

Tadeusz Knych, Artur Kawecki, Paweł Kwaśniewski, Andrzej Mamala, Grzegorz Kiesiewicz

Laboratoryjne badania współpracy elementów nośno-przewodzących oraz osprzętu przeznaczonych dla sieci trakcyjnych o wysokiej obciążalności mechanicznej i prądowej

Polskie sieci trakcyjne są obecnie modernizowane zarówno pod kątem wprowadzania nowych rozwiązań konstrukcyjnych, jak również materiałowych. Prowadzone prace studyjne oraz praktyczne zmierzają do dostosowania krajowych linii kolejowych do standardów międzynarodowych oraz parametrów jazdy pociągów zgodnych z obowiązującymi w tej materii dyrektywami UE.

Podejmowane przez zarządy kolei przedsięwzięcia w zakresie unowocześnienia taboru kolejowego i infrastruktury kolejowej pod kątem zwiększenia prędkości i masy przewożonych towarów napotykają na ograniczenia wynikające ze stosowanych obecnie w polskich sieciach trakcyjnych rozwiązania materiałowe oparte na miedzi oraz brązie. Materiały te nie spełniają wymagań eksploatacyjnych kolei dużej prędkości.

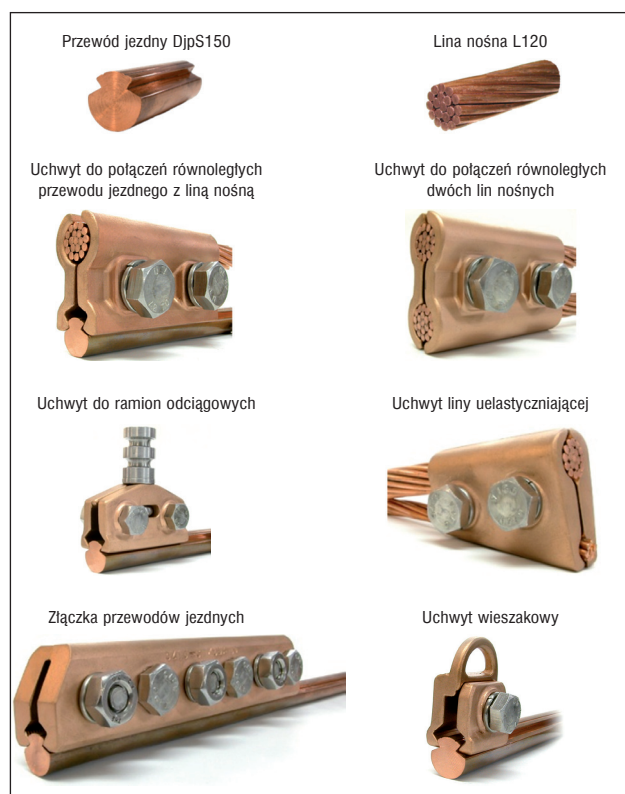
W ostatnich latach prowadzone były intensywne prace dotyczące opracowania i wdrożenia do eksploatacji osprzętu i elementów nośno-przewodzących górnej sieci trakcyjnej o wysokiej obciążalności prądowej i mechanicznej. W wyniku przeprowadzonych badań opracowana została technologia wytwarzania nośno-przewodzących elementów górnej sieci trakcyjnej o właściwościach spełniających podwyższone w stosunku do tradycyjnych wymagania stawiane przez koleje pracujące w systemie 3 kV DC umożliwiające ruch szynowy z prędkościami powyżej 200 km/h [8].

W tabeli 1 przedstawiono zdjęcia elementów osprzętu sieciowego nowej generacji, wykonanego ze stopu CuNi2Si, współpracującego linami nośnymi oraz z przewodami jezdnyymi o przekroju 150 mm², wykonanymi z miedzi srebrowej w gat. CuAg0,10.

W artykule przedstawiono charakterystykę przewodów jezdnych wykonanych z miedzi srebrowej w gat. CuAg0,10, osprzętu sieciowego nowego typu powstałego ze stopu CuNi2Si oraz wyniki badań laboratoryjnych współpracy układów ich połączeń przeprowadzonych w warunkach narażeń prądowych symulujących rzeczywiste warunki pracy linii kolejowych.

Testy obejmowały między innymi badania sił wyślizgu i relaksacji sił docisku. Tego typu eksperymenty nie są zazwyczaj możliwe do przeprowadzenia w czasie rzeczywistej pracy sieci trakcyjnej, stąd też uzyskane wyniki pozwolą na poszerzenie wiedzy na temat pewności połączeń w warunkach prądowych elementów składowych sieci jezdnej, pozostających pod jej nominalnym naciągami. Przedstawiono również wyniki badań po-

Tabela 1
Elementy osprzętu trakcji kolejowej i tramwajowej nowego typu we współpracy z przewodami jezdnyymi i linami nośnymi [4]



równawczych nowego typu uchwytu wieszakowego ze stopu CuNi2Si wykonanego metodą kucia z innymi uchwytami wieszakowymi wiodącymi producentów europejskich pod kątem oceny ich własności mechanicznych i elektrycznych.

