JANINA MARCINKOWSKA

ZBIGNIEW PŁAWSKI

ALUMINIOWANIE ŻELIWA METODĄ AKTYWACJI POWIERZCHNI FORMY

Streszczenie:

Przedstawiono wyniki badań nad uzyskiwaniem powłok aluminiowych na żeliwie metodą aktywacji powierzchni formy. Metoda ta może znaleźć zastosowanie do wykonywania żaroodpornych powłok na odlewach.

Powłoki aluminiowe na technicznych stopach żelaza znajdują zastosowanie jako powłoki ochronne przed korozją gazową w podwyższonych temperaturach. Uzyskiwane są różnymi metodami, głównie na stali, co pozwala w wielu przypadkach wyeliminować kosztowne i deficytowe stale stopowe.

Pokrywanie odlewów żeliwnych aluminium natrafia na szereg trudności, których przyczyną są własności żeliwa jako materiału podłoża. Trudności technologiczne podczas aluminiowania wynikają głównie z obecności dużej, w porównaniu ze stalą ilości węgla, występującego zarówno w postaci związanej jak i wolnej. Znane metody metalizowania stali w przypadkach stosowania ich do żeliwa ulegają modyfikacji uwzględniającej specyficzne własności żeliwa.

Przedstawione badania miały na celu opracowanie metody aluminiowania żeliwa sposobem aktywacji powierzchni formy. Metody odlewnicze stosowane były dotąd do wykonywania powłok z żelazostopów /Fe-Cr, Fe-W, Fe-Mn, Fe-Cr-Ni, Fe-Mo/, chromu, względnie twardych materiałów jak borki i węgliki /CrB_2, TiC, WC/. Odlewnicza metoda wzbogacania powierzchniowych warstw żeliwa w aluminium może mieć duże praktyczne znaczenie.

Badania własne

W przeprowadzonych badaniach używano 4 rodzaje proszków aluminiowych, różniących się między sobą ziarnistością. Charakterystykę ziarnistości stosowanych proszków podano w tablicy 1.

Charakterystyka ziarnistości proszków aluminiowych

Tablica 1.

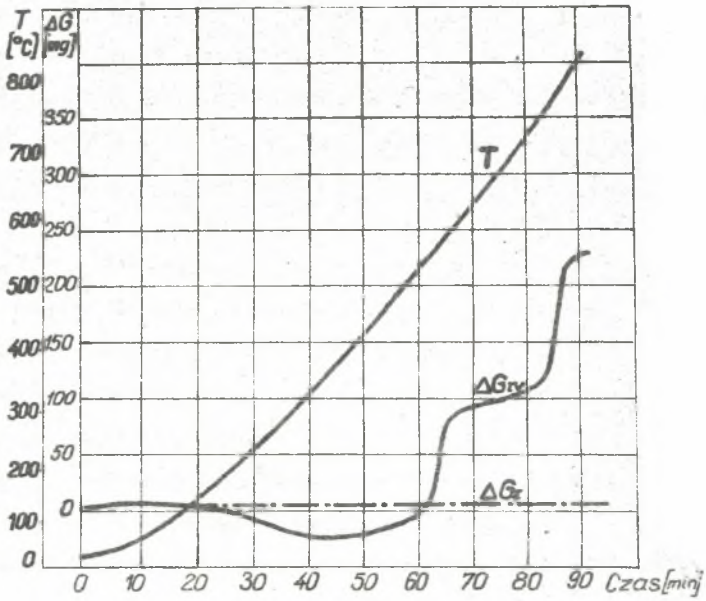
Oznaczenie proszku	Nr sita	Prześwit [mm]	Pozostałość na sicie [%]	Powierzchnia właściwa $\left[\frac{cm^2}{g}\right]$
Al I	20	0,85	0,66	64,2
	30	0,60	3,30	
	40	0,42	26,74	
	50	0,30	41,46	
	70	0,21	26,30	
	100	0,15	1,00	
	140	0,105	0,54	
Al II	Wydzielona frakcja w wymiarze ziarn w zakresie 0,25 - 0,30 mm			76,0
Al III	70	0,21	77,4	103,0
	100	0,15	14,4	
	140	0,105	8,2	
Al IV	270	0,053	54,3	476,0
	denko		45,7	

