

dr inż. ZBIGNIEW FJAŁKOWSKI
Wydział Techniczny
Karkonoska Państwowa Szkoła Wyższa w Jeleniej Górze
dr inż. GRZEGORZ WIŚNIEWSKI
dr inż. MARCIN HABRYCH
mgr inż. KATARZYNA KRALEWSKA
Instytut Energoelektryki
Politechniki Wrocławskiej

Wpływ materiału anody i katody na charakter wyładowania jarzeniowego

W artykule przedstawiono wyniki badań wpływu rodzaju materiału stykowego anody i katody na efekt przejścia stałoprądowego łuku elektrycznego małej mocy w wyładowanie jarzeniowe. Ponadto przedstawiono wyniki analizy spektralnej powierzchni stykowych materiałów użytych do badań.

WSTĘP

Dotychczasowe badania autorów wykazały, że w pewnych warunkach, podczas przerywania prądu stałego w obwodzie indukcyjnym niskiego napięcia, dochodzi do wczesnego zgaszenia łuku elektrycznego przy równoczesnym jego przejściu w wyładowanie jarzeniowe. Wystąpienie tego efektu prowadzi do skrócenia całkowitego czasu trwania wyładowania, zwłaszcza łukowego, przy równocześnie łagodniejszym zaniku wartości prądu w ostatniej jego fazie do zera. Skutkuje to przede wszystkim ograniczeniem rozmiaru erozji powierzchni stykowych, a więc zwiększeniem zdolności i trwałości łączeniowej łącznika stykowego [3,4]. Mechanizm przejścia wyładowania łukowego w wyładowanie jarzeniowe jest z teoretycznego punktu widzenia wytłumaczalny. Brak jest jednak danych zarówno ilościowych, jak i jakościowych, dotyczących wpływu poszczególnych czynników na przebieg tego procesu, a zwłaszcza możliwości praktycznego nim sterowania [1,2].

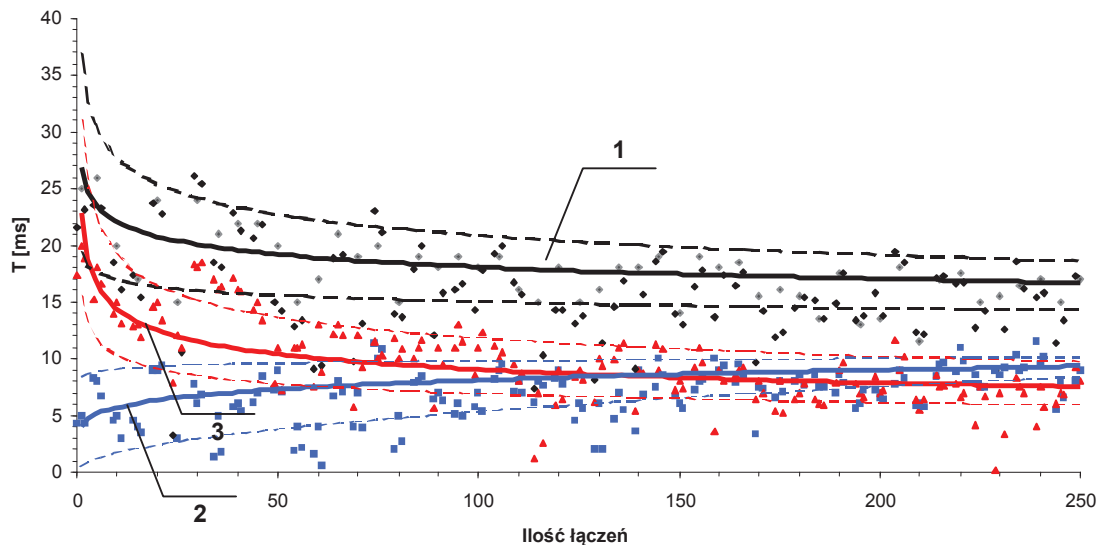
W pracy przedstawiono wyniki badań eksperymentalnych wpływu rodzaju materiału stykowego na przebieg procesu przejścia stałoprądowego łuku elektrycznego małej mocy w wyładowanie jarze-

niowe. Badania przeprowadzono dla czystych metali, a w celu określenia roli katody i anody w procesie transformacji łuku elektrycznego w wyładowanie jarzeniowe, badaniom poddano układy zestyków wykonane z różnych materiałów dla obu elektrod. Jako materiały stykowe wykorzystano nikiel oraz wolfram z uwagi na fakt, iż oba te materiały wykazują prawie skrajne właściwości odniesione do transformacji wyładowania łukowego w wyładowanie jarzeniowe, a ponadto reprezentują grupy metali o znacznie różniących się właściwościach fizycznych [1].

Aby uniknąć wpływu zanieczyszczeń powierzchniowych na przebieg procesu łączeniowego, poszczególne styki poddano wstępnemu kondycjonowaniu w układach zestyków wykonanych z tego samego materiału stykowego [2].

BADANIA UKŁADU KATODA WOLFRAMOWA, ANODA NIKLOWA

Przeprowadzone badania wykazały, że w układzie zestyku wykonanego z katody wolframowej i anody niklowej inicjacja wyładowania jarzeniowego jest stosunkowo łatwa.



Rys. 1. Zależność czasu trwania wyładowania od liczby łączy (110 V, 1 A, 10 ms) dla nakładek: anoda niklowa, katoda wolframowa
1 – wyładowanie całkowite, 2 – wyładowanie jarzeniowe, 3 – wyładowanie łukowe

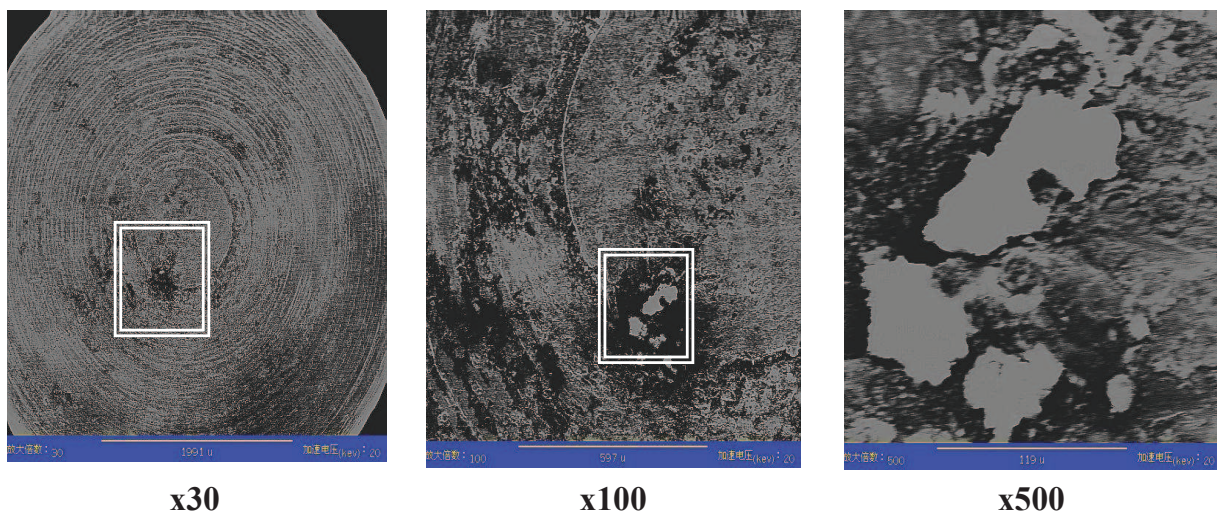
Po około 140 łączeniach obserwowano występowanie dominacji wyładowania jarzeniowego, zaś jego wyraźne ustabilizowanie się w procesie łączeniowym miało miejsce po około 220 łączeniach, co ilustrują krzywe pokazane na rysunku 1.

