Polskie Towarzystwo Materiałów Kompozytowych
Polish Society for Composite Materials

Kompozyty 9: 1 (2009) 40-44

KOMPOZYTY
COMPOSITES

Marcin Madej*, Jan Leżański

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland
** Corresponding author. E-mail: meydey@poczta.onet.pl*

Otrzymano (Received) 18.02.2009

CHARAKTERYSTYKA INFILTROWANYCH KOMPOZYTÓW WOLFRAM-SREBRO I MOLIBDEN-SREBRO

Czynnikami mającymi decydujący wpływ na wybór materiału na styki elektryczne są: napięcie powstawania łuku, odporność na sczepianie w łuku elektrycznym, rodzaj prądu (stały lub zmienny), niski opór elektryczny styku, dobra przewodność elektryczna, dobra przewodność cieplna, odporność na erozję i odporność na korozję. Powyższe wymagania odnośnie do materiałów na styki wysokoprądowe mogą zapewnić kompozyty powstałe w wyniku kombinacji składników wysokotopliwych, jak wolfram lub molibden, a w niektórych przypadkach żelazo, oraz składników dobrze przewodzących prąd i ciepło, jak srebro lub miedź. Przedstawiono wyniki badań mikrostruktury infiltrowanych kompozytów wolfram-srebro i molibden-srebro. Materiał badawczy stanowiły kształtki wolframu i molibdenu z dodatkiem 30 i 40% srebra. Porowate kształtki przeznaczone do infiltracji prasowano na stałą objętość, spiekanio w atmosferze wodoru w temperaturze 1100°C przez 60 minut. Następnie porowate kształtki infiltrowano srebrem z dodatkiem 1% niklu metodą nakładkową w atmosferze wodoru w temperaturze 1100 i 1200°C przez 60 minut. Kompozyty poddano badaniom stopnia wypełnienia kapilar, gęstości względnej, twardości, wytrzymałości na zginanie oraz przewodności elektrycznej w odniesieniu do czystego srebra. Przedstawiono także mikrostruktury kompozytów otrzymanych w wyniki infiltracji.

Słowa kluczowe: kompozyty W-Ag i Mo-Ag, spiekanie, infiltracja

THE SILVER-TUNGSTEN AND SILVER-MOLYBDENUM INFILTRATED COMPOSITES

The W-Ag and Mo-Ag electrical contact materials are produced exclusively by means of powder metallurgy (PM). Tungsten and molybdenum are used for contacts utilised in heavy-duty applications. Composites containing 30÷80 wt. % silver resist arc erosion and possess good anti-welding characteristics and acceptable interface resistance. The properties of PM electrical contacts depend on both their composition and manufacturing process. This means that the particle size, and distribution of the refractory phase, the homogeneity of the microstructure, and amount of porosity affect the electrical, mechanical, and thermo-physical properties of the composite material. In principle, the W-Ag and Mo-Ag composite materials can be produced by two techniques. Attempts have been made to describe the influence of production process parameters on the microstructure and properties of Mo-Ag composites. The compositions of powder mixtures are W + 30% Ag, W + 40% Ag, Mo + 30% Ag and Mo + 40% Ag. W + 5 wt. % Ag and Mo-5 wt. % Ag mixtures were prepared by tumbling the powders for 30 minutes. They were subsequently cold pressed in a rigid die on a single action press. The pressure was adjusted individually to assure around 25% green porosity. Prior to infiltration the compacts were sintered in hydrogen at 1100°C for one hour. The porous skeletons were finally contact infiltrated with Ag-1wt. % Ni alloy at 1100 and 1200°C for one hour in hydrogen. Considerable differences in hardness, bending strength and electrical conductivity between the materials obtained from infiltration at 1100 and 1200°C have been observed, with higher hardness, bending strength and electrical conductivity numbers are achieved with direct infiltration at 1100°C. The as-infiltrated microstructures are characterised by even distribution of tungsten/molybdenum, silver and small residual porosity. From the analysis of the obtained results and microstructural observations it may be concluded that infiltration of composites W-Ag and Mo-Ag has proved to be a suitable technique whereby nearly fully dense material is produced at low cost and with better properties are achieved in lower temperatures of infiltration, such as 1100°C.

