

Analiza korozji elektrochemicznej w zestykach nielączeniowych aluminiowo-miedzianych oraz ocena stosowanych powłok ochronnych

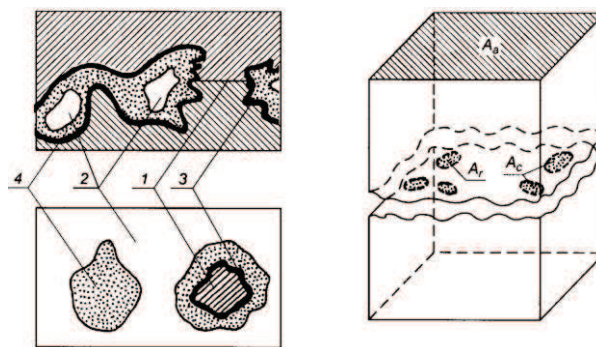
Połączenia dwóch metali (np. aluminium i miedzi), tworzących zestyk jest częstym przypadkiem w praktyce konstrukcyjnej i eksploatacyjnej. Może wówczas mieć miejsce korozja elektrochemiczna, która występuje w miejscu zetknięcia się metali o różnych potencjalach elektrochemicznych w obecności roztworów o cechach elektrolitu (wilgoć zanieczyszczona śladami substancji kwasowych i zasadowych). Zjawisko to prowadzi do niszczenia i zmian powierzchni stykowej i może być źródłem siły termoelektrycznej, zniekształcającej sygnał roboczy w obwodach sterowniczych. Celem artykułu jest dostarczenie praktycznych odpowiedzi na pytania dotyczące zjawisk fizycznych zachodzących w rozpatrywanych zestykach oraz oceny przydatności wybranych powłok ochronnych zabezpieczających zestyki przed korozją elektrochemiczną.

1. WPROWADZENIE

Styki wystawione na działanie różnych czynników zewnętrznych, przede wszystkim powietrza, wilgoci i wyziewów chemicznych są narażone na powstanie na ich powierzchniach warstwy tlenków, siarczków, chlorków itp., które na ogół są nieprzewodzące. Ma to istotny wpływ na rezystancję zestykową, a także na korozję elektrochemiczną zestyków utworzonych z dwu różnych metali, na przykład miedzi i srebra z aluminium.

Jednym z najważniejszych parametrów charakteryzujących zestyki jest struktura powierzchni stykowości. Jakkolwiek dokładnie byłyby obrobione powierzchnie przewodników tworzące zestyk, to mają one zawsze mikronierówności, tworzące mikrozystyczności (rys. 1), oraz szczeliny umożliwiające stosunkowo łatwy dostęp do wnętrza zestyku powietrza, wilgoci i innych czynników chemicznych.

Strefy przewodzenia metalicznego prądu elektrycznego znajdują się w bezpośredniej stykowości ze strefami półprzewodzącymi. Strefy te mogą stać się przewodzącymi w wyniku mięknięcia materiału, spowodowanego np. wzrostem wartości prądu.



Rys. 1. Mikrostruktura powierzchni stykowości styków z metali nieszlachetnych;

- 1 – strefy przewodzenia metalicznego,
- 2 – strefy braku stykowości styków,
- 3 – strefy półprzewodzące,
- 4 – strefy nieprzewodzące

Pozostała część powierzchni stykowości jest nieprzewodząca i bywa zwykle pokryta warstwami nalotowymi. Intensywność ich powstawania zależy od materiałów zestyku, agresywności środowiska i ich temperatury. Wpływ powstałej warstwy nalotowej na rezystancję zestykową może być różny, w zależności od rodzaju powstałych na powierzchni związków (tlenków, siarczków itp.). Utlenianie na

przykład powierzchni styków powiększa zwykle wielokrotnie rezystancję zestykową, gdyż do rezystancji kształtu wynikającej z przewężenia strug prądu dodaje się rezystancja warstw nalotowych [7]. Należy przy tym zwrócić uwagę na fakt, że oddziaływanie środowiska otaczającego zestyki na powierzchnie stykających się styków, pozostających w stanie otwarcia jest bardziej intensywne, niż w przypadku zamkniętych styków (zestyków).

Materiałami przewodzącymi najczęściej stosowanymi w konstrukcjach torów prądowych i zestyków nierozłącznych są: miedź i aluminium.

Miedź (Cu) cechuje wysoka przewodność elektryczna i cieplna, duża odporność na korozję w normalnej atmosferze. Przy wyższych temperaturach na jej powierzchni tworzą się warstwy półprzewodzące i izolacyjne i zmniejsza się wytrzymałość mechaniczna. Przyspieszenie tworzenia się warstw nalotowych obserwuje się już powyżej 1000 C, co jest szczególnie niebezpieczne dla pracy zestyków [1,8,12]. W przypadku zestyków wykonanych z miedzi należy więc stosować stosunkowo duże dociski styków. Miedź jest stąd powszechnie stosowana na niełączeniowe zestyki rozłączne i nierozłączne. We wszystkich zastosowaniach należy brać pod uwagę to, że miedź szybko koroduje w atmosferze zawierającej gazy aktywne (siarkowodór, chlor czy tlenki azotu). Zwykle więc styki nierozłączne i rozłączne niełączeniowe są srebrzone dla przeciwdziałania tlenkom, albo niklowane (kadmowane) dla zabezpieczenia się przed siarczkami.

Aluminium (Al) ma niższą przewodność elektryczną i temperaturę topnienia niż miedź i charakteryzuje się przy tym praktycznie nieprzewodzącą warstwą nalotową w podwyższonej temperaturze, oraz małą twardością [1,2]. Stosuje się ją głównie na szyny, szynoprzewody, w których są połączenia stykowe nierozłączne. Należy tu podkreślić, że przy znacznych naprężeniach ściskających występujących w zestykach nierozłącznych skręcanych śrubami, może wystąpić zjawisko pełzania „płynięcia”, tj. wzrostu odkształceń przy niezmiennych naprężeniach. Stąd połączenia takie wymagają stosowania trwałego docisku, jednak o wartości nieprzekraczającej 5 N/mm^2 , gwarantującego jednocześnie przy tym niszczenie warstwy tlenków, które niestety są dobrym izolatorem. Z tego powodu wymagana jest ich okresowa kontrola docisku styków.

Połączenie dwóch metali (np. miedzi i aluminium), tworzących zestyk jest częstym przypadkiem w praktyce konstrukcyjnej i eksploatacyjnej [1,5]. W przypadku konieczności stosowania takich zestyków może wystąpić dodatkowo problem korozji elektrochemicznej, prowadzący do niszczenia i zmian po-

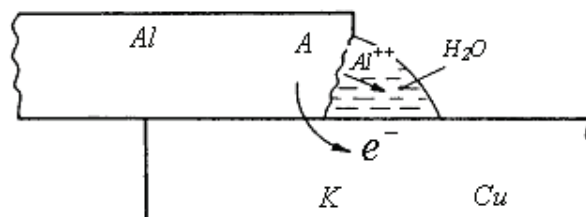
wierzchni stykowej [9]. Napięcie powstające na stykach jako skutek zjawisk elektrochemicznych może być ponadto powodem zniekształceń sygnałów roboczych, szczególnie niebezpiecznych w niskonapięciowych obwodach sterowniczych.

2. KOROZJA ELEKTROCHEMICZNA

Korozja elektrochemiczna, zwana również korozją elektrolityczną jest głównym rodzajem korozji spotykanej w zestykach utworzonych z połączenia różnych metali. Powstaje ona wówczas, gdy w elektrolicie występuje różnica potencjałów między łączonymi stykami. W układzie takim, równoważnym zwartemu ogniwo elektrochemicznemu, metal o niższym potencjale zachowuje się jak anoda i ulega silnemu roztwarzaniu. Cechą charakterystyczną takiej korozji jest przenoszenie ładunków elektrycznych w czasie procesu korozyjnego. W wyniku zetknięcia się ze sobą części metalowych w obecności roztworów o charakterze elektrolitów powstaje pewnego rodzaju ogniwo elektryczne [1,2]. Elektrody stanowią części metalowe (styki), zaś rolę elektrolitu pełni zgromadzona w otoczeniu zestyku zanieczyszczona śladowymi ilościami substancji kwasowych lub zasadowych wilgoć lub woda kondensująca się na metalu.

Większość metali technicznych charakteryzuje się stanem metalicznym nietrwałym, tzn. że ich potencjał termodynamiczny w danym środowisku nie osiągnął jeszcze minimum [11]. Stan ten ma więc tendencję do przechodzenia w stan jonowy wówczas, gdy łączy się to ze zmniejszeniem potencjału termodynamicznego.

A więc, gdy powierzchnia metalu styka się z elektrolitem, to część jego atomów przechodzi do roztworu w postaci jonów dodatnich (kationów). Wolne elektrony, które pozostają w metalu wywołują ujemną jego polaryzację (rys. 2).



Rys. 2. Schemat przebiegu korozji elektrochemicznej na styku szyny aluminiowej z miedzianą w obecności wilgoci

Tablica 1

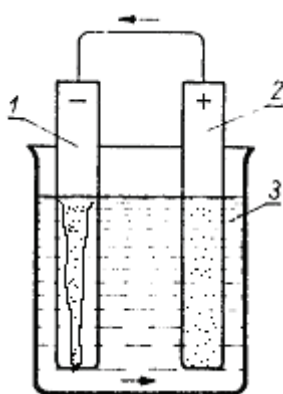
Szereg elektrochemiczny metali

Metale	Ag	Cu	H ₂	Sn	Ni	Fe	Zn	Al
Wartości potencjałów normalnych, μV	+0.80	+0.53	0.00	-0.14	-0.22	-0.44	-0.76	-1.66

Wielkością charakteryzującą zdolność przechodzenia jonów metalu do roztworu jest tzw. potencjał normalny (elektrochemiczny) danego metalu [2,3]. Metale, których potencjał normalny jest bardziej ujemny charakteryzują się na ogół większą skłonnością atomów metalu do przechodzenia do otaczającego roztworu, a tym samym takie metale są bardziej podatne na korozję. Potencjały normalne różnych metali względem elektrody wodorowej, zmierzone w roztworze soli tych metali, zestawione w tabeli 1, tworzą tzw. szereg elektrochemiczny metali.

W ogniwie galwanicznym utworzonym z dwóch elektrod umieszczonych w środowisku korodującym, wykonanych z metali należących do szeregu elektrochemicznego (tabela 1) i przylegających do siebie można zaobserwować, że metal o potencjale bardziej ujemnym ulega korozji, przechodząc do roztworu lub do osadu w postaci jonowej. Natomiast na metalu o potencjale mniej ujemnym (bardziej szlachetnym) może mieć miejsce osadzanie się jonów.

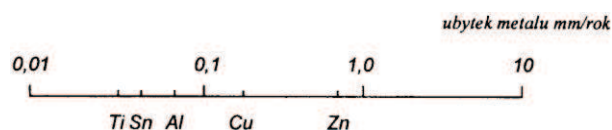
Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe ogniwo elektrochemiczne z połączonymi elektrodami, w którym elektroda cynkowa z uwagi na niższy potencjał w stosunku do miedzianej spełnia rolę anody i ulega szybkiemu zniszczeniu, przede wszystkim przez rozpuszczenie jej w elektrolicie.



Rys. 3. Zwarte ogniwo elektrochemiczne cynk (1) – miedź (2); – elektrolit

Ogólnie biorąc można zauważyć, że metale bardziej szlachetne mające wyższe potencjały normalne, są na ogół bardziej odporne na korozję. W zależności jednak od otaczającego je środowiska korodującego, można zaobserwować pewne odstępstwa odporności na korozję różnych metali, w stosunku do kolejności

określonej potencjałami elektrochemicznymi. Typowym przykładem może tu być umieszczona w czystej wodzie elektroda aluminiowa, o bardzo niskim potencjale elektrochemicznym, a przy tym wykazująca stosunkowo małą podatność na korozję (rys. 4). Przyczyną tego jest cienka, ściśle przylegająca do powierzchni metalu tlenkowa warstwa ochronna (Al_2O_3). Warstwa ta zwiększa się początkowo bardzo szybko ze względu na znaczną energię swobodną utleniania aluminium i osiąga już po paru sekundach grubość około 20 Å ($1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$). Należy dodać, że nawet w suchym otoczeniu i w temperaturze pokojowej trudno jest zapobiec jej powstawaniu. Natomiast w wodzie morskiej aluminium koroduje bardzo szybko, ponieważ jony chlorkowe powodują przebicie ochronnej warstewki Al_2O_3 . Tak więc wartości potencjałów elektrochemicznych dają tylko ogólną wskazówkę zachowania się materiałów w środowisku korozyjnym [2].



Rys. 4. Szybkość korozji niektórych metali w czystej wodzie

O intensywności zjawiska korozji elektrochemicznej decyduje przede wszystkim wartość napięcia między elektrodami, charakter środowiska korodującego (pH środowiska), temperatura otoczenia i konduktywność elektrolitu.

3. OCHRONA ZESTYKÓW PRZED WPŁYWAMI ZEWNĘTRZNYMI. POWŁOKI OCHRONNE

Ochrona powierzchni stykowych zestyków przed wpływami zewnętrznymi polega na zabezpieczeniu zestyku przed wzrostem rezystancji zestykowej w czasie eksploatacji, oraz przed korozją elektrochemiczną utworzonego z różnych metali zestyku, podanego oddziaływaniu środowiska korozyjnego.

Ochrona powierzchni stykowych w szczególności przed utlenianiem i jego skutkami dotyczy praktycznie wszystkich rodzajów metali przewodzących ze-

styków. W przypadku zestyków nielączeniowych, nieruchomych, zabezpieczenie zestyków przed wzrostem ich rezystancji zestykowej może polegać na natłuszczeniu oczyszczonych uprzednio z tlenków powierzchni stykowych wazeliną bezkwasową. Pozwala to na skuteczne izolowanie zestyków przed utlenianiem się [4,5]. Innym sposobem uszczelnienia szczeliny powstałej przy zetknięciu styków zestyku powierzchniowego jest zastosowanie lakieru zabezpieczającego przed dostaniem się wilgoci w głąb szczeliny. W przypadku zestyków aluminiowych, z uwagi na ich szybkie utlenianie się, zaleca się stosować specjalną pastę, która składa się z wazeliny zawierającej opiłki z twardego metalu, mające na celu przebicie i niszczenie izolacyjnej warstwy nalotowej.

W zestykach nielączeniowych ruchomych, ale i w nieruchomych stosuje się srebrzenie powierzchni stykowych [5,10]. W przypadku zestyków ruchomych stwierdzono, że przy grubości warstwy srebra powyżej 0,05 mm nie zachodzi niebezpieczeństwo starcia jej w wyniku dłuższej pracy aparatu. Natomiast powłoka srebra o grubości około 15 μm dla pokrycia zestyków nierozłącznych jest wystarczająca. Ujemną cechą srebra jest jednak jego wrażliwość na działanie siarczków, tworzących warstwy nalotowe nieprzewodzące na powierzchni posrebrzonych styków, w środowisku zawierającym siarkę.

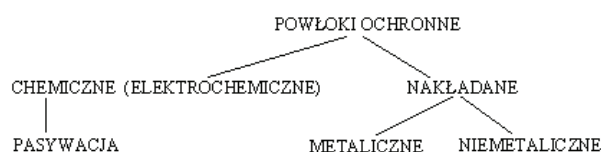
Cynowanie styków miedzianych jest stosowane obecnie stosunkowo rzadko i na ogół tylko w przypadku zestyków nielączeniowych, nieruchomych. Należy tu dodać, że z uwagi na dużą plastyczność cyny, rezystancja zestykowa styków „pobielaných” nie jest znacząco większa od rezystancji zestykowej styków wykonanych z miedzi, mimo jej stosunkowo dużej rezystywności. Stwierdzono ponadto, że wzrost wartości rezystancji zestykowej styków pokrytych cyną jest stosunkowo niewielki z upływem czasu. Zasadniczą natomiast wadą zestyków pokrytych cyną jest jej topienie i rozbryzgiwanie wskutek silnego nagrzania w czasie trwania zwarcia.

Ochrona zestyków nieruchomych wykonanych z aluminium i miedzi przed korozją może być realizowana przy pomocy metod pasywnych, do których należą głównie powłoki ochronne i metod aktywnych, które ograniczają rozwój procesów korozyjnych.

Powłoki ochronne mogą być wytwarzane chemicznie lub elektrochemicznie na powierzchni chronionego metalu albo nań nakładane (rys. 5).

Powłoki wytwarzane chemicznie hamują procesy anodowe przez przesuwanie potencjału elektrochemicznego metalu w kierunku wartości dodatnich i nazywają się pasywacją. Pasywatory są to zwykle

nieorganiczne związki utleniające; dodane do roztworu powodującego korozję, wywołują zmianę procesu anodowego [2].



