

TECHNOLOGIA POWIERZCHNIOWYCH WARSTW KOMPOZYTOWYCH I PRZYKŁADY JEJ ZASTOSOWANIA

J. GAWROŃSKI¹, J. SZAJNAR², P. WRÓBEL³

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

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono kilka aplikacji przemysłowych wykorzystujących technologię otrzymywania powierzchniowych kompozytowych warstw odpornych na zużycie ściernie. Opracowaną technologię wykorzystuje się w odlewach pracujących w trudnych warunkach eksploatacyjnych, które wymagają wysokich własności mechanicznych, przy jednocześnie wysokiej odporności na zużycie niektórych powierzchni. Opracowana technologia powierzchniowych warstw kompozytowych pozwala na otrzymywanie ich na odlewach ze stopów żelaza i metali nieżelaznych.

Key words: casting, surface composite layer, cast iron, copper alloys

1. WPROWADZENIE I ZARYS TECHNOLOGII

Szereg własności odlewów, również użytkowych zależy od fizycznych i chemicznych własności warstwy powierzchniowej. Takimi własnościami są np. odporność na zużycie ściernie, odporność na korozję, twardość. Znaczne podwyższenie własności wybranych elementów powierzchni odlewu (np. powierzchni roboczych) można osiągnąć przez wytworzenie kompozytowej powierzchniowej warstwy bezpośrednio w procesie odlewania. Kompozytowe warstwy stopowe na odlewach, ze szczególnym uwzględnieniem kompozytów powierzchniowych znajdują się w programie badań nau-

¹ prof.zw.dr inż., jozef.gawronski@polsl.pl

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

³ dr inż., piotr.wrobel@polsl.pl

kowych realizowanych w Zakładzie Odlewnictwa Instytutu Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych Politechniki Śląskiej.

Przemysł – szczególnie wydobywczy i surowców mineralnych lub recyklingu wykazuje stałe zapotrzebowanie na odlewy odporne na zużycie. Od takich odlewów pracujących w bardzo trudnych warunkach eksploatacyjnych wymaga się nie tylko wysokiej odporności na zużycie ściernie (suche ścieranie) ale również wysokich własności mechanicznych (twardość, wytrzymałość na rozciąganie, udarność).

W ramach jednego odlewu wykonanego w całej objętości z żeliwa czy staliwa stopowego z reguły trudno zapewnić wszystkie wymagane własności. Stąd badania naukowe zmierzające w kierunku uszlachetniania pracujących (szczególnie narażonych na zużycie) powierzchni odlewu.

Na podstawie dotychczasowych uzyskanych wyników badań zostały opracowane warunki wytwarzania twardych, odpornych na zużycie, warstw kompozytowych na stopach żelaza i metali nieżelaznych oraz wytyczne technologii powierzchniowego umacniania odlewów [1-5].

Kompozytowe warstwy stopowe wykonywane są z reguły tylko na fragmentach powierzchni odlewu, szczególnie narażonych na zużycie. Kompozytowaną powierzchnię odlewu należy ograniczyć do jak najmniejszej, niezbędnej, uzasadnionej względami eksploatacji części odlewu. Wówczas parametry technologii wykonania odlewu z powierzchniową kompozytową warstwą stopową są prawie identyczne jak dla odlewu zwykłego.

W technologii kompozytowych warstw powierzchniowych duże znaczenie posiada technologia formy, obejmująca również dobór składników na pokrycie kompozytujące i sposób jego wykonania. Z uwagi na zachodzące w formie procesy, towarzyszące kształtowaniu warstwy kompozytowej, własności cieplno-fizyczne formy powinny umożliwiać wolne odprowadzanie ciepła i wolne stygnięcie odlewu. Forma musi stwarzać warunki łatwego odprowadzenia gazów z miejsca powstawania kompozytowej warstwy stopowej. Gazy powstają, wskutek obecności spoiwa organicznego w kompozytującym pokryciu formy. Konieczność łatwego odprowadzenia gazów wymaga czasem odpowiedniego sposobu zaformowania odlewanej części. Sposób wykonania pokrycia kompozytującego w formie powinien w najmniejszym stopniu komplikować technologię wytwarzania odlewu stosowaną w bieżącej produkcji.

