

Z badań struktury kompozytowych nakładek stykowych

1. WSTĘP

W ubiegłych latach podjęto w ITME prace nad kompozytowymi nakładkami stykowymi do wyłączników zwarciovych FB-150 o następujących parametrach pracy:

napięcie nominalne	500 V
częstotliwość nominalna	50/60 Hz
nominalny prąd ciągły	30 A
prąd zwarciovowy	10 kA
spadek napięcia na stykach	≤ 5 mV

Ponadto po próbie zwarciovowej zdolności łączenia wg PN-74/E-06151 w cyklu P-1, spadek napięcia na stykach nie powinien przekraczać 15 mV.

Komplet nakładek stykowych składa się z 3 szt. nakładek styku stałego i 3 szt. nakładek styku ruchomego. W komplet może jeszcze wchodzić 6 szt. nakładek styków pomocniczych, których w niniejszym artykule nie będzie się omawiać.

Wymiary nakładek są następujące:

- nakładka styku stałego:

grubość	1,2 mm
powierzchnia czynna	9,4x0,9 mm

- nakładka styku ruchomego:

grubość	2,8 mm
powierzchnia czynna	4,8x12,7 mm

Ze względu na montaż nakładek na elementach zestyku metodą lutozgrzewania, powinny one na powierzchni montażowej posiadać warstwę spoiwa, jeśli to możliwe nie wymagającego stosowania topników.

2. BADANIA STRUKTURY

Przy doborze konstrukcji kompozytu [1 i 2] sprawdzano między innymi wpływ średnicy ziarna szkieletu wolframowego na trwałość struktury podczas wyłączenia prądów zwarciovych. Poniżej przedstawione zostaną rezultaty badań dwu wariantów kompozytu /dwie różne struktury/.

Obejmowały one badanie zwarciovej zdolności łączenia, pomiar spadków napięć na stykach, pomiar ubytku grubości styków, badania struktury kompozytu i rozkładu jego składników.

Ponadto zbadano strukturę i rozkład składników spoiwa.

2.1. Próbka z gruboziarnistym szkieletem

Ubytki na grubości po próbie zwarciovej:

- dla styku stałego - 0,0-0,2 mm
- dla styku ruchomego - 0,0-0,2 mm.

Obraz metalograficzny struktury styku pokazano na rys. 1 i 2.

Widoczne są bardzo znaczne ubytki fazy przewodzącej /Ag/ na całej grubości nakładki.

Spowodowało to znaczny wzrost spadków napięć na stykach, które zwiększyły się z 2,3-4,8 mV nawet do 220 mV po próbie zwarciovej /w niektórych przypadkach/.

2.2. Próbka z drobnoziarnistym szkieletem

Ubytki na grubości po próbie zwarciovej wynosiły

- dla styku stałego - 0,2-0,3 mm
- dla styku ruchomego - 0,2-0,5 mm

Obraz metalograficzny struktury styku pokazano na rys. 3 i 4.

Widoczne są stosunkowo nieznaczne /w porównaniu z poprzednim obrazem, ubytki fazy przewodzącej na grubości nie przekraczającej 320 μ m.

W efekcie nastąpił tylko niewielki wzrost spadków napięcia na stykach, które nie przekroczyły wartości 15 mV.

2.3. Badania rozkładu składników kompozytu

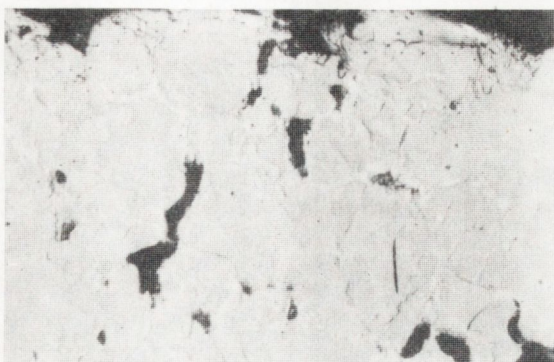
Badania te przeprowadzono na mikrosondzie elektronowej.

Rysunki 5 i 6, pokazują obraz optyczny i relief powierzchni próbki.

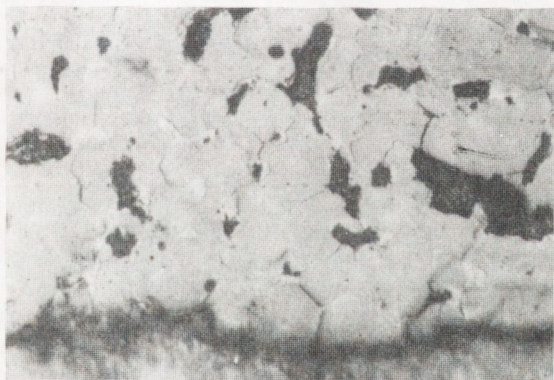
Rysunek 7 przedstawia obraz zmian składu chemicznego. Rys. 8 i 9 powierzchniowe rozkłady wolframu i srebra, a rys. 10 - liniowy rozkład W i Ag.