Rys. 5. Charakterystyczny podział powłok ochronnych

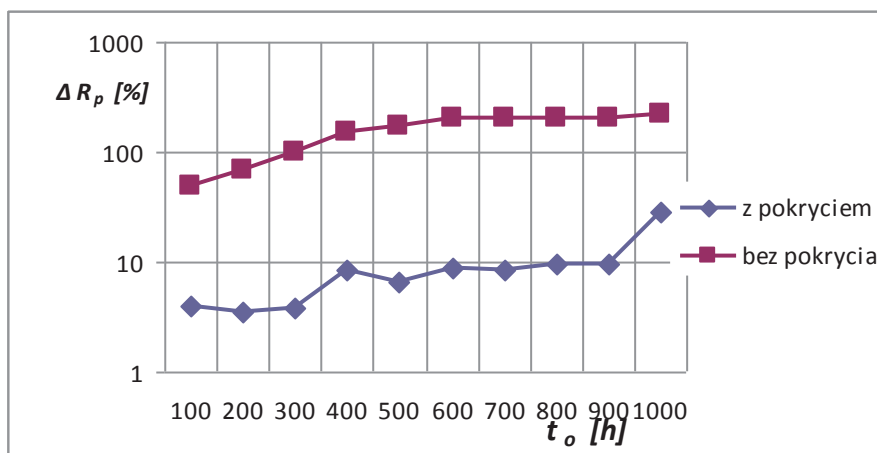
Nakładane powłoki mogą być metaliczne lub niemetaliczne. Metaliczne powłoki otrzymuje się między innymi przez zanurzenie w ciekłym metalu (np. cynowanie, aluminiowanie) czy powlekanie galwaniczne. Powłoka może być wykonana z metalu o niższym potencjale normalnym (tzw. powłoka anodowa), która zarówno izoluje metal od dostępu powietrza i wilgoci, jak również działa jak anoda w ogniwie elektrochemicznym, w ten sposób ogranicza korozję metalu podłoża. Nałożona na dany metal stanowiący podłoże powłoka katodowa o wyższym potencjale normalnym od potencjału chronionego metalu tylko izoluje powierzchnię metalu od wpływów powietrza, wilgoci i innych czynników sprzyjających korozji.

Powłoki niemetaliczne (np. farby olejne, lakiery) mają za zadanie izolowanie powierzchni chronionego metalu przed dostępem tlenu i wilgoci.

Pokrywanie styków nielączeniowych Al-Cu różnymi metalami jest zasadniczym sposobem ograniczenia korozji elektrochemicznej w zestykach, zwłaszcza tam, gdzie zachodzi niebezpieczeństwo szkodliwych wpływów wilgoci i innych roztworów powodujących korozję elektrochemiczną. Należy przy tym podkreślić, że stosowanie powłok ochronnych służy również poprawie stabilności rezystancji zestykowej.

Do najczęściej stosowanych materiałów na powłoki ochronne zestyków Al-Cu narażonych na podwyższoną temperaturę i umieszczanych w środowisku korozyjnym, o znacznym nasyceniu wilgocią, solą, siarką itp. zalicza się cynę, srebro, miedź i nikiel, a więc metale, które są stosowane również w zestykach utworzonych z jednakowych metali.

Skutki oddziaływania zasolonego środowiska na rezystancję zestykową zestyku powierzchniowego Al-Cu, którego styk miedziany został uprzednio pokryty warstwą cyny, przedstawiono przykładowo na rys. 6. Badania zostały przeprowadzone dla przypadku zestyku zabezpieczonego i niezabezpieczonego specjalnym smarem ochronnym [1,4].



Rys. 6. Przyrost rezystancji zestykowej ΔR_p w czasie t_0

Jak wynika z badań [1,4] samo pokrycie cyną styku miedzianego tworzącego zestyk ze stykiem aluminium nie ogranicza korozji elektrochemicznej, natomiast pokrycie zestyku odpowiednim smarem zabezpieczającym jest konieczne dla ograniczenia korozji i zapewnienia pewnej stabilizacji rezystancji zestykowej.

Z kolei niekorzystną cechą pokrycia styku miedzianego srebrem tworzącego zestyk ze stykiem aluminium jest to, że podobnie jak miedź stanowi ono katodę w stosunku do aluminium i w określonych warunkach środowiskowych może być źródłem korozji elektrochemicznej. Stąd, dla rozpatrywanego połączenia, które jest eksploatowane w środowisku kwaśnym lub zasadowym, koniecznością jest użycie smarów ochronnych z dodatkiem inhibitorów, w celu ograniczenia korozji elektrochemicznej zestyków.

Należy także dodać, że słabym punktem pokrycia ochronnego z wykorzystaniem cyny lub srebra jest ich duża różnica w rozszerzalności cieplnej w stosunku do aluminium. W konsekwencji może to prowadzić do zmniejszenia liczby mikropowierzchni styeczności styków, wzrostu rezystancji zestykowej, a więc do pogorszenia się jakości zestyku.

Liczne badania [1,4] wskazują, że połączenia aluminium-miedziane pokryte niklem charakteryzują się stabilną rezystancją zestykową w czasie i cechuje je stosunkowo wysoka odporność na korozję elektrochemiczną. Stwierdzono przy tym także, że powłoka niklowa jednak nie zabezpiecza zestyku przed zjawiskiem frettingu. Jest to korozja cierna, która prowadzi stopniowo do degradacji zestyku. Występuje ona w wyniku trącego działania twardego metalu na korodującą powierzchnię; niszczeniu ulega przy tym zarówno ochronna warstwa produktów korozji, jak i sam metal [1,12].

Przeprowadzone badania zestyków nielączeniowych w warunkach środowiskowych sprzyjających

korozji elektrochemicznej (zasolenie i zanieczyszczenia pyłami przemysłowymi, oraz podwyższona temperatura) i zabezpieczonych różnymi rodzajami powłok ochronnych, wskazują na zróżnicowaną skuteczność badanych powłok ochronnych [1]. Przykładowe wyniki tych badań podane w unormowanej skali od 0 do 1, a dotyczące skuteczności zabezpieczenia zestyków nielączeniowych przed korozją elektrochemiczną, przedstawiono w tabeli 2. Wskaźnik 1 odpowiada powłoce ochronnej, którą charakteryzuje najlepsza ochrona zestyku przed korozją, spośród przebadanych metali. Jak wynika z badań, najlepszym metalem na powłoki ochronne zarówno styków aluminium i miedzianych tworzących razem zestyk okazał się nikiel, natomiast powłoka cynowa zastosowana do pokrycia styku miedzianego, tworzącego zestyk ze stykiem aluminium uzyskała najgorszą ocenę.

Tabela 2
Przykładowe oszacowanie skuteczności działania powłok ochronnych w połączeniach tworzących zestyk Al – Cu

Lp.	Powłoki ochronne	Wskaźnik oceny
1	Al (powłoka niklowa) – Cu (powłoka niklowa)	1
2	Al (powłoka miedziana) - Cu	0.7
3	Al – Cu (powłoka niklowa)	0.54
4	Al – Cu (powłoka srebrna)	0.35
5	Al – Cu (brak powłok)	0.29
6	Al – Cu (powłoka cynowa)	0.26

Znanym i stosowanym w praktyce sposobem ochrony styków przed korozją elektrochemiczną jest wykorzystywanie w tym celu przekładek z blachy kupalowej (cuprum-aluminium) między powierzchniami styków. Podkładka kupalowa składa się z dwu

cienkich blach, miedzianej i aluminiowej, zwalcowanych razem pod wysokim ciśnieniem. Zakłada się ją w ten sposób, aby blacha miedziana dotykała miedzi, a aluminiowa przylegała do aluminium. Aby uniknąć korozji elektrochemicznej na małej powierzchni czołowej blachy kupalowej, brzeg blachy należy zabezpieczyć specjalnym lakierem izolacyjnym lub wazeliną bezkwasową.

Ogólnie biorąc, można zauważyć, że w celu ograniczenia natężenia korozji elektrochemicznej w zestykach elektrycznych wskazane jest dobieranie metali na styki o małej różnicy potencjałów elektrochemicznych.

4. WNIOSKI

- Struktura powierzchni styczności zestyków poprzez swoje mikronierówności i szczeliny ułatwia tworzenie się warstw nalotowych na powierzchniach styków, a także ich korozje elektrochemiczną.
- Intensywność zjawiska korozji elektrochemicznej zależy przede wszystkim od różnicy potencjałów normalnych (elektrochemicznych) tworzących zestyk metali, charakteru środowiska korodującego (pH środowiska), temperatury otoczenia i konduktywności elektrolitu.
- Ochrona powierzchni styczności zestyków przed wpływami zewnętrznymi powinna zabezpieczać zestyki przed wzrostem w czasie ich rezystancji zestykowej, oraz przed korozją elektrochemiczną.

- Powłoka niklowa zapewnia stabilną rezystancję zestykową w czasie, chroni zestyk aluminiowo-miedziany przed korozją elektrochemiczną. W celu zabezpieczenia jednak zestyku przed zjawiskiem frettingu należy go uszczelnić wazeliną bezkwasową lub innego rodzaju smarem ochronnym.

Literatura

1. *Braunowicz M. i inni*: Electrical contacts, CRC Press, London-New York 2006.
2. *Celiński Z.*: Materiałoznawstwo elektrotechniczne. OWPW, Warszawa 2005.
3. *Ciok Z.*: Procesy łączeniowe w układach elektroenergetycznych, WNT Warszawa 1983.
4. *Dzektser N., Nikolajew A., Miedziński B.*: Elektroprowadząca ochrona złączy stykowych. Przegląd Elektrotechniczny 2004, nr 12.
5. *Dzierżbicki S.*: Włączniki wysokonapięciowe prądu zmiennego, WNT Warszawa, 1966.
6. *Kowal A., Kostka T.*: Ocena poprawy jakości pracy złączy elektroenergetycznych w KGHM Polska miedź S.A. O/ZG Lubin przy wykorzystaniu pokrycia zabezpieczającego EPS-98, Mechanizacja i Automatykacja Górnicwa 2009, nr 7.
7. *Kulas S.*: Tory prądowe i układy zestykowe, OWPW, Warszawa 2008.
8. *Maksymiuk J.*: Aparaty elektryczne, WNT Warszawa 1992.
9. *Miedziński B., Rutecki K., Wiśniewski G., Fjalkowski Z.*: Klasyfikacja i zdalna kontrola degradacji łączników z teletransmisją danych, Mechanizacja i Automatykacja Górnicwa 2009, nr 7.
10. *Miedziński B., Okraszewski Z., Shoffa V.N.*: Applicability of silver based contacts in power relays, Trudy Instytutu Problem Materiałowodzenia NAN Ukrainy, (Ukraińskiej Akademii Nauk), Seria: Kompozycjonnyje, Sloistyje i Gradientnyje Materialy i Pokrytia "Elektriczieskije Kontakty i Elektrody", ISBN 966-02-0483-3, Kijew 2001.
11. *Okoniewski S.*: Podstawy technologii mechanicznej, WNT, Warszawa 1988.
12. *Slade P. G.*: Electrical contacts, Marcel Dekker, Inc. New York, Basel, 1999.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Bogdan Miedziński

ANALYSIS OF ELECTROCHEMICAL CORROSION FOR COPPER AND ALUMINUM NON SWITCHING CONTACTS AND EVALUATION OF COATING MATERIALS

The coating of aluminum or copper by different metals is one of the most common commercial practices used to improve the stability and suppress the galvanic corrosion of aluminum-to-copper connections. The most widely used coating materials are tin, silver, copper and nickel. The nickel plating significantly enhances the stability of aluminum-to-copper connections, while tin coatings show the poorest performance.

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ В АЛЮМИНЕВОМЕДНЫХ НЕСОЕДИНИТЕЛЬНЫХ КОНТАКТАХ И ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЗАЩИТНЫХ ОБОЛОЧЕК

Соединения двух металлов (напр., алюминия и меди), создающих контакт, часто встречаются в конструкторской и эксплуатационной практике. В данных случаях может появляться электрохимическая коррозия, которая возникает в месте соприкосновения металлов с разными электрохимическими потенциалами при наличии растворов со свойствами электролита (влажность загрязнённая кислотными и основными веществами). Данное явление приводит к разрушению и изменению контактной поверхности и может являться источником термоэлектрической силы, искажающей рабочий сигнал в цепях управления. Целью доклада является уделение практических ответов на вопросы, касающиеся физических явлений, происходящих в контактах, а также оценка пригодности выбранных защитных оболочек, предохраняющих контакты от электрохимической коррозии.