Keywords: composites of W-Ag and Mo-Ag, sintering, infiltration

WPROWADZENIE

Praca wszelkiego rodzaju odbiorników energii elektrycznej wymaga stosowania łączników. Ze względów funkcjonalnych najważniejszymi elementami łączników są styki elektryczne. Zadaniem styków elektrycznych jest: zamykanie obwodu prądu, przejmowanie przez pewien czas funkcji przewodnika oraz otwieranie obwodów. Wymagania stawiane materiałom stosowanym na styki elektryczne to: wysoka przewodność elektryczna; wysoka

gęstość zbliżona do teoretycznej; odporność na elektroerozję i na korozję; wysoka wytrzymałość mechaniczna; odporność na zgrzewanie i mały opór przejścia; brak skłonności do tworzenia mostków oraz dobra lutowalność umożliwiająca łączenie z podkładką.

Czyste metale szlachetne (Au, Ag, Pd, Pt) tylko w ograniczonym stopniu mogą sprostać tym zadaniom. Znacznie lepsze od nich są materiały kompozytowe, których własności są wynikiem skojarzenia pożądanych cech tworzących je składników. Znaczenie metalurgii proszków w dziedzinie styków elektrycznych polega na możliwości wytworzenia materiałów o założonym składzie chemicznym i założonej strukturze zapewniającej optymalne zestawienie wymienionych własności.

Ze względu na warunki pracy wyróżnia się:

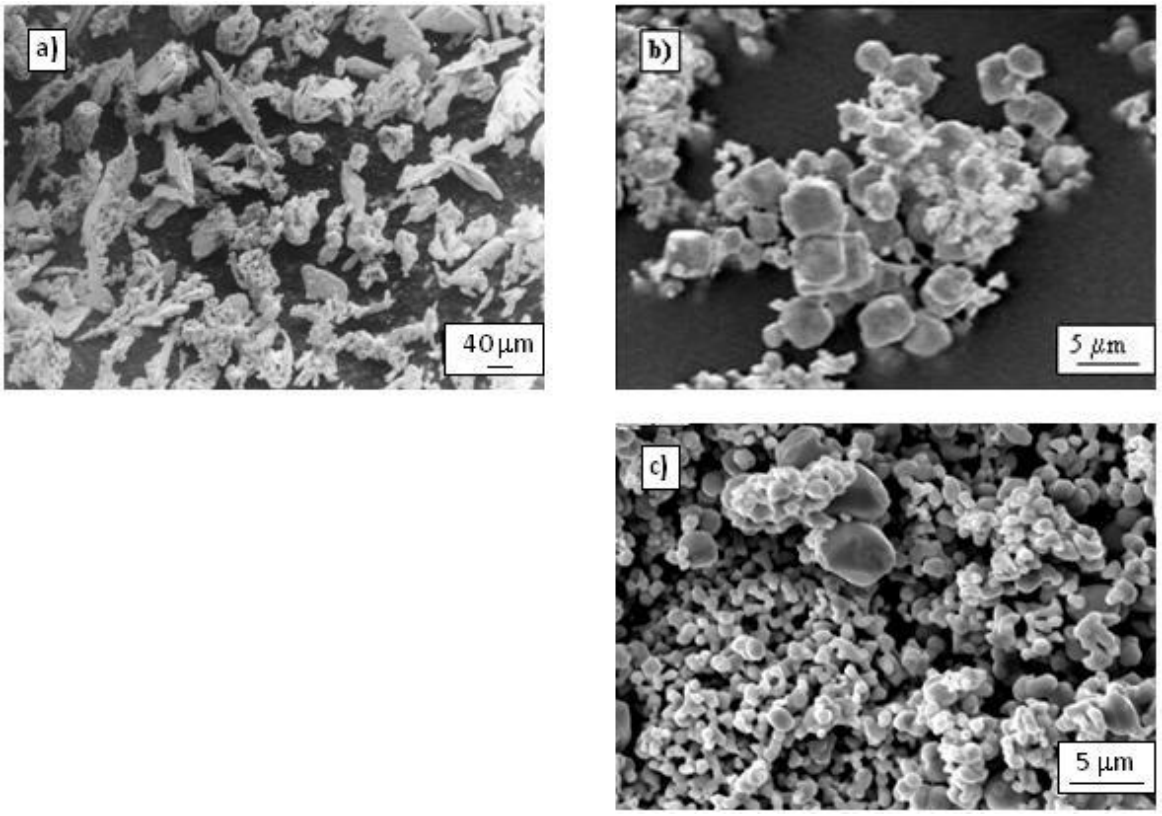
- styki rzadko zwierane i rozwierane, wykonane głównie z metali szlachetnych,
- styki niskoprądowe o dużej odporności na przemieszczanie się materiału i ich osnowę stanowią również metale szlachetne,
- styki średnioprądowe, których głównymi składnikami są srebro, miedź, wolfram,
- styki wysokoprądowe o najwyższej odporności na zgar, których podstawowymi składnikami są wolfram i molibden z dodatkiem srebra lub miedzi,
- styki ślizgowe o osnowie z miedzi, srebra, złota [1-3].