2.4. Badania warstwy spoiwa

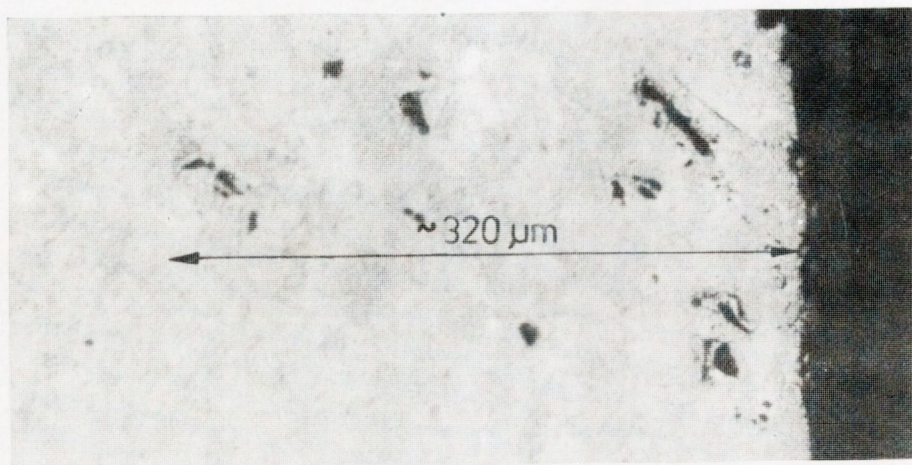
Na powierzchnię montażowe nakładek stykowych nakłada się warstwę spoiwa AgCu₂₀P₁. Rys. 11 pokazuje obraz optyczny zglądu metalograficznego tej warstwy. Widoczne są szare wydzielenia roztworu granicznego go Ag w CuP i białe wydzielenia roztworu granicznego CuP w Ag małe pasemkowej eutektyki Ag-CuP.



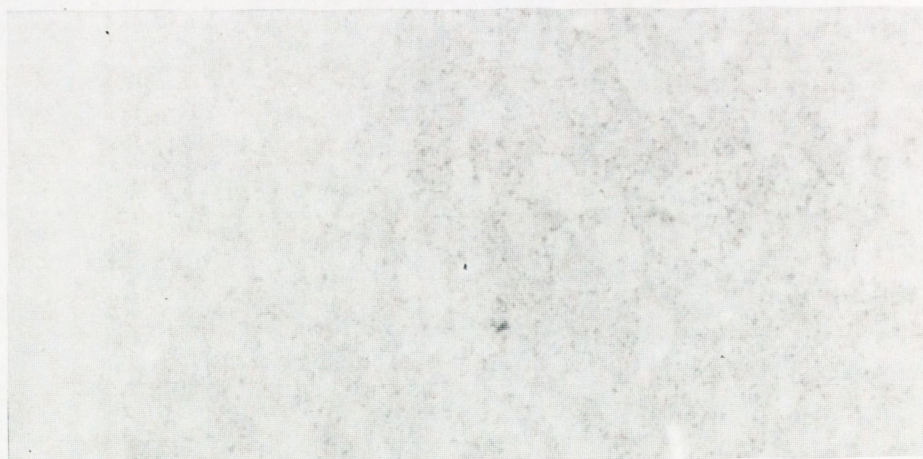
Rys. 1. Struktura warstwy powierzchniowej styku W-Ag60.
Grube ziarna szkieletu W.
Duże ubytki Ag. Nietrawione.
Powiększenie 400x



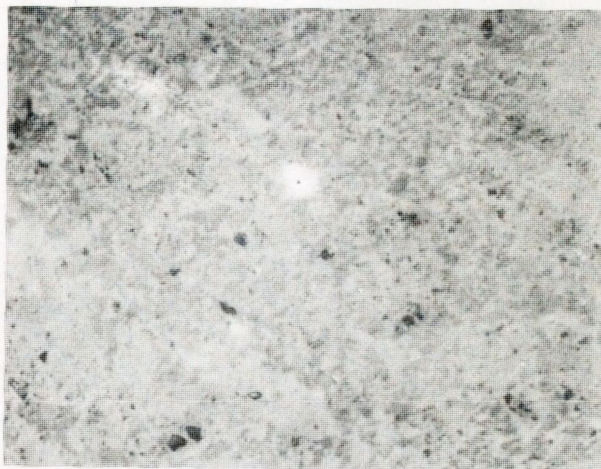
Rys. 2. Struktura styku W-Ag60 od strony montażowej.
Grube ziarna szkieletu W.
Duże ubytki Ag. Nietrawione.
Powiększenie 400x



