

Jan Szajnar, Piotr Wróbel*, Tomasz Wróbel

Politechnika Śląska, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Odlewnictwa, ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice, Poland

*Corresponding author. E-mail: piotr.wrobel@polsl.pl

Otrzymano (Received) 20.02.2009

BADANIA STRUKTURY POWIERZCHNIOWYCH WARSTW KOMPOZYTOWYCH NA ODLEWACH ZE STOPÓW ŻELAZA

Przedstawiono fragment badań strukturalnych, których celem było określenie struktury i zasięgu dyfuzji podstawowych składników w obszarze warstwy kompozytowej i strefy przejściowej. Badania prowadzone były przy użyciu mikroskopu świetlnego i elektronowego skaningowego z systemem EDS oraz dyfraktometru rentgenowskiego. Na podstawie uzyskanych wyników określono charakterystyczne struktury i ich składniki występujące w obszarze powierzchniowej warstwy kompozytowej, strefy przejściowej i osnowy. Strukturę warstwy kompozytowej można podzielić na osnowę, która stanowi ferryt stopowy oraz wydzielenia węglików, głównie M_7C_3 . Wyróżniono węgliki iglaste oraz eutektykę węglikową. Ponadto można zaobserwować, że wraz ze wzrostem masywności odlewu rośnie zasięg dyfuzyjny niektórych pierwiastków. Ma to duże znaczenie dla powstałej strefy przejściowej, warunkującej dobre połączenie warstwy z materiałem bazowym odlewu.

Słowa kluczowe: powierzchniowa warstwa kompozytowa, struktura

STUDIES OF COMPOSITE SURFACE LAYER STRUCTURE ON CASTINGS OF IRON ALLOYS

The paper presents a method of usable properties of surface layers improvement of cast carbon steel, by put directly in founding process a composite surface layer on the basis of Fe-Cr-C alloy. Technology of composite surface layer guarantees mainly increase in hardness and aberasive wear resistance of cast steel and cast iron castings on machine elements. This technology can be competition for generally applied welding technology (surfacing by welding and thermal spraying). In earlier studies authors showed, that exist possibility of control of thickness, hardness and aberasive wear resistance of type metal-mineral of composite surface layer by suitable selection of parameters i.e. thickness of composite insert, pouring temperature and solidification modulus of casting. Composite layers with large thickness are results from use of larger thickness of composite insert, higher pouring temperature and larger thickness of casting wall i.e. larger solidification modulus. Thicker layers have smaller hardness than thin layers. It result from larger diluting of alloying constituents after long time of diffusion. Moreover obtained thickness of composite layers are proper for assurance of suitable time of castings exploitation. The industrial application of composite surface layers technology among other things take in founding of cast steel slide bush for combined cutter loader, in which moves a arm of head to mining of hard coal, in founding of aberasive wear resistant skid and in founding of cast iron ingot moulds, which have high thermal shock resistance. Whereas in particular the paper presents a part of structure studies, which were made with use of light microscope Nikon EPIPHOT-TME, scanning electron microscope Inspect F with EDS system and X-ray diffractometer Panalytical RTG XPertPro. On the basis of results was affirmed that structure of composite surface layer contains matrix i.e. alloy ferrite and carbides mainly M_7C_3 . Acicular carbides and carbide eutectic were distinguished. Moreover was observed, that increase of casting mass results in increase in range of selected elements diffusion for example carbon and chromium. This is very important for created transition zone, which strongly influences on quality of joint between layer and base casting.

Keywords: composite surface layer, structure

WPROWADZENIE

Rzeczywiste odlewy stalowe są przeznaczone dla maszyn i urządzeń pracujących w ciężkich warunkach eksploatacyjnych, np. w przemyśle wydobywczym. Dlatego wymagane są od nich bardzo dobre własności, tj. duża odporność na ścieranie pracujących powierzchni, ale również wysokie własności użytkowe, do których zalicza się: twardość, wytrzymałość na rozciąganie, plastyczność czy udamność. Uzyskanie wszystkich tych własności w całej objętości odlewu wykonanego tylko ze staliwa niestopowego jest niemożliwe [1-3].

Technologia powierzchniowych warstw kompozytowych pozwala na otrzymanie w określonych miejscach odlewu wysokich własności, takich jak:

- twardość,
- odporność na zużycie ściernie,
- odporność korozyjna,
- optymalna grubość stopowej warstwy kompozytowej w zależności od warunków pracy i grubości ścianki odlewu

oraz uproszczenie obróbki cieplnej - przeważnie dwustopniowej na rzecz jednostopniowej, np. wyżarzania normalizującego.

