

Czesław Baron¹, Józef Gawroński²

Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Odlewnictwa, ul. Towarowa 7
44-100 Gliwice, e-mail: czeslaw.baron@polsl.pl, jozef.gawronski@polsl.pl

ODPORNOŚĆ NA ZUŻYCIE CIERNE KOMPOZYTÓW WARSTWOWYCH NA BAZIE STOPÓW ŻELAZA

Celem przeprowadzonych badań było określenie odporności na zużycie oraz twardości stopowych kompozytów powierzchniowych. Badania polegały na wykonaniu serii odlewów ze staliwa z powierzchniową stopową warstwą kompozytową na bazie żelazochromu. Kompozyt taki możemy otrzymać poprzez umieszczenie wewnątrz formy preformy zawierającej składniki stopowe, np.: Cr, Mn, Mo, Ni oraz węgiel, które w procesie wypełniania wnęki formy tworzą dyfuzyjną warstwę bogatą w pożądane węgliki. Materiałem wiążącym składniki preformy są związki powierzchniowo czynne o charakterze topnikowym. Na rysunku 1 widoczna jest struktura kompozytu powierzchniowego, na którym zaznaczono kolejno trzy strefy a), b), c). Strefa a) to obszar preformy, w którym białe wydzielienia to dendrytyczna faza węglkowa utworzona ze staliwnej osnowy i cząstek żelazochromu wysokowęglowego, a szare to struktura zbliżonej do stopu staliwnej osnowy. Strefa b) to strefa przejścia pomiędzy przetopioną preformą, w której jest zwiększony udział powierzchniowy węglków i obszarem odwęglonym po stronie rdzenia. Natomiast jako c) oznaczono strukturę staliwa. Przeprowadzono badania próbek na maszynie typu Skoda-Savine zgodnie z normą PN-67 M-04306 przy różnych obciążeniach, które wynosiły odpowiednio 20, 50, 80, 150 N. Schemat badania przedstawiają rysunki 2 i 3. Wyniki zebrano w tabeli 1 oraz graficznie zaprezentowano na rysunkach 4-9. Pokazują one porównanie zużycia materiału bazowego i kompozytu. Przeprowadzono także badania twardości powierzchni próbki, jak i miejsca wytarcia. Wyniki zebrano w tabeli 2 oraz graficznie przedstawiono na rysunkach od 10-17. Z analizy przeprowadzonych badań wynika, że otrzymana powierzchniowa warstwa stopowa ma istotnie odmienne właściwości tribologiczne w porównaniu ze stopem osnowy. Dzięki zastosowaniu preformy z żelazochromu uzyskano zwiększoną odporność na zużycie - największą przy obciążeniu 50 N - jak i większą twardość.

Słowa kluczowe: kompozyty warstwowe, odporność na zużycie, twardość

THE ABRASION RESISTANCE OF IRON ALLOY SUPERFICIAL COMPOSITES

The aim of this work was the evaluation of abrasion resistance and hardness of the alloy superficial composite. A few steel castings with alloy superficial composite layer were made. This kind of composite can be obtained by locating the premould inside the mould. The premould consists of some alloy ingredients for example Cr, Mn, Mo, C. They form diffusion layer full of desirable carbides during the process of mould filling. The premould components are bonded by surfacial melting agent. There is shown the structure of superficial composite in Figure 1. Three zones were marked: a), b) and c). The zone a) is an area of the premould. The white secretion is the carbides phase made of steel warp and high-carbonate ferrochromium molecules. The grey secretion is the structure similar to the alloy of steel warp. The zone b) is the cross - zone between melted premould with bigger superficial participation of carbides and the area without carbonate on the side of the core. The structure of steel was marked as the zone c). The research was carried out with use of Skoda-Savine equipment according to the PN-67 M-04306 norm with different loads of 20, 50, 80 and 150 N. The scheme of research were presented in Table 1 and in Figures 4-9. The waste of wear for base material and composite were compared. The hardness measurement of both the surface of the sample and the place of wear were conducted. The results were shown in Table 2 and in Figures 10-17. Presented studies revealed that the superficial alloy layer is characterized by significantly different tribological properties than the base alloy. The results have shown that ferrochromium premould had the strongest influence on abrasion resistance and hardness.

