

Maciej Auguściuk, Ewa Dzedzic, Marek Kaniewski, Artur Kawecki, Paweł Kiesiewicz, Tadeusz Knych, Mirosław Kuca, Paweł Kwaśniewski, Tadeusz Maciołek, Wiesław Majewski, Andrzej Mamala, Leszek Mierzejewski, Artur Rojek, Kazimierz Woźniak, Kazimierz Zasadziński

Nowa generacja wysokoobciążalnych sieci trakcyjnych – YC120-2CS150 i YC150-2CS150 (3)

Osprzęt sieci trakcyjnych

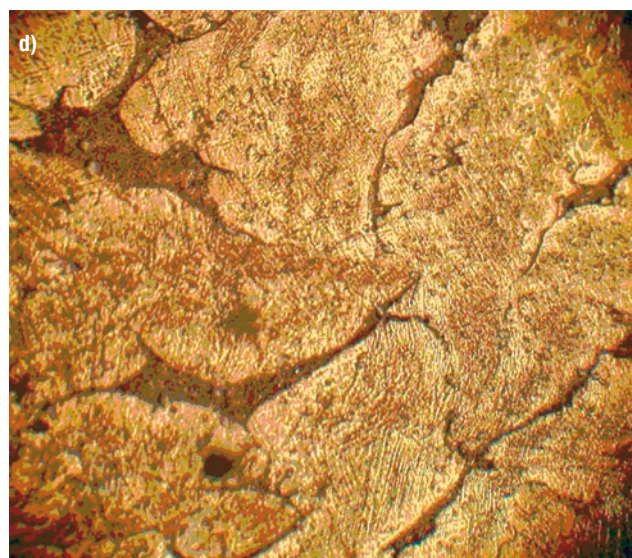
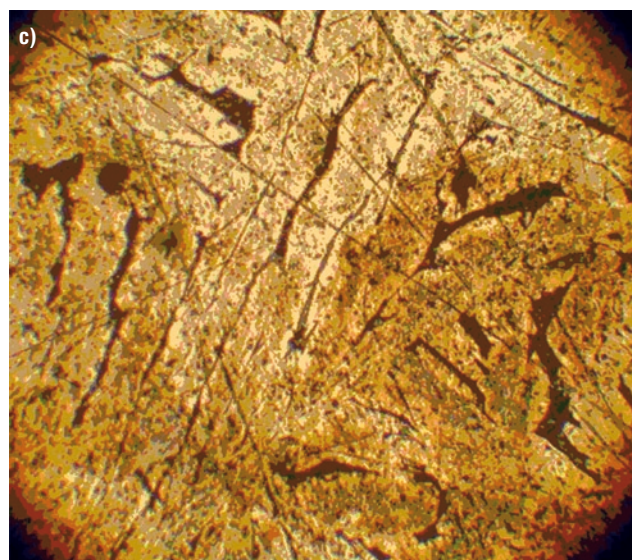
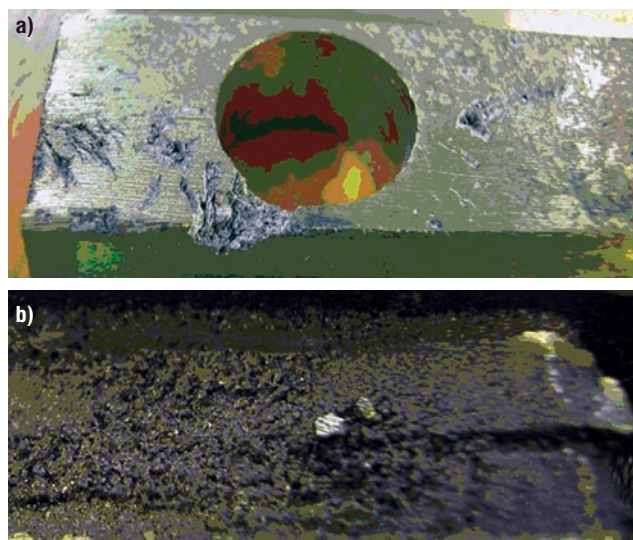
Przestarzały stan infrastruktury kolejowej w Polsce uniemożliwia poruszanie się pociągów z prędkościami powyżej 160 km/h (w wielu przypadkach prędkością graniczną jest 120 km/h) oraz nakłada ograniczenia, co do mas przewożonych towarów. Dlatego też powstała potrzeba opracowania nowego typu sieci trakcyjnej o zwiększonej obciążalności mechanicznej i prądowej. W związku z tym wzrosły wymagania stawiane elementom nośno-przewodzącym, a wśród nich między innymi osprzętowi trakcyjnemu.