Wymienione wymagania stawiane formie odlewniczej w praktyce nie są trudne do zrealizowania. Stosuje się formy piaskowe suche lub skorupowe. Odpowietrzanie formy wykonuje się sposobami powszechnie stosowanymi przy formowaniu (nakłucia, kanały). Korzystne jest takie rozwiązanie konstrukcji formy, by kompozytowana powierzchnia odlewu była odwzorowana w rdzeniu. Stosowanie rdzenia umożliwia wykonanie pokrycia kompozytującego na stanowisku formowania rdzeni, co w najmniejszym stopniu komplikuje technologię formy. Również dobrym sposobem wykonania pokrycia kompozytującego w formie jest stosowanie wkładek oraz folii przygotowanych z materiału kompozytującego poza formą i umieszczanych w formie przed zalewaniem. Z uwagi na warunki odprowadzenia gazów z miejsca tworzenia kompozytowej warstwy

stopowej, korzystne jest boczne lub górne położenie kompozytowanej powierzchni w formie. Dolne położenie jest nie korzystne.

Pokrycie kompozytujące w technologii odpornych na zużycie, kompozytowych warstw stopowych jest mieszaniną rozdrobnionego składnika stopowego lub kilku składników stopowych i spoiwa. Wysokowęglowy żelazochrom (Fe-Cr-C) jest składnikiem podstawowym, który sam lub w mieszaninie z żelazomanganem (Fe-Mn), bardzo skutecznie służy do miejscowego umocnienia powierzchni żeliwnego lub stalowego odlewu. Stosowane są rozdrobnione żelazostopy, o ziarnistości do 0,3 mm, w ilości obliczonej dla wielkości kompozytowanej powierzchni odlewu, przy założeniu gęstości pokrycia kompozytującego w zakresie od 0,5 g Fe-Cr-C (Fe-Cr-C +Fe±Mn) do 2,0 g Fe-Cr-C (Fe-Cr-C+Fe-Mn) na 1 cm² powierzchni formy. Jako podstawowy materiał kompozytujący zastosowanie znalazły również cząstki ceramiczne takie jak: korund, kwarcyt i węgliki innych metali również w postaci spieków. Spoiwo obecne w materiale pokrycia kompozytującego formy odgrywa bardzo istotną rolę w technologii powierzchniowych warstw. Powinno umożliwiać łatwe wykonanie warstwy pokrycia kompozytującego o dobrej wytrzymałości i przyczepności do powierzchni formy i posiadać możliwie małą gazotwórczość.

Dla omawianych technologii opracowano dwa spoiwa organiczne:

- spoiwo I: klej skrobiowy,
- spoiwo II: roztwór żywicy polimeryzacyjnej akrylowej w organicznym rozpuszczalniku.

Stosowane są również inne spoiwa np. szkło wodne szczególnie w zastosowaniach tej technologii dla odlewów żeliwnych. Istotnym problemem w wytwarzaniu kompozytowych warstw stopowych jest ilość wprowadzonego spoiwa organicznego lub nieorganicznego. Powinna ona być na tyle minimalna, aby nie stwarzając wtrąceń popiołowych i gazowych w odlewie i kompozytowej warstwie stopowej, gwarantować odpowiednią wytrzymałość pokrycia kompozytującego, wkładki lub folii. W niektórych zastosowaniach wprowadzane są również różnego rodzaju topniki czy stopy aktywujące proces tworzenia się warstwy kompozytującej.

2. WYBRANE PRZYKŁADY PRAKTYCZNEGO ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII POWIERZCHNIOWYCH WARSTW KOMPOZYTOWYCH NA ODLEWACH ŻELIWNYCH

Korpusy pomp szlamowych [2]

Zastosowano tutaj technologię powierzchniowych kompozytowych warstw stopowych dla zwiększenia odporności na zużycie wewnętrznej powierzchni roboczej korpusu pompy stosowanej do odwadniania dołowego. Dotychczas wytwarzane korpusy, odlewane z żeliwa gatunku EN-GJL200, cechowały się krótkim czasem eksploatacji. Powierzchnie czynne korpusów intensywnie się zużywały przede wszystkim ze względu na charakter tłoczony cieczy (zawiesina drobnych, twardych cząstek w wodzie). Dotychczas stosowaną technologię formy uzupełniono o nanoszenie warstwy pokrycia kompozytującego na wybrane powierzchnie rdzenia (rys. 1). W mieszaninie kompozy-