Keywords: superficial composites, abrasion resistance, hardness

WSTĘP

Niektóre odlewy staliwne narażone są na pracę w bardzo trudnych warunkach eksploatacyjnych, co wiąże się z dużymi wymaganiami pod względem wytrzymałości, twardości, odporności na zużycie cierne i jednocześnie uzyskanie wysokich własności plastycznych. W Zakładzie Odlewnictwa prowadzone są badania dotyczące powstawania powierzchniowych warstw kompozytowych na odlewach staliwnych według techno-

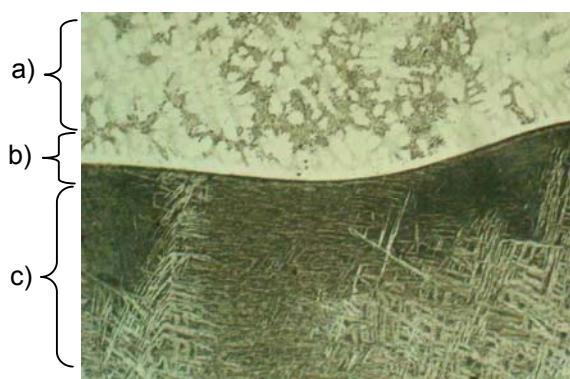
logii odlewów warstwowych, bimetalicznych, szeroko opisywanych w pracach [1-4] i innych. Siłą napędową powstawania kompozytów powierzchniowych są dyfuzja i transport masy. Zjawiska te opisują publikacje J. Braszczyńskiego, J. Sucheego i B. Mochackiego.

Z badań tych wynika, że można bezpośrednio z formy otrzymać odlew, który będzie się cechował wysoką odpornością na zużycie powierzchni w ściśle określo-

¹ mgr inż., ² prof. zw. dr inż.

nym miejscu i jednocześnie wysoką plastycznością rdzenia.

W Zakładzie Odlewnictwa prowadzone są badania polegające na wykorzystaniu w procesie tworzenia kompozytu powierzchniowego preformy umieszczonej wewnątrz formy. Przykładowa struktura takiego odlewu widoczna jest na rysunku 1. Jako a) oznaczony został obszar preformy, w którym białe wydzielienia to dendrytyczna faza węglkowa utworzona ze staliwnej osnowy i cząstek żelazochromu wysokowęglowego, natomiast szary obszar odpowiada strukturze zbliżonej do stopu staliwnej osnowy. Obszar zaznaczony jako b) to strefa przejścia pomiędzy przetopioną preformą, w której jest zwiększony udział powierzchniowy węglików, i obszarem odwęglonym po stronie rdzenia. Natomiast jako c) oznaczono strukturę staliwa.



Rys. 1. Struktura kompozytu powierzchniowego trawiona roztworem 3% nitalu, pow. 50x

Fig. 1. The structure of superficial composite being etched by the solution of 3% nital, enlargement 50x

Struktura taka powstaje z przetopienia preformy (wkładki) lub infiltracji stopu podstawowego (osnowy) w głąb proszkowej preformy składającej się z rozdrobnionego żelazochromu i materiału osnowy, w tym przypadku staliwa niskowęglowego. Kompozyt taki możemy otrzymać poprzez umieszczenie wewnątrz formy preformy zawierającej składniki stopowe, np.: Cr, Mn, Mo, Ni oraz węgiel, które w procesie wypełniania wnęki formy tworzą dyfuzyjną warstwę bogatą w pożądane węgliki. Materiałem wiążącym składniki preformy są związki powierzchniowo czynne o charakterze topnikowym. Taka procedura pozwala na znaczne skrócenie czasu wykonania gotowego elementu oraz ogranicza dodatkowe operacje technologiczne, takie jak obróbka cieplna i chemiczna.

