

Stanisława Gacek¹

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Metalurgii i Inżynierii Materiałowej, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

WŁASNOŚCI MATERIAŁÓW STYKOWYCH AgNi20 Z DODATKIEM DYSPERSYJNYCH CZĄSTEK MgO

Materiały stykowe srebro-nikiel są stosowane w różnego rodzaju wyłącznikach napowietrznych. Wymaga się od nich dużej odporności na zużycie wywołane utlenianiem i wykruszaniem. W pracy badano własności styków wykonanych z mieszaniny zawierającej 20% proszku niklu karbonylowego o wielkości cząstek poniżej 10 μm i 80% proszku srebra elektrolitycznego < 55 μm lub proszku srebra uzyskanego w wyniku chemicznego strącania i redukcji < 25 μm . Do proszków wyjściowych wprowadzano dodatki 0,5; 1; 2; 4% obj. tlenku magnezu. Tlenek magnezu MgO wprowadzano poprzez chemiczne osadzenie na powierzchni cząstek elektrolitycznego proszku srebra lub przez równoczesne chemiczne osadzenie w objętości cząstek drobnoziarnistego współstrącanego proszku srebra (rys. 1). Mieszanki proszków prasowano i spiekano w temperaturze 930°C w czasie 30, 120, 480 min w atmosferze wodoru. Podczas spiekania próbki AgNi20 znacznie pęczniały. Dodatek MgO powodował zmniejszenie intensywności zmian wymiarowych i zapobiegał wzrostowi ziarn niklu podczas spiekania [3, 4]. Wybrane do badań trwałości łączeniowej spieki doprasowano (1500 MPa) do gęstości względnej 96+98%. Twardość spieków uzyskanych z gruboziarnistego proszku srebra była znacznie niższa od twardości styków z drobnoziarnistego proszku srebra (rys. 2).

Jako kryterium badania trwałości łączeniowej przyjęto wyznaczenie ubytku masy styków ruchomego A i nieruchomego K po określonej liczbie łączy 10 000, 50 000 i 100 000 (rys. 3, 4). Po wykonaniu każdej serii łączy mierzono spadek napięcia i obliczano oporność zestyku (rys. 6, 7). Ponadto wyznaczono liczbę trwałych złączy styków w poszczególnych etapach próby (tab. 1).

Uzyskane wyniki badań trwałości łączeniowej analizowanych materiałów wykazały, że optymalne własności użytkowe posiadały styki wykonane z próbek AgNi20 zawierających drobnoziarnisty proszek srebra chemicznie współstrącany z 2% MgO (gęstość względna po prasowaniu 70%, spiekanie 930°C 120 min, a następnie doprasowanie do 98% gęstości teoretycznej).

Słowa kluczowe: spiekane AgNi, doprasowanie, styki elektryczne

PROPERTIES OF CONTACT MATERIALS AgNi20 WITH DISPERSION PARTICLES OF MgO ADDED

Silver-nickel contact materials are used in various overhead breaker switches. One of the requirements they should fulfil is their high resistance to wear resulting from oxidation and spalling phenomena occurring [1, 2]. This paper presents properties of contacts made either of a mixture of AgNi20 and nickel carbonyl, their particle being < 10 μm , and electrolytic silver powder, its particles being < 55 μm , or of a chemically produced silver powder of a particle < 25 μm . MgO was introduced in the silver powders, and its amount was 0.5; 1; and 2.4% of their volume. MgO was introduced using two methods: either by chemical plating of MgO particles on the surface of silver powder's electrolytic particles (Fig. 1), or by a process of simultaneous precipitation of silver powders and chemical plating of MgO within the volume of particles of the fine-grained silver powders.

The mixtures of powders were pressed (moulded) and sintered in hydrogen, at a temperature of 930°C during 30, 120, and 480 min period [3, 4]. The MgO addition caused a reduction in the intensity of dimension changes and prevented nickel particles from growing during their sintering [3, 4]. To test the stability of coupling in sinters, some samples were selected and additionally pressed under a pressure of 1500 MPa to reach a relative density level of 96 to 98%. The hardness of samples made of electrolytic silver powder was essentially lower than the hardness of contacts produced of fine-grained silver powder (Fig. 2). While testing this stability, a specific criterion was assumed; it was a mass loss in contacts: an A movable contact and a K fixed contact, determined upon the completion of three series of connections, i.e. after 10,000, 50,000, and 100,000 connections (Figs. 3, 4). As soon as each series of connections was performed, the voltage drop and a contact resistivity were measured (Figs. 6, 7). In addition, a number of stable lasting connections in individual phases of the entire testing cycle was determined (Tab. 1).

