

**KOMPOZYTY Ag – CZĄSTKI CERAMICZNE OTRZYMYWANE
TECHNOLOGIAMI CIEKŁOFAZOWYMI**

J. WIECZOREK¹, J. ŚLEZIONA³, A. DOLATA-GROSZ²
Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Materiałowej i Metalurgii
Katedra Technologii Stopów Metali i Kompozytów
Katowice 40-019, ul. Krasińskiego 8

STRESZCZENIE

Procesom zużycia elementów wykonanych ze stopów srebra można zapobiegać przez wprowadzenie do nich cząstek i włókien zbrojących. Wytwarzanie tego rodzaju kompozytów oparte jest przede wszystkim na wykorzystaniu technik metalurgii proszków. W prezentowanym artykule, autorzy przedstawiają możliwości wytwarzania kompozytów na osnowie srebra na drodze wykorzystania technologii odlewniczych. Zastosowana technologia zawieszinowa, oparta na wprowadzeniu aglomerowanej zaprawy stanowiącej nośnik cząstek zbrojących (SiC lub Al₂O₃) pozwala w sposób efektywny i ekonomicznie atrakcyjny, wytwarzać kompozyty na osnowie stopów srebra. Przedstawione w pracy badania struktury wytworzonych kompozytów dowodzą możliwości zastosowania technologii mechanicznego mieszania do wytwarzania trwałego i stabilnego połączenia pomiędzy osnową srebrną a ceramicznymi cząstkami Al₂O₃ i SiC.

Key words: silver alloys based composites, suspension technology, structure MMCs

1. WPROWADZANIE

Srebro, stopy srebra jak i kompozyty na osnowie srebra są ogólnie znane i znajdują zastosowanie w przemyśle elektronicznym od kilku dziesięcioleci. Wynika to z ich dobrej przewodności elektrycznej i cieplnej [1]. Wysoka przewodność elektryczna

^{1,2} Dr inż., jakub.wieczorek@polsl.pl

³ Prof. dr hab. inż.

oraz cieplna, obok wysokiej wytrzymałości mechanicznej i odporności na zużycie przy dobrej chemicznej stabilności są pożądanymi dla tych materiałów cechami. Dla wielu zastosowań w elektrotechnice włączając w to styki elektryczne i szczotki, nie zbrojone stopy srebra nie spełniają stawianych przed nimi wymagań. Związane jest to z ich niską odpornością na działanie łuku elektrycznego i erozję, dużą plastycznością i zdolnością do odkształceń [2-4]. Procesom tym, można zapobiec poprzez wprowadzenie do srebra cząstek lub włókien zbrojących, co podwyższa ich właściwości wytrzymałościowe, kosztem zmniejszenia plastyczności. Prowadzi to jednak do pogorszenia przewodności cieplnej i elektrycznej. Do zbrojenia stopów srebra stosuje się cząstki tlenków: CdO, SnO₂, ZnO, TiO₂, Al₂O₃ [5,6]. Technologie wytwarzania kompozytów oparte są na metodach ciekłofazowych, metalurgii proszków oraz procesach osadzania elektrochemicznego lub metodach zol-żel. W większości przypadków procedury te są bardzo złożone i wymagają ściśle określonych reżimów technologicznych są zatem drogie, co z kolei wpływa na całość kosztów wykonania [7,8]. Technologie wytwarzania kompozytów metodami odlewniczymi są trudne w realizacji. Jest to spowodowane przede wszystkim słabą zwilżalnością zbrojenia ceramicznego przez ciekłe srebro oraz trudnościami w uzyskaniu równomiernego rozmieszczenia cząstek w osnowie w wyniku tworzeniem się aglomeratów i klastrów zbrojenia. Na nierównomierne rozmieszczenie zbrojenia wpływa dodatkowo segregacja, będąca wynikiem znacznego zróżnicowania gęstości srebra i cząstek umacniających. Metody z ciekłą osnową wymagają ponadto zachowania odpowiednich warunków wprowadzania cząstek do ciekłego metalu.

2. BADANIA WŁASNE

Przeprowadzone badania wstępne i studia literaturowe wykazały brak możliwości wytworzenia stabilnej zawiesiny cząstek ceramicznych typu Al₂O₃ i SiC w czystym srebrze, ze względu na całkowity brak zwilżania ceramicznych cząstek. Problem braku zwilżalności w układzie ceramika – metal często spotykany na etapie wytwarzania kompozytów metalowych technikami z ciekłą osnową możliwy jest do rozwiązania poprzez połączenie techniki preparacji powierzchni cząstek zbrojących, ze zmianą składu chemicznego stopu osnowy tak, aby zmniejszyć jego napięcie powierzchniowe w fazie ciekłej.