Preforma powinna charakteryzować się odpowiednimi właściwościami:

- odpowiednią ziarnistością materiału dyspersyjnego,
- przykładową temperaturą topnienia niższą niż materiału bazowego,
- niegazotwórczym spoiwem,

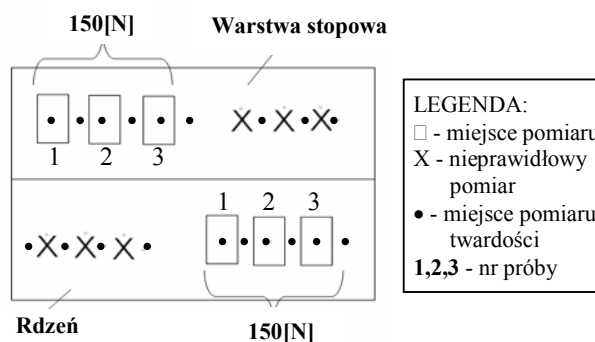
- ściśle określoną grubością.

CEL I ZAKRES BADAŃ

Głównym celem badań było określenie największej odporności na zużycie powierzchniowej warstwy stopowej. Badania obejmowały wykonanie odlewów z powierzchniową warstwą stopową, przygotowanie próbek do badań ścieralności i twardości. Przeprowadzono badania przy różnych obciążeniach, które wynosiły odpowiednio 20, 50, 80, 150 N, oraz badania twardości powierzchni próbek, jak i miejsca wytarcia.

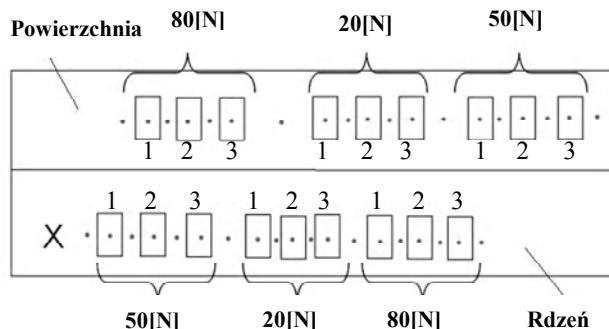
BADANIA ŚCIERALNOŚCI

Próbki A i B poddano badaniom na maszynie typu Skoda-Savine zgodnie z normą PN-67 M-04306. Zużycie określano przy tarcii ślizgowym granicznym (półsuchym), które dokonuje się podczas ruchu obrotowego przeciwpróbki ślizgającej się po unieruchomionej próbce przy równoczesnym zwilżaniu powierzchni płynem chłodzącym. Badania przeprowadzono dla czterech wielkości obciążeń, aby określić największą odporność na zużycie kompozytu powierzchniowego. W trakcie badania mogą wystąpić następujące procesy zużycia: ścieranie, wykruszanie, powierzchniowe odkształcenie plastyczne oraz szczepianie.



Rys. 2. Schemat pomiarów odporności na zużycie oraz pomiarów twardości przy obciążeniu 150 N

Fig. 2. The scheme of the both abrasion resistance and hardness measurement with the 150 N load



Rys. 3. Schemat pomiarów odporności na zużycie przy obciążeniach 20, 50, 80 N oraz pomiarów twardości

Fig. 3. The scheme of the both abrasion resistance and hardness measurement with the 20, 50, 80 N load

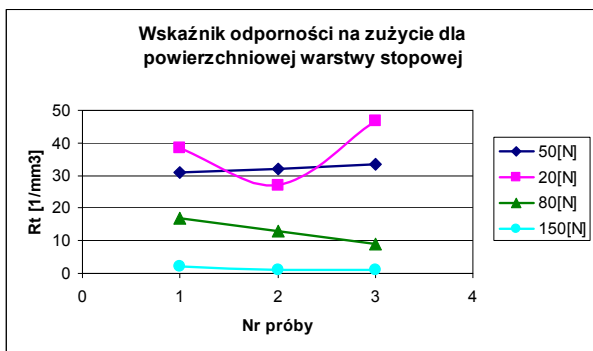
Proces ścierania przeprowadzono na płaskich próbkach o następujących parametrach:

- grubość przeciwróbki 2,5 mm,
- średnica przeciwróbki 30 mm,
- prędkość obrotowa 1000 obr/min,
- czas trwania pomiaru 5 min,
- chłodziwo 0,5% roztwór K_2CrO_4 (chromian potasu),
- obciążenie próbki 20, 50, 80, 150 N.