Dotychczas materiałami stosowanymi na elementy nośno-przewodzące górnej sieci trakcyjnej była miedź (przewody jezdne, liny nośne) oraz brąz aluminiowy BA1032 lub brąz krzemowy BK331 (osprzęt mocujący) [2, 3]. O ile zostały już opracowane przewody jezdne z miedzi srebrzej cechujące się wyższymi własnościami mechanicznymi i podwyższoną odpornością cieplną bez utraty przewodności elektrycznej, to osprzęt trakcyjny nadal wykonywany jest z wcześniej wspomnianych materiałów [1].

Postawienie problemu

Brąz aluminiowy w gat. BA1032 oraz brąz krzemowy w gat. BK331, których skład chemiczny zamieszczono w tablicy 1, ce-

chują stosunkowo dobre własności mechaniczne oraz wysoka odporność na korozję, jednakże odznaczają się one bardzo niską przewodnością elektryczną. Własności mechaniczne i elektryczne powyższych stopów przedstawiono w tablicy 2. Osprzęt wykonany z tych materiałów odznacza się wieloma wadami kształtu, powierzchni oraz wadami wewnętrznymi (rys. 1) wynikającymi



Rys. 1. Wady odlewnicze osprzętu: a, b - wady powierzchniowe, c - dendryty, d - gruboziarnistość

z technologii odlewania, która wymusza duże gabaryty osprzętu dla zapewnienia odpowiedniej jego wytrzymałości. Krajowy system zasilania sieci trakcyjnej (3 kV DC) generuje duże prądy trakcyjne, co wobec faktu wysokiej rezystancji przejścia między przewodami jezdnyymi i linami nośnymi a osprzętem powoduje nagrzewanie się elementów połączeń, przyspiesza procesy reologiczne (spadek siły docisku) i stwarza tym samym zagrożenie degradacji własności mechanicznych elementów nośno-przewodzących. Zwiększenie obciążalności prądowej sieci z 1,7 kA do min. 2,5 kA będzie powodować jeszcze większe nagrzewanie i wcześniej przedstawione zjawiska będą się intensyfikować.

Tablica 1

Skład chemiczny brązów BA1032 i BK331 stosowanych na osprzęt sieci trakcyjnej

Gatunek brązu		Skład chemiczny [%] (reszta miedź)					
znak	cecha	Al	Si	Zn	Fe	Mn	Ni
CuAl10Fe3Mn2	BA1032	8,5–10	–	–	2–4	1–2	–
CuSi3Zn3Mn	BK331	–	3–4	3–5	0,5–1,2	0,5–1,5	–

Tablica 2

Własności mechaniczne i elektryczne brązów BA1032 i BK331 stosowanych na osprzęt trakcyjny

Gatunek brązu		Wytrzymałość na rozciąganie R_m	Granica plastyczności $R_{0,2}$	Wydłużenie A5	Twardość HB	Przewodność elektryczna właściwa w 20°C
znak	cecha	[MPa]	[MPa]	[%]		[MS/m]
CuAl10Fe3Mn2	BA1032	500-550	180-200	15-20	110-120	5,5
CuSi3Zn3Mn	BK331	280-350	140-160	8-12	90-100	6,7

Zaistniała zatem potrzeba dobrania nowego materiału o bardzo wysokich własnościach mechaniczno-elektrycznych, co umożliwiłoby zaprojektowanie nowego typu osprzętu o wysokiej przewodności elektrycznej (niskiej rezystancji przejścia) oraz bardzo wysokich własnościach mechanicznych. Wymagania stawiane osprzętowi nowej generacji przedstawiono w tablicy 3.