Charakterystyka elementów nośno-przewodzących górnej sieci trakcyjnej

Dotychczasowe krajowe rozwiązania konwencjonalnych sieci trakcyjnych zakładały wykorzystanie w konstrukcji górnej sieci trakcyjnej przewodów jezdnych AC-100 wykonanych z miedzi elektrolitycznej w gat. ETP. Przewody takie mają niewystarczającą odporność cieplną, co przekłada się na niską odporność tribologiczną skutkującą szybkim zużyciem tej klasy przewodów jezd-

nych [1, 5, 7]. W wyniku prac badawczych, prowadzonych wspólnie z Tele-Foniką Kable, została opracowana technologia produkcji przewodów jezdnych z miedzi srebrowej w gat. Cu-Ag0,10 o przekroju 100 i 150 mm² [9]. Materiałem wsadowym do ich produkcji może być miedź srebrowa w postaci walcówki uzyskanej z linii ciągłego odlewania i walcowania, jak również pręty o strukturze odlewniczej, powstałe na bazie miedzi beztlenowej, pochodzące z linii ciągłego odlewania metodą Upcast®. Przewody jezdne uzyskały stosowne certyfikaty i znajdują zastosowanie w modernizowanych i nowo budowanych polskich liniach kolejowych. Własności mechaniczne i elektryczne przewodów jezdnych z miedzi srebrowej w gat. CuAg0,10 oraz CuAg0,10 OFC (OFC – Oxygen Free Cooper) zamieszczono w tabeli 2.

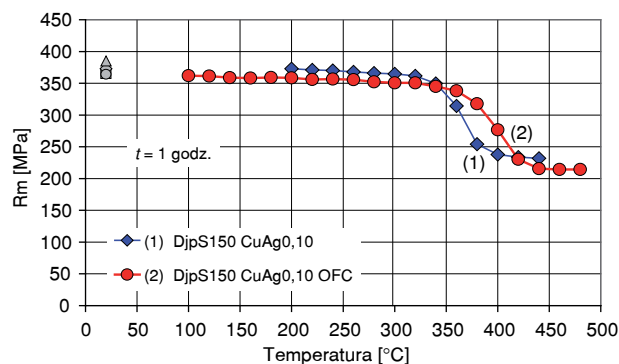
Na rysunku 1 przedstawiono zestawienie zmian własności wytrzymałościowych w funkcji temperatury wygrzewania przewodów jezdnych o przekroju 150 mm², wykonanych z miedzi srebrowej w gat. CuAg0,10 i miedzi srebrowej beztlenowej w gat. CuAg0,10 OFC. Bezpośrednie porównanie gatunków materiałów, z których wykonano przewody jezdne, dowodzi, że zastosowanie jako materiału bazowego miedzi beztlenowej przyczynia się do osiągnięcia wyższej temperatury początku spadku własności wytrzymałościowych w porównaniu do materiałów opartych o miedź elektrolityczną. Wysoka odporność cieplna przewodów jezdnych jest szczególnie istotna dla prawidłowej ich współpracy z elementami osprzętu sieciowego w warunkach przepływu prądu elektrycznego o dużym natężeniu, który jest główną przyczyną znacznego wzrostu temperatury układu połączeń. Jak wykazały wcześniejsze badania, przewody jezdne z miedzi srebrowej posiadają przewodność elektryczną niewiele niższą (ok.1,5%) od przewodności czystej miedzi, co z uwagi na niskie napięcie zasilania kolei (3 kV DC) sprawia, że przy jednocześnie wyższych własnościach eksploatacyjnych mogą być znakomitym zamiennikiem przewodów z miedzi elektrolitycznej. Długoczasowe testy laboratoryjne oraz badania eksploatacji prowadzone na przewodach typu AC-150 CuAg0,10, jak i AC-150 CuAg0,10 OFC wykazały, że podobnie jak w przypadku przewodów AC-100 w gatunku CuAg0,10, wykazują one wysoką wytrzymałość mechaniczną, cieplną i tribologiczną, a ze względu na większy przekrój elektryczny, mają również wyższą obciążalność prądową w porównaniu z przewodami wykonanymi z materiału dotychczas powszechnie stosowanego na kolei, jakim jest miedź elektrolityczna w gatunku ETP [5,7,9].

Stosowany dotychczas w polskich liniach kolejowych osprzęt sieciowy wykonywany był techniką odlewania z brązu aluminiowego w gat. BA1032 lub BK331. Osprzęt ten nie spełnia wymagań nowoczesnych sieci trakcyjnych zarówno pod kątem elektrycznym, jak i mechanicznym (niskie siły wyslizgu, wysokie rezystancje przejścia, wewnętrzne wady odlewnicze, wysokie gabaryty i masy) [2,3,6,8].