Schemat pomiarów oraz widok próbki A przedstawia rysunek 2, natomiast próbki B rysunek 3.

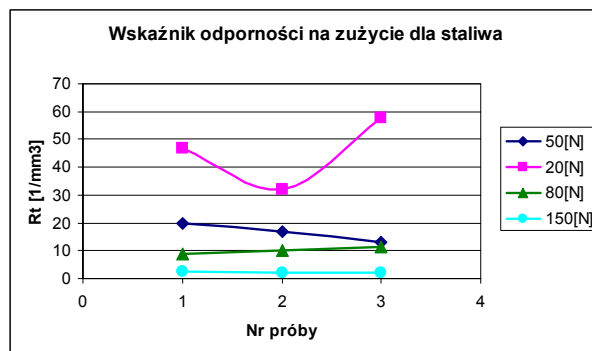
TABELA 1. Odporność na zużycie cierne
TABLE 1. The abrasion wear resistance

Obciążenie N	Miejsce pomiaru	Wskaźnik odporności na zużycie R_t , $1000/V$, $1/mm^3$			
		Pomiar			Średnia
		1	2	3	
20	Powierzchnia	38,60	26,98	46,85	37,48
	Rdzeń	46,85	32,18	57,63	45,55
50	Powierzchnia	31,10	32,18	33,31	32,20
	Rdzeń	19,76	17,07	12,99	16,61
80	Powierzchnia	17,07	12,99	8,99	13,02
	Rdzeń	8,99	10,11	11,43	10,18
150	Powierzchnia	1,98	1,19	1,26	1,48
	Rdzeń	2,46	2,13	1,98	2,19



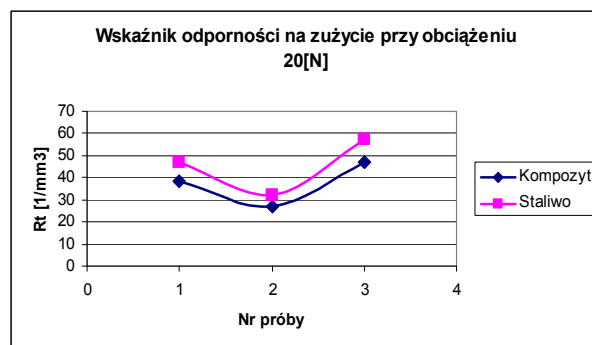
Rys. 4. Wskaźnik odporności na zużycie dla powierzchniowej warstwy stopowej

Fig. 4. The coefficient of the abrasion resistance for superficial alloy layer



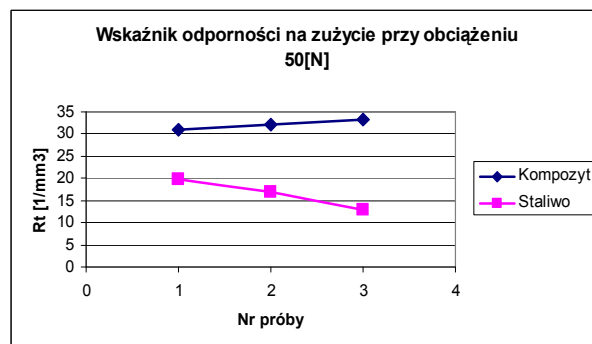
Rys. 5. Wskaźnik odporności na zużycie dla staliwa

Fig. 5. The coefficient of the abrasion resistance for steel



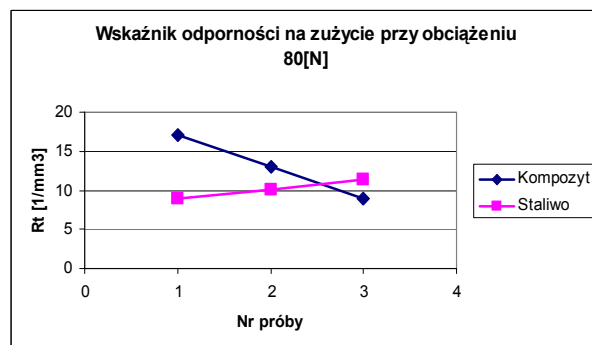
Rys. 6. Wskaźnik odporności na zużycie przy obciążeniu 20 N