Rys. 3. Struktura warstwy powierzchniowej styku W-Ag60. Drobnoziarnisty, szary szkielet W na tle syciwa Ag. Czarne pola - pory po odparowanym srebrze. Nietrawione. Powiększenie 250x



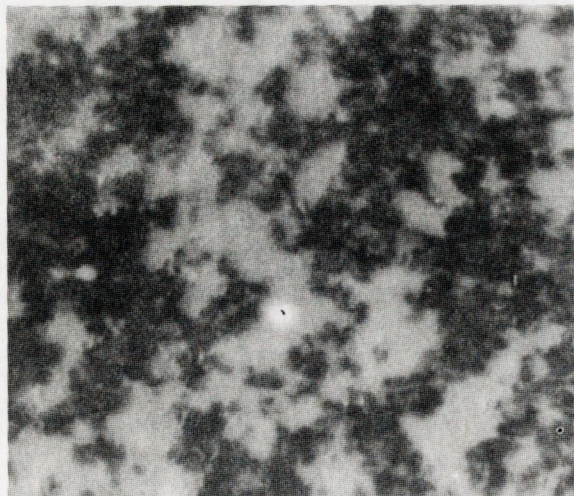
Rys. 4. Struktura styku W-Ag60 od strony montażowej. Drobnoziarnisty, szary szkielet W na tle syciwa Ag. Brak porów. Nietrawione. Powiększenie 250x



Rys. 5. Struktura kompozytu W-Ag60.
Szare ziarna W na tle syciwa Ag.
Nietrawione. Powiększenie 625x



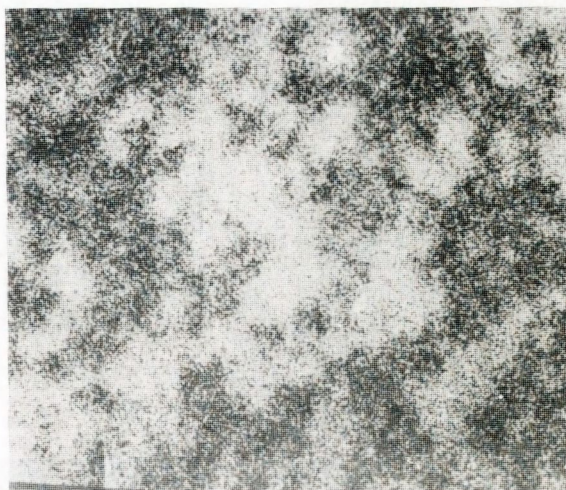
Rys. 6. Relief powierzchni.
Powiększenie 600x



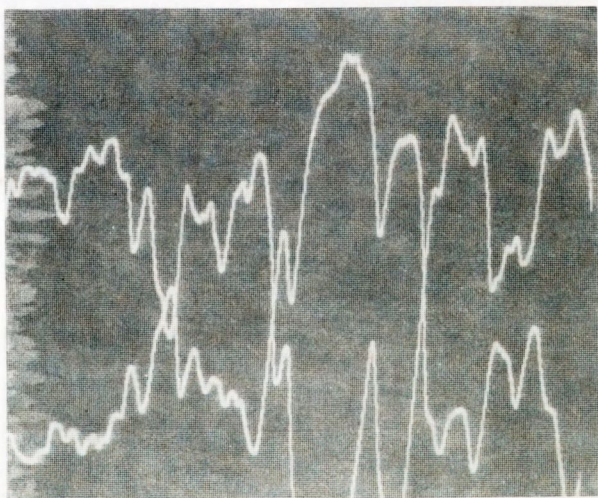
Rys. 7. Obraz zmian składu chemicznego. Powiększenie 600x



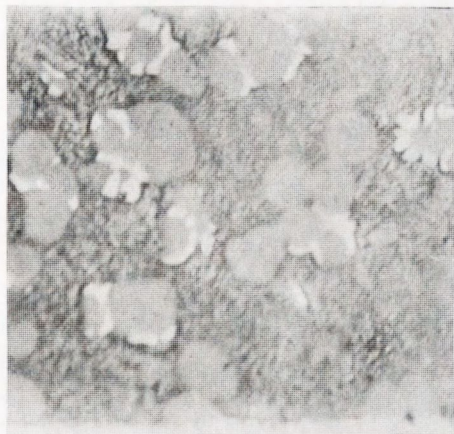
Rys. 8. Powierzchniowy rozkład W. Powiększenie 600x