Tabela 2

Własności mechaniczno-elektryczne przewodów jezdnych z miedzi srebrowej w gat. CuAg0,10

Materiał	Własności mechaniczne i elektryczne przewodów jezdnych wykonanych z miedzi srebrowej					
	R_m [MPa]	$R_{0,2}$ [MPa]	A_{250} [%]	HB_{Br} [p.p.]	R [Ω/km]	□ [MS/m]
Djp150 w gat. CuAg0,10	373	358	7,1	112	0,1182	56,40
Djp150 w gat. CuAg0,10 OFC	355	344	6,5	112	0,1167	57,12



Rys. 1. Zmiana własności wytrzymałościowych przewodów jezdnych typu Djp 150 wykonanych z różnych gatunków miedzi srebrowej wygrzewanych w czasie 1 godz. w temperaturze od 100 do 480°C

W celu modernizacji istniejących rozwiązań, w konsekwencji prac badawczych prowadzonych w ramach projektów celowych realizowanych przez AGH, Tele-Fonikę Kable i F.P. Kucyca oraz przy współpracy i konsultacji Politechniki Warszawskiej, CNTK, PLK PKP S.A. [8, 9], opracowano i wdrożono technologię produkcji elementów nowoczesnego nośno-przewodzącego osprzętu sieciowego o wysokim poziomie całego zespołu mechaniczno-elektryczno-reologicznych własności. Bazując na nowoczesnych rozwiązaniach materiałowych zostały opracowane nowe typy konstrukcji sieci trakcyjnych o wysokiej obciążalności mechanicznej i prądowej przeznaczone do budowy na liniach dużej prędkości jazdy [9]. W tabeli 3 przedstawiono własności mechaniczne i elektryczne osprzętu. Osprzęt ten został poddany badaniom w warunkach laboratoryjnych i rzeczywistej eksploatacji, pod kątem określenia jego przydatności do stosowania na polskich traktach kolejowych na szlakach o wysokiej obciążalności prądowej. Badania obejmowały między innymi badania:

- własności mechaniczno-elektrycznych,
- sił wyslizgu elementów osprzętu,
- rezystancji przejścia,
- reologiczne,
- korozyjne,
- poligonowe.

Szczegółowe rezultaty tych badań zostały zaprezentowane w publikacjach [2, 3, 6]. Jak wykazały badania prowadzone przez niezależne instytucje naukowe, osprzęt ten spełnił wymagania stawiane po względem mechaniczno-elektrycznym i uzyskał od Urzędu Transportu Kolejowego dopuszczenie do stosowania go w zarówno konwencjonalnych, jak i wysokoobciążalnych mechanicznie i prądowo sieciach trakcyjnych przeznaczonych do dużych prędkości. Cały asortyment osprzętu został poddany procedurze patentowej w Polskim Urzędzie Patentowym oraz uzyskał ochronę w granicach UE [4].

Tabela 3

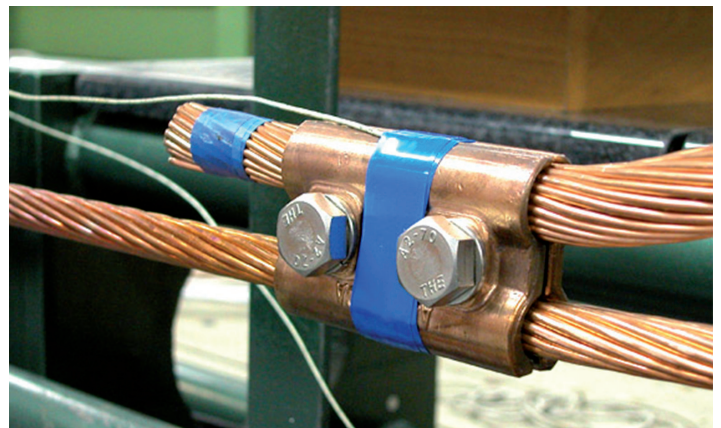
Własności mechaniczno-elektryczne elementów osprzętu nowej generacji

Materiał	Własności mechaniczne i elektryczne przewodów jezdnych wykonanych z miedzi srebrowej				
	R_m [MPa]	$R_{0,2}$ [MPa]	A_5 [%]	HRB [p.p.]	□ [MS/m]
CuNi2Si	650	520	12	94–96	28

Siły wyślizgu elementów przewodzących sieci w warunkach bezprądowych [2]

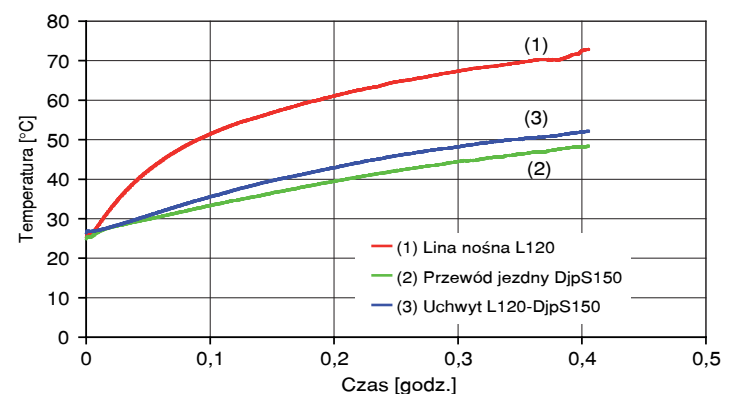
Rodzaj osprzętu	Wymagania	Wyniki badań
L120-DjpS150	Siła wyślizgu L120 > 15,89 kN Siła wyślizgu DjpS150 > 14,83 kN	Siła wyślizgu L120 = 16,2 kN Siła wyślizgu DjpS150 = 25,1 kN
L120-L120	Siła wyślizgu L120 > 15,89 kN	Siła wyślizgu L120 = 16,2 kN

