była najmniejsza. Ma to związek ze zmniejszeniem się sił przyciągania postępu-

jącym wraz z kwadratem odległości. Celem poprawienia gładkości powierzchni uzyskiwanych powłok, płytki powlekano pokryciem cyrkonitowym.

Aktywowanie górnej poziomej wnęki formy przeprowadzono w następujący sposób. Do wnęki formy wkładano model podwymiarowy, a następnie od góry nasypywano materiał aktywujący w sposób zapewniający równomierne rozłożenie proszku na całej aktywowanej powierzchni. Wysokość modelu podwymiarowego, określającego grubość warstwy pokrycia, dobrana była odpowiednio do stosowanych udziałów materiału aktywującego. Kolejną czynnością było nałożenie płytki ceramicznej i umocowanie urządzenia elektromagnetycznego. Przed założeniem formy włączano urządzenie i usuwano model podwymiarowy. Przy aktywacji bocznej ścianki odlewu posługiwano się podobnie jak poprzednio modelem podwymiarowym. Model ten w celu ułatwienia wyjmowania wykonano jako dzielony. Po wsypaniu materiału pokrycia w szczelinę między płytkę ceramiczną i modelem podwymiarowym ten ostatni wyciągano i formę składano.

Zastosowanie przy wykonywaniu powłok na odlewach metody magnetycznej pozwala na ich wytwarzanie jedynie z materiałów ferromagnetycznych. W przedstawionych badaniach głównym składnikiem pokrycia były rozdrobnione mechanicznie stopy Fe-Cr-C o składzie: I - 7,60%; 60,53% Cr - reszta Fe; II-8,01% C, 77,48% Cr reszta Fe. Stosowano następujące ziarnistości stopów: poniżej 0,3; 0,3 do 0,42; 0,42 do 0,6; 0,6 do 0,85; 0,85 do 1,02; 1,02 do 1,7 oraz 1,7 do 2 mm. Badania wpływu ziarnistości na siły utrzymujące materiał pokrycia przy ściance formy prowadzono w warunkach maksymalnie zbliżonych do rzeczywistych, występujących w czasie wytwarzania powłok. Badania te polegały na określeniu ciężaru materiału proszkowego przyciągniętego przez magnes (elektromagnes). Między materiałem a magnesem trwałym (elektromagnesem) znajdowała się płytka ceramiczna o grubości 6 mm w przypadku używania magnesu trwałego i 10 mm w przypadku używania elektromagnesu. Stwierdzono, że najkorzystniejsze ze względu na przyciąganie materiału w warunkach stosowanych w badaniach są frakcje proszku o ziarnistości od 0,40 do 0,90 mm. Badania te jednocześnie pozwoliły określić maksymalną ilość materiałów pokrycia, możliwą do utrzymania przy ściance formy w warunkach stosowanych magnesów (elektromagnesów) i grubości stosowanych płytek ceramicznych.

Skład chemiczny stopów używanych do badań był ściśle przestrzegany. Szczególnie duże znaczenie ma dotrzymanie odpowiedniej zawartości węgla. Ze wzrostem zawartości węgla w stopach Fe-Cr-C następuje zmniejszenie własności ferromagnetycznych. Dla przykładu stop Fe-Cr-C zawierający: 8,96% C, 54,76% Cr, reszta Fe jest paramagnetyczny, mimo że wykres Fe-Cr sugeruje, że powinien być ferromagnetyczny. Z drugiej strony w przypadku wytwarzania powłok odpornych na ścieranie zbyt mała ilość węgla pogarsza własności mechaniczne powłok (twardość, ścieralność).

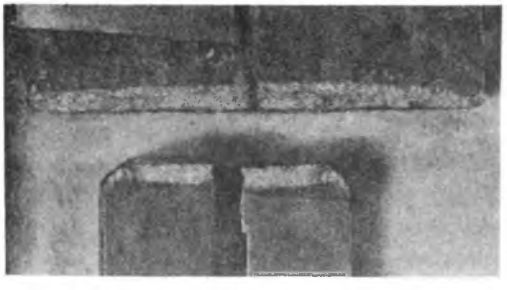
W metodzie magnetycznej oprócz stopów Fe-Cr-C można zastosować szereg innych materiałów na powłoki, jednak należy pamiętać, że muszą one cechować się odpowiednimi własnościami magnetycznymi oraz posiadać możliwie wysoką temperaturę Curie.