Analiza układów równowagi stopów srebra pozwoliła wybrać dwie możliwości modyfikacji chemicznej ciekłego srebra. Pierwszy z nich to podeutektyczny stop srebra z krzemem, drugi podeutektyczny stop srebra z magnezem [9,10]. Dodatkowo, aby zapewnić skuteczne zwilżanie przez ciekłą osnowę cząstek zbrojących przed wprowadzeniem ich do stopu srebra, zostały one poddane powierzchniowej preparacji.

Przygotowanie cząstek ceramicznych przed wprowadzeniem do ciekłego srebra odbywa się poprzez wytworzenie zaprawy kompozytowej. Stosując techniki odlewnicze przygotowano zaprawę kompozytową, którą następnie aglomerowano i w postaci brył o średnicy około 5mm wprowadzano do ciekłej osnowy stopu srebra.

W badaniach wykorzystano dwa rodzaje cząstek zbrojących: węgiel krzemu o wielkości cząstek 25 μm oraz tlenek aluminium o wielkości cząstek 25 μm .

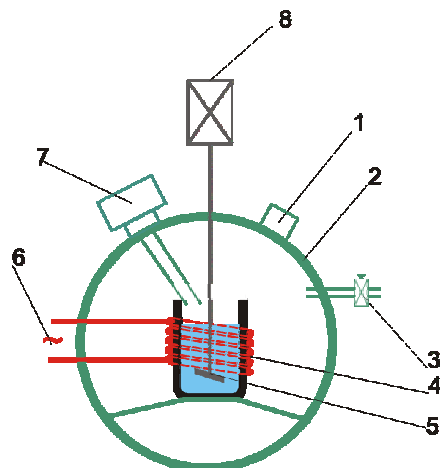
Każdy rodzaj cząstek zbrojących poddano powierzchniowej modyfikacji w procesie aglomerowania i w takiej postaci wprowadzano do stopu srebra. Udział wagowy cząstek zbrojących w aglomeratach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skład wykorzystanych aglomerowanych zapraw kompozytowych

Tab. 1. The composition of utilized in the researches agglomerated composite foundry alloys

Lp	Rodzaj cząstek	Wielkość cząstek, μm	Orientacyjny udział objętościowy w %
1	Al_2O_3	25	50
3	SiC	25	50

Proces wprowadzania cząstek zbrojących do ciekłego stopu srebra przeprowadzono w piecu indukcyjnym wyposażonym w komorę pozwalającą na odgazowanie zawiesziny w podciśnieniu. Topienie stopu srebra odbywało się w tyglu grafitowym a przed wprowadzeniem aglomerowanej zaprawy zawierającej cząstki zbrojące, stop osnowy wygrzewano w temperaturze 1100 $^{\circ}\text{C}$. Celem lepszego rozproszczenia cząstek ceramicznych w objętości stopu srebra po wprowadzeniu i rozpuszczeniu zaprawy kompozytowej w stopie Ag utworzoną zawieszinę poddano procesowi mechanicznego mieszania przy pomocy mieszadła grafitowego. Proces mieszania prowadzono przez okres 15 minut. Schemat stanowiska do wytwarzania kompozytów stop Ag – cząstki ceramiczne przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska do wytwarzania kompozytów stop srebra cząstki ceramiczne: 1 – wizjer, 2 – komora próżniowa, 3 – króciec z zaworem, 4 – cewka pieca indukcyjnego, 5 – grafitowe mieszadło, 6 – zasilanie cewki indukcyjnej, 7 – śluza, 8 – silnik mieszadła