Zmierzona wartość siły wyślizgu liny nośnej z uchwytu L120–DjpS150 w warunkach przepływu prądu wyniosła 19 kN (w warunkach bezprądowych wynosi ona 16,2 kN). Przewód jezdny pozostał nienaruszony w gnieździe uchwytu. W przypadku uchwytu L120–L120 siła wyślizgu liny w warunkach przepływu prądu 600 A wyniosła 20 kN, a więc o prawie 4 kN więcej, niż ma to miejsce w warunkach bezprądowych. Wobec tego przepływ prądu o natężeniu 600 A nie spowodował zmniejszenia siły wyślizgu lin nośnych. Przepływ prądu o natężeniu 600 A przez 15 min przyczynił się jednak do nagrzania wszystkich elementów układu, przy czym najwyższą temperaturę uzyskały liny nośne (70–80°C).

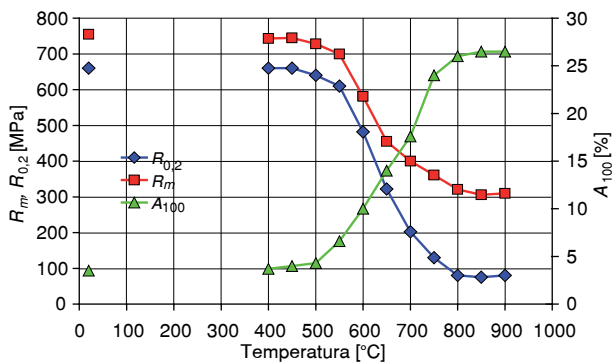


Rys. 3. Układ połączeń uchwyt L120–L120 – liny nośne podczas badań sił wyślizgu w warunkach narażeń prądowych

Osprzęt i przewody jezdne osiągnęły temperaturę ok. 50°C. Różnicowanie tych temperatur wynika z różnic przekrojów oraz budowy geometrycznej elementów układu.



Rys. 4. Temperatura nagrzewania elementów układu uchwyt L120-DjpS150-przewód jezdny-lina nośna w warunkach przepływu prądu o natężeniu 600 A



Rys. 2. Własności mechaniczne w funkcji temperatury wygrzewania stopu CuNi2Si, z którego wykonany jest nowy osprzęt

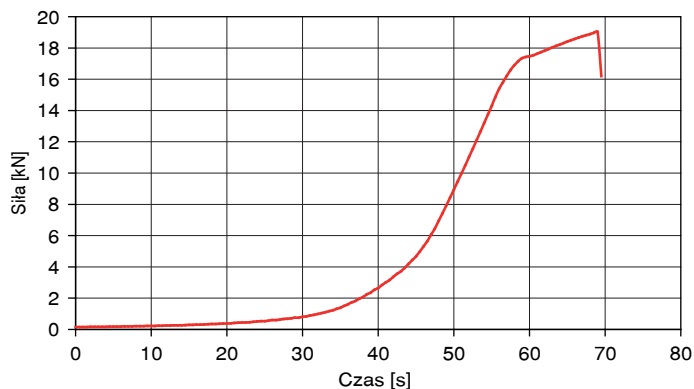
Analizując zamieszczone na rysunku 2 wyniki badań spadku własności mechanicznych w funkcji temperatury i czasu jej działania dla materiału, z którego wykonano osprzęt można zauważyć, że odznacza się on wysoką odpornością cieplną. Ekspozycja na działanie temperatury poniżej 500°C przez 1 godz. nie przyczynia się do zauważalnych zmian jego własności wytrzymałościowych. Ze względu na niewielkie gabaryty osprzętu i trudności z wytworzeniem próbek do badań w warunkach statycznej próby rozciągania, badania odporności cieplnej przeprowadzono na drutach o średnicy 2,5 mm w stanie R760, otrzymanych metodą ciągnięcia oraz przesycania z temperatury 900°C i starzenia sztucznego w temperaturze 500°C przez 5 godz.

Badania współpracy osprzętu nowego typu z elementami nośno-przewodzącymi sieci

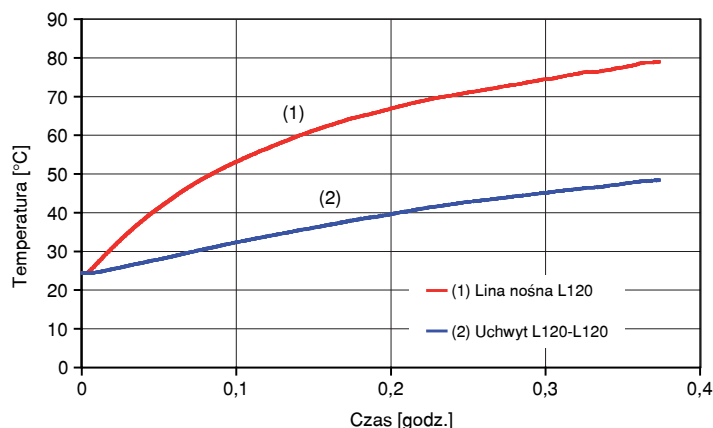
Przeprowadzone badania współpracy osprzętu z elementami przewodzącymi symulujące rzeczywiste warunki pracy w liniach kolejowych miały na celu określenie pewności połączenia układu przewód jezdny–lina nośna–osprzęt, przez który przepływa prąd o natężeniu 600 A. W tym celu do badań wytypowano uchwyt do połączeń równoległych dwóch lin nośnych (L120–L120) oraz uchwyt do połączeń równoległych przewodu jezdnego z liną nośną (L120–DjpS150).