Zastosowanie tej technologii pozwala na uzyskanie powyższych właściwości bezpośrednio podczas odlewania i jest to proces prosty oraz możliwy do realizacji prawie w każdej odlewni staliwa [3-5].

METODYKA BADAŃ

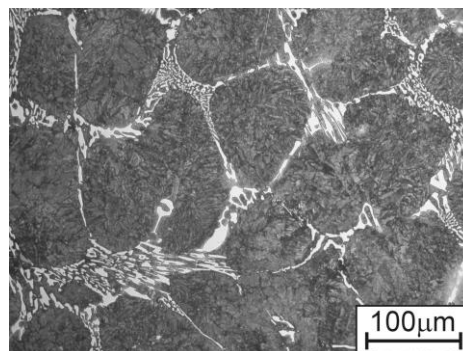
Na próbkach pobranych z prostopadłościennych odlewów modelowych wykonanych technologią preparowania wnętrza formy [1-5], które różniły się grubością ścianki 20, 30, 40 mm, temperaturą zalewania 1550, 1600, 1650°C oraz grubością wkładki kompozytującej 2, 3, 4 mm, przeprowadzono badania metalograficzne jakościowe na mikroskopie świetlnym Nikon EPIPHOT - TME i ilościowe badania struktury na mikroskopie skaningowym Inspect F, który był wyposażony w detektor EDS. W zakresie ilościowych badań struktury próbki zostały poddane punktowej i liniowej mikroanalizie składu chemicznego. Dla części próbek wykonano analizę ilościową w odległościach 0, 25, 50, 75, 100 i 150 mikrometrów od strefy przejściowej w głąb staliwa. Celem tych badań było określenie zasięgu dyfuzji podstawowych składników warstwy kompozytowej (węgla, chromu, żelaza, manganu) od strefy przejściowej.

Ponadto badania struktury rozszerzono o rentgenowską analizę fazową przeprowadzoną na dyfraktometrze rentgenowskim RTG XPertPro firmy Panalytical przy zakresie kątowym 2θ od 35 do 115°, z krokiem zapisu 0,05° i czasie zliczania 5 s. Zastosowano przefiltrowane promieniowanie rentgenowskie lampy z anodą kobaltową, zasilaną napięciem 25 kV. Identyfikacji faz dokonano na podstawie danych zawartych w bazie International Center for Diffraction Data ICDD.

WYNIKI BADAŃ

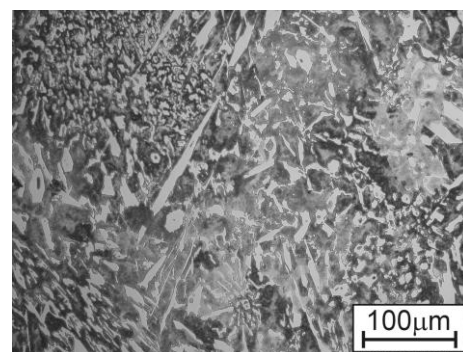
Wykonane badania metalograficzne na mikroskopie świetlnym pozwoliły na określenie rodzaju uzyskanej struktury warstwy kompozytowej, która zbudowana jest głównie z różnego rodzaju wydzieleni węglkowych w osnowie ferrytu stopowego (rys. rys. 1 i 2). W toku tych badań ujawniły się również różnice w strukturze warstwy kompozytowej, a mianowicie można zaobserwować w tej warstwie dwie strefy: strefę wewnętrzną i zewnętrzną (rys. 3). Przeprowadzono również obserwację strefy przejściowej łączącej powierzchniową warstwę kompozytową ze staliwem, ważnej z punktu widzenia właściwości użytkowych uszlachetnionych odlewów (rys. 4).

W strukturze warstwy wykonanej na bazie żelazochromu wysokowęglowego uzyskano wysoką twardość i odporność na zużycie spowodowaną przede wszystkim przez węgliki chromu typu M_7C_3 , których obecność potwierdza przeprowadzona rentgenowska jakościowa analiza fazowa (rys. 5).