Rys. 9. Powierzchniowy rozkład Ag.
Powiększenie 600x



Rys. 10. Liniowy rozkład W i Ag.
Powiększenie 600x



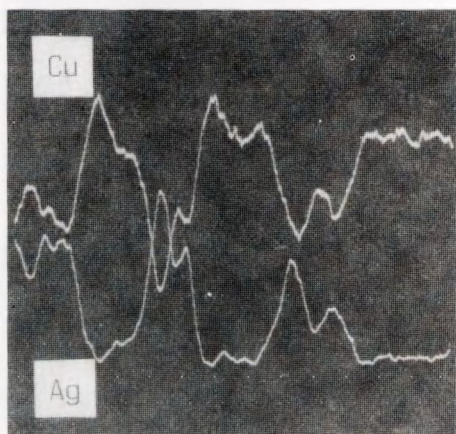
Rys. 11. Struktura warstwy spoiwa. Wydzielenia nad i podeutektyczne na tle eutektyki. Nietrawione. Powiększenie 500x



Rys. 14. Rozkład powierzchniowy Cu. Powiększenie 600x



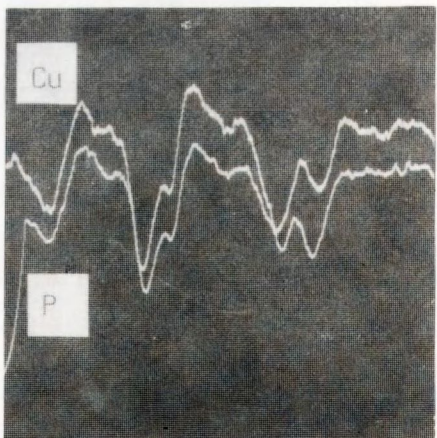
Rys. 12. Obraz zmian składu chemicznego. Powiększenie 600x



Rys. 15. Rozkład liniowy Cu i Ag. Powiększenie 1200x



Rys. 13. Rozkład powierzchniowy Ag. Powiększenie 600x



Rys. 16. Rozkład liniowy Cu i P. Powiększenie 1200x

Rys. 12 pokazuje obraz zmian składu chemicznego. Na rys. 13 i 14 pokazano powierzchniowy rozkład Ag i Cu.

Rys. 15 i 16 pokazują liniowe zmiany stężenia Cu i Ag oraz Cu i P. Wyraźnie widoczna jest współzależność rozkładu Cu i P.

3. PODSUMOWANIE

Badania, opisane w niniejszej pracy, ułatwiły opracowanie konstrukcji kompozytu spełniającego wymagania eksploatacyjne podane na wstępie. Potwierdziły one tezę, że szybkość odparowywania ciekłej fazy przewodzącej ze szkieletu zależna jest od średnicy kapilar szkieletu. Działa tu efekt Kelvina [3, 4], polegający na zmianie prężności pary nad fazą ciekłą w zależności od stopnia zakrzywienia jej powierzchni:

$$R T \ln \frac{p_r}{p_\infty} = \frac{2\omega_{LV} \cdot V_m}{r}, \text{ gdzie}$$

ω_{LV} jest energią powierzchniową cieczy, V_m objętością molową, r promieniem krzywizny, p_r - prężnością pary nad powierzchnią kuli o promieniu r , p_∞ prężność pary nad powierzchnią płaską, R stałą gazową a T temperaturą absolutną.

Gessinger i Melton podają [5], że dla kompozytu W-Cu stwierdzili występowanie pęknięć kompozytu przy zbyt drobnym ziarnie szkieletu wolframowego. W badanym kompozycie W-Ag nie stwierdzono takiego zjawiska.

Badania struktury spoiwa wykazały, że fosfor występuje głównie w roztworze granicznym srebra w miedzi, czego można było oczekiwać [6].

LITERATURA

1. Kaliszuk K. i inni: Badania nad technologią materiału stykowego W-Ag dla potrzeb EMA-ELESTER. Wykonanie serii modelowej. Sprawozdanie ITME, Warszawa 1984
2. Kaliszuk K., Kozłowska B., Załęcka M.: Badania składu, struktury i własności fizycznych modeli styków. Sprawozdanie ITME, Warszawa 1985
3. Adamson A.W.: Physical Chemistry of Surfaces, Interscience Publ., London 1960
4. Senkara J.: Studia procesów zachodzących podczas pracy kompozytowych materiałów stykowych. Sprawozdanie ITME, Warszawa 1985
5. Gessinger G.H., Melton K.N.: Powder Met., Int. 9 /1977/ 67
6. Małyszew W.M., Rumiancew D.W.: Sieriebro, Moskwa 1987