Na podstawie analiz literaturowych oraz wstępnych badań doświadczalnych wytypowanym materiałem na osprzęt nowej generacji został wysoko przewodzący stop miedzi utwardzalny wydzieleniowo Cu-Ni-Si. Wykonano próbną partię wybranego asortymentu osprzętu z wyciśniętych profili, które poddano procesowi

homogenizacji, przesycenia do wody, a następnie starzenia sztucznego. Zastosowana obróbka cieplna miała na celu umocnienie wydzieleniowe materiału oraz podwyższenie przewodności elektrycznej [5, 6]. Z tak przygotowanych profili wykonano elementy odpowiedzialne mechanicznie nazwane uchwytami, a mianowicie:

- uchwyt równoległy przewodu jezdnego DjpS 150 z liną nośną L150,
 - uchwyt równoległy przewodu jezdnego DjpS 150 z liną nośną L120,
 - uchwyt równoległy do dwóch lin nośnych L150-L150,
 - uchwyt równoległy do dwóch lin nośnych L120-L120,
 - uchwyt wieszakowy do przewodu DjpS 150,
- oraz elementy odpowiedzialne elektrycznie nazwane zaciskami:
- zacisk równoległy lina L185 – przewód jezdny DjpS 150,
 - zacisk równoległy L185-L150,
 - zacisk równoległy L185-L120,
 - zacisk równoległy L150-L95,
- k których zdjęcia przedstawiono na rysunkach 2–4.

Gabaryty szczęk tego osprzętu zostały znacznie zmniejszone w stosunku do starego typu, a w szczególności zostały skrócone z 90 mm do 80 mm oraz pocienione do 6 mm w najgrubszym miejscu, co istotnie obniżyło ich masę. Zarówno uchwyty, jak i zaciski składają się z dwóch niezdelonych szczęk, podkładek mających na celu przeniesienie nacisku tba śruby na szczękę, dwóch podkładek stalowych oraz dwóch śrub M12 ze stali nierdzewnej. Uchwyt wieszakowy (rys. 4) ma nowy kształt i składa się z dwóch szczęk – jednej gwintowanej z uchem do podwieszenia go poprzez linkę wieszakową do liny nośnej, drugiej bez ucha, spełniającej rolę dociskacza, podkładki sprężynującej oraz śruby M8 ze stali nierdzewnej.

Cel, zakres, program badań

Celem badań jest określenie własności mechaniczno-elektrycznych materiału na osprzęt nowej generacji oraz całego zespołu cech eksploatacyjnych wybranego osprzętu do wysokoobciążalnych mechanicznie i prądowo sieci trakcyjnych. Dla porównania przeprowadzono również badania osprzętu starego typu.

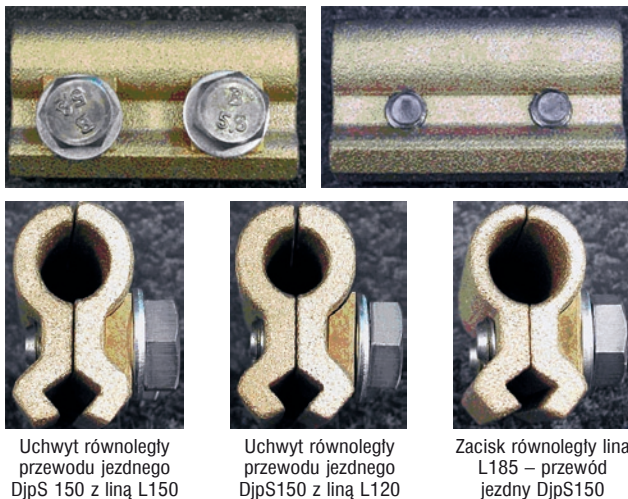
Rodzaj badań:

- badania własności mechanicznych brązu Cu-Ni-Si (R_m , $R_{0,2}$, twardość),

Tablica 3

Rodzaj sprzętu i szacowane wartości ich parametrów, planowanych do uzyskania dla nowej sieci trakcyjnej