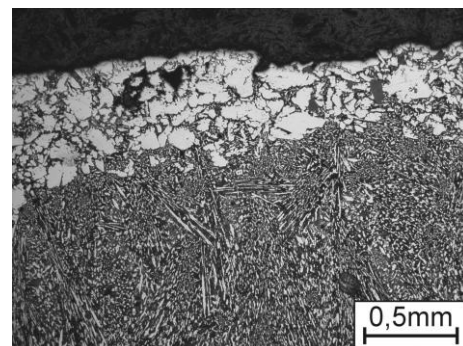
Rys. 1. Struktura warstwy kompozytowej - widoczna eutektyka węglkowa

Fig. 1. Structure of composite surface layer - visible carbide eutectic



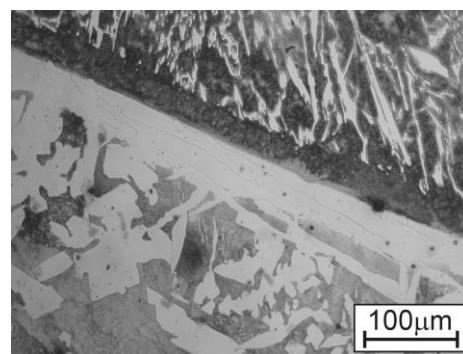
Rys. 2. Struktura warstwy kompozytowej - widoczne węgliki iglaste

Fig. 2. Structure of composite surface layer - visible acicular carbides



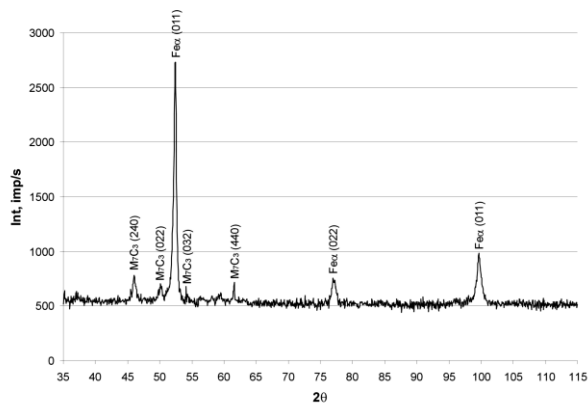
Rys. 3. Struktura warstwy kompozytowej - widoczna strefa wewnętrzna z wydzieleniami węglków iglastych

Fig. 3. Structure of composite surface layer - visible internal zone with acicular carbides



Rys. 4. Struktura warstwy kompozytowej, strefy przejściowej i staliwa

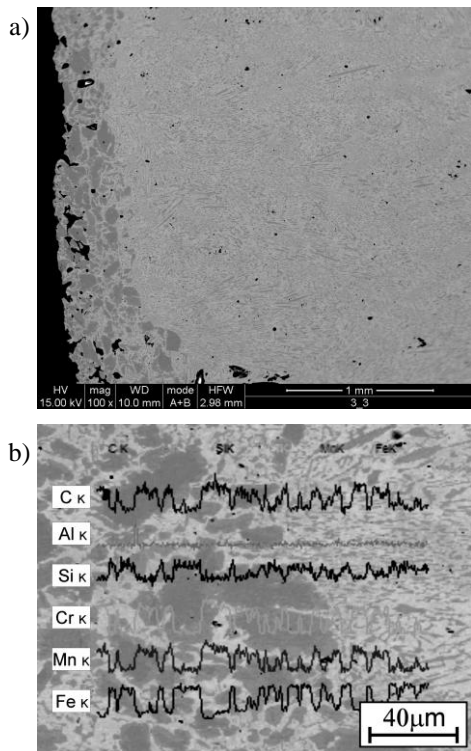
Fig. 4. Structure of composite surface layer, transition zone and cast steel



Rys. 5. Wynik rentgenowskiej analizy fazowej jakościowej powierzchniowej warstwy kompozytowej na bazie stopu Fe-Cr-C

Fig. 5. X-ray diffraction of composite surface layer on the basis of Fe-Cr-C alloy

Na rysunku 6 widać obszar składający się z dużych ziaren o wysokiej zawartości chromu w obrębie zewnętrznej części warstwy kompozytowej.