W skład pokrycia aktywnego oprócz materiału zasadniczego wprowadzono topniki. Zastosowanie odpowiednich topników ma duże znaczenie dla procesu metalizowania. Ich działanie powoduje zwiększenie zwilżalności ziarnistego pokrycia, a tym samym intensywniejszą infiltrację metalu zalewanego.

W celu określenia przydatności uzyskiwanych powłok przeprowadzono kompleksowe badania ich własności. Do badań użyto próbek o wymiarach:

A 31 x 156 x 43 mm w przypadku aktywowania powierzchni górnej,

B 45 x 85 x 39 mm w przypadku aktywowania powierzchni bocznej. (Wymiary powierzchni aktywowanej podkreślono). Jako materiał podstawowy stosowano żeliwo ZL20 oraz staliwo L30GS.



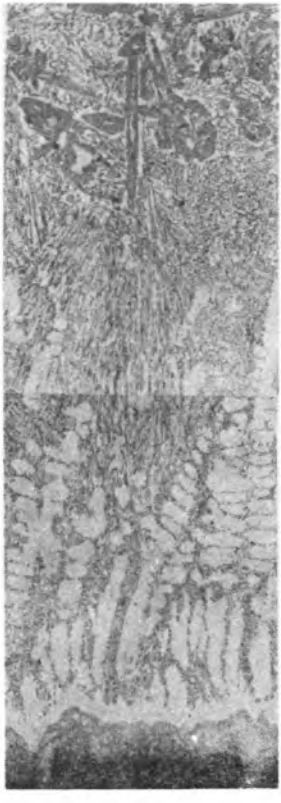
Rys. 3. Przełom próbki z wytworzoną powłoką

Równomierność rozłożenia powłoki określano na przełomach próbek w dwóch prostopadłych do siebie kierunkach (rys. 3). Wyniki pomiarów zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1

Wyniki pomiarów grubości warstw stopowych uzyskanych na żeliwie

Np.	Powierzchnia aktywowana	Udział stopu Fe-Cr-C	Wart. średnia grubości powłoki mm		Maksymalne odchylenie od średniej wart. grubości mm	
			na długości próbki	na szerokości próbki	na długości próbki	na szerokości próbki
1	Boczna pionowa	1,2 g/cm^2	3,4	3,5	1,6	0,5
2			4,6	4,4	0,8	1,0
3			3,6	3,6	0,4	0,4
4			3,6	3,9	1,0	0,6
5			4,1	4,6	0,9	0,4
6	Górna pozioma	1,4	4,4	5,3	2,3	0,9
7		1,6	5,4	5,3	1,2	0,9



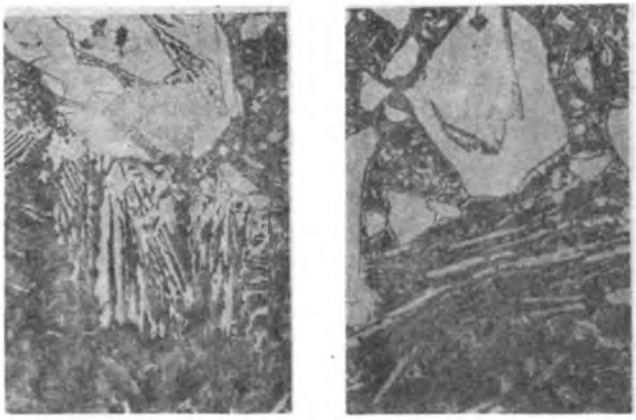
Rys. 4. Mikrostruktura powłoki wykonanej ze stopu Fe -Cr-C na staliwie

Mikrostruktura badanych powłok była zróżnicowana w zależności od stosowanych ziarnistości stopu Fe-Cr-C i rodzaju zalewanego metalu. W strukturze powłok uzyskiwanych na staliwie ze stopu Fe-Cr-C o ziarnistości od 0,3 do 0,85 mm można wyróżnić kilka charakterystycznych stref (rys. 4):