W gniazdach przygotowanych uchwytów umieszczono przewody jezdne i liny nośne, po czym całość skręcono momentem 60 Nm. Tak powstały układ połączeń poddano naciągowi o sile 15 kN. Na końcach elementów przewodzących zamontowano zaciski prądowe, przez które przepuszczono prąd o natężeniu 600 A przez co najmniej 15 min. Po tym czasie zadawano obciążenie wzdłużne do chwili rozpoczęcia wyslizgiwania się z uchwytu jednego z elementów. Temperaturę uchwytów mierzono w ich środkowej części, natomiast przewodów jezdnych i lin nośnych w odległości ok. 200 od wyjścia z gniazda osprzętu.

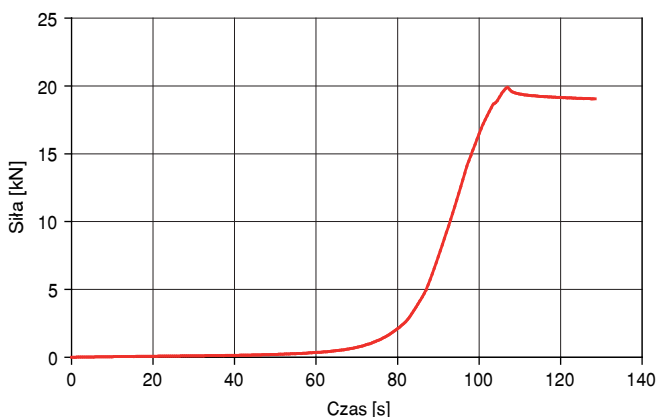
Na rysunku 3 przedstawiono przykład układu poddanego badaniom (L120–L120). Rysunki 4 i 6 ilustrują temperaturę elementów układu odpowiednio L120–DjpS150 i L120–L120 w funkcji czasu przepływu prądu, a rysunkach 5 i 7 – charakterystyki sił wyślizgu elementów w funkcji czasu. W tabeli 4 zamieszczono wartości sił wyślizgu elementów przewodzących sieci w warunkach bezprądowych [2]. Z porównania wyników zamieszczonych w tabeli 2 i charakterystyk przedstawionych na rysunkach 4 i 6 wynika, że siły wyślizgu elementów pod obciążeniem prądowym są wyższe od tych, które uzyskano w warunkach braku przepływu prądu.



Rys. 5. Siła wyślizgu liny nośnej z uchwyty L120–DjpS150 w warunkach przepływu prądu o natężeniu 600 A



Rys. 6. Temperatura nagrzewania układu uchwyt L120–L120 – liny nośne w warunkach przepływu prądu o natężeniu 600 A

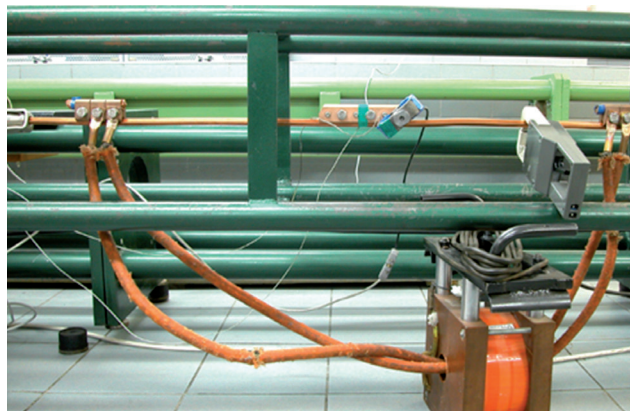


Rys. 7. Siła wyślizgu lin nośnych z układu uchwyt L120-L120 – liny nośne w warunkach przepływu prądu o natężeniu 600 A

Ponieważ osprzęt jest wykonywany z wysokoodpornego ciepłnie stopu w gat. CuNi2Si, a przewody jezdne z odpornej ciepłnie miedzi srebrowej w gat. CuAg0,10, temperatura sięgająca 50°C nie zagraża utratą własności mechanicznych tych elementów. Natomiast przyrost temperatury do 80°C w umocnionych linach wykonywanych z miedzi w gat. ETP może w dłuższym czasie prowadzić do stopniowego obniżania ich własności mechanicznych.

Kolejnym rodzajem przeprowadzonych badań były testy porównawcze odporności reologicznej w warunkach narażeń prądowych jednego z najbardziej odpowiedzialnych elementów sieci jezdnej, mianowicie złączki przewodów jezdnych.