Nazwa elementu	Parametry mechaniczne	Parametry elektryczne
Zaciski równoległe do połączenia równoległego Djp z liną	Siła wyślizgu przewodu większa od 15 kN	Rezystancja połączenia nie większa niż 0,01938 mΩ
Złączka stożkowa do lin	Siła wyślizgu przewodu większa od 46 kN	Rezystancja połączenia nie większa niż 0,031 mΩ
Uchwyt wieszakowy uniwersalny	Siła wyślizgu Djp większa od 0,9 kN oraz brak zjawiska wzdużnego przesuwania po Djp	Możliwość przepływu trakcyjnych prądów wyrównawczych 200 A między Djp i liną
Uchwyty równoległe do dwóch lin	Siła wyślizgu przewodu większa od 20 kN,	Rezystancja połączenia nie większa niż 0,01938 mΩ
Uchwyty krańcowe stożkowe do lin nośnych	Siła wyślizgu przewodu większa od 46 kN	–
Uchwyty krańcowe klinowe do Djp	Siła wyślizgu Djp większa od 41 kN	–
Złączki klinowe do Djp	Siła wyślizgu Djp większa od 41 kN	Rezystancja przejścia mniejsza niż 0,047 mΩ
Uchwyt odległościowy	Siła wyślizgu Djp większa od 1,8 kN	–
Wyrównywacz Djp	Siła niszcząca większa od 102 kN	–
Ramiona odciągowe lekkie	Siła niszcząca większa od 1,8 kN	–
Pręt do ciężarów naprężających	Siła niszcząca większa od 66 kN	–
Rolki linowe	Siła niszcząca większa od 138 kN	–
Izolatory trakcyjne ciągnowe z żywic organicznych	Siła rozciągająca większa od 90 kN	Napięcie pracy 3 kV DC
Izolator sekcyjny dla sieci z dwoma Djp	Siła wyślizgu Djp większa od 82 kN	Napięcie pracy 3 kV DC; gaszenie łuku elektrycznego

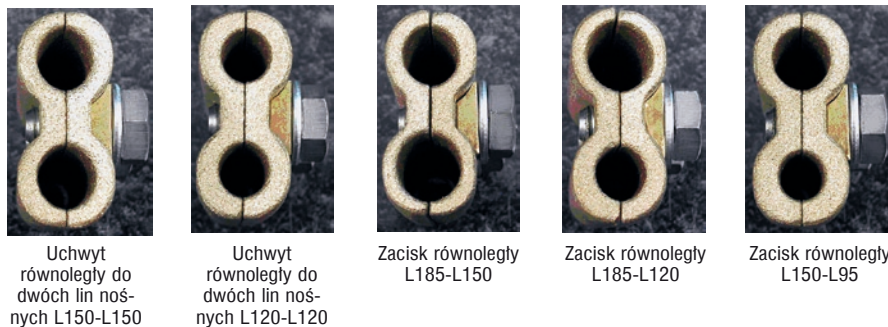
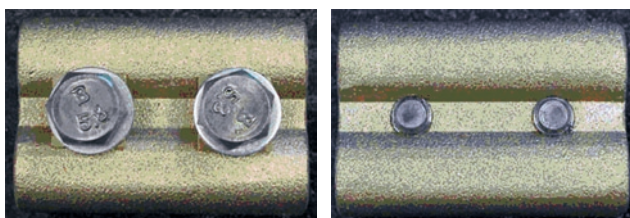