The results obtained from the connection stability tests performed on the materials under investigation allowed for a conclusion that the most favourable functional/usable properties showed contacts made of the following AgNi20 samples: AgNi20 samples contained fine-grained silver powder that was concurrently precipitated with 2.0% MgO; the contacts' relative density upon the completed pressing was 70%; they were sintered under a temperature of 930°C within a 120 min period; and at the end, they were pressed (moulded) again to the 98% level of the theoretical density.

Key words: sintered AgNi, re-pressing, electrical contact

WPROWADZENIE

Styki elektryczne srebro-nikiel z powodu odporności na utlenianie znalazły zastosowanie w wyłącznikach napowietrznych, przekaźnikach mocy przemysłowej,

¹ dr inż.

różnego typu wyłącznikach, regulatorach naprężeń, aparatach i przyrządach, w których wymagana jest duża odporność na zużycie [1]. Dodatek niklu do srebra podwyższa twardość styku, zwiększa odporność na utlenianie [2]. Stosowane są styki srebro-nikiel zawierające 10÷60% niklu [1, 2]. Srebro, nikiel należą do metali, które w stanie stałym nie tworzą roztworów. Materiały dwuskładnikowe srebro-nikiel należą do pseudostopów i są wytwarzane techniką metalurgii proszków [1].

Jakość gotowych wyrobów zależy od wielkości cząstek proszków wyjściowych, dokładności ich wymieszania, parametrów procesu wytwarzania oraz od gęstości wyrobu końcowego. Podczas spiekania bardzo często występuje pęcznienie. Efekt pęcznienia można zmniejszyć przez stosowanie niskiego ciśnienia prasowania, niższej temperatury spiekania, ale to prowadzi w efekcie do wytworzenia spieków o dużej porowatości [3, 4].

Wprowadzenie dodatków tlenkowych powoduje zmniejszenie niekorzystnych zmian wymiarów podczas spiekania [4]. Mając na uwadze oddziaływanie, rolę faz dyspersyjnych podczas eksploatacji w podwyższonych temperaturach, zakładano, że MgO stosowany jako dodatek do materiałów stykowych AgNi20 będzie działał korzystnie.

MATERIAŁY STOSOWANE DO BADAŃ

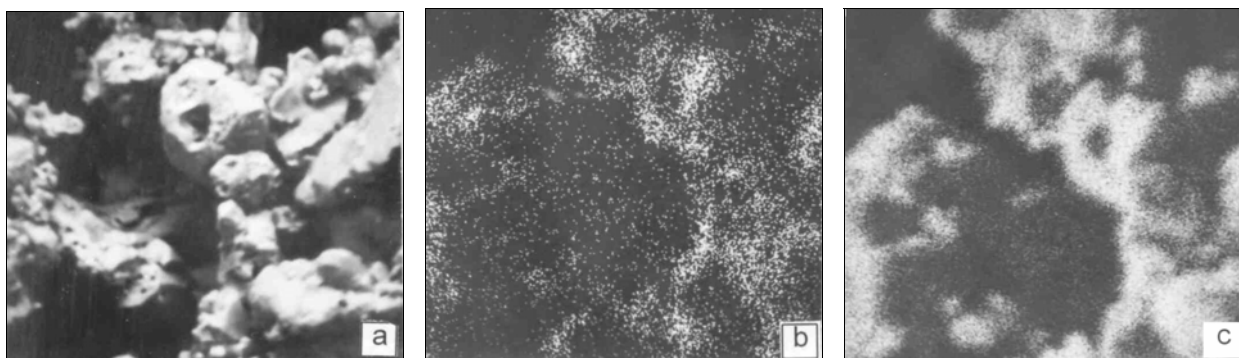
W badaniach stosowano karbonylkowy proszek niklu o wielkości cząstek poniżej 10 μm , proszek srebra elektrolitycznego o wielkości cząstek poniżej 55 μm oraz proszek srebra wytworzony metodą chemicznego strącania i redukcji tlenków o wielkości cząstek poniżej 25 μm .

Zastosowanie dwóch różnych proszków srebra stwarzało możliwość śledzenia odmiennie przebiegających procesów spiekania. Ponadto pozwalało na różne rozmieszczenie cząstek fazy umacniającej wprowadzanej przez:

- osadzenie cząstek tlenku magnezu na powierzchniach elektrolitycznego proszku srebra (rys. 1),
- osadzenie cząstek tlenku magnezu w całej objętości cząstek srebra, dzięki równoczesnemu współstrącaniu.

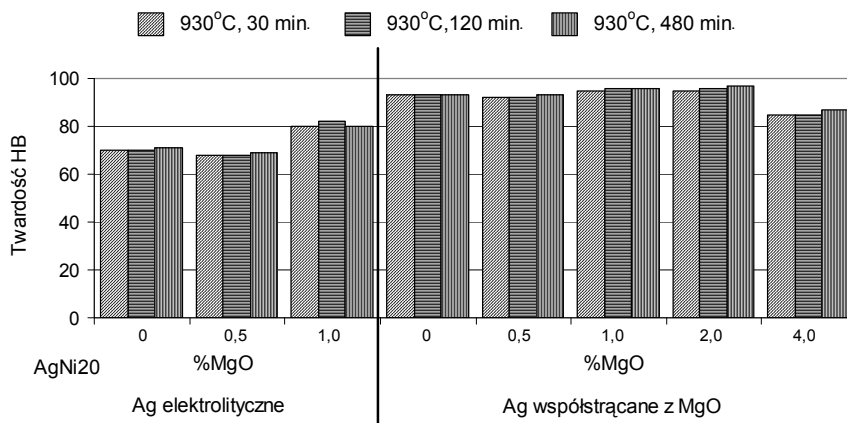
Stosowano dodatki 0,5; 1,0; 2,0 i 4,0% obj. tlenku magnezu do srebra.

Mieszanki proszku srebra lub proszku srebra z tlenkiem magnezu i 20% niklu prasowano i spiekano w atmosferze redukującej w temperaturze 930°C. Do badań własności eksploatacyjnych wybrano próbki spiekane przez 0,5; 2 i 8 godzin. Próbki doprasowano, stosując ciśnienie 1500 MPa. Po doprasowaniu gęstość



Rys. 1. Rozmieszczenie Mg (b) oraz Ag (c) na powierzchni cząstek elektrolitycznego proszku srebra (a)

Fig. 1. Arrangement of Mg (b) and Ag (c) on a particles' surface of electrolytic silver powder (a)



Rys. 2. Zmiany twardości badanych kształtek w zależności od warunków wytwarzania

Fig. 2. The stability of contact materials relative to manufacturing conditions

względna wynosiła 96÷98%. Na rysunku 2 przedstawiono zmiany twardości badanych kształtek w zależności od warunków wytwarzania.

BADANIA WŁASNE

Do badań własności użytkowych z wybranych materiałów wykonano próbki w kształcie nitów. Jako kryterium badania trwałości łączeniowej przyjęto wyznaczenie ubytku masy styków - ruchomego A i przeprowadzono K po określonej liczbie łączy: 10 000; 50 000 i 100 000. Po wykonaniu tej liczby łączy przeprowadzono też pomiary spadku napięcia i obliczono oporność zestyku. Ponadto wyznaczono liczbę złączy styków w poszczególnych etapach próby, a mianowicie w czasie od 0÷10 000, 10 000÷50 000 i 50 000÷100 000 łączy.

Na podstawie przeprowadzonych wstępnych prób ustalono następujące warunki, w których wykonywano oznaczenia: czas trwania cyklu łączeniowego - 1 s, prąd stały o natężeniu 25 A i napięciu 220 V oraz stały doisk par współpracujących styków.