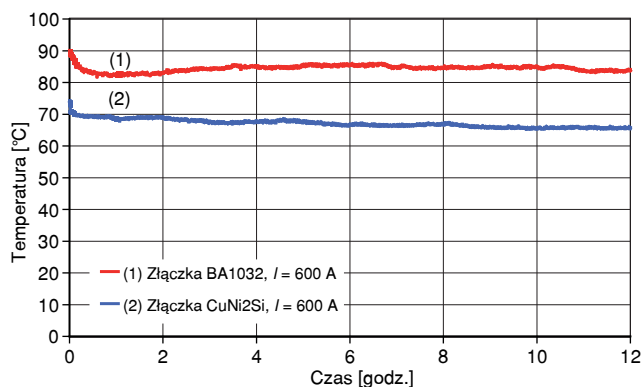
Badania wykonano na dwóch identycznych złączkach różniących się technologią ich wytworzenia oraz rodzajem materiału, a mianowicie na odlewanej złączce tradycyjnej wykonanej z brązu BA1032 oraz nowej złączce kutej ze stopu CuNi2Si. Przewody jezdne połączone kolejno złączkami, a pod jedną ze śrub zamontowano czujnik siły, który rejestrował spadek siły w czasie trwania testu. Śruby dokręcano wstępnym momentem 10 Nm, a po ustabilizowaniu się temperatury układu śruby złączki dokręcano z montażowym momentem 70 Nm.



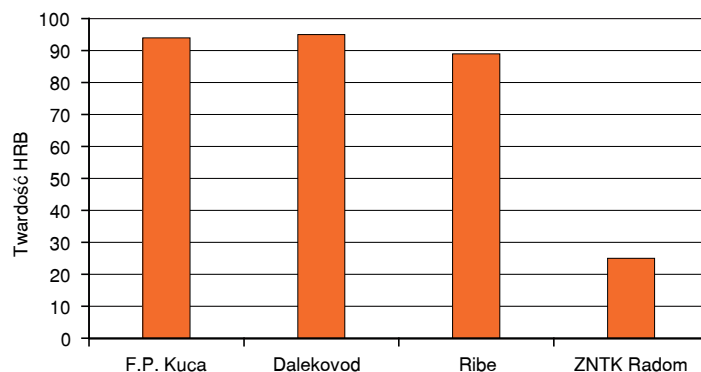
Rys. 8. Stanowisko do badań relaksacji sił docisku w układach połączeń w warunkach narażeń prądowych

W czasie badań wymuszano przez układ przepływ prądu o natężeniu 600 A, zadawano naciąg o sile 15 kN oraz rejestrowano wartości sił docisku i temperaturę układu. Na rysunku 8 przedstawiono stanowisko do badań relaksacji naprężeń, zaś na rysunku 9 – przebieg w czasie temperatury układów zbudowanych ze złączek wykonanych z BA1032 oraz z CuNi2Si. Temperaturę złączki mierzono w jej środkowej części, a więc w miejscu bezpośredniego przepływającego prądu przez uchwyt. Z analizy uzyskanych danych wynika, że układ z nowym osprzętem nagrzewa się do temp. 70°C, a więc o 20°C mniej niż z osprzętem tradycyjnym. Na rysunku 10 przedstawiono spadek siły docisku w funkcji czasu. W układzie wykorzystującym uchwyt z BA1032 siła zmniejsza się o ok. 13%, podczas gdy w układzie z uchwytem wykonanym ze stopu CuNi2Si o niecałe 7%.

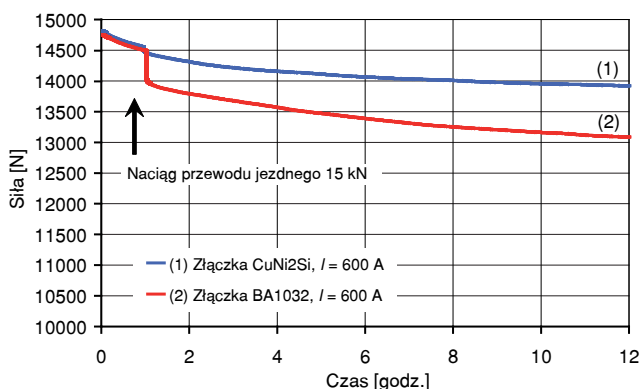
Jak wynika z uzyskanych wyników badań, układy połączeń wykorzystujące nowy typ osprzętu kutego wykonanego ze stopu CuNi2Si mają znacznie wyższą pewność połączenia, niż ma to miejsce w układach z tradycyjnym osprzętem dotychczas stosowanym w krajowych sieciach trakcyjnych. W ramach badań przeprowadzono również testy porównawcze własności wybranych uchwytów wieszakowych wykonanych przez różnych europejskich producentów, zwłaszcza własności reologicznych (rys. 11), twardości HRB (rys. 12), masy (rys. 13) oraz konduktywności (rys. 14), z których analizy uzyskanych rezultatów wynika, że kuty uchwyt wieszakowy wykonany ze stopu CuNi2Si (F.P. Kuca) odznacza się najwyższą odpornością reologiczną, a więc gwarantuje najwyższą pewność połączenia. Ponadto charakteryzuje się on bardzo wysokimi własnościami wytrzymałościowymi (94 HRB), wysoką przewodnością elektryczną (28 MS/m) oraz najniższą masą, co korzystnie wpływa na parametry eksploatacyjne sieci. Wieszak produkcji firmy Dalekovod chociaż ma dużą twardość (96 HRB), to jednak odznacza się bardzo małą przewodnością elektryczną (ok. 4 MS/m) i dużą masą.



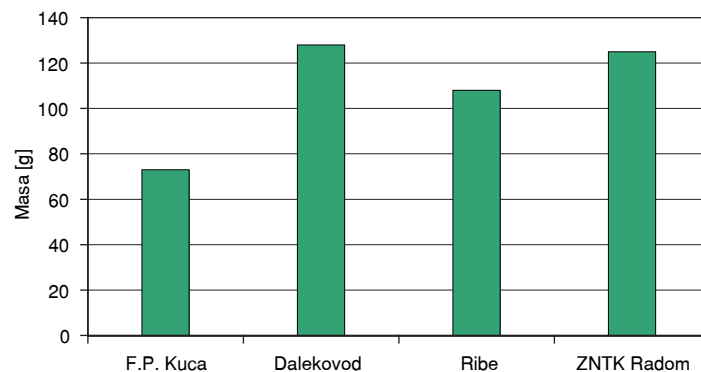
Rys. 9. Temperatura układów połączeń w warunkach przepływu prądu o natężeniu 600 A



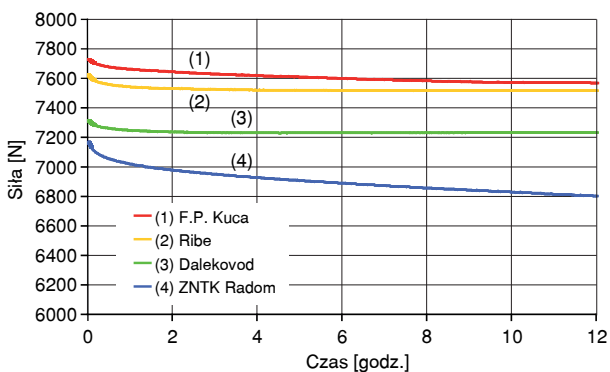
Rys. 12. Twardość uchwyty wieszakowych różnych producentów



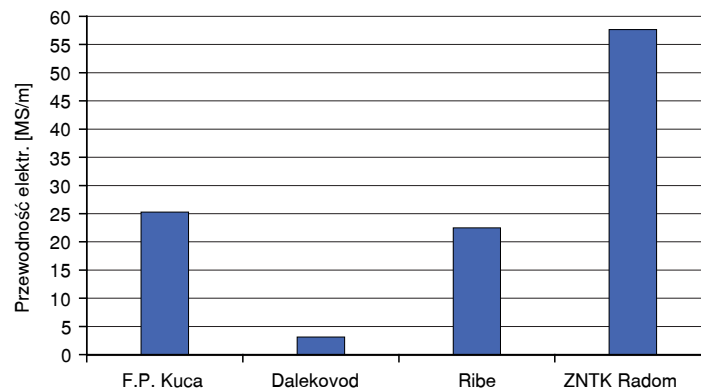
Rys. 10. Relaksacja sił docisku układu złączka–przewód jezdny w warunkach przepływu prądu o natężeniu 600 A oraz naciągu przewodu jezdny 15 kN



Rys. 13. Masa uchwyty wieszakowych różnych producentów



Rys. 11. Relaksacji sił docisku w układach uchwyty wieszakowy–przewód jezdny dla uchwyty różnych producentów



Rys. 14. Przewodność elektryczna uchwyty wieszakowych różnych producentów

nie uchwyty. Uchwyt wykonany ze stopu CuNi2Si, obciążony momentem 50 Nm (zalecany 25 Nm), nie wykazuje żadnych deformacji plastycznych i nadaje się do wielokrotnego użytku. Z przeprowadzonych testów wynika, że z całego asortymentu przebadanych uchwyty, wieszak produkcji F.P. Kuca ma optymalne własności użytkowe z punktu widzenia żądanych cech eksploatacyjnych górnej sieci trakcyjnej o wysokiej obciążalności mechanicznej i prądowej.

Podsumowanie

1. Układy połączeń składające się z lin nośnych oraz przewodów jezdnych typu AC-150 wykonanych z miedzi srebrowej w gat. CuAg0,10, współpracujących z nowoczesnym osprzętem sieciowym wykonanym ze stopu CuNi2Si, charakteryzują się wysokimi parametrami mechanicznymi i elektrycznymi.

Uchwyty wieszakowe produkcji firmy Ribe mają własności zbliżone do wieszaka wykonanego ze stopu CuNi2Si, jednakże w warunkach montażowych w przypadku dokręcenia go momentem większym niż zalecany, następuje rozgięcie blach i zniszczenie

2. Osprzęt nowego typu odznacza się wysoką odpornością cieplną oraz zespołem wymaganych własności użytkowych, co umożliwia stosowanie go w wysokoobciążalnych mechanicznie i prądowo sieciach trakcyjnych.

3. Sity wyślizgu elementów przewodzących z osprzętu nowej generacji w warunkach przepływu prądu o natężeniu 600 A kształtują się na poziomie 19–20 kN i są o 17–23% większe w stosunku do warunków bezprądowych. Jest to spowodowane zjawiskiem rozszerzalności cieplnej, która wprowadza korzystne zmiany składowych stanu naprężenia powodujące wzrost siły docisku szczęk uchwytów do elementów przewodzących.

4. Złączki Djp wykonywane metodą kucia ze stopu w gat. CuNi-2Si mają dwukrotnie większą odporność reologiczną w stosunku do tradycyjnego osprzętu odlewane z brązu BA1032.

5. Uchwyty wieszakowe ze stopu CuNi2Si cechują się optymalnymi własnościami eksploatacyjnymi z punktu widzenia relacji własności mechaniczno–elektryczno–reologicznych, odniesionych do ich masy.

6. Ponadstandardowe własności mechaniczne i elektryczne zastosowanych materiałów na elementy nośno-przewodzące i osprzęt sieciowy pozwalają na wykorzystanie ich przy modernizacji oraz budowie nowoczesnych linii kolejowych o napięciu zasilania 3 kV prądu stałego, o dużej obciążalności mechanicznej i prądowej.



Literatura:

- [1] Kiessling F., Puschmann R., Schmieler A.: *Contact lines for electric railways*. Munich 2001.
- [2] Knych T., Kwaśniewski P., Mamala A.: *Nośno-przewodzący osprzęt do sieci trakcyjnych na bazie wysokoprzewodzących stopów miedzi*. Materiały konferencyjne XV Konferencja Szkoleniowo-Techniczna Kabel 2008 Elektroenergetyczne Linie Kablowe i Napowietrzne, Zakopane, 26–29 marca 2008, s. 73–86
- [3] Knych T., Kwaśniewski P., Mamala A.: *Symulacja i badania sił docisku w układach połączeń elementów z miedzi i jej stopów*. Rudy i Metale R-52(2007), 11, s. 776–782.

- [4] Zgłoszenie patentowe nr P-384560: *Sposób wytwarzania elementów osprzętu trakcji elektrycznej*.
- [5] Auguściuk M., Dziedzic E., Kaniewski M., Kawecki A., Kiesiewicz P., Knych T., Kuca M., Kwaśniewski P., Maciołek T., Majewski W., Mamała A., Mierzejewski L., Rojek A., Woźniak K., Zasadziński K.: *Nowa generacja wysokoobciążalnych sieci trakcyjnych – YC120-2CS150 i YC150-2CS150 (2) Właściwości mechaniczne przewodów jezdnych z miedzi srebrowej*. Technika Transportu Szynowego, 3/2007.
- [6] Auguściuk M., Dziedzic E., Kaniewski M., Kawecki A., Kiesiewicz P., Knych T., Kuca M., Kwaśniewski P., Maciołek T., Majewski W., Mamała A., Mierzejewski L., Rojek A., Woźniak K., Zasadziński K.: *Nowa generacja wysokoobciążalnych sieci trakcyjnych – YC120-2CS150 i YC150-2CS150 (3) Osprzęt sieci trakcyjnych*. Technika Transportu Szynowego 4/2007.
- [7] Kawecki A., Knych T., Mamała A.: *Badania właściwości eksploatacyjnych przewodów jezdnych przeznaczonych do sieci trakcyjnych o wysokiej obciążalności prądowej*. III Sympozjum Mechaniki Zniszczenia Materiałów i Konstrukcji, Augustów, 2005, s. 133–136.
- [8] Projekt celowy nr 6 ZR7 2005 C/06634 (F.P. KUCA) *Opracowanie i wdrożenie technologii wytwarzania nowej generacji nośno-przewodzącego osprzętu do wysokoobciążalnych trakcji kolejowych*. 2006–2008
- [9] Projekt celowy nr 6 T08 2004C/06482 (Tele-Fonika Kable S.A.) *Opracowanie i wdrożenie technologii wytwarzania z miedzi stopowej przewodzących elementów górnej sieci trakcyjnej o znamionowej obciążalności prądowej powyżej 2,5 kA i podwyższonej wytrzymałości mechanicznej*. 2005–2007.

Tadeusz Knych
Artur Kawecki
Paweł Kwaśniewski
Andrzej Mamała
Grzegorz Kiesiewicz
Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Metali Nieżelaznych
e-mail: tknych@agh.edu.pl

XIX Konferencja Naukowa

Pojazdy szynowe

15–17 września 2010 r.

Patronat

JM Rektor Politechniki Krakowskiej

Tematyka ■ zagadnienia dynamiki pojazdów ■ konstrukcja, wytwarzanie i modernizacja pojazdów ■ eksploatacja i niezawodność pojazdów ■ badania i diagnostyka pojazdów szynowych ■ zagadnienia trakcyjne i sterowanie pojazdów ■ logistyka i organizacja transportu ■ efektywność transportu szynowego ■ inżynieria i infrastruktura transportu szynowego ■ bezpieczeństwo w transporcie ■ koleje dużych prędkości

Informacje Politechnika Krakowska, Instytut Pojazdów Szynowych

ul. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków

Konferencja POJAZDY SZYNOWE

tel. +48 12 374 33 10, fax +48 12 374 33 11