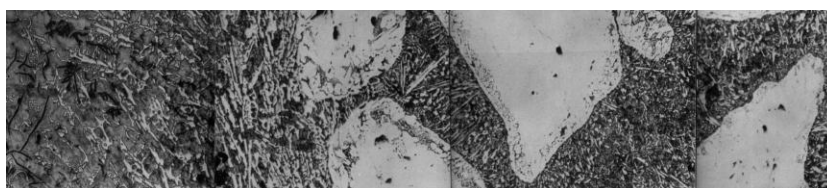
tującej zastosowano rozdrobniony stop Fe-Cr-C o ziarnistości $0,6 \div 0,8$ mm, topnik i szkło wodne w postaci roztworu wodnego jako spoiwo. Formy zalewano żeliwem szarym. Część odlewów przeznaczono do badań laboratoryjnych (rys. 2, 3). Ich wyniki pozwoliły stwierdzić, że uzyskano powierzchniowe kompozytowe warstwy stopowe o średniej grubości od 5,2 mm do 6,0 mm, twardości $450 \div 700$ HV i dużej odporności na zużycie ścienne. Odlewy przeznaczone do próbnej eksploatacji wykazały się ok. 3-krotnie dłuższym okresem pracy.



Rys. 1. Rdzeń z naniesioną mieszaniną kompozytującą
Fig. 1. Composite mixture on the core



Rys. 2. Przelomy wzdłużne korpusu pompy
Fig. 2. Lengthwise fractures of the pump body



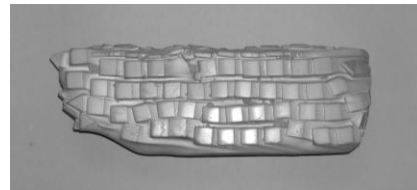
Rys. 3. Mikrostruktura powierzchniowej kompozytowej warstwy stopowej
Widoczne ziarna Fe-Cr-C. Pow. 50x
Fig. 3. Structure of surface composite alloy layer

W Zakładzie Odlewnictwa Politechniki Śląskiej wykonano próby odlewania lemiesz z powierzchnią warstwą kompozytową, gdzie składnikiem podstawowym mieszaniny kompozytującej był odpowiednio przygotowany korund (Al_2O_3) [5]. Przygotowanie ziaren korundu polegało na osadzeniu na ich powierzchniach warstewki miedzi a następnie w niektórych przypadkach jako drugiej warstwy niklu metodami bezprądowymi. Zabiegi te miały na celu polepszenie zwilżalności ziaren korundu przez ciekłe żeliwo. Zastosowano korund o ziarnistości $1,2 \div 1,5$ mm i $2,0 \div 2,5$ mm w ilościach $0,5$ i $0,7$ g/cm² kompozytowanej powierzchni formy. Jako spoiwo służyło szkło wodne w ilości $3 \div 5\%$ wagowo. Zastosowano topniki na bazie związków boru. Jako materiału zalewanego użyto żeliwa chromowego EN-GJL-HV-600 (rys.4). Wykonano również próbę wytworzenia lemiesz z powierzchnią warstwą kompozytową gdzie wykorzystano odpadowe płytki z węglików spiekanych stosowanych do noży tokarskich i gło-

wie frezarskich. Płytki mocowano na odpowiednim fragmencie wneki formy przy pomocy kleju skrobiowego i pokryto warstwą topnika na bazie związku boru. Tak spreparowane formy zalewano żelirem chromowym EN-GJL-HV-600 (rys.5).