Rys. 2. Osprzęt do łączenia równoległego przewodu jezdneho z liną

Uchwyt równoległy przewodu jezdneho DjpS 150 z liną L150

Uchwyt równoległy przewodu jezdneho DjpS150 z liną L120

Zacisk równoległy liną L185 – przewód jezdny DjpS150



Rys. 3. Osprzęt do łączenia równoległego dwóch lin nośnych

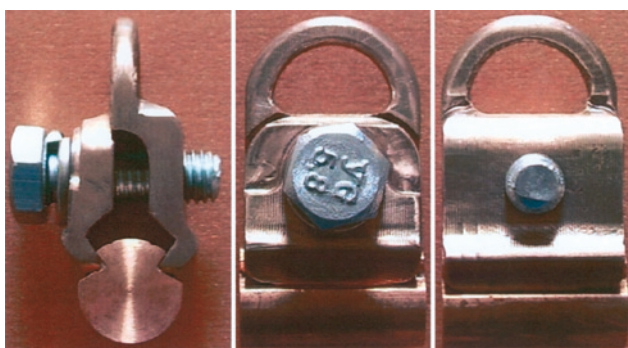
Uchwyt równoległy do dwóch lin nośnych L150-L150

Uchwyt równoległy do dwóch lin nośnych L120-L120

Zacisk równoległy L185-L150

Zacisk równoległy L185-L120

Zacisk równoległy L150-L95



Rys. 4. Uchwyt wieszakowy

- badania oporności właściwej brązu Cu-Ni-Si,
- badania sił wyślizgu przewodu jezdneho oraz lin nośnych z osprzętu mocującego w funkcji różnych wartości momentów dokręcających [7],
- badania porównawcze spadku sił docisku w czasie 50 godz. oraz sił wyślizgu dla uchwytów L120-L120 i L120-DjpS150, stosowanych dotychczas, wykonanych z brązu BA1032, oraz uchwytów nowego typu, wykonanych z Cu-Ni-Si.

Własności mechaniczne określono na podstawie statycznej próby rozciągania drutu o średnicy 2 mm, wykonanego z nowego materiału tą samą metodą, co osprzęt. Badania prowadzono na maszynie wytrzymałościowej o maksymalnej sile 10 kN. Badania twardości próbek (walce $\varnothing 10 \times 5$) prowadzono na twardościomierzu Rockwella w skali HRB (kulka $\varnothing 1,558$ mm, siła obciążająca 980,7 N).

Przewodność elektryczną właściwą wyliczono na podstawie wyników pomiaru oporności elektrycznej metodą Thompsona drutów $\varnothing 2$ wykonanych z materiału Cu-Ni-Si poddanych obróbce cieplnej dokładnie w takich samych warunkach jak osprzęt.

Badania sił wyślizgu przeprowadzono na maszynie wytrzymałościowej o maksymalnej sile obciążającej do 50 kN. Maszynę wyposażono w specjalną przystawkę, umożliwiającą właściwe zamocowanie osprzętu w szczękach. Zwiększanie obciążenia następowało w sposób ciągły, aż do wartości maksymalnej, po czym obciążenie było utrzymywane przez 60 s.

Badania zmniejszenia sił docisku w uchwytach mocujących przeprowadzono poprzez skręcenie przez czujnik siły szczęk uchwytu z linami nośnymi i przewodami jezdnymi oraz ciągłą rejestrację siły w czasie. Urządzenie do badań przedstawiono na rysunku 5.

Wyniki badań i ich analiza Nowy typ osprzętu do wysokoobciążalnych mechanicznie i prądowo sieci trakcyjnych

W tabelicy 4 zamieszczono wyniki badań własności mechanicznych nowego materiału, a mianowicie wytrzymałości na rozciąganie, granicy plastyczności, wydłużenia oraz twardości. W tabelicy 5 podano wyniki badań przewodności elektrycznej właściwej, która po obróbce cieplnej stopu osiąga wartość ok. 26,4 MS/m.

Na rysunkach 6–12 przedstawiono wykresy sił wyślizgu przewodu jezdneho i lin nośnych z osprzętu trakcyjnego nowego typu odpowiedzialnego mechanicznie, a w tabelicy 6 przedstawiono powyższe wyniki w postaci liczbowej, z których wynika, że siły wyślizgu lin nośnych z osprzętu do połączeń równoległych zawierają się w przedziale od 19,2 kN do 25,3 kN, a przewodów jezdnych w przedziale od 22,3 kN do 23,3 kN dla momentów dokręcających śrub wynoszących 50 Nm. Siła wyślizgu przewodu jezdneho z uchwytu wieszakowego wynosi 1,7 kN dla momentu dokręcającego 30 Nm i 2,2 kN dla momentu 40 Nm. W tabelicy 8 zestawiono nowe wymagania stawiane osprzętowi, wyniki badań oraz ocenę osprzętu do wysokoobciążalnych mechanicznie i prądowo sieci trakcyjnych, z których wynika, że przebadany osprzęt spełnia wymagania i może być stosowany do nowych typów sieci trakcyjnej.