Zmiany masy styków (rys. rys. 3-5)

Jako kryterium badania trwałości łączeniowej przyjęto wyznaczenie zmiany masy styków po określonej liczbie łączy w założonych warunkach prądowych. Analizując wyniki badań stwierdzono, że w miarę zwiększania

liczby łączy występował przyrost masy styków stałych K i ubytek masy styków ruchomych A. Sumaryczną zmianę masy styków A i K nazywa się potocznie ZGAR.

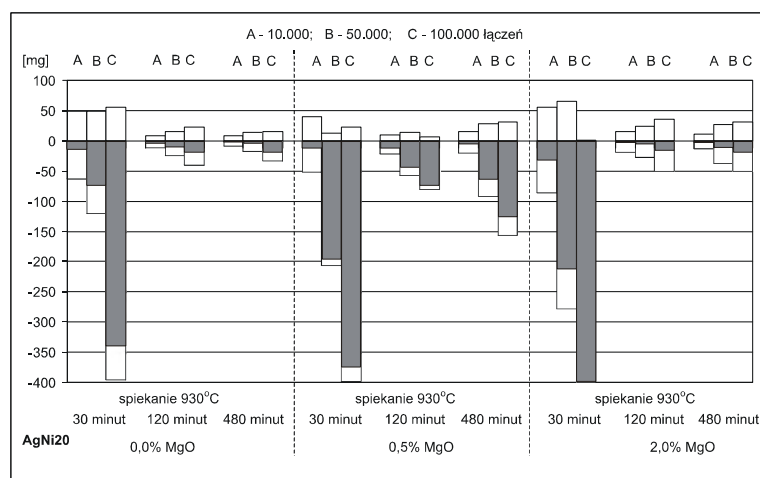
Wpływ czasu spiekania - w każdej grupie styków różniących się czasem spiekania, przy takich samych pozostałych parametrach, najwyższe przyrosty masy, związane z przeniesieniem materiału ze styku ruchomego A na styk stały K, oraz najwyższe ubytki masy styku ruchomego A występowały w przypadku próbek spiekanych przez 30 min. Przedłużenie czasu spiekania do 120 min spowodowało znaczne zwiększenie trwałości użytkowej styków wykonanych z badanych materiałów. Najmniejsze zmiany masy wyznaczono dla styków wykonanych z próbek spiekanych przez 2 godziny. Dalsze przedłużenie czasu spiekania zasadniczo nie wpłynęło na jakość styków. Wyznaczone w wyniku badań zmiany masy styków wykonanych z próbek spiekanych w ciągu 8 godzin okazały się podobne, a często wyższe niż styków z próbek spiekanych przez 2 godziny.

Wpływ składu chemicznego - w miarę zwiększania zawartości MgO trwałość styków z próbek spiekanych przez 0,5 i 8 godzin była coraz to mniejsza. Natomiast zmiany masy styków wykonanych z próbek spiekanych przez 2 godziny zróżnicowane były w mniejszym stopniu. Dodatek MgO powodował zwiększenie zmian masy, pod wpływem erozyjnego działania łuku elektrycznego, styków wykonanych ze spieków z elektrolitycznego proszku srebra. Styki wykonane z mieszanek zawierających drobnoziarnisty współstrącany z MgO proszek srebra wykazywały nieznaczną zmianę masy i odznaczały się po pracy gładkością powierzchni, świadcząca o ich równomiernym zużywaniu się.

Po wykonaniu założonych badań obserwowano bardzo zróżnicowany wygląd powierzchni styków. Niektóre z nich były gładkie, inne bardzo nierówne, z widocznymi kraterami i nadtopieniami powstałymi wskutek erozyjnego działania łuku elektrycznego (rys. 5).

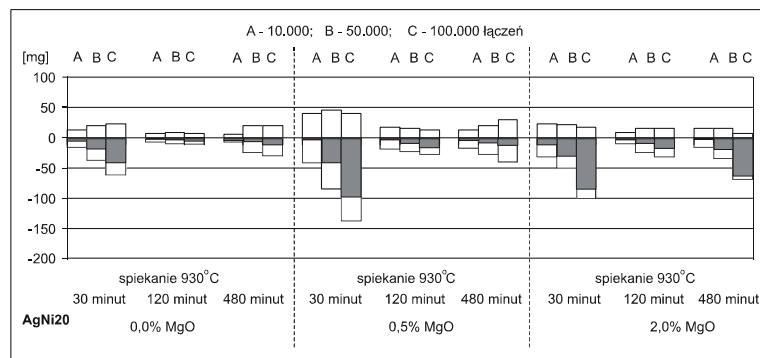
Przeniesienie materiału ze styku ruchomego A na styk stały K prowadzi do gromadzenia na styku K materiału o innej strukturze, do wzrostu ziarn niklu, do utlenienia niklu.

Mechanizm zgaru uzależniony jest od wielkości ziarn w materiałach stykowych srebro-nikiel. Dla styków o większych ziarnach srebra i niklu następuje większy wzrost ciężaru styku stałego K oraz większy ubytek masy styku ruchomego A. Oba styki nadpalają się nierównomiernie, co prowadzi do znacznej erozji powierzchni styków.



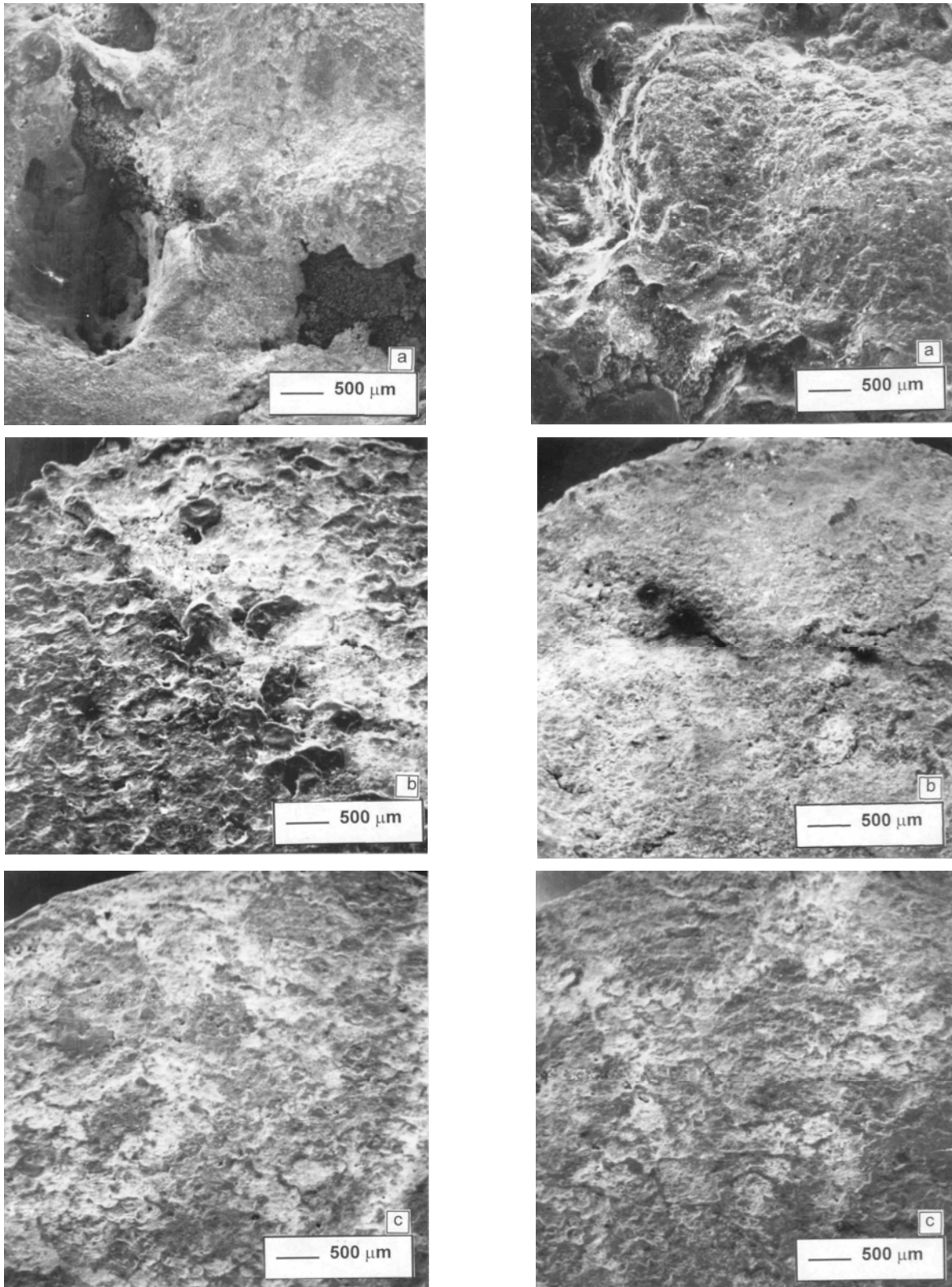
Rys. 3. Zmiany masy styków wykonanych z elektrolitycznego proszku srebra

Fig. 3. Changes in the mass of AgNi₂₀ contacts manufactured of electrolytic silver powder



Rys. 4. Zmiany masy styków wykonanych ze współstrącanego proszku srebra

Fig. 4. Changes in the mass of AgNi₂₀ contacts manufactured of precipitated silver powder



Rys. 5. Powierzchnia styków po 100 000 łączeń, z prawej styk stały K, z lewej styk ruchomy A: a) Ag - elektrolityczny, 2,0% MgO; 930°C; 30 min, H₂, b) Ag - strącany, 0,0% MgO; 930°C; 120 min, H₂, c) Ag - współstrącany, 2,0% MgO; 930°C; 120 min, H₂

Fig. 5. Surface of AgNi20 contacts after 100,000 connections: on the right: K - fixed contact; on the left: A - a movable contact Ag - electrolytic silver powder; 2.0% MgO; 930°C; 30 min, H₂, b) Ag - precipitated silver powder; 0% MgO; 930°C; 120 min, H₂, c) Ag - concurrently precipitated silver powder; 2.0% MgO; 930°C; 120 min, H₂

Oporność zestyku

Wyniki pomiarów oporności zestyku po wykonaniu założonej liczby łączy są uzależnione od stanu gładkości powierzchni, stopnia utlenienia powierzchni oraz od warunków wytwarzania, składu chemicznego i rodzaju proszków wyjściowych (rys. rys. 6 i 7).

Liczba trwałych złączy par styków

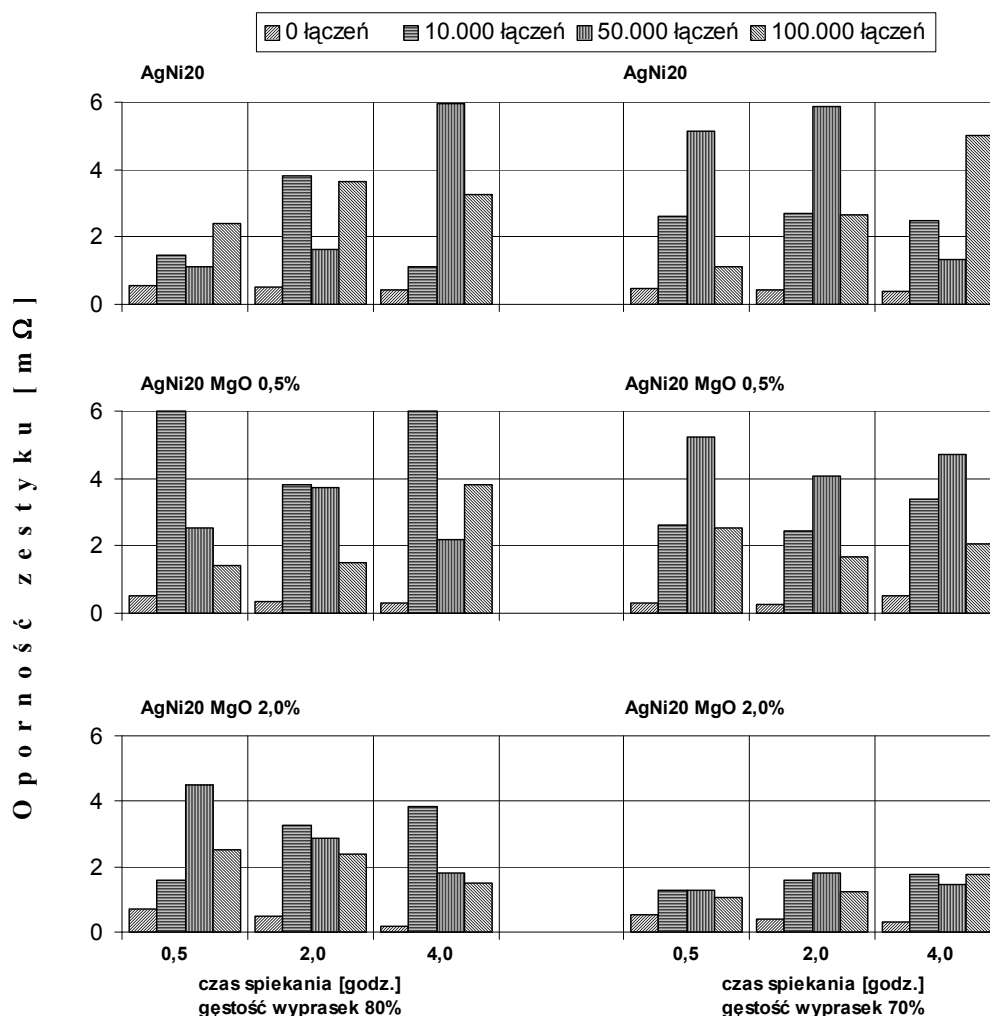
Liczba trwałych złączy par styków z elektrolitycznego proszku srebra w poszczególnych etapach próby była znacznie wyższa od liczby złączy styków zawierających proszek srebra wytworzony metodą chemicznego strącania. Największą skłonność do złączania się podczas pracy posiadały styki wykonane z próbek spiekanych w ciągu 8 godzin. Natomiast najmniejszą liczbę złączy obserwowano w przypadku styków wykonanych po krótkim (0,5-godz.) czasie spiekania. Styki AgNi20 zawierające MgO w późniejszym etapie próby

(50 000 do 100 000) łączy wykazywały wyższą skłonność do złączy na trwałe (rys. 8).

TABELA 1. Liczba trwałych złączy styków podczas 100 000x prób łączenia

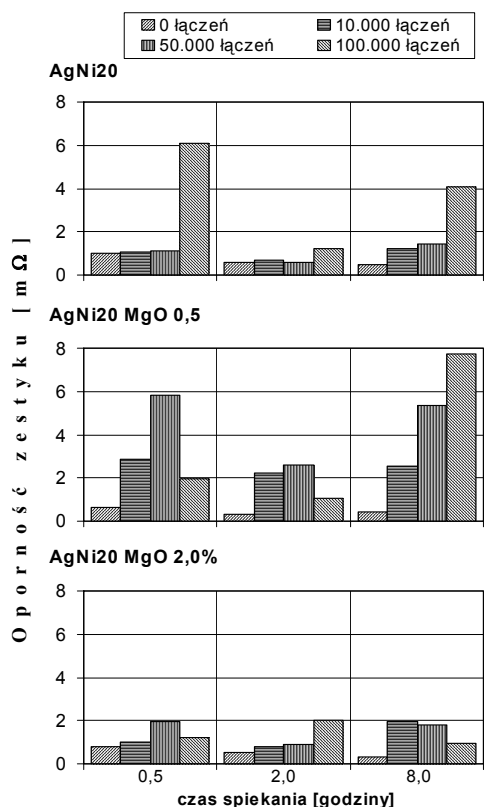
TABLE 1. Number of stable connections in contacts during the 100 000x connecting processes

Czas spiekania min	Materiał AgNi20 z dodatkiem MgO, %				
	0	0,5	1,0	2,0	4,0
Ag < 55 μm					
30	39	27	-	80	-
120	3	66	-	8	-
480	20	77	-	8	-
Ag < 25 μm					
30	0	5	2	0	3
120	0	6	3	3	5
480	0	9	4	3	30



Rys. 6. Oporność zestyku w materiałach AgNi20 wykonanych ze strącanego proszku srebra