W celu wyjaśnienia przyczyn obserwowanego zjawiska, powierzchnie stykowe poddano analizie metodą spektroskopii masowej, dla wybranych obszarów, które uległy procesowi erozji, tak na anodzie, jak i na katodzie. Stwierdzono śladowe ilości wolframu przenieszonego z katody na anodę, głównie

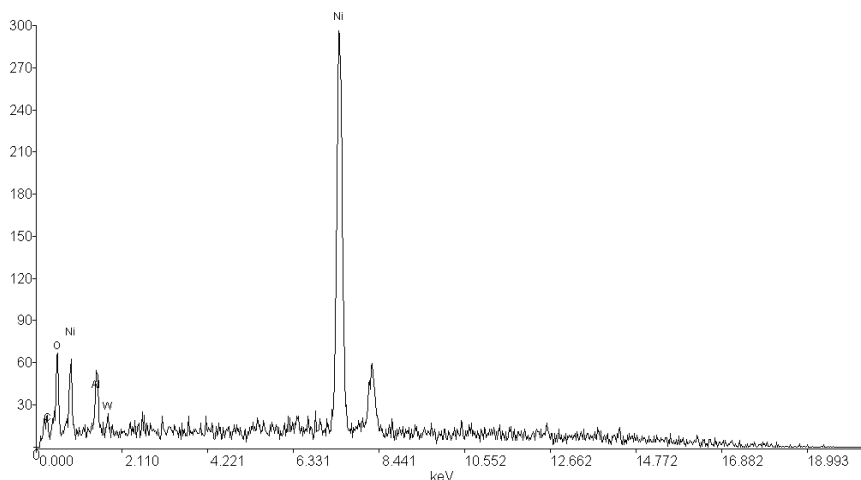
w postaci par tego materiału. Widoczne na rysunku 2 ciemne obszary powierzchniowe wynikają z in-

tensywności występowania zanieczyszczeń i są powodowane głównie powstawaniem tlenków metali. Z przedstawionej ilustracji wynika, iż w obszarach ciemnych występuje w znacznych ilościach tlen z innymi zanieczyszczeniami metalicznymi, głównie wolframem (rys. 4). Świadczy to o utlenianiu się przeniesionego na powierzchnię anody wolframu, natomiast w obszarach jasnych stwierdzono dominację niklu.

Struktura powierzchni katody wolframowej wykazuje mniejsze i bardziej równomierne ślady erozji, a jej skład procentowy to głównie czysty wolfram (rys. 6), natomiast w niektórych miejscach, np. w za-

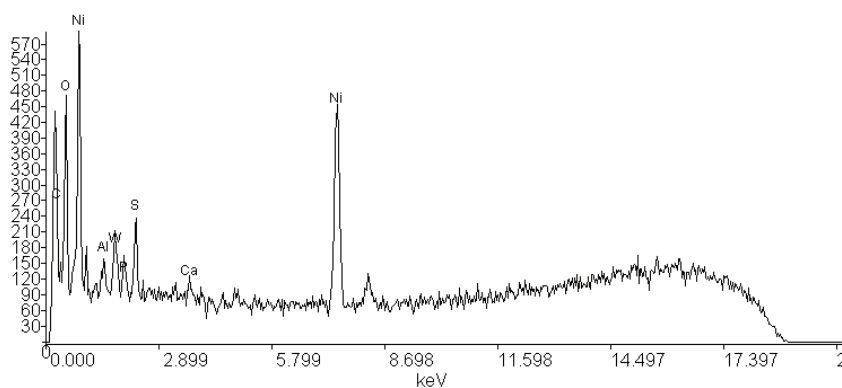


Rys. 2. Fragment powierzchni anody, który uległ procesowi erozji (wykonanej z czystego niklu), po około 250 łączeniach (110 V, 1 A, 10 ms) w powietrzu pod normalnym ciśnieniem, pracującej w układzie zestyku z katodą wolframową



Element	Skład procentowy
	[%]
C	0.8070
O	13.5839
Al	4.6375
Ni	78.5652
W	2.4064

Rys. 3. Skład procentowy elementów materiału anody na jej powierzchni (obszar jasny z rys. 2)

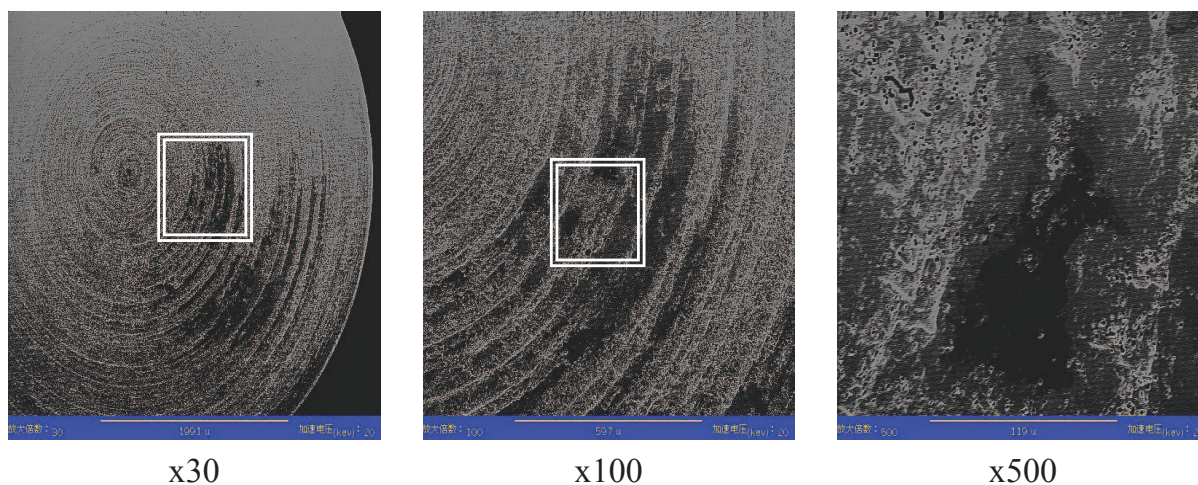


Element	Skład procentowy
	[%]
C	6.0187
O	69.9483
Al	4.6129
P	2.2874
S	3.5012
Ca	0.2358
Ni	3.5626
W	10.8332

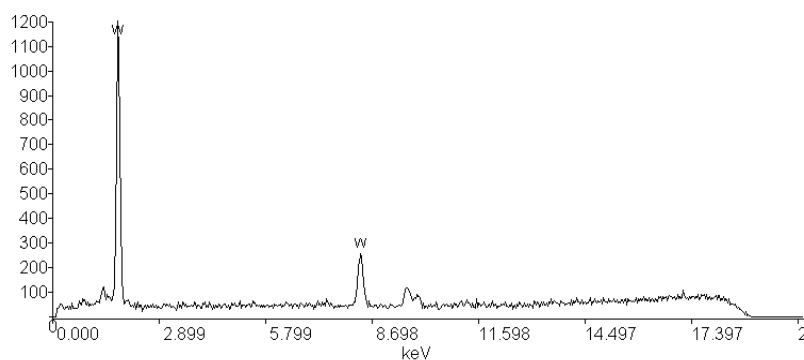
Rys. 4. Skład procentowy elementów materiału anody na jej powierzchni (obszar ciemny z rys. 2)

znaczonym obszarze pokazanym dla przykładu na rysunku 5 stwierdzono obecność tlenków wolframu oraz śladowe tylko ilości niklu (rys. 7).

Świadczy to o niewielkim tylko przeniesieniu materiału anody (niklowej) na katodę w postaci par tego materiału.