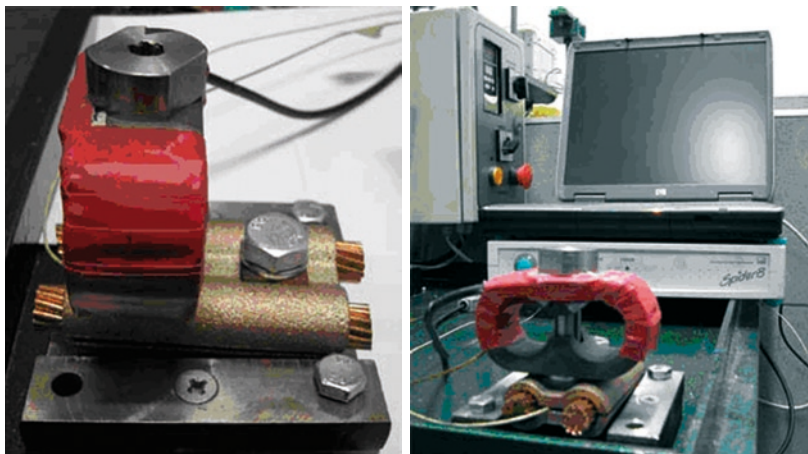
Tabela 4

Właściwości mechaniczne nowego materiału

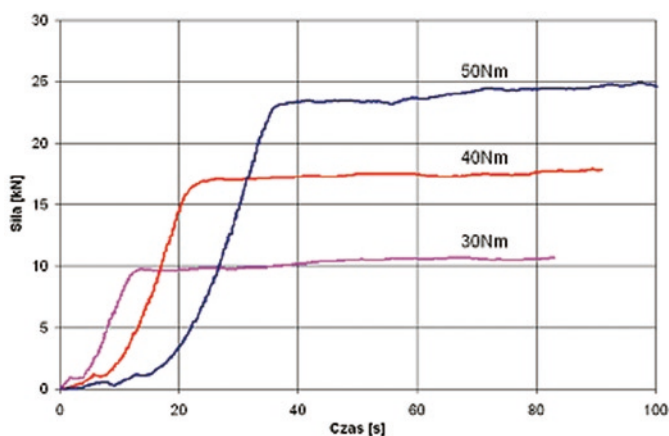
Wytrzymałość na rozciąganie R_m	[MPa]	620
Granica plastyczności $R_{0,2}$	[MPa]	500
Wydłużenie A5	[%]	6
Twardość HRB		86–88

Oporność właściwa oraz przewodność właściwa brązu Cu-Ni-Si

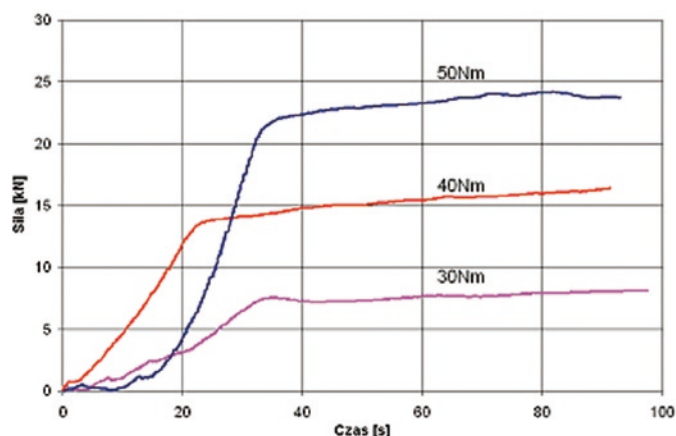
Oporność elektryczna właściwa w 20°C	[nