

WPLYW STRUKTURY SZKIELETU KOMPOZYTOWEGO MATERIAŁU STYKOWEGO W-Ag NA ZUŻYCIE W ŁUKU ELEKTRYCZNYM

Piotr Bieliński

Artykuł prezentuje wyniki badań elektrycznych czterech typów próbek kompozytowego materiału stykowego wolfram-miedź przeznaczonego do wyłącznika zwarciovego. Przedstawiono także wnioski z obserwacji metalograficznych powierzchni i przekrojów poprzecznych próbek po badaniach elektrycznych. Porównując wyniki dokonano próby oceny wpływu struktury szkieletu wolframowego na właściwości łączeniowe kompozytu.

WSTĘP

Kompozytowe materiały stykowe wolfram-srebro, wytwarzane metodami metalurgii proszków, charakteryzujące się wysokimi właściwościami eksploatacyjnymi oraz brakiem toksycznego oddziaływania na środowisko (jak to ma miejsce w przypadku materiałów Ag-CdO), znalazły szerokie zastosowanie w przemyśle elektrotechnicznym. Produkowane są z nich nakładki stykowe do różnych typów powietrznych wyłączników zwarciovych, trwają prace nad zastosowaniem ich również w stycznikach powietrznych. Przedstawione badania stanowią wycinek obszernego programu obejmującego mody-

fikacje technologii kompozytów o szkielecie trudnotopliwym i rozszerzenie zakresu ich zastosowań.

Celem opisywanych badań była próba określenia zależności między podstawowymi parametrami strukturalnymi szkieletu wolframowego (wielkość ziarna, średnica mostków międzypiaskowych) kompozytu W-Ag, a jego odpornością na erozję w łuku elektrycznym. Istnienie takiej zależności umożliwiłoby sterowanie właściwościami eksploatacyjnymi nakładek stykowych przez odpowiedni dobór parametrów technologicznych.

BADANIA WŁASNE

Do badań przygotowano cztery serie próbek kompozytowych nakładek stykowych o różnym stopniu spiekania szkieletu wolframowego. Zastosowano przy tym stosowaną na skalę przemysłową technologię nasycania srebrem wysokoporowatego szkieletu wolframowego (przy czym odpowiedni dobór wyjściowej mieszaniny proszków i parametrów spiekania gwarantuje eliminację porów zamkniętych w szkielecie). Podstawowe parametry próbek zestawiono w poniższej tabeli.

Tabela 1. Podstawowe parametry próbek

Oznaczenie serii	Temperatura spiekania	Porowatość szkieletu	Zawartość srebra	Twardość HV10
	[°C]	[% obj.]	[% wag.]	
A	950	69	55	87
B	1000	69	55	94
C	1070	65	50	128
D	1150	59	44	130

Próbki do badań elektrycznych przygotowano w postaci nakładek stykowych do wyłącznika zwarcowego typu FB-150 produkcji EMA-ELESTER Łódź. W laboratorium OBR ORAM w Łodzi przeprowadzono standardowe próby trwałości łączeniowej i zwarcowej zdolności łączenia w warunkach przyjętych do badań takich wyłączników. 59

Sprawdzenie zwarcowej zdolności łączenia polega na poddaniu wyłącznika działaniu prądu ok. 10 kA, kontroli ewentualnego zczepienia styków i pomiarze spadku napięcia na zestyku (który nie powinien przekroczyć 10 mV (przed badaniami - 5mV)).

Sprawdzenie trwałości łączeniowej polega na wykonaniu kilku tysięcy łączy przy prądzie ok. 150 A, dokonując co 1000 łączy kontrolnego pomiaru spadku napięcia na zestyku. Określa się liczbę łączy, po której spadek ten przekracza 10 mV.

Wyniki obu prób podaje się określając dla każdego typu materiału stykowego ilość torów prądowych, w których graniczne wartości spadku napięcia na zestyku zostały przekroczone.

W celu porównania stopnia zużycia próbek podczas badań elektrycznych wykonano zglądy metalograficzne przekrojów poprzecznych nakładek przed i po tych próbach. Fotografie mikrostruktury próbek wykonano na mikroskopie metalograficznym NEOPHOT 2, a fotografie powierzchni roboczych nakładek - na mikroskopie skaningowym OPTON DSM-950.

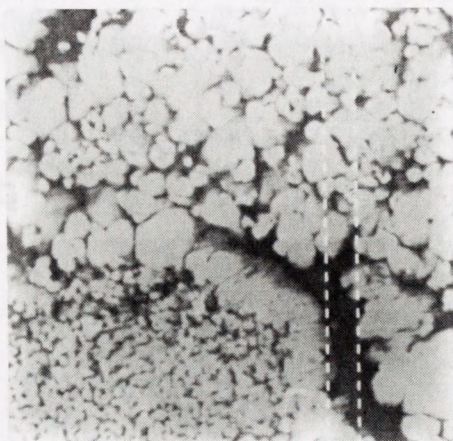
WYNIKI BADAŃ

Analiza metalograficzna (Fot. 1 a,b,c,d) wykazuje, że wielkość ziarna szkieletu wolframowego wzrasta ze wzrostem temperatury spiekania, a jednocześnie maleje przekrój przestrzeni międzyziarnowych (kapilar). Wynika to z rosnącego stopnia spieczenia - wzrostu przekroju mostków międzyziarnowych i łączenia się w ten sposób małych ziaren w większe. Tym samym ze wzrostem temperatury spiekania wzrasta wytrzymałość mechaniczna szkieletu, co potwierdzają pomiary twardości kompozytów.

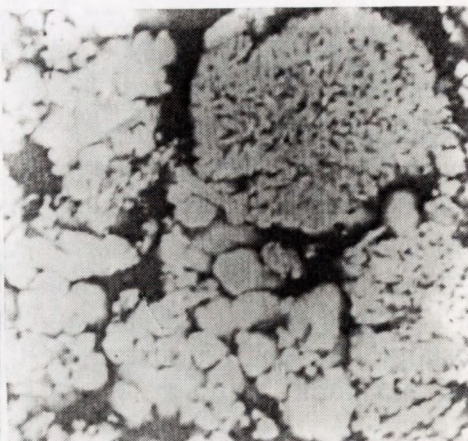
Podczas próby zwarciowej zdolności łączenia (przy trzykrotnym cyklu łączeniowym) najlepsze właściwości wykazały próbki serii B (5 torów o spadku napięcia pow. 10 mV), potem kolejno serii A (9 torów), serii C (11 torów) i serii D (zciepienie styków).

Natomiast przy próbie trwałości łączeniowej najlepsze wyniki osiągnięto dla materiału serii A (brak torów o spadku napięcia na zestyku powyżej 10 mV), a wyniki dla pozostałych próbek były jednakowe (po 2 tory o spadku napięcia powyżej 10 mV).

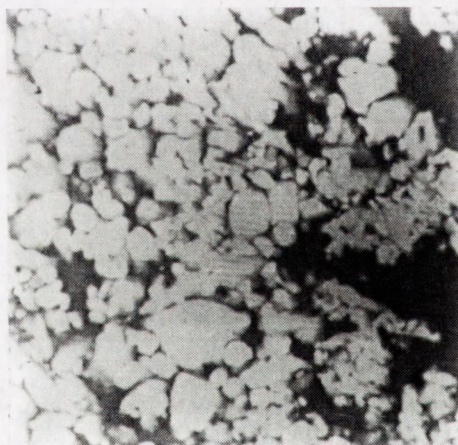
Obserwacje powierzchni roboczych nakładek po próbach elektrycznych (Fot. 2 i 4) wykazują pojawienie się na nich podczas badań warstwy przetopionego wolframu. Widoczne są również zastygłe krople wolframu i srebra oraz ujścia kapilar, z których wypłynęło i odparowało srebro, a także liczne pęknięcia wolframowej "skorupy". Pęknięcia te widoczne są też na fotografiach przekrojów nakładek (Fot. 3 i 5), przy czym są one znacznie głębsze w



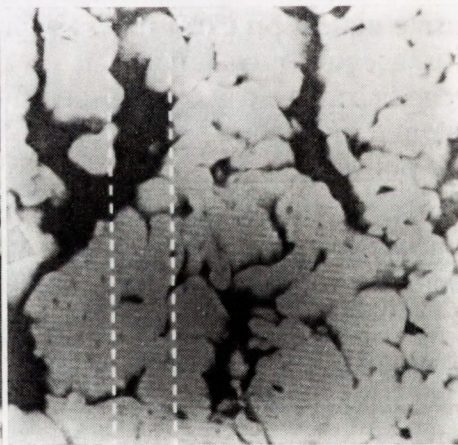
próbka serii A



próbka serii B



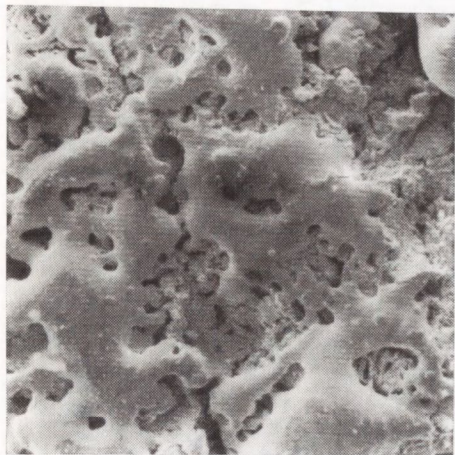
próbka serii C



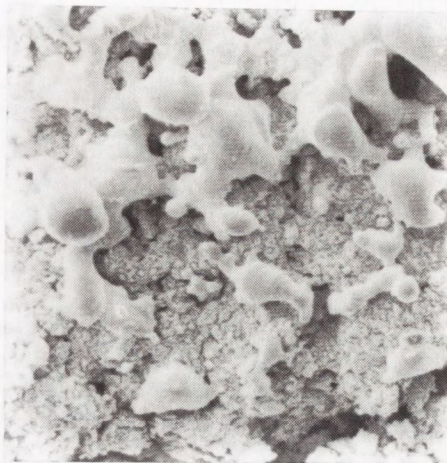
próbka serii D

Fot. 1

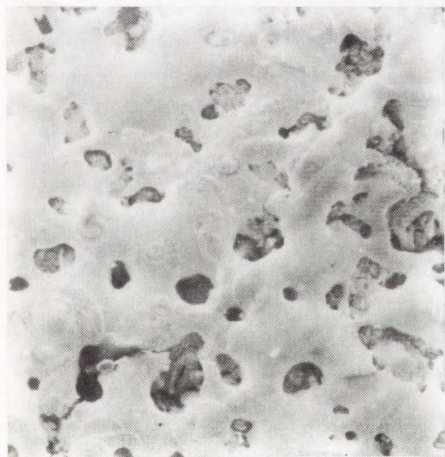
Mikrostruktura kompozytu W-Ag przed badaniami elektrycznymi (pow. 2 000x).



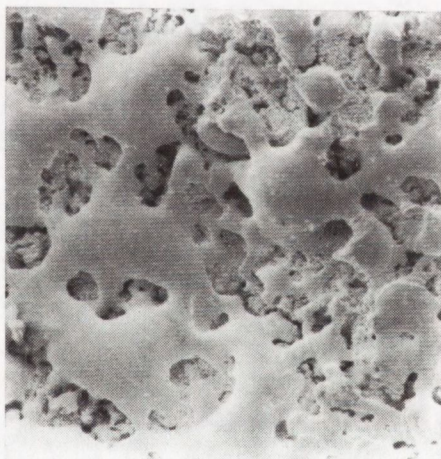
próbka serii A



próbka serii B



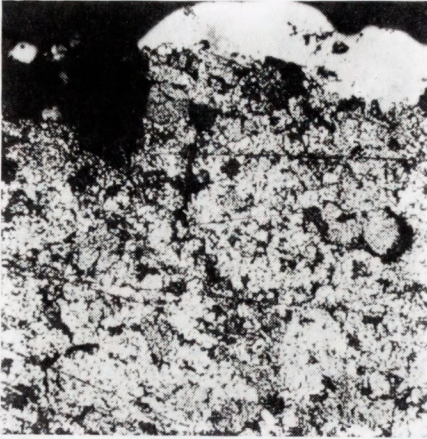
próbka serii C



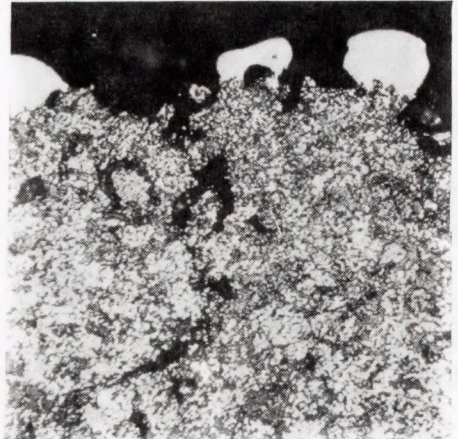
próbka serii D

Fot. 2

Powierzchnie robocze nakładek po próbach zwarciowej zdolności łączenia (pow. 200x).



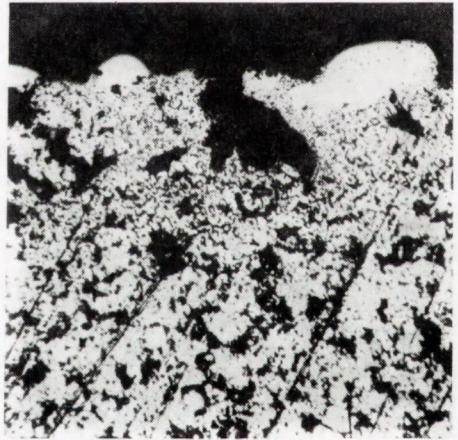
próbka serii A



próbka serii B



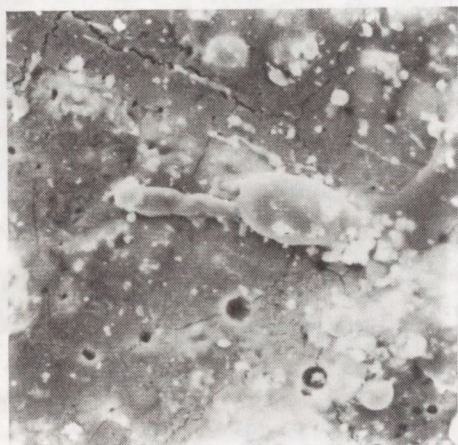
próbka serii C



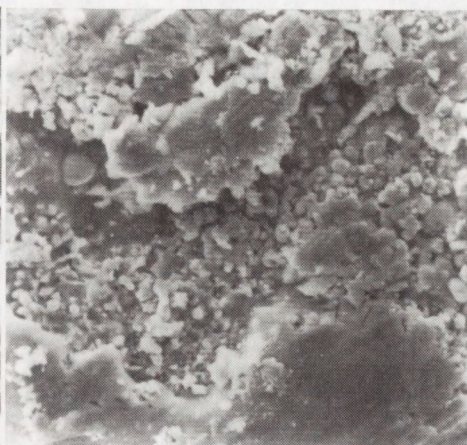
próbka serii D

Fot. 3

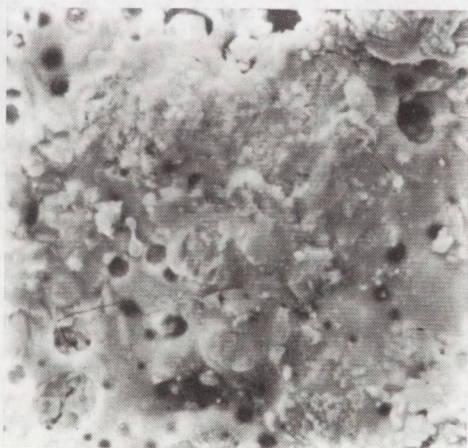
Mikrostruktura strefy powierzchniowej po próbach zvarciowej zdolności łączenia (przekroje poprzeczne, pow. 320x).



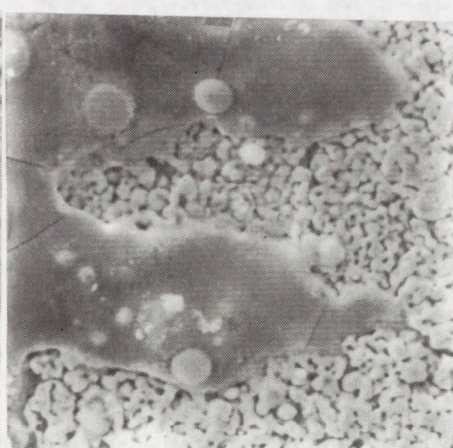
próbka serii A



próbka serii B



próbka serii C



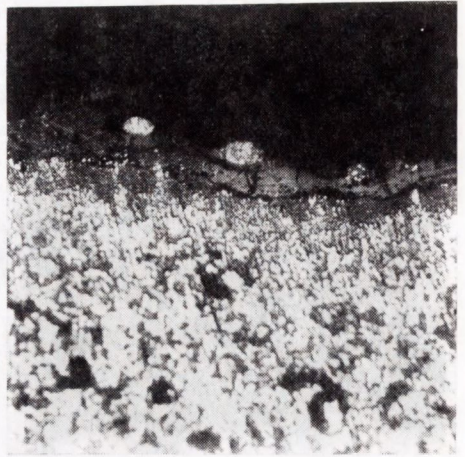
próbka serii D

Fot. 4

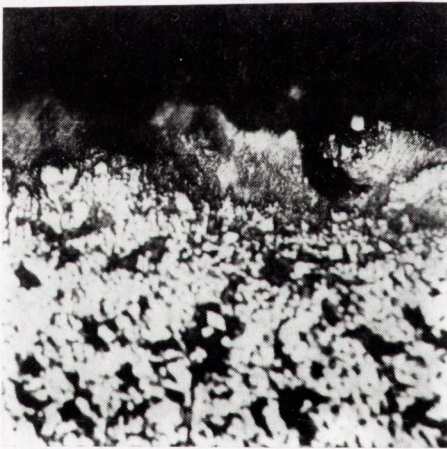
Powierzchnie robocze po próbach trwałości łączeniowej (pow. 1 000x).



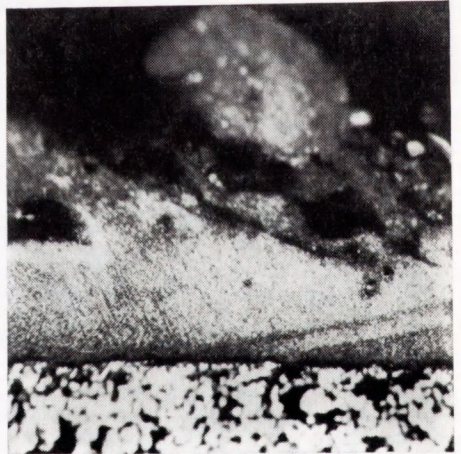
próbka serii A



próbka serii B



próbka serii C



próbka serii D

Fot. 5

Mikrostruktura strefy powierzchniowej po próbach trwałości łączeniowej (pow. 200x).

przypadku prób zwarciovych (z powodu znacznie większych obciążeń termicznych). Grubość "skorupy" wolframowej jest większa dla próbek serii C i D niż dla serii A i B.

Dla wszystkich próbek charakterystyczne jest to, że zmiany erozyjne ograniczają się praktycznie do cienkiej strefy powierzchniowej.