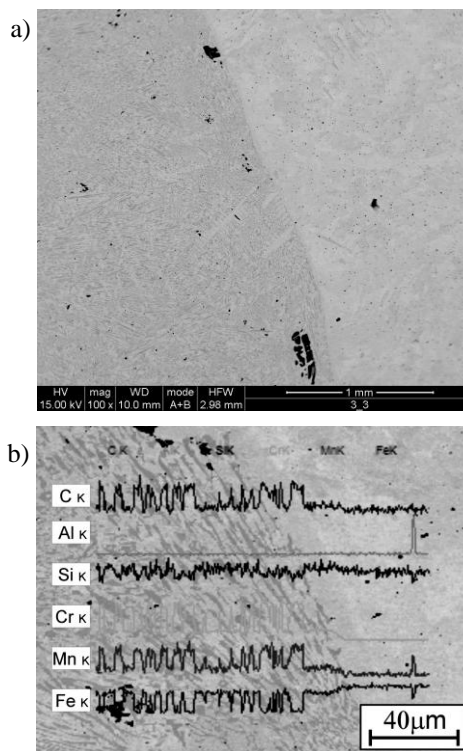
Rys. 6. Struktura (a) i rozkład stężenia pierwiastków (b) w obszarze powierzchniowej warstwy kompozytowej

Fig. 6. Structure (a) and distribution of elements concentration (b) in area of composite surface layer

W większości obszaru warstwy dominuje eutektyka zbudowana z wydłużonej ciemnej fazy. Występuje również wyraźna strefa przejściowa o zmiennej zawartości chromu (rys. 7). Szerokość tej strefy wynosi 30 μm, a zawartość chromu zmienia się z około 13 do 5%, aby już w odległości 50 μm od granicy strefy przejściowej warstwa kompozytowa-staliwo zmniejszyła się do 0,4% (tab. 1). Na rysunku 8 przedstawiono struk-

turę dwufazową warstwy zbudowaną z dużych jasnych ziaren, które tworzą układy dendrytyczne wraz z eutektyką. W tym przypadku zawartość chromu w ziarnach wynosi 13%. W miejscu styku warstwy kompozytowej ze staliwem występuje wyraźna strefa o grubości około 60 μm, w której zawartości chromu zmniejsza się znacząco z 13 do 6%. W odległości 100 μm od granicy strefa przejściowa-staliwo dochodzi do szybkiego spadku zawartości Cr do 0,3% (tab. 2).

Natomiast na rysunkach 9 i 10 zostały przedstawione przykładowe wyniki analizy powierzchniowej rozkładu wybranych pierwiastków w obszarze powierzchniowej warstwy kompozytowej i strefy przejściowej przy powiększeniu 500x. Rozkład ten ujawnił między innymi zasięg dyfuzji chromu do staliwa.



Rys. 7. Struktura (a) i rozkład stężenia pierwiastków (b) w obszarze strefy przejściowej warstwy kompozytowa-staliwo

Fig. 7. Structure (a) and distribution of elements concentration (b) in area of transition zone between composite surface layer and cast steel

TABELA 1. Rozkład stężenia pierwiastków w zależności od odległości

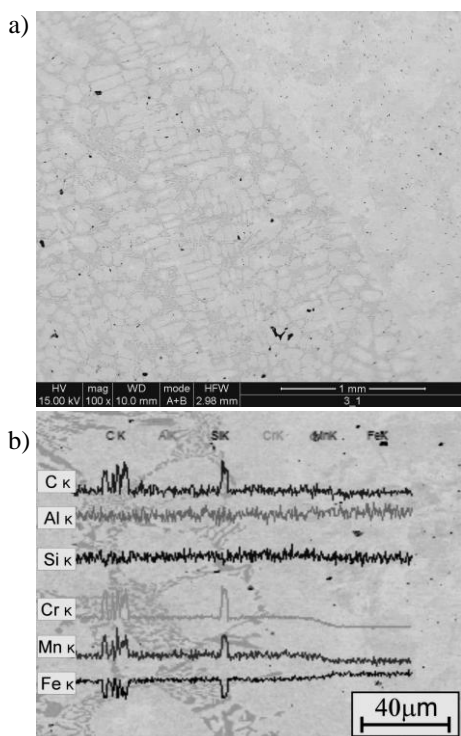
TABLE 1. Distribution of elements concentration in function of distance

Pierwiastek %	Warstwa kompozytowa		Odległość od strefy przejściowej warstwy kompozytowej ze staliwem, μm			
	Osnowa	Wydzielenie	0	30	50	75
C	1,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Si	0,2	0,9	0,9	0,5	0,4	0,4
Cr	62,3	13,5	13,1	5,3	0,4	0,4
Mn	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,3
Fe	36,1	85,0	85,3	93,5	98,7	98,8