Fig. 6. Resistivity of a contact in materials of AgNi20 made of a precipitated silver powder

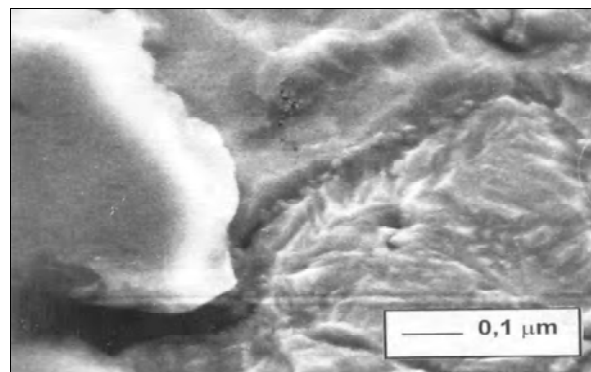
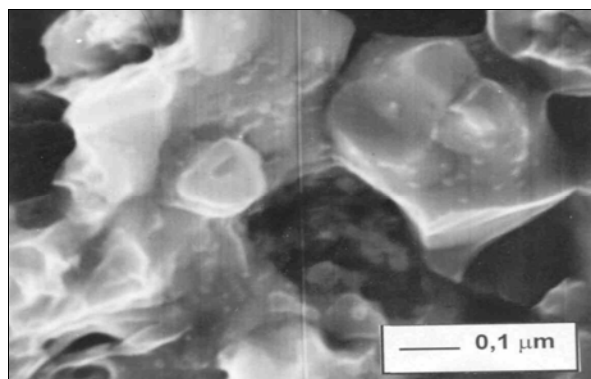


Rys. 7. Oporność zestyku w materiałach AgNi20 wykonanych z elektrolitycznego proszku srebra

Fig. 7. Resistivity of a contact in materials of AgNi20 made of an electrolytic silver powder

PODSUMOWANIE

- Dodatek tlenku magnezu powoduje korzystne zmiany przebiegu spiekania mieszanin proszków AgNi20, zmniejszając pęcznienie w początkowym etapie i zwiększając skurcz w miarę przedłużania czasu spiekania [3, 4].
- Twardość spieków wykonanych z gruboziarnistego proszku srebra była znacznie niższa od twardości spieków z drobnoziarnistego proszku srebra.
- Wprowadzenie dodatku tlenku magnezu, przedłużenie czasu spiekania wpływają na zwiększenie twardości wyrobów (rys. 1).
- Podczas spiekania nie tworzyły się roztwory stałe srebra i niklu. Badania struktury spieków wykazały, że spiekały się stykające się ze sobą cząstki srebra ze srebrem i niklu z niklem, co w przypadku niedokładnego wymieszania proszków i pęcznienia podczas spiekania było przyczyną powstawania porów na granicach srebra z niklem [3, 4].



Rys. 8. Tlenek magnezu w spiekach AgNi20

Fig. 8. Magnesium oxide in sinters of AgNi20

- Na podstawie przeprowadzonych badań odporności na działanie łuku łączeniowego, najbardziej optymalne własności użytkowe posiadały styki wykonane z próbek zawierających 2,0% obj. MgO i strącany proszek srebra, spiekane w ciągu 2 godzin.

Praca finansowana przez KBN w ramach działalności statutowej.

LITERATURA

- [1] Stolarz S., Materiały na styki elektryczne, WNT, Warszawa 1968, 171-179.
- [2] Księżarek S., Besztak K., Rudnicki K., Dziemianko J., Sadowski M., Kazana W., Durst K., Poloczek W., Druty z materiału $\text{AgSnO}_2\text{Bi}_2\text{O}_3$ stosowane do produkcji styków elektrycznych, Rudy i Metale Nieżelazne 1998, 43, 4, 185-190.
- [3] Gacek S., Struktura spiekanych materiałów AgNi20, Rudy i Metale Nieżelazne 1998, 43, 1998, 4, 190-195.
- [4] Gacek S., Wpływ dodatku tlenku magnezu i warunków wytwarzania na własności spieków AgNi20, III Konf. Metale szlachetne, Zakopane 2002, 88-96.

Recenzent
Władysław Włosiński