- strefa nadeutektyczna, składająca się z węglików współistniejących z ferrytem strukturalnie swobodnym,
- strefa eutektyczna, o charakterze ledeburytycznym,
- strefa podeutektyczna, charakteryzująca się występowaniem dendrytów ferrytu stopowego oraz eutektyki w przestrzeniach międzydendrytycznych,
- strefa graniczna ferrytu stopowego oraz
- strefa dyfuzyjna, granicząca bezpośrednio ze staliwem.

W mikrostrukturze powłok na żeliwie uzyskiwanych ze stopu Fe-Cr-C o ziarnistościach do 0,85 mm można wyróżnić dwie strefy. Pierwsza z nich granicząca z żeliwem charakteryzuje się występowaniem podłużnych węglików w osnowie perlitu oraz miejscami ledeburytu. W strefie drugiej, bliższej powierzchni powłoki, występują ziarna węglików, będące pozostałością materiału zastosowanego do aktywacji formy (rys. 5). W mikrostrukturze uzyskanych próbek istnieje wyraźna różnica w charakterze obszaru przejściowego (pomiędzy powłoką a materiałem zalewanym) w zależności od użytego materiału zalewanego. Strefa przejściowa w próbkach staliwnych charakteryzuje się ostro zaznaczoną granicą przejścia staliwo-powłoka (rys. 6). Natomiast w próbkach zalewanych żeliwem strefa przejściowa pomiędzy powłoką i żeliwem nie zaznacza się tak wyraźnie. Powłoki uzyskane ze stopu Fe-Cr-C o ziarnistościach większych od 0,85 mm posiadają wyraźny charakter ziarnisty.

Oprócz badań metalograficznych przeprowadzono badania twardości i ścieralności powłok. Twardość uzyskanych próbek zawiera się w granicach: 506-678 HV i maleje wraz ze wzrostem ziarnistości materiału użytego do wytwarzania powłok (tablica 2). Obok ziarnistości duży wpływ na twardość ma skład chemiczny materiału zastosowanego do wytwarzania powłok. Pomiary



a) b)

Rys. 5 a i b. Mikrostruktura powłoki wykonanej ze stopu Fe-Cr-C na żeliwie

Rys. 6. Strefa przejściowa na granicy staliwo-powłoka

ścieralności (tablica 2) wykonano przy pomocy urządzenia Skoda-Savine przy nacisku tarczy równym 5 kG i ilości obrotów 5000. Również w przypadku ścieralności zasadniczy wpływ na własności próbek wywiera ziarnistość stopu Fe-Cr,C, przy czym zależność ta jest identyczna jak w przypadku twardości. Tak więc wzrost ziarnistości powoduje obniżenie odporności próbek na ścieranie.

Tablica 2

Twardość i ścieralność powłok

Lp.	Metal zalewany	Udział mater. powłoki g/cm^2	Materiał powłoki	Ziarnistość materiału powłoki (mm)	Twardość $HV_{śr}$	Ścieralność V_{30} ($mm^3 \cdot 10^{-3}$)
1	Ż120	1,2	Fe-Cr-C nr I	1,02-1,7	506	22,34
2				1,02-1,7	542	18,91
3				1,02-1,7	563	24,71
4				1,02-1,7	566	20,80
5				0,85-1,02	555	21,71
6				0,85-1,02	595	19,91
7				0,6-0,85	604	21,41
8				$\leqslant$ 0,42	611	16,74
9				$\leqslant$ 0,42	631	17,14
10			Fe-Cr-C nr II	0,41-0,6	626	21,41
11				$\leqslant$ 0,42	678	14,87