W procesie wytwarzania metodą metalurgii proszków styków elektrycznych należy dążyć do uzyskania materiału o drobnoziarnistej strukturze i równomiernym rozmieszczeniu składników, z których najczęściej jeden jest odpowiedzialny za wysokie przewodnictwo, natomiast drugi źle przewodzący prąd zwiększa odporność mechaniczną, odporność na zgrzewanie i elektroerozję. W zależności od udziałów objętościowych składników dąży się albo do uzyskania materiału, którego strukturę cechuje równomierne rozmieszczenie cząstek jednego składnika w osnowie składnika podstawowego, albo w przypadku zbliżonych zawartości składników - materiału złożonego z dwu przenikających się składników.

Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wyników badań dotyczących formowania metodą infiltracji kompozytów na osnowie srebra, umacnianych cząstkami proszku wolframu i molibdenu.

MATERIAŁY DO BADAŃ ORAZ SPOSÓB WYTWARZANIA KOMPOZYTÓW

Do formowania kompozytów stosowano elektrolityczny proszek srebra oraz proszek molibdenu. Morfologię cząstek poszczególnych proszków pokazują mikrofotografie na rysunku 1. Właściwości fizyczne proszków przedstawiono w tabeli 1.



Rys. 1. Morfologia cząstek proszku, SEM: a) molibdenu, b) wolframu, c) srebra

Fig. 1. SEM micrographs of: a) molybdenum, b) tungsten, c) silver

 All rights reserved

TABELA 1. **Właściwości fizyczne proszków stosowanych do badań**
TABLE 1. **Physical properties of experimental powders**

Rodzaj proszku	Zakres wielkości cząstek proszku µm	Powierzchnia właściwa wg Fishera cm^2/g	Gęstość nasypowa g/cm^3	Zgęszczalność przy 600 MPa g/cm^3	Gęstość teoretyczna g/cm^3
W	0÷10	1005	2,82	11,70	19,39
Mo	0÷10	1176	1,64	7,21	10,20
Ag	0÷63	1740	1,53	9,76	10,50