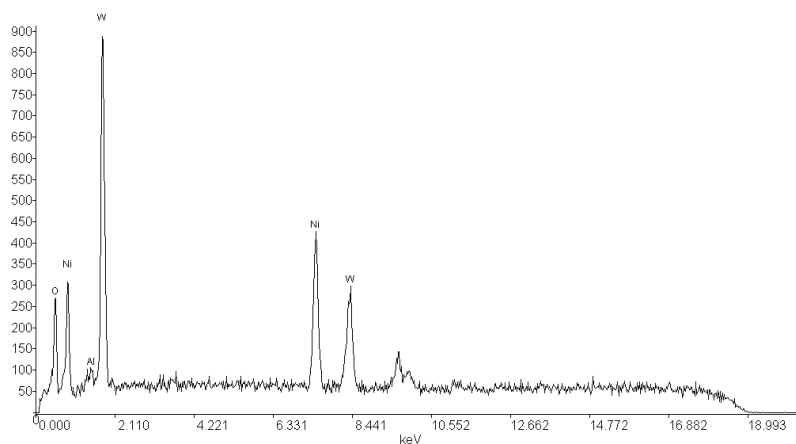


Rys. 5. Fragment powierzchni katody, która uległa procesowi erozji (wykonanej z czystego wolframu), po około 250 łączeniach (110 V, 1 A, 10 ms) w powietrzu pod normalnym ciśnieniem, pracującej w układzie zestyku z anodą niklową



Element	Skład procentowy
	[%]
W	100.0000

Rys. 6. Skład procentowy elementów materiału katody na jej powierzchni (obszar jasny z rys. 5)



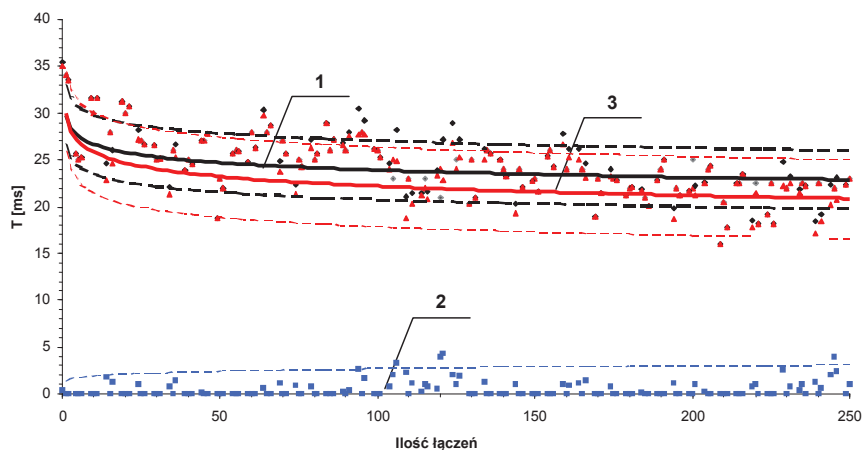
Element	Skład procentowy
	[%]
O	54.6203
Al	1.4508
Ni	8.9641
W	34.9648

Rys. 7. Skład procentowy elementów materiału katody na jej powierzchni (obszar ciemny z rys. 5)

BADANIA UKŁADU KATODA NIKŁOWA, ANODA WOLFRAMOWA

Zamiana materiału elektrod (katoda nikłowa, anoda wolframowa) wykazała praktyczną niemożliwość

uzyskania transformacji łuku elektrycznego w wyładowanie jarzeniowe. Charakter przebiegu wyładowania praktycznie nie ulegał zmianie ze wzrostem liczby łączy (rys. 8).

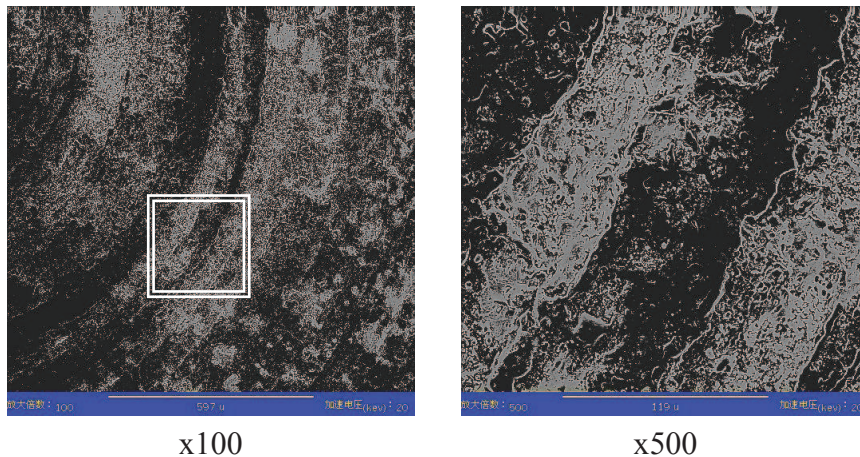


Rys. 8. Zależność czasu trwania wyładowania od liczby łączy (110 V, 1 A, 10 ms) dla nakładek: anoda wolframowa, katoda nikłowa
1 – wyładowanie całkowite, 2 – wyładowanie jarzeniowe, 3 – wyładowanie łukowe;

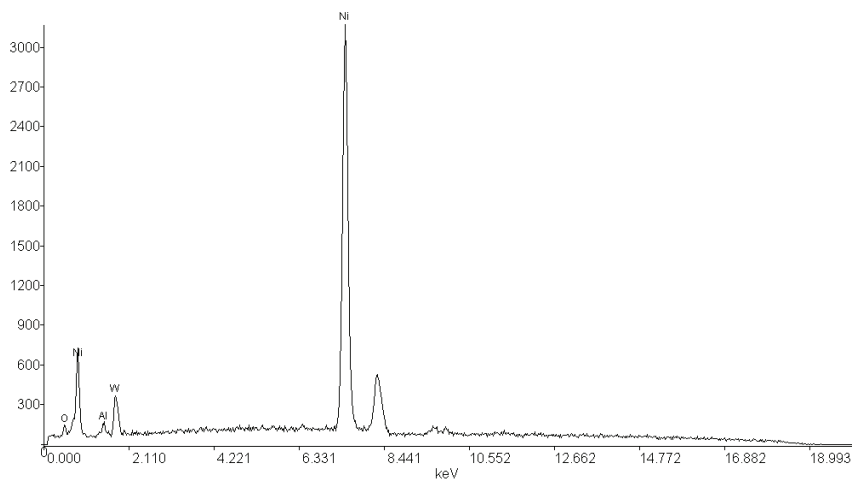
Badania spektroskopowe wykazały duże ilości niklu przenoszone z katody na anodę wolframową zarówno w ciemnych jak i jasnych fragmentach powierzchni stykowej, która uległa procesowi erozji

(rys. 9 – 11).

Przenoszenie to wydaje się być głównie w postaci par niklu naniesionych równomiernie na powierzchnię wolframu (brak kropeł materiału).

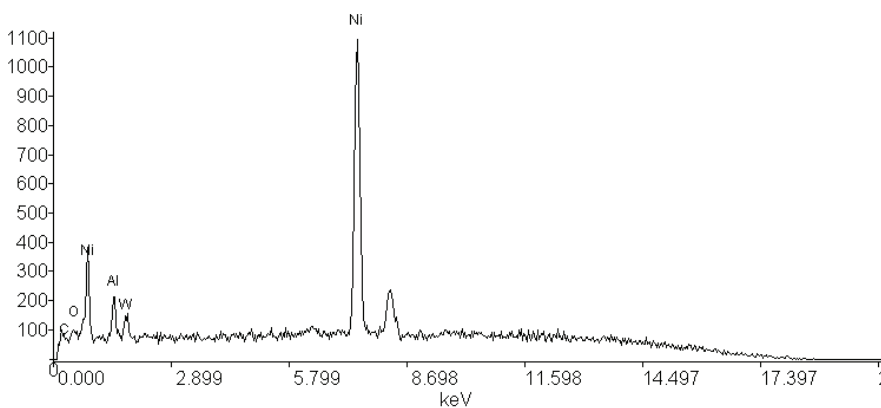


Rys. 9. Fragment powierzchni anody, która uległa procesowi erozji (wykonanej z czystego wolframu), po około 250 łączeniach (110 V, 1 A, 10 ms) w powietrzu pod normalnym ciśnieniem, pracującej w układzie zestyku z katodą niklową



Element	Skład procentowy
	[%]
O	18.4580
Al	6.0119
Ni	44.9276
W	30.6024

Rys. 10. Skład procentowy elementów materiału anody na jej powierzchni (obszar jasny z rys. 9)

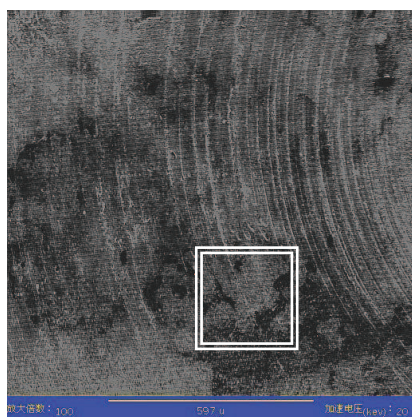


Element	Skład procentowy
	[%]
C	1.4727
O	24.1637
Al	16.9138
Ni	33.7948
W	23.6550

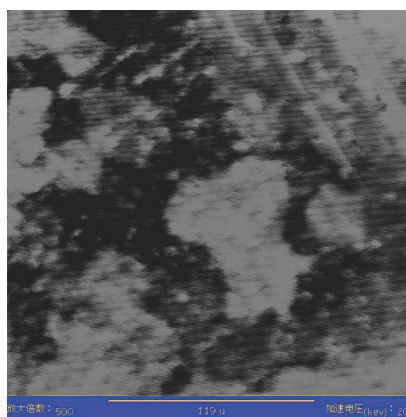
Rys. 11. Skład procentowy elementów materiału anody na jej powierzchni (obszar ciemny z rys. 9)

Na katodzie natomiast niklowej, która dość równomiernie uległa procesowi erozji (rys. 12), analiza spektrometryczna w wybranych obszarach powierzchni wykazała głównie obecność niklu i w niewielkim stopniu tlenków wolframu (rys. 13), mogących być efektem utleniania oraz spalania związków

organicznych – zanieczyszczeń znajdujących się w powietrzu. Widać to zwłaszcza w obszarach ciemnych (stwierdzono tam wzrost zawartości wolframu i innych śladowych zanieczyszczeń, takich jak C, Al oraz tlen – rys. 14).

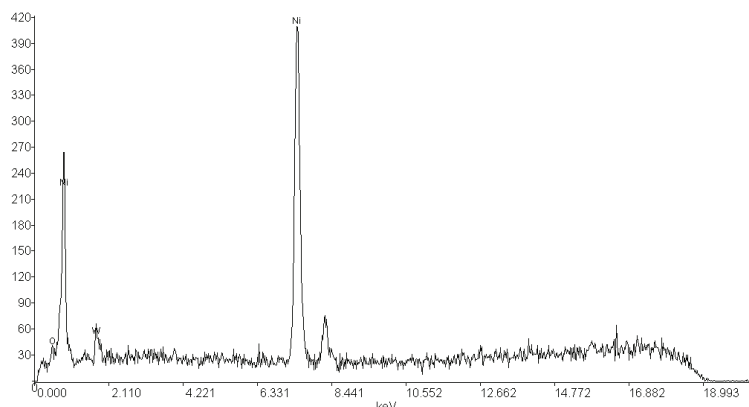


x100



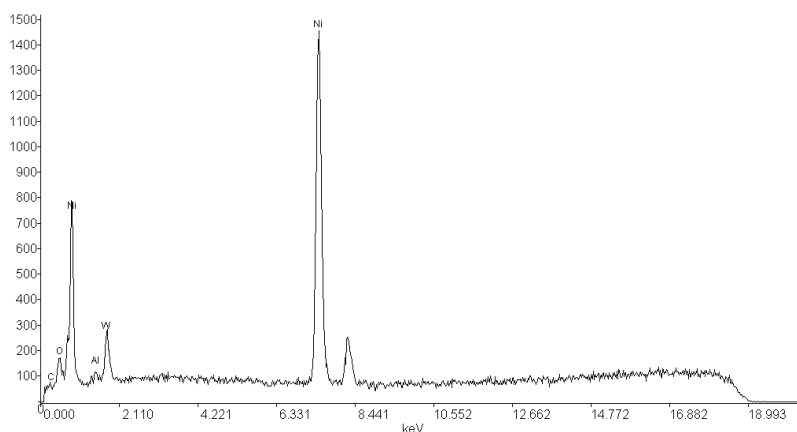
x500

Rys. 12. Fragment powierzchni katody, która uległa procesowi erozji (wykonanej z czystego niklu), po około 250 łączeniach (110 V, 1 A, 10 ms) w powietrzu pod normalnym ciśnieniem, pracującej w układzie zestyku z anodą wolframową



Element	Skład procentowy
	[%]
O	4.9086
Ni	87.8385
W	7.2529

Rys. 13. Skład procentowy elementów materiału katody na jej powierzchni (obszar jasny z rys. 12)



Element	Skład procentowy
	[%]
C	0.0625
O	6.6492
Al	0.8724
Ni	81.5478
W	10.8683

Rys. 14. Skład procentowy elementów materiału katody na jej powierzchni (obszar ciemny z rys. 12)

WNIOSKI

Generacja wyładowania jarzeniowego w warunkach łączenia stałoprądowego niskonapięciowego obciążenia indukcyjnego małej mocy zachodzi dla niezbyt dużych wartości prądów (np. $\leq 2,5$ A dla styków o średnicach 5 mm i grubości 1 mm) i jest ściśle zależna od rodzaju materiału stykowego oraz wartości napięcia zasilającego.

Z przeprowadzonych badań wynika, że ułatwiona transformacja łuku elektrycznego w wyładowanie jarzeniowe w przypadku zastosowania katody wolframowej i anody niklowej może być związana ze zjawiskiem wtórnej emisji elektronowej z anody, przy dominującej roli katody w procesie wyładowania elektrycznego.

Literatura

1. *Holm R.*: Electric Contacts-Theory and Application, Springer Verlag, Berlin, 1979.
2. *Guile A.E.*: "Arc-electrode phenomena" Proc. IEE, IEE Reviews, vol 118, No 9R, September 1971, pp. 1131-1154.
3. *Miedziński B., Szymański A., Wiśniewski G., Grodziński A.*: "The influence of contact material on arc to glow transformation of a low power discharge" Proceedings 49 th Int Relay Conf. Oak Brook. Illionis, April 23-25, 2001, s. 3.1-3.6.e
4. *Miedziński B., Szymański A., Wiśniewski G., Grodziński A.*: "Transformation of a low power arc to glowing under inductive load DC" Proceedings of Switching Arc Phenomena Conf. SAP 2001, Łódź 2001, 17-20.09.01.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Bogdan Miedziński

**THE IMPACT OF THE ANODE AND CATHODE MATERIAL
ON THE CHARACTER OF GLOW DISCHARGE**

The article features the test results of the impact of the anode and cathode contact material on the DC transition effect of low-power electric arc into glow discharge. Additionally, the results of the spectrum analysis of contact materials used for testing was carried out.

**ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА АНОДА И КАТОДА НА ХАРАКТЕР
ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА**

В статье представлены результаты исследований влияния вида контактного материала анода и катода на эффект перехода постоянного тока электрической дуги малой мощности в тлеющие разряды. Кроме этого представлены результаты спектрального анализа контактных поверхностей материалов использованных для исследований.