Fig. 6. The coefficient of the abrasion resistance with the 20 N load



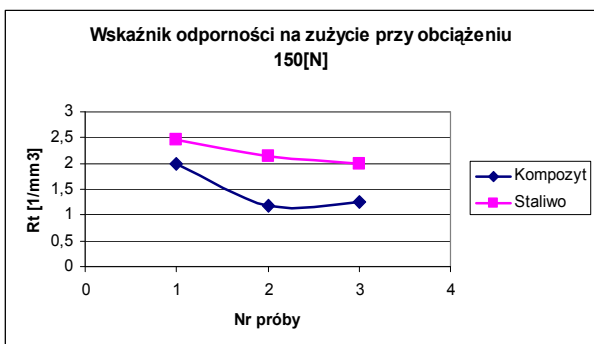
Rys. 7. Wskaźnik odporności na zużycie przy obciążeniu 50 N

Fig. 7. The coefficient of the abrasion resistance with the 50 N load



Rys. 8. Wskaźnik odporności na zużycie przy obciążeniu 80 N

Fig. 8. The coefficient of the abrasion resistance with the 80 N load



Rys. 9. Wskaźnik odporności na zużycie przy obciążeniu 150 N
 Fig. 9. The coefficient of the abrasion resistance with the 150 N load

Odporność na zużycie określono zgodnie z normą PN-67 M-04306. Wskaźnik odporności na zużycie R_t wyliczamy ze stosunku $1000/V$, gdzie V to objętość zużycia. Wyniki badań odporności na zużycie przedstawiono w tabeli 1 oraz na rysunkach 4-9.

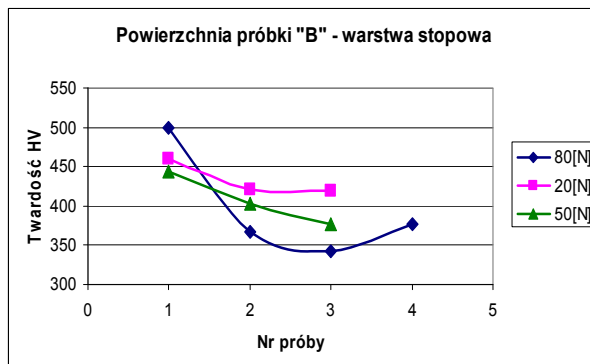
POMIARY TWARDOŚCI

W związku z nieregularną powierzchnią wytarcia, jak i wskaźnikiem zużycia dokonano także pomiarów twardości powierzchni warstwy stopowej oraz rdzenia i dna wytarcia. Schemat badania przedstawiają rysunki 2 i 3. Pomiar twardości wykonano przy użyciu twardościomierza ultradźwiękowego. Wyniki pomiarów podano w tabeli 2 oraz zaprezentowano na rysunkach 10-17.

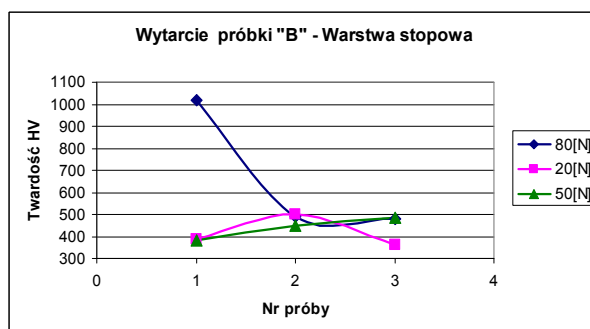
TABELA 2. Twardość próbek A i B
 TABLE 2. The hardness of the sample A and B

Materiał	Miejsce pomiaru	Twardość HV					
		Obciążenie 20 N			Obciążenie 50 N		
		1	2	3	1	2	3
Warstwa stopowa	Wytarcie	387	501	363	384	448	483
	Powierzchnia	460	421	419	443	403	377
Rdzeń	Wytarcie	203	190	201	109	190	151
	Powierzchnia	203	196	200	196	188	160

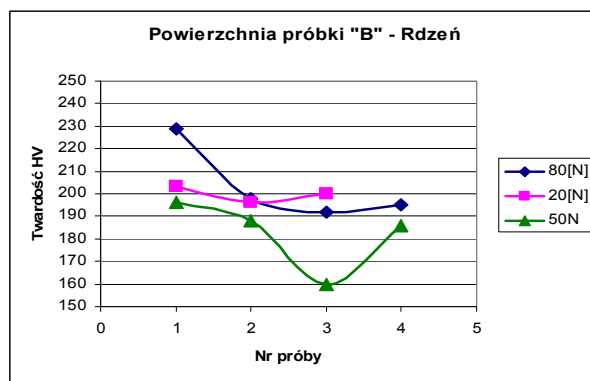
Materiał	Miejsce pomiaru	Twardość HV					
		Obciążenie 80 N			Obciążenie 150 N		
		1	2	3	1	2	3
Warstwa stopowa	Wytarcie	1019	492	482	559	630	553
	Powierzchnia	499	367	342	488	519	605
Rdzeń	Wytarcie	220	185	194	216	258	203
	Powierzchnia	229	198	192	182	176	189



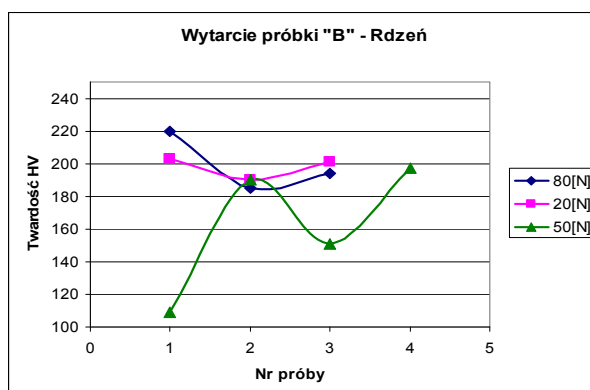
Rys. 10. Twardość na powierzchni warstwy stopowej
 Fig. 10. The hardness on the surface of alloy layer



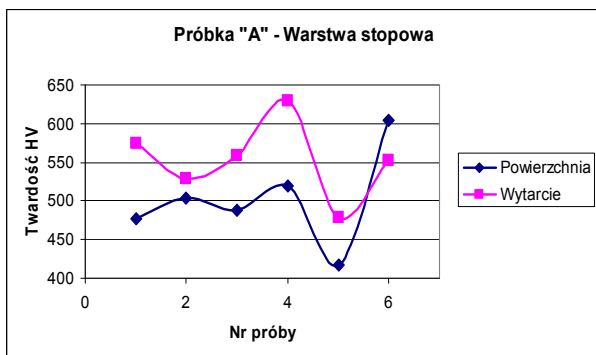
Rys. 11. Twardość w miejscu wytarcia
 Fig. 11. The hardness in the place of wear



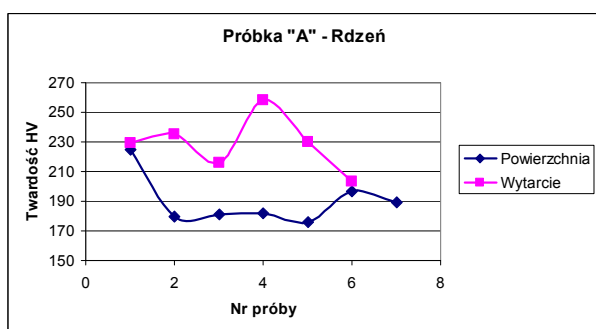
Rys. 12. Twardość w miejscu wytarcia
 Fig. 12. The hardness in the place of wear



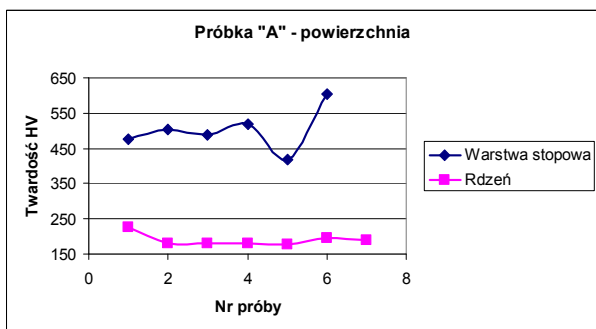
Rys. 13. Twardość w miejscu wytarcia
Fig. 13. The hardness in the place of wear