WYTWARZANIE INFILTROWANYCH KOMPOZYTÓW SREBRO-WOLFRAM I SREBRO-MOLIBDEN

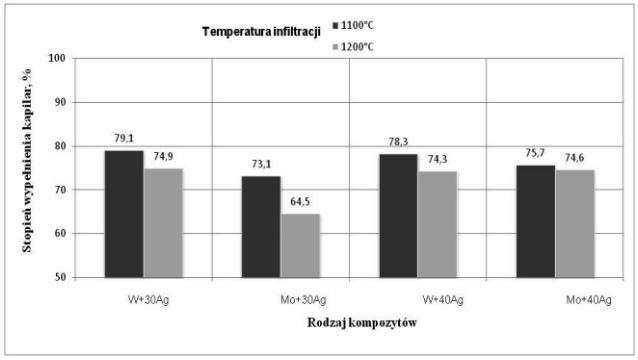
Do formowania kompozytów przygotowano mieszanki proszków wolframu i molibdenu z dodatkiem 5% proszku srebra. Mieszanie proszków prowadzono za pomocą mieszalnika Turbula Mixer typu T 2F. Czas mieszania wynosił 30 minut. Następnie mieszanki poddano prasowaniu w matrycy o działaniu stempla jednostronnym w celu uzyskania porowatych kształtek o gęstości względnej ok. 60 i 70%.

Wypraski spiekano w temperaturze T_S = 1100°C przez 1 godzinę w atmosferze wodoru. Tak uzyskane porowate kształtki poddano infiltracji metodą nakładkową w temperaturze T_i = 1100°C i T_i = 1200°C przez 1 godzinę w atmosferze wodoru. Nakładki do infiltracji przygoto-wano ze srebra z dodatkiem 1% niklu.

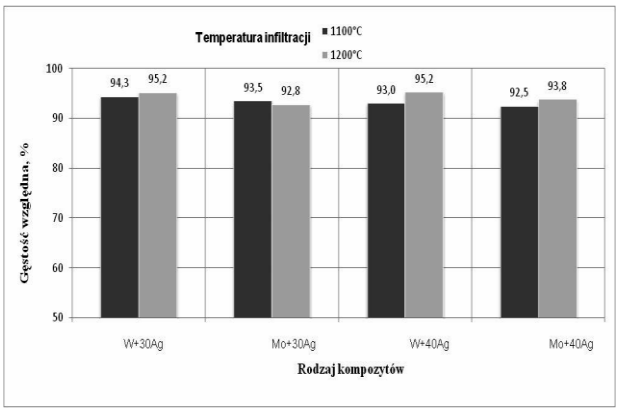
WYNIKI BADAŃ

W wyniku prasowania mieszanek proszków wolframu i srebra oraz molibdenu i srebra uzyskano wypraski o gęstości względnej zbliżonej do założonej. Spiekanie wyprasek w temperaturze 1100°C przed procesem infiltracji powoduje zmniejszenie chropowatości kapilar, zaokrąglenie i zmiany ich wymiarów oraz redukcję tlenków na powierzchni kapilar [5]. Spiekanie nie spowodowało istotnych zmian gęstości kształtek.

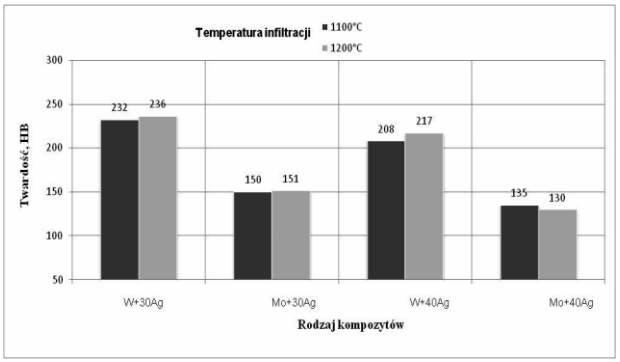
Właściwości infiltrowanych srebrem kompozytów przedstawiono na rysunkach 2-6.