WNIOSKI

Na uwagę zasługuje fakt iż w obu próbach elektrycznych przewagę wykazał materiał o bardziej rozdrobnionym ziarnie i niższym stopniu spieczenia. Można to tłumaczyć tym, że podczas pracy łączeniowej, kiedy srebro odparowuje z kapilar szkieletu objętych działaniem stopy łuku elektrycznego, w materiałach o wyższym stopniu spieczenia (wyższej wytrzymałości mechanicznej) utrudnione jest mechaniczne usuwanie powierzchniowej warstwy pozbawionego fazy przewodzącej (srebra) szkieletu wolframowego. Jest to powodem wzrostu rezystancji zestyku, co z kolei skutkuje znacznym wzrostem temperatury i tworzeniem grubej warstwy przetopionego wolframu. Zjawisko to nie jest tak istotne w przypadku kompozytów o "słabszym" szkielecie, gdzie zachodzi odślanianie "świeżej" powierzchni materiału dzięki łatwiejszemu usuwaniu powierzchniowej warstewki wolframowej.

Należy jednocześnie pamiętać, że parametry elektryczne, a zatem także energia i czasy palenia się łuku elektrycznego, tworzącego się między stykami podczas rozłączania, podczas próby zwarcioviej odbiegają w sposób bardzo znaczący od wartości, występujących przy próbie trwałości łączeniowej.

Drobnoziarnista struktura o niskim stopniu spieczenia zapewnia wyższą odporność erozyjną niż struktura o grubszym ziarnie w bardzo szerokim zakresie wartości parametrów elektrycznych pracy wyłączników powietrznych.

PODSUMOWANIE

Podsumowując można stwierdzić, że rozdrobnienie ziarna i niski stopień spieczenia szkieletu wolframowego kompozytowego materiału stykowego W-Ag podwyższają jego odporność na erozję w łuku elektrycznym (w atmosferze powietrza), podczas gdy wzrost wielkości ziarna i stopnia spieczenia szkieletu są przyczyną szybkiego wzrostu rezystancji zestyku, czego efektem jest znaczny wzrost stopnia zużycia kompozytu.

BIBLIOGRAFIA:

- [1] Bieliński P.: Badanie wpływu struktury dwufazowego kompozytowego materiału stykowego na własności eksploatacyjne, Raport z realizacji grantu nr 7 0768 91 01. Sprawozdanie ITME, 1992
- [2] Kaliszuk K., Senkara J.: Analiza zjawisk zachodzących w kompozytowych materiałach stykowych w łuku elektrycznym, *Mat. Elektron.* 3/1989/31-38
- [3] Kowalczyk J., Senkara J.: On the possibilities of shaping refractory phase structure of composite contact materials, *Int. Conf. on El. Contacts Pekin ChRL*, 1989
- [4] Senkara J.: Analiza zjawiska wtórnego spiekania kompozytowych materiałów stykowych typu metal-metal w łuku elektrycznym. Międzyn. Konf. "Metale Nieżelazne '87" Kraków, 1987
- [5] Patent nr 153790. Sposób otrzymywania porowatych materiałów metalicznych Kaliszuk K., Senkara J., Kowalczyk J., Grodzki J., Sochaczewski W., Idczak B., Starosta T.
- [6] Senkara J., Kaliszuk K. i inni: Opracowanie koncepcji procesu wytwarzania materiałów stykowych do wyłączników powietrznych, pracujących przy prądach powyżej 500A., Sprawozdanie ITME, 1988
- [7] Senkara J.: Studia procesów zachodzących podczas pracy kompozytowych materiałów stykowych., Sprawozdanie ITME 1985
- [8] Stolarz S., Kurzeje J., Wojtasik K.: High Density Tungsten-Silver P/M Materials, *Int. Journal of Powder Metallurgy*, 1990, 19, 4
- [9] Jai Sung Lee, In-Sup An, In-Hyung Moon: Influence of W-Particle Size on Electrical Contact Property of Ni-Doped W-Cu Contact Materials, *Int. J. Refract. Hard Met.*, 5, 1989, /2/, 113-116
- [10] Kothasi N. C.: Factors Affecting Tungsten-Copper and Tungsten-Silver Electrical Contact Materials, *Powder Metallurgy International*, 1990, 14, 3