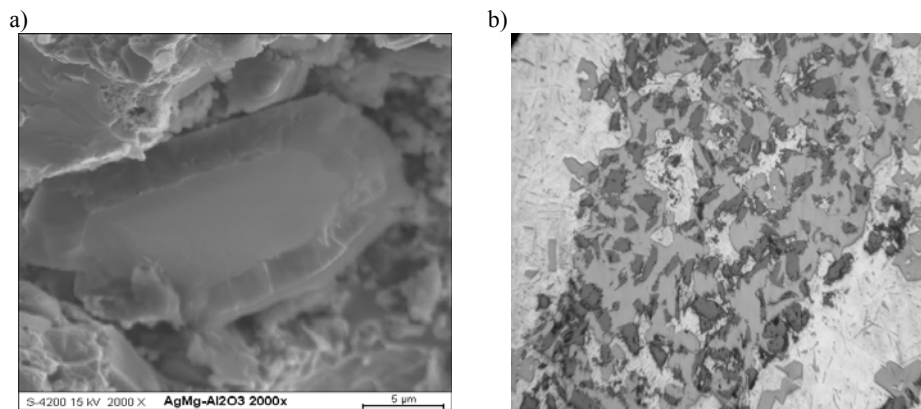
Fig. 2. The schema of the stand for producing of ceramic particles silver alloy composites. 1- eyepiece 2- vacuum chamber, 3- valve, 4- induction coil, 5- graphite mixer, 6- voltage feed, 7- air-lock. 8- electric motor

W zależności od rodzaju cząstek zbrojących, osnowę wytwarzanego kompozytu stanowiły różne stopy srebra. Dla uzyskania zwilżania cząstek SiC zawartych w aglomerowanej zaprawie kompozytowej przygotowano stop srebra z 3% udziałem krzemu. Natomiast dla uzyskania zwilżania cząstek tlenku aluminium Al_2O_3 przygotowano stop srebra z 4% udziałem magnezu.

Wprowadzenie do stopu srebra cząstek ceramicznych za pośrednictwem zaprawy kompozytowej prowadziło do zmiany składu chemicznego osnowy. Zaprawa stosowana w procesie była nośnikiem składników stopowych wpływających na właściwości stopu osnowy. Aby zachować właściwości mechaniczne osnowy należało zachować podeutektyczny charakter stopów wyznaczony na podstawie analizy układów równowagi fazowej Ag-Si oraz Ag-Mg. Aby otrzymane stopy zachowały charakter podeutektyczny, po wprowadzeniu zaprawy kompozytowej wyrównywano udział srebra do wartości wyznaczonej z układu równowagi fazowej. Po homogenizacji zawiesiny kompozytowej i jej odgazowaniu pod obniżonym ciśnieniem, wytworzone kompozyty Ag + cząstki ceramiczne odlano do form grafitowych.

3. ANALIZA STRUKTURY I OMÓWIENIE UZYSKANYCH WYNIKÓW

W stanie po odlaniu z wytworzonych materiałów kompozytowych pobrano próbki do badań struktury. Strukturę kompozytu na osnowie stopu srebra zbrojonego cząstkami tlenku aluminium przedstawiono na rysunku 3.

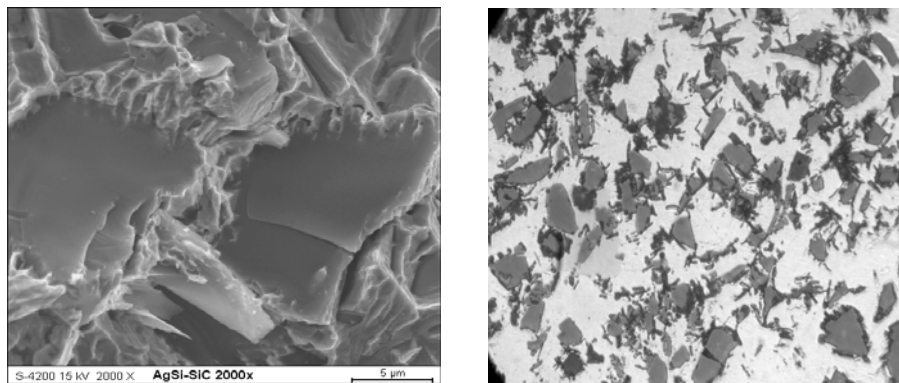


Rys. 3. Struktura kompozytu AgMg- Al_2O_3 SEM

Fig. 3. The structure of silver matrix composites reinforced with aluminum oxide particles

Na rysunku 3b widoczne są skupiska cząstek zbrojących tlenku aluminium. Ich nierównomierne rozłożenie w całej objętości odlewu może być wywołane niedostatecznie długim czasem mieszania. Zadowalający jest natomiast niski stopień porowatości uzyskanych odlewów.

Strukturę kompozytów o osnowie stopu srebra z krzemem zbrojonego węglikiem krzemu SiC o wielkości ziaren 25 μm przedstawiono na rysunku 4. Na podstawie tego rysunku można stwierdzić że zastosowana technologia prowadzi do uzyskania stabilnej granicy rozdziału cząstka SiC osnowa Ag.