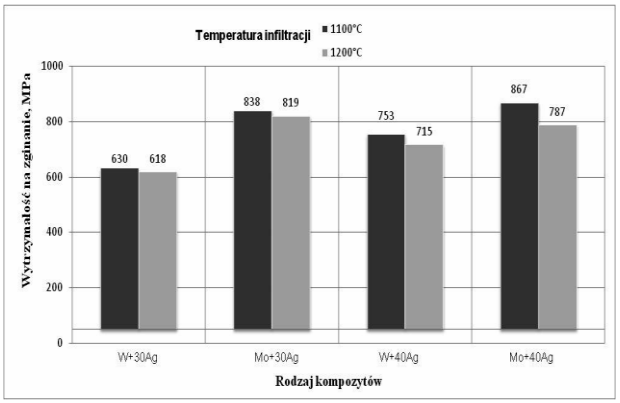
Rys. 2. Stopień wypełnienia kapilar infiltrowanych kompozytów
Fig. 2. Extent of infiltration in the as infiltrated composites



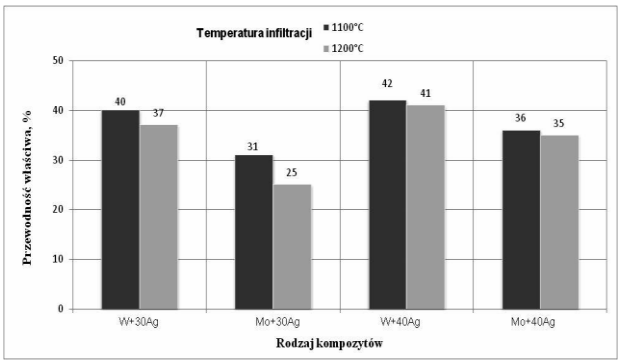
Rys. 3. Gęstość względna infiltrowanych kompozytów
Fig. 3. Relative densities of as-infiltrated composites



Rys. 4. Twardość infiltrowanych kompozytów
Fig. 4. The Brinell hardness of the as-infiltrated composites



Rys. 5. Wytrzymałość na zginanie infiltrowanych kompozytów
Fig. 5. Bending strength of the as-infiltrated composites



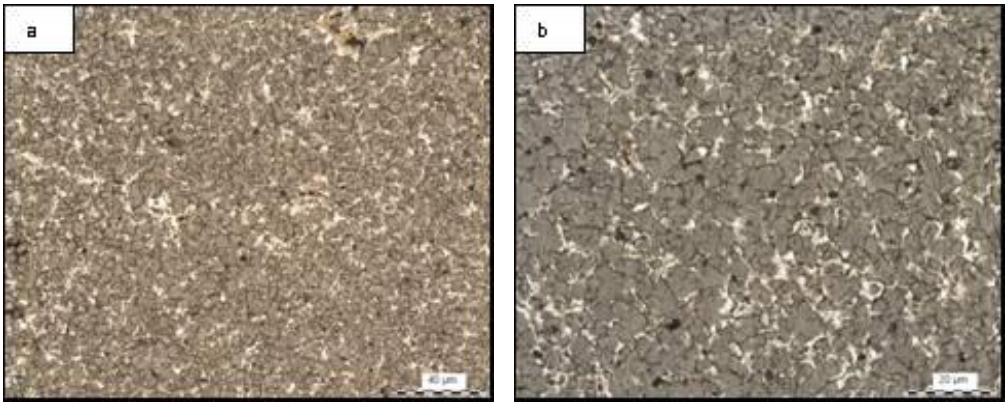
Rys. 6. Przewodność elektryczna infiltrowanych kompozytów
Fig. 6. The electrical conductivity of composites

 All rights reserved

Infiltracja porowatych kształtek pozwala uzyskać kompozyty o gęstości względnej ok. 93% i większej. Gęstość końcowa kompozytów otrzymanych w wyniku infiltracji w temperaturze 1200°C jest nieznacznie większa od gęstości infiltrowanych kompozytów z kształtek otrzymanych w wyniku infiltracji w temperaturze 1100°C. Twardość kompozytów otrzymanych w wyniku infiltracji w temperaturze 1100 i 1200°C jest zbliżona, natomiast wytrzymałość na zginanie kompozytów otrzymanych w temperaturze 1200°C jest nieznacznie mniejsza. Zastosowanie temperatury infiltracji 1100°C daje lepszą przewodność elektryczną, którą mierzono w odniesieniu do przewodności elektrycznej czystego srebra i przedstawiono w % przewodności elektrycznej czystego srebra.