TABELA 2. Rozkład stężenia pierwiastków w zależności od odległości

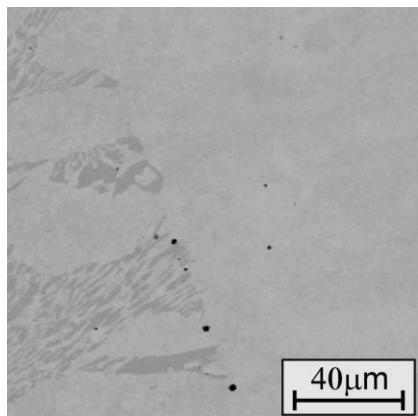
TABLE 2. Distribution of elements concentration in function of distance

Pierwiastek %	Warstwa kompozytowa		Odległość od strefy przejściowej warstwy kompozytowej ze staliwem, μm				
	Osnowa	Wydzielenie	0	50	80	100	150
C	0,2	1,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Si	0,7	0,6	0,7	00,7	0,5	0,4	0,4
Cr	12,1	57,8	12,7	11,3	6,3	0,3	0,2
Mn	0,4	0,4	0,4	00,5	0,4	0,4	0,3
Fe	86,6	40,2	86,0	87,4	92,6	98,8	99,0



Rys. 8. Struktura (a) i rozkład stężenia pierwiastków (b) w obszarze strefy przejściowej warstwy kompozytowa-staliwo

Fig. 8. Structure (a) and distribution of elements concentration (b) in area of transition zone between composite surface layer and cast steel



Rys. 9. Struktura strefy przejściowej warstwy kompozytowa-staliwo

Fig. 9. Structure of transition zone between composite surface layer and cast steel



Rys. 10. Powierzchniowy rozkład chromu dla struktury z rysunku 9

Fig. 10. Superficial distribution of chromium for structure from Figure 9

PODSUMOWANIE

Badania metalograficzne jakościowe i ilościowe pozwoliły określić charakterystyczne struktury i ich składniki występujące w obszarze powierzchniowej warstwy kompozytowej, która powstaje z fazy ciekłej w wyniku współdziałania ciekłego staliwa wlewane do formy z ziarnistą wkładką kompozytującą. Badania dotyczyły także strefy przejściowej i osnowy. Strukturę warstwy kompozytowej można podzielić na osnowę, która stanowi ferryt stopowy oraz wydzielenia węglików. Wyróżnia się węgliki iglaste oraz eutektykę węglikową. Przedstawione struktury wykazują różny udział jakościowy i ilościowy fazy węglikowej. Ponadto cechują się różną powierzchnią rozdziału faz uzależnioną od stopnia dyspersji węglików, która z kolei zależy od warunków krystalizacji i krzepnięcia odlewów modelowych. Można zaobserwować, że wraz ze wzrostem masywności odlewu rośnie zasięg dyfuzyjny niektórych pierwiastków. Ma to duże znaczenie dla powstałej strefy przejściowej, warunkującej dobre połączenie warstwy z osnową. W zależności od warunków krzepnięcia i stygnięcia posiada ona różną grubość (od 0,02 do 0,06 mm) i strukturę zawierającą w kontakcie z warstwą przypuszczalnie bardzo drobny płytkowy perlit, a następnie często jasną strefę ferrytu.

LITERATURA

- [1] Wróbel P., Uszlachetnianie powierzchni odlewów stalowych kompozytową warstwą stopową w procesie odlewania, Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2004.
- [2] Gawroński J., Szajnar J., Wróbel P., Powierzchniowe kompozytowe warstwy żeliwo-cząstki ceramiczne, *Archiwum Odlewnictwa* 2005, 5, 17, 107-114.
- [3] Gawroński J., Szajnar J., Wróbel P., Technologia powierzchniowych warstw kompozytowych i przykłady jej zastosowania, *Archiwum Odlewnictwa* 2006, 6, 19, 103-112.
- [4] Szajnar J., Wróbel P., Wróbel T., Model castings with composite surface layer - application, *Archives of Foundry Engineering* 2008, 8, 3, 105-110.
- [5] Szajnar J., Wróbel P., Wróbel T., Investigation of thermal processes during test operation of ingot mould with composite surface layer, *Archives of Foundry Engineering* 2008, 8, Special Issue 3, 163-166.