Rys. 4. Struktura kompozytu AgSi-SiC

Fig. 4. The structure of silver matrix composites reinforced with silicon carbide particles

Widoczna na rysunku 4a granica rozdziału cząstka SiC – osnowa Ag jest wyraźnie lepszej jakości niż granica rozdziału Al_2O_3 – osnowa Ag. W przypadku zastosowania jako zbrojenia cząstek SiC zaobserwować można również bardziej równomierny stopień rozłożenia zbrojenia na powierzchni.

4. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania technologiczne i strukturalne pozwalają na określenie warunków wytwarzania kompozytów o osnowie stopów srebra zbrojonych cząstkami ceramicznymi (SiC , Al_2O_3). Zaprezentowana technologia zawieszinowa z mechanicznym mieszanym pozwala na wytworzenie stabilnej i trwałej granicy rozdziału pomiędzy ceramicznymi cząstkami zbrojącymi a srebrną osnową. Porównanie wyników badań struktury wytworzonych kompozytów wymusza konieczność modyfikacji technologii wprowadzania cząstek tlenku Al_2O_3 , celem wyeliminowania pojawiających się skupisk cząstek zbrojących tego rodzaju w srebrnej osnowie.

Praca została zrealizowana w ramach projektu badawczego KBN 3 T08D 024 28

LITERATURA

- [1] J. Śleżiona, J. Wieczorek, A. Dolata-Grosz: Wytwarzanie i struktura Stopów srebra umacnianych cząstkami., VI Konferencja Metale Szlachetne, Kraków – Zakopane 2005, s. 52.

- [2] B. J. Wang, N. Saka: Spark erosion behavior of silver – based particulate composites, *Wear* No. 195, pp. 133-147, 1996
- [3] Shou-Yi Chang, Su-Jien Lin, M.C. FLEMINGS: Thermal Expansion Behavior of Silver Matrix Composites, *Metallurgical and Materials Transactions*, vol. 31A, January 2000.
- [4] J. Stobrawa, Z. Rdzawski: Srebro – perspektywy – zastosowania, V Konferencja Metale Szlachetne, Kraków-Zakopane 2004, s.74.
- [5] D. M. Liu, W. H. Tuan: Microstructure and thermal conduction properties of Al₂O₃ – Ag composites, *Acta mater.* Vol 44, No. 2, pp. 813-818, 1996.
- [6] Shou-Yi Chang, Chia-Jung Hsu, Cher-Hao Hsu, and Su-Jien Lin: Investigation on the arc erosion behavior of new silver matrix composites: Part I. Reinforced by particles, *Materials Science and Engineering*, 2003.
- [7] S. Behrouz, J. Ilsted, E. Morten, W.G. Wang, B. Niels: Manufacturing of super-conductine silver/ceramic composites, *Materiale- og Procesteknologi*, No 49, pp. 185-189, 2000.
- [8] Technical Tidbits, Brush Wellman, Silver as a Contact Material, VOL. 4 • No. 9 September 2002
- [9] SGTE Binary Phase Diagram Collection, <http://web.met.kth.se/dct/pd/>
- [10] www.crct.polymtl.ca/fact/documentation Centre for Research in Computational Thermo chemistry,

POSSIBILITIES OF THE USE OF VACUOUS TECHNOLOGIES FOR COMPOSITE MIXTURE QUALITY RISING

ABSTRACT

Silver, silver alloys, as well as composites matrix based composites have been well known and applied in the electrotechnical and electronics industry for several decades. It results from their good electric and thermal conductivity. Wear processes may be prevented by introducing to silver reinforcement particles and alloys. The manufacturing of this type of composites is based most of all on the utilization of powder metallurgy techniques. In the presented paper the authors demonstrate possibilities of manufacturing of silver matrix composites on the way of casting technology utilization. The applied suspension technology, based on introducing of agglomerated foundry alloy which is the carrier for reinforcement particles (SiC lub Al₂O₃) allows to produce in an effective and, what is important, an economically attractive way, silver alloys based composites. The researches on the structure of manufactured composites that are presented in the paper prove the possibilities of mechanical mixing technology application for producing durable and stable connection between silver matrix and ceramic particles of aluminium oxide and silicon carbide.

Recenzował: Prof. Franciszek Binczyk