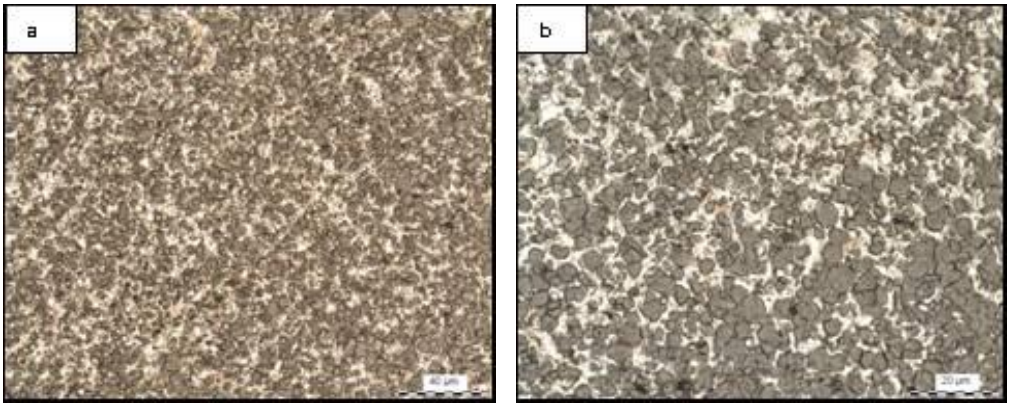
MIKROSTRUKTURY KOMPOZYTÓW

Mikrostruktury spiekanych i infiltrowanych kompozytów przedstawiono na rysunkach 7-10.



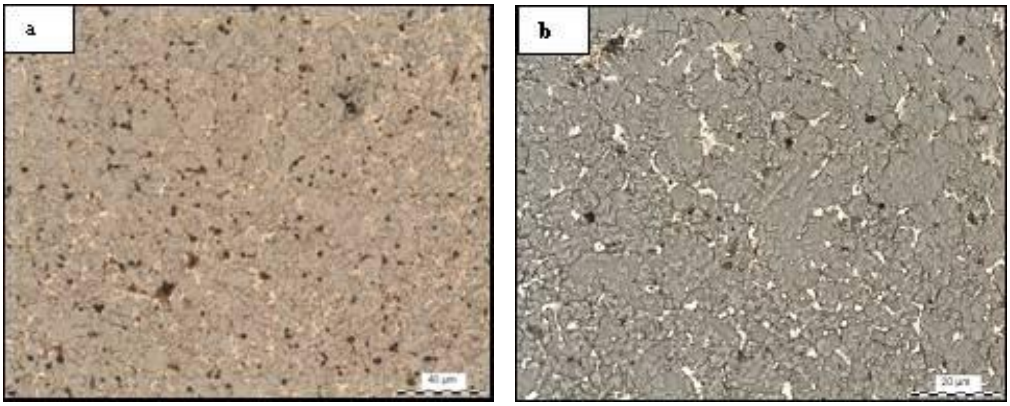
Rys. 7. Mikrostruktura kompozytu W+30%Ag: a) T_i = 1100°C, b) T_i = 1200°C

Fig. 7. Microstructures of as-infiltrated composite W+30%Ag: a) T_i = 1100°C, b) T_i = 1200°C