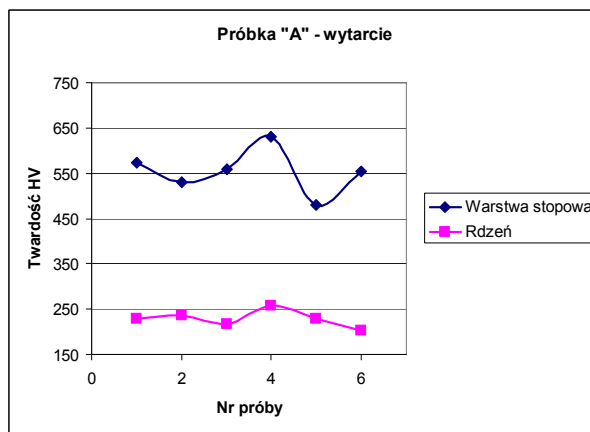
Rys. 14. Twardość warstwy stopowej na powierzchni oraz w miejscu wytarcia
Fig. 14. The hardness of the alloy layer on the surface and in the place of wipe



Rys. 15. Twardość rdzenia na powierzchni oraz w miejscu wytarcia
Fig. 15. The hardness of the core on the surface and in the place of wipe



Rys. 16. Porównanie twardości powierzchni warstwy stopowej i rdzenia
Fig. 16. The comparison of the hardness of the alloy layer surface and the core



Rys. 17. Porównanie twardości w miejscu wytarcia warstwy stopowej i rdzenia
Fig. 17. The comparison of the hardness in the place of wipe and the core

PODSUMOWANIE

Z analizy przeprowadzonych badań możemy stwierdzić, że uzyskana powierzchniowa warstwa stopowa ma istotnie odmienne właściwości tribologiczne w porównaniu ze stopem osnowy. Dzięki zastosowaniu preformy z żelazochromu uzyskano zwiększoną odporność na zużycie, jak i większą twardość.

Największą odporność na zużycie cierne uzyskano przy obciążeniu 50 N. Jest to obciążenie, w warunkach którego najczęściej pracują elementy maszyn i urządzeń. W ramach badań poddano próbki maksymalnym obciążeniom 150 N, w wyniku którego nastąpiło pęknięcie węglików. Skutkiem wywieranego nacisku przez przeciwpóbkę jest rozkruszanie węglików, które dostają się pomiędzy próbkę i przeciwpóbkę i działają jak ścierniwo, jednocześnie zwiększając twardość powierzchni wytarcia w stosunku do powierzchni odlewu.

Część badań wykonano dzięki dofinansowaniu przez Komitet Badań Naukowych (projekt badawczy KBN nr 3T08 B 032 27).

LITERATURA

- [1] Sakwa W., Jura S., Marcinkowska J., Kuszniar B., Teoretyczne podstawy wytwarzania warstw stopowych na odlewach żeliwnych, *Krzepnięcie Metali i Stopów* 1979, 1.
- [2] Marcinkowska J., Kuszniar B., Technologia wytwarzania warstw stopowych na odlewach żeliwnych przy zastosowaniu pola magnetycznego, *Krzepnięcie Metali i Stopów* 1980, 2.
- [3] Marcinkowska J., Trudnościeralne powłoki odlewnicze na staliwie 1983, 6.
- [4] Gawroński J., Marcinkowska J., Szajnar J., Cholewa M., Wróbel P., Stopowe warstwy kompozytowe na odlewach staliwnych, *Krzepnięcie Metali i Stopów* 1995, 24.
- [5] Baron C., Kompozyty powierzchniowe jako materiały o zwiększonej wytrzymałości, III Sympozjum Doktoranckie, Lublin, 3-4 czerwca 2004.

- [6] Wróbel P., Uszlachetnianie powierzchni odlewów stalowych kompozytową warstwą stopową w procesie odlewania, praca doktorska, Gliwice 2004.
- [7] Norma PN-67 M-04306.

Recenzent
Janusz Braszczyński