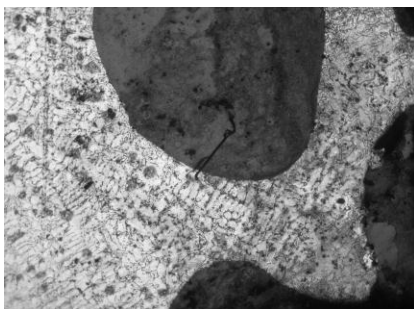
Rys. 4. Przełom lemiesza z widoczną powierzchnią warstwą kompozytową
Fig. 4. Fracture of share with surface composite layer



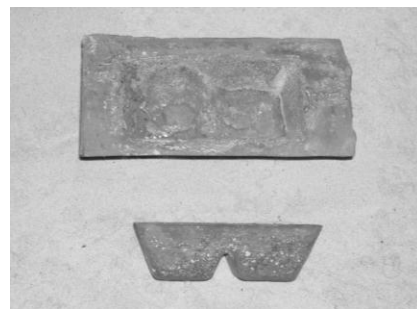
Rys. 5. Widok powierzchni roboczych lemiesza po okresie eksploatacji
Fig. 5. Working surface of share after service life

Wlewnice z powierzchniową warstwą kompozytową żeliwo – cząstki ceramiczne

Większą trwałość wlewnicy wzmocnionej powierzchniową kompozytową warstwą ceramiczną związana jest z większą odpornością tej warstwy na uderzenie cieplne w czasie eksploatacji. Wykonano odlewy wlewnic z żeliwa w gatunku EN-JGL200 z kompozytową warstwą ceramiczną wytworzoną w procesie odlewania. Składnikiem podstawowym mieszanki kompozytującej był piasek kwarcowy o ziarnistości $0,8 \div 1,6$ mm. Pozostałymi składnikami były topniki, szkło wodne jako spoiwo i spieniacz. Uzyskano warstwy równomiernie rozłożone na powierzchni roboczej wlewnicy (rys. 6) o średniej grubości ok. 5 mm [5, 6]. Wlewnice przeznaczone do eksploatacji pracują do chwili obecnej w warunkach Zakładu Odlewnictwa Politechniki Śląskiej.



Rys. 6. Mikrostruktura warstwy kompozytowej.
Pow. 50x
Fig. 6. Structure of composite layer



Rys. 7. Widok wlewnicy w trakcie eksploatacji
Fig. 7. Ingot mould in working time

3. WYBRANE PRZYKŁADY PRAKTYCZNEGO ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII POWIERZCHNIOWYCH WARSTW KOMPOZYTOWYCH NA ODLEWACH STALIWNYCH

Rolki do kolejki podwieszanej

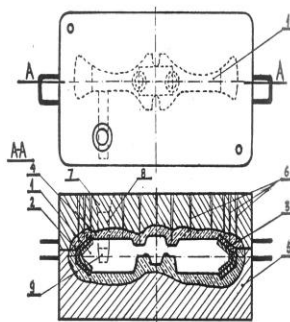
Rolki kolejek podwieszanych pracują w trudnych warunkach urabiania węgla kamiennego. Zużywanie się rolek zachodzi wskutek wycierania się bieżni, w miejscach współpracujących z liną nośną, w obecności miazgi węglowej i drobnych cząstek mineralnych.

Rolki wykonywane są ze staliwa stopowego, odpornego na ścieranie, mianowicie z gatunku L35GSM. Własności staliwa nie zapewniają odporności na ścieranie w warunkach pracy odlewów. Wymagana twardość bieżni powinna mieścić się w zakresie $45 \div 50$ HRC. Tymczasem po wyżarzaniu zupełnym lub normalizowaniu twardość wynosi HB=220, zaś po wyżarzaniu zupełnym i ulepszeniu cieplnym tylko HB = 302.

Wyniki badań wstępnych dały podstawę do kontynuacji prac w warunkach przemysłowych. Stosowaną technologię formy uzupełniono jedynie wykonaniem pokrycia kompozytującego na fragmentach rdzeni odtwarzających bieżnię [2, 5].



Rys. 8. Przekrój rolki z widoczną warstwą kompozytową
Fig. 8. Core from driving shaft mould



Rys. 9. Forma zgrzebła: 1-odlew, 2-wkładka rdzeniowa, 3-pokrycie kompozytujące, 4-masa przy modelowa, 5-masa formierska, 6-nakłucia, 7, 8, 9-układ wlewowy
Fig. 9. Mould of scraper: 1-cast, 2-core plug, 3-composite coat, 4 – near model mass, 5-moulding sand, 6-pinholes, 7, 8, 9-gating system

Rdzenie powlekano pokryciem cyrkonitowym a po wysuszeniu aktywowano pokryciem kompozytującym, wykonanym z rozdrobnionego wysokowęglowego żelazochromu, o ziarnistości mniejszej ok. 0,3 mm i spoiwa na bazie żywicy polimeryzacyjnej.