Rys. 8. Mikrostruktura kompozytu W+40%Ag: a) T_i = 1100°C, b) T_i = 1200°C

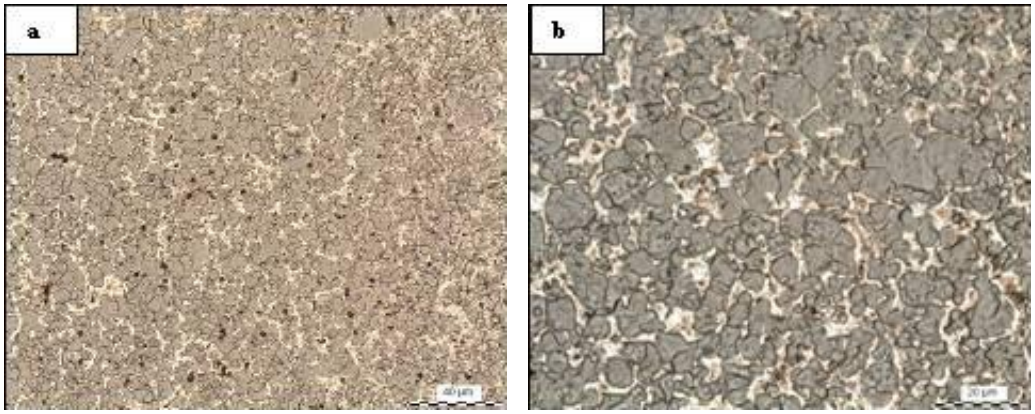
Fig. 8. Microstructures of as-infiltrated composite W+40%Ag: a) T_i = 1100°C, b) T_i = 1200°C



Rys. 9. Mikrostruktura kompozytu Mo+30%Ag: a) T_i = 1100°C, b) T_i = 1200°C

Fig. 9. Microstructures of as-infiltrated composite Mo+30%Ag: a) T_i = 1100°C, b) T_i = 1200°C

 All rights reserved



Rys. 10. Mikrostruktura kompozytu Mo+40%Ag: a) T_i = 1100°C, b) T_i = 1200°C

Fig. 10. Microstructures of as-infiltrated composite Mo+40%Ag: a) T_i = 1100°C, b) T_i = 1200°C

Mikrostrukturę infiltrowanych kompozytów tworzą cząstki srebra, cząstki proszku wolframu i molibdenu oraz równomiernie rozmieszczone drobne pory. Rozmieszczenie cząstek w kompozytach infiltrowanych srebrem jest dość równomierne. Srebro występuje zarówno w postaci względnie małych wydzieleń, jak również dużych obszarów, które powstały wskutek wypełniania przez ciekłe srebro pustek po cząstkach proszku srebra. Obserwacje mikroskopowe pozwalają stwierdzić, że infiltrowane kompozyty są materiałami prawie pozbawionymi porowatości.

PODSUMOWANIE

W wyniku infiltracji można formować kompozyty W+Ag oraz Mo+Ag odznaczające się względnie małą porowatością (mniejszą od 7%) oraz dobrymi własnościami wytrzymałościowymi. Z punktu widzenia ekonomicznego oraz w wyniku analizy własności otrzymanych kompozytów można stwierdzić, że bardziej korzystne wydaje się zastosowanie temperatury infiltracji 1100°C.

Podziękowania

Praca wykonana w ramach badań statutowych, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, umowa nr 11.11.110.788

LITERATURA

[1] Stolarz S., Materiały na styki elektryczne, WNT, Warszawa 1968.

[2] Leżański J., Proszki metali i wysokotopliwych faz, metody wytwarzania, Wydawnictwa AGH, Kraków 1994.

[3] Schatt W., Wieters K., Powder metallurgy, Processing and materials, EPMA 1997, 365-389.

[4] Księżarek S., Besztka K., Rudnicki K., Dziemianko J., Sadowski M., Kazana W., Durst K., Rudy i Metale Nieżelazne 1998, 43, 4, 185.

[5] Leżański J., Infiltracja cieczy w porowatych materiałach, Metalurgia i Odlewnictwo 1988, nr 118.

 All rights reserved