Pierwsze próby nie dały pozytywnych rezultatów, aczkolwiek już podczas tych prób można było zauważyć wpływ ziarnistości, a co się z tym wiąże i powierzchni właściwej proszków na proces tworzenia warstw stopowych na powierzchni odlewu. Wyznaczona powierzchnia właściwa dla poszczególnych proszków wynosiła: Al I - 64,2 $\left[\frac{cm^2}{g}\right]$, Al II - 76 $\left[\frac{cm^2}{g}\right]$, Al III - 103 $\left[\frac{cm^2}{g}\right]$ Al IV - 476 $\left[\frac{cm^2}{g}\right]$

Do badania utleniania wytypowano dwa rodzaje proszków aluminiowych: Al I o najmniejszej powierzchni właściwej i Al IV o największej powierzchni właściwej. Pomiar utleniania proszków przeprowadzono na deriwatografie

typu OD-102 podczas ogrzewania do temperatury około 830°C.

Przebieg procesu utleniania się proszków pokazano na rys. 1.



Rys.1. Przebieg procesu utleniania proszków aluminiowych

ΔG_I - krzywa utleniania się proszku Al I [naważ[illegible]]

ΔG_{IV} - krzywa utleniania się proszku Al IV [naważ[illegible]]

T - przebieg zmian temperatury podczas badań.

Stwierdzono, że próbki proszków badanych w deriwatografie, podgrzane do temperatury 830°C nie utworzyły zwartej masy stopu, lecz zachowały postać proszków.

Przyrost masy proszku Al IV ogrzanego do temperatury 830°C w czasie 90 min wynosił 0,5% natomiast proszku Al IV - 22,5%. Proszek Al IV zaczął utleniać się bardzo intensywnie począwszy od temperatury około 550°C, bardzo duża skłonność do utleniania tego proszku tłumaczy niemożność uzyskania prawidłowej powłoki. Intensyfikacji utleniania proszku sprzyja również duża porowatość pokrycia aktywnego. Stwierdzono to w przypadku zastosowania proszku Al II składającego się z ziarn o podobnych wymiarach.

Przeprowadzone próby uzyskania warstw stopowych przy zastosowaniu past składających się z proszku aluminiowego i spoiwa oraz badania utleniania proszków aluminiowych wykazały, że ziarna proszku pokrywają się błonką tlenków przez co utrudniony jest kontakt ciekłego metalu z aluminium. W celu usunięcia warstewki tlenków aluminium z powierzchni ziarenek proszku oraz zapobiegania jego utlenianiu zastosowano topniki. Topniki jednocześnie polepszają zwilżalność pokrycia aktywnego przez zalewany metal, co jest jednym z podstawowych warunków otrzymania ciągłych dobrze związanych z podłożem warstw stopowych.

Do prób używano 9 rodzajów topników. Najlepsze wyniki uzyskano przy zastosowaniu jako topników bezwodnego boraksu oraz mieszaniny boraksu i tlenku boru /3 : 2/. Użycie zestawów topników zalecanych w procesie aluminiowania klasycznymi metodami, w skład których wchodzą najczęściej chlorki i fluorki oraz kriolit, nie dało spodziewanych rezultatów. Słabe wyniki uzyskano przy zastosowaniu kriolitu, mieszaniny chlorku sodu i potasu /1 : 1/ i mieszaniny chlorku sodu, chlorku potasu i kriolitu /12 : 5 : 3/. Nie uzyskano warstwy stopowej przy zastosowaniu mieszaniny chlorku sodu, potasu i wapnia /1 : 1 : 1/. Negatywne wyniki prób, w których używano wymienione topniki można tłumaczyć reakcją tych soli ze szkłem wodnym.

Wnioskiem z przeprowadzonych prób jest konieczność stosowania boraksu lub mieszaniny boraksu i tlenku boru jako topnikujących dodatków do past aktywujących powierzchnię formy. Wprowadzona do pasty ilość topnika powinna wynosić około 3% ilości składnika metalicznego.

Rodzaj zastosowanego spoiwa wywiera wpływ na proces tworzenia się warstwy stopowej. Doświadczenia przeprowadzono przy użyciu organicznych spoiw /typu żywic/ oraz spoiw krzemianowych /sodowego szkła wodnego i krzemianu etylu/. Najodpowiedniejszym spoiwem okazało się szkło wodne. Wprowadzano je do suchych składników pokrycia w postaci 15%-go wodnego roztworu w ilości około 10 - 15 ml na 100 g pozostałych składników. Jest to ilość możliwie najmniejsza zapewniająca dobre związanie składników oraz pasty z powierzchnią formy. Również dobre wyniki uzyskano stosując jako spoiwo krzemian etylu.

W przeprowadzonych próbach wykorzystano formy skorupowe, w których aktywowano dolną, płaską poziomą powierzchnię wnęki. Próbki posiadały kształt walców o wymiarach Ø 60 x 10 i Ø 50 x 15 mm.

Formy zalewano żeliwem szarym o składzie chemicznym w następujących zakresach:

C - 2,8 - 3,2 %	Si - 2,1 - 2,4 %	Mn - 0,5 - 0,8 %
Cr - 0,4 - 2,0 %	S - max 0,14 %	P - max 0,65 %.

Dodatek chromu w ilości do 2 % ogranicza pęcznienie żeliwa. Proces pęcznienia mógł - by spowodować odrywanie powłoki od podłoża lub jej pękanie.

Zakres temperatur zalewania próbek wynosił od 1360 do 1480°C.

Formy aktywowano pokryciem będącym mieszaniną proszku aluminiowego, topnika i spoiwa. Stosowano następujące ilości składnika metalicznego: 0,47; 0,42; 0,25; 0,18; 0,11; 0,08 i 0,04 g na 1 cm^2 pokrywanej powierzchni. Topnik dodawano w ilości 3 % w stosunku do składowej metalicznej, natomiast spoiwo w postaci 15 %-go roztworu wodnego w ilości 10 - 15 ml na 100 g pozostałych składników.

Przeprowadzono dwa rodzaje wyżarzania różniące się między sobą temperaturą /800 i 850°C/ i czasem /odpowiednio 2 godz. i 3,5 godz./. Zastosowanie obróbki cieplnej miało wykazać jej wpływ na grubość warstwy przejściowej w aluminiowej powłoce na żeliwie.

W oparciu o badania metalograficzne i mikrotwardości oraz dane literaturowe [1, 2, 4, 5] określono skład fazowy strefy przejściowej oraz zidentyfikowano charakterystyczne wydzielenia w warstwie aluminiowej.

Strukturę powłoki aluminiowej pokazano na rys.2. Powłokę uzyskano w następujących warunkach: formę aktywowano proszkiem aluminiowym w ilości 0,25 g/cm^2 w obecności 3 % boraksu. Temperatura zalewania wynosiła 1400°C. Rys. 3 pokazuje strefę przejściową tej samej próbki przy powiększeniu 500 razy.

Analiza układu żelazo-aluminium [2] pozwala stwierdzić praktyczną nierozpuszczalność żelaza w aluminium, natomiast rozpuszczalność aluminium w żelazie jest wysoka i wynosi około 35 % w temperaturze pokojowej. Wskutek znikomej rozpuszczalności żelaza w aluminium już nawet nieznaczne ilości żelaza powodują występowanie fazy $FeAl_3$.

Budowę strefy przejściowej określono przechodząc od strony żeliwa w kierunku powłoki aluminiowej. Bezpośrednio przy granicy z żeliwem mikrotwardość warstwy jest jednakowa we wszystkich przypadkach i wynosi około 400 μHV /obciążenie 50G/, co odpowiada mikrotwardości roztworu stałego aluminium w żelazie o zawartości do około 25 % aluminium. Następnie w kierunku krawędzi powłoki występuje bardzo twarda warstwa mikrotwardości 1150 do 1280 HV /obciążenie 50G/. Zgodnie z badaniami mikrotwardości i danymi przytoczonymi w literaturze [4, 5] warstwie tej można przypisać budowę fazy międzymetalicznej Fe_2Al_5. Kolejno następuje warstwa bogatsza w aluminium przyległą do powłoki aluminiowej i posiadająca mikrotwardość około 750 HV /obciążenie 50G/. Warstwę tę tworzy faza $FeAl_3$.

W warstwie aluminium po stronie zewnętrznej strefy przejściowej widoczne są wydzielenia związków międzymetalicznych o dużej dyspersji.