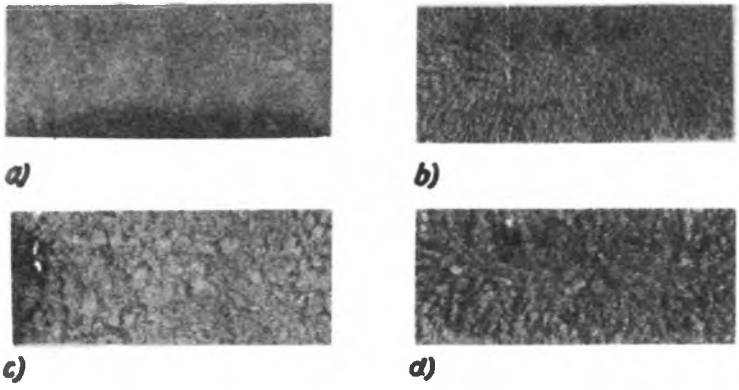
Poszczególne próby opisane w tablicy różniły się dodatkowo rodzajem i ilością wprowadzonego topnika.

3. Zakończenie

Dotychczasowe odlewnicze metody wytwarzania powłok na odlewach na drodze aktywacji powierzchni formy wymagały stosowania spoiwa w celu związania rozdrobnionego materiału pokrycia ze ścianką formy. Wiązało się to z koniecznością przygotowania odpowiedniej pasty (gęstwy) oraz suszenia form, po nałożeniu pokrycia aktywnego. Metoda magnetyczna posiada pod tym względem szereg zalet: eliminuje konieczność stosowania spoiwa, ułatwia infiltrację metalu zalewanego w materiał powłoki, zwiększa czystość powłok. Zdolność infiltracji metalu zalewanego w materiał pokrycia powiększa specyficzne układanie się ziarenek materiału pod wpływem pola magnetycznego (rys. 7).

Metoda magnetyczna umożliwia wytwarzanie powłok praktycznie na każdej powierzchni odlewu, przy czym dolna powierzchnia wnęki formy jest narażona na mechaniczne działanie strugi metalu i przez to niekorzystna do metalizowania w formie.

W zależności od parametrów technologicznych a szczególnie od ziarnistości materiału pokrycia można uzyskiwać powłoki o różnych własnościach użytkowych.



Rys. 7a-d. Rozłożenie ziarn stopu Fe-Cr-C w metodzie magnetycznej i przy zastosowaniu lepiszcza jako materiału wiążącego

Ziarnistość stopu poniżej 0,42/mm a - szkło wodne, b- pole magnetyczne,
Ziarnistość stopu od 1,7 do 2 (mm) C - szkło wodne, d - pole magnetyczne

Stwierdzono dużą przydatność stopów Fe-Cr-C do wytwarzania powłok o wysokiej odporności na ścieranie. Korzystniejsze jest stosowanie stopów Fe-Cr-C o ziarnistości w granicach 0,4 do 0,6 mm, zarówno ze względu na własności magnetyczne proszku w warunkach metalizowania, jak też z uwagi na własności powłok (twardość, ścieralność). Powłoki o wyraźnym ziarnistym charakterze posiadają znacznie mniejszą twardość i gorszą ścieralność.

Metoda magnetyczna obok szeregu zalet posiada wady; są nimi konieczność stosowania dodatkowego oprzyrządowania (co staje się uciążliwe przy aktywacji większych powierzchni) oraz ograniczenie w doborze materiałów na powłoki.

LITERATURA

1. Sakwa W., Marcinkowska J.: 39 M.K.O. Philadelphia v. 5, 1972, 1.
2. Sakwa W., Piłkowski Z.: Archiwum Hutnictwa, 2, 1967, 201.
3. Marcinkowska J.: Wybrane Zagadnienia Odlewnictwa. IO-STOP, Gliwice, 1971, 46.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СЛОЕВ НА ОТЛИВКАХ
ИЗ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Р е з ю м е

В работе даются результаты исследований по применению магнитного поля для произведения литейным методом защитных слоев на отливках.
Дается описание технологии металлизации в форме и некоторые свойства полученных слоев.

MANUFACTURING LAYERS ON CASTING FROM FERROMAGNETIC MATERIALS

S u m m a r y

Investigation results on the use of the magnetic field for the manufacturing of protective coatings on castings by the foundry method have been presented in the elaboration. A description of the technology of metallizing in the mould has been given as well as some properties of the obtained coatings.