Stosowano wysokowęglowy żelazochrom w ilości 0,5 g na 1 cm² aktywowanej powierzchni rdzenia oraz spoiwo w ilości 2,5 % wag. suchej masy, w postaci toluenowego roztworu.

Rolki z umocnioną powierzchnią bieżni (rys. 8) odlano ze staliwa węglowego L500 (PN-EN 3755: 270-480). Surowe odlewy wałków poddano normalizowaniu, w warunkach przyjętych dla odlewanego gatunku staliwa.

Jakość powierzchni bieżni była dobra. Twardość w stanie surowym wynosiła w zakresie 421 ÷ 518 HV, po obróbce cieplnej 593 ÷ 650 HV. Efekt umocnienia powierzchniową kompozytową warstwą stopową bieżni rolki uznano za bardzo pozytywny.

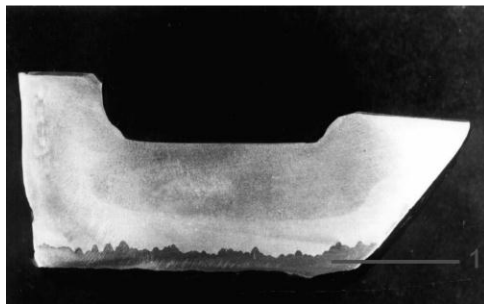
Zwiększenie odporności na zużycie zgrzebła typu ALPINE [5]

Zgrzebła stanowią elementy przenośników węglowych obsługujących ścianę wydobywczą w kopalni węgla kamiennego. Dużemu zużyciu ściernemu ulegają końcówki zgrzebła, przesuwające się w prowadnicach, w obecności miazgi węglowej i cząstek mineralnych. Zgrzebła odlewane są ze staliwa L35GSM lub L40H3T.

Powierzchnie końcówek zgrzebła umocniono twardą, kompozytową warstwą stopową, wykonaną w procesie odlewania. W tym celu zmieniono konstrukcję i technologię formy, wprowadzając wkładki rdzeniowe, formowane skorupowo, odwzorowujące umacniane końcówki zgrzebła. W ten sposób wykorzystano dobrą zasadę, by pokrycie kompozytujące w formie nakładać na powierzchnię rdzeni. Rys. 9 przedstawia formę zgrzebła z wkładkami rdzeniowymi. W pokryciu stosowano wysokowęglowy żelazochrom (< 0,3 mm) w ilości 0,5 g / cm² powierzchni rdzenia i klej skrobiowy jako spoiwo. Twardość umocnionych powierzchni końcówek zgrzebła wynosiła w zakresie 460 ÷ 510 HV w stanie surowym, przy grubości powierzchniowej kompozytowej warstwy stopowej w zakresie 1,6 ÷ 2,0 mm.

Zwiększenie odporności na zużycie płóz do kombajnu górniczego [5]

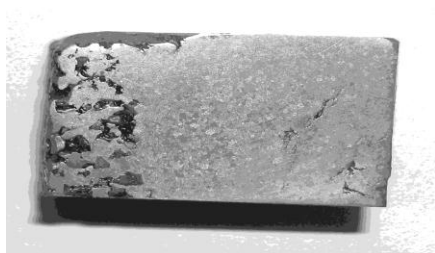
Poprawa własności użytkowych płóz pracujących w warunkach intensywnego ścierania poprzez zastosowanie technologii kompozytowych warstw stopowych na powierzchniach narażonych na zużycie pozwoliła na znaczne zwiększenie ich żywotności. Pokrycie kompozytujące na wykonano z węgla chromu o ziarnistości 0,2 ÷ 0,4 mm z dodatkiem 4 ÷ 8 cz. wag. żelazomanganu w ilości 1 g/cm² wytypowanego fragmentu powierzchni formy. Jako spoiwo stosowano szkło wodne (roztwór wodny 1:1). Formy zalewano staliwem L35GSM normalnie stosowanym na odlewy płóz. Technologia ciekłego metalu nie różniła się od zwykle stosowanej. Temperatura mierzona w czasie spustu wynosiła 1620 ÷ 1650°C. Badania jakim poddano jeden z odlewów wykazały twardość powierzchniowej kompozytowej warstwy stopowej w zakresie 649 ÷ 682 HV, objętościowe zużycie $V_L = 85,4 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^3$ (w warunkach stosowanych w tej pracy) przy grubości warstwy w zakresie 4,6 ÷ 5,9 mm (rys. 10).



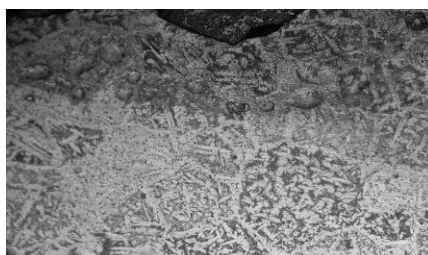
Rys. 10. Przekrój odlewu płozy z widoczną powierzchnią kompozytową warstwą stopową (1)
 Fig. 10. Cross-section of skid with surface composite alloy layer (1)

4. MOŻLIWOŚCI WYTWARZANIA POWIERZCHNIOWYCH WARSTW KOMPOZYTOWYCH NA ODLEWNICZYCH STOPACH MIEDZI

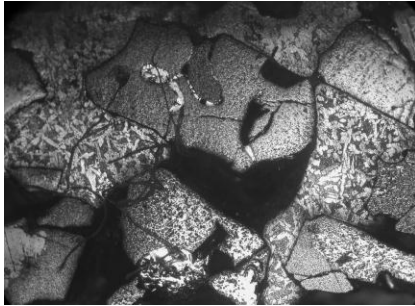
Szerokie i niemalże równorzędne do stopów żelaza zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu znalazły stopy metali nieżelaznych, w tym również odlewnicze stopy miedzi. Czynnione próby wytwarzania kompozytów z osnową na bazie stopów miedzi [1] dały pozytywne wyniki. Przeprowadzono szereg prób w ramach rozpoznania możliwości otrzymywania powierzchniowych warstw kompozytowych na odlewniczych stopach miedzi. Jako cząstki zbrojące stosowane były węgliki chromu, węgliki krzemu i korund. Jako materiał osnowy zastosowano odlewniczy stop miedzi z aluminium (brąz aluminiowy) CuAl10Fe3Mn2 , używany na odlewy pracujące w trudnych warunkach eksploatacyjnych. Do wykonania pokrycia kompozytującego zastosowano 6% klej skrobiowy. W skład mieszanin kompozytujących stosowanych w ilościach $0,5 \div 0,7 \text{ g/cm}^2$ kompozytowanej powierzchni wneki, w niektórych próbach wchodziły również topniki na bazie związków boru i środek powierzchniowo czynny. Na wykonanych odlewach próbnych otrzymano powierzchniowe warstwy kompozytowe o grubościach od 0,5 do 6,0 mm z równomiernym rozłożeniem cząstek zbrojących. (rys. 11 ÷ 14).



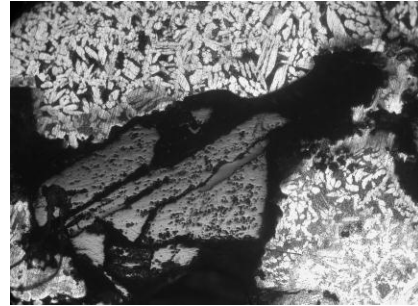
Rys. 11. Przekrój próbki z warstwą kompozytową (węglík chromu)
 Fig. 11. Cross-section of sample with composite layer (chromium carbide)



Rys. 12. Powierzchniowa warstwa kompozytowa z widoczną cząstką węglíka chromu. Pow. 50×
 Fig. 12. Surface composite layer with particle of chromium carbide



Rys.13. Powierzchniowa warstwa kompozytowa.
Widoczne cząstki SiC. Pow. 100 ×.
Fig.13. Surface composite layer with
particle of SiC.



Rys.14. Powierzchniowa warstwa kompozytowa
z widocznym fragmentem cząstki zbro-
jącej (korund). Pow.100 ×.
Fig.14. Surface composite layer with part of rein-
forcement particle (corundum).

5. WNIOSKI I UWAGI KOŃCOWE

1. Badania na odlewach ze stopów żelaza i odlewniczych stopów miedzi pozwoliły opracować:
 - Optymalne dla wyżej wymienionych stopów technologie przygotowania warstw kompozytujących w postaci pokryć, wkładek i folii, łatwych w wytwarzaniu, preparowaniu form i rdzeni również o powierzchniach kształtowych, a nade wszystko gwarantujących brak w odlewie i powierzchniowej kompozytowej warstwie stopowej gazów i wtrąceń typu żużlowego pochodzących ze spalania spoiwa.
 - technologię otrzymywania powierzchniowych kompozytowych warstw stopowych na odlewach doświadczalnych oraz na odlewach użytkowych. W szczególności stwierdzono, że możliwe jest otrzymywanie stopowych warstw kompozytowych na odlewach o niewielkim module krzepnięcia, co w odniesieniu do płaskiej ścianki odlewu wyraża się grubością powyżej 10 mm. Tak cienkie ścianki w odlewach praktycznie występują tylko jako żebra wzmacniające i ścianki łączące, nigdy jednak jako części odlewu pracujące w warunkach intensywnego zużycia.
2. Możliwe jest uszlachetnianie wybranych powierzchni odlewu wykonanego ze stopów miedzi poprzez wytworzenie powierzchniowej warstwy kompozytowej z udziałem różnych materiałów podstawowych mieszaniny kompozytującej bezpośrednio w procesie odlewania.
3. Praktyka przemysłowa wytwarzania kompozytów powierzchniowych w niczym nie odbiega od powszechnie stosowanych parametrów technologicznych procesów w odlewni w tym również wykonywania form i rdzeni, topienia metalu, zalewania itp. Już zrealizowane badania przemysłowe wskazują na możliwość wdrożenia tej technologii wszędzie tam, gdzie wymaga się od odlewów miejscowego „umocnienia” powierzchni gwarantującego radykalny wzrost odporności na zużycie. Jedyną trudność polega na konieczności każdorazowego doboru parametrów wkładki kompozytującej w zależności od kształtu i masy odlewu.

4. Możliwe jest uzupełnienie materiału podstawowego wkładki kompozytującej innymi żelazostopami, metalami, związkami chemicznymi lub cząstkami ceramicznymi w celu uzyskania szczególnych własności powierzchniowej warstwy kompozytowej.

LITERATURA

- [1] Gawroński J., Szajnar J., Wróbel P.: *Opracowanie technologii wytwarzania ziarnistych materiałów stopowych i wkładek na warstwy powierzchniowe dla odlewów staliwnych*. Sprawozdanie PBZ/II.3.1/2005, 04.2006 (niepublikowane)
- [2] Marcinkowska J., Wróbel P.: *Technologia wytypowanych odlewów stosowanych w warunkach ścierania erozyjnego cząstkami mineralnymi*. CPBP 02.09., Gliwice 1988.
- [3] Gawroński J., Cholewa M., Szajnar J., Wróbel P.: *Composite Alloy Layers on the Steel Cast*. Engineering and Functional Materials EFM'97, Lviv, 1997.
- [4] Wróbel P., Szajnar J., Gawroński J.: *Kompleksowa ocena warunków powstawania kompozytowej warstwy stopowej na powierzchni odlewu staliwnego*. Archiwum Odlewnictwa, rocznik 4, nr 14, 2004.
- [5] Wróbel P.: *Uszlachetnianie powierzchni odlewów staliwnych kompozytową warstwą stopową w procesie odlewania*. Praca doktorska, Gliwice 2004.
- [6] Gawroński J., Szajnar J., Wróbel P.: *Powierzchniowe kompozytowe warstwy żeliwo – cząstki ceramiczne*. Archiwum Odlewnictwa, rocznik 5, nr 17, 2005.

Praca finansowana ze środków na naukę w latach 2005-2008 jako projekt badawczy zamawiany PBZ-KBN-114/T08/2004

TECHNOLOGY OF SURFACE COMPOSITE LAYERS ON CASTINGS

SUMMARY

Casts operating in tough conditions are required to have high mechanical properties, with simultaneous high wear resistance of working surfaces. Obtaining simultaneously of the high plastic properties, service life and wear resistance within a single casting is difficult or just impossible. Developed technology for obtaining of the alloyed composite layers on iron and copper alloys castings is apply in many branches of industry production.

Recenzował: prof. zw. dr hab. inż. Stanisław Pietrowski