Widoczne na tle powłoki aluminiowej wydzielenia o charakterystycznej postaci wydłużonych igieł stanowią zgodnie z badaniami przytoczonymi w literaturze [1] oraz badaniami mikrotwardości /850 - 1000 HV, obciążenie 20G/ międzymetaliczne połączenie najbogatsze w aluminium - $FeAl_3$.

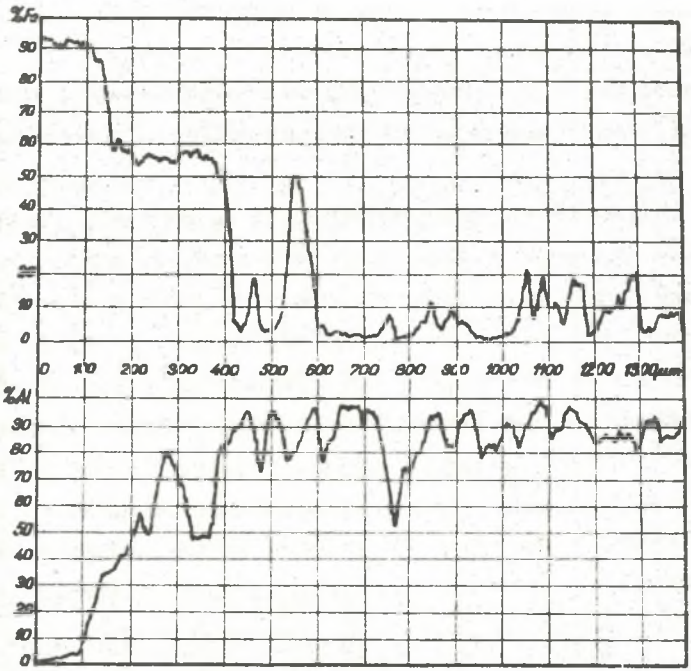
W metodzie aluminiowania odlewów sposobem aktywacji powierzchni formy należy brać pod uwagę możliwość infiltracji zalewanego metalu do porowatego, w pewnym stopniu, pokrycia. Zjawisko to sprzyja powstawaniu w powłoce faz wzbogaconych w różnym stopniu w żelazo.

W powłoce aluminiowej wykonanej metodą odlewniczą występują obszary bogatsze w żelazo, możliwe do stwierdzenia na drodze mikroanalizy rentgenowskiej.

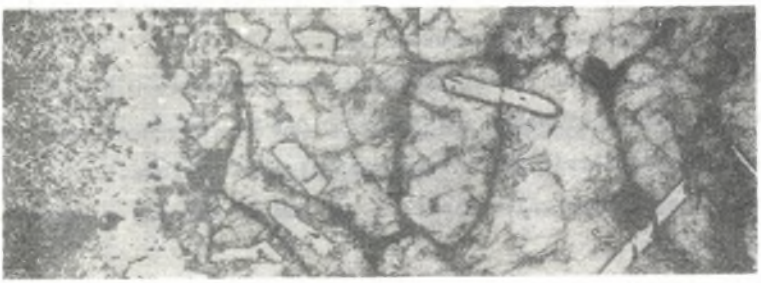
Badania rozłożenia żelaza i aluminium w warstwie brzegowej przeprowadzono przy pomocy mikroanalizatora rentgenowskiego typu MAR-1 produkcji radzieckiej.

W próbkach badano rozłożenie pierwiastków przechodząc od osnowy do krawędzi próbki. Na rys. 4 pokazano wykres rozłożenia aluminium i żelaza sporządzony dla próbki uzyskanej w następujących warunkach: ilość proszku aluminiowego - 0,25 g na 1 cm^2 aktywowanej powierzchni, 3 % boraksu, temperatura zalewania 1400°C.

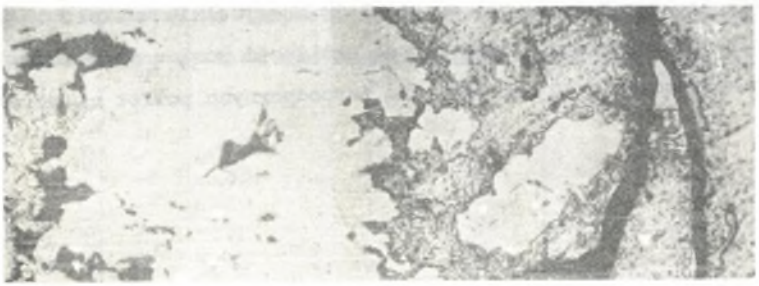
Wyżarzanie próbek w temperaturze 850°C w czasie 3,5 godz. powoduje powiększenie grubości warstwy przejściowej o 150 - 200 μm.



Rys. 4. Wykres rozłożenia aluminium i żelaza w powłoce aluminiowej



Rys. 2. Powłoka aluminiowa na żeliwie. Pow. 100 x Nital



Rys. 3. Strefa przejściowa powłoki aluminiowej. Pow. 500 x Nital

Dyskusja wyników badań

Przeprowadzone badania wykazały, że pokrycie aktywujące formę powinno być trójskładnikowe i zawierać oprócz proszku aluminiowego i spoiwa również topniki. Najodpowiedniejszymi topnikami są boraks lub jego mieszanina z tlenkiem boru.

Ilość zastosowanego składnika metalicznego do aktywacji powierzchni formy ma wpływ na jakość powłoki. Dobre połączenie powłoki z żeliwem uzyskano przy następujących ilościach aluminium: 0,47; 0,42 i 0,25 g na 1 cm^2 pokrywanej powierzchni formy. Przy użyciu proszku aluminiowego w ilości mniejszej od około 0,20 g/cm^2 otrzymano powłoki nieciągłe. W próbach aktywowania powierzchni formy ilością aluminium mniejszą od około 0,10 g/cm^2 nie uzyskano warstwy stopowej. Większe od około 0,50 g/cm^2 ilości proszku aluminiowego nie były ilościowo wiązane przez żeliwo podczas zalewania, wskutek czego powierzchnia powłoki była porowata.

Dzięki zastosowaniu proszków wielofrakcyjnych /Al I/ można uzyskać powłoki bardziej zwarte niż przy użyciu proszków składających się z ziarn o podobnej średnicy /Al II/. Konieczne jest stosowanie proszku aluminiowego o możliwie grubym ziarnie, większym od około 0,20 mm. Ze stosowanych w badaniach materiałów do aktywowania powierzchni formy /tablica 1/ najodpowiedniejszym okazał się proszek Al I.

Grubości otrzymywanych powłok mieściły się w zakresie 0,6 - 2,3 mm. Nie uzyskano powłok o grubości mniejszej od 0,6 mm. Stosując proszek o możliwie drobnym ziarnie możemy otrzymać cieńszą powłokę.

Optymalna temperatura zalewania form żeliwem mieści się w zakresie od 1400 do 1480°C.

Powłoki aluminiowe otrzymane metodą odlewniczą posiadały równomierną grubość, która na przekroju próbki różniła się maksymalnie o około 10 %.

Technologia aluminiowania żeliwa metodą aktywacji powierzchni formy może znaleźć zastosowanie do otrzymywania żaroodpornych powłok na odlewach.

Literatura:

1. Drążkiewicz T., Gębalski S. - "Żaroodporne powłoki aluminiowe na stali i żeliwie". WNT Warszawa, 1957.

2. Waszczenko K., Zizczenko W., Fristow A. - "Bimietalliczeskije otliwki żelezo-aluminij". Maszinostrojenije, Moskwa 1966.

3. Wachelko T., Marcinkowska J. - "Żaroodporne powłoki aluminiowe na żeliwie wykonane metodą zanurzeniową". Przegląd Odlewnictwa nr 10, 1969.

4. Riabow W.R. - "Swarka pławlenijem aluminija so stalju". Naukowaja Dumka, Kijów, 1969.

5. Czaruchina K.E., Gałowanienko S.A., Mastierow W.A. - "Bimietalliczeskije sojedinienija". Mietallurgija, Mosk wa, 1970.

Алитирование чугуна методом активации поверхности формы

Р е з ю м е

Представлено результаты исследований по получению алитированных покрытий на чугуне методом активации поверхности формы. Этот метод может применяться при изготовлении жаростойких покрытий на отливках.

The coating of cast-iron with aluminium
by means of activating the mould surface

S u m m a r y

There are represented the results of investigations concerning the coating of cast-iron with aluminium, making use of the method of activating the surface of the mould. This method may prove useful in the production of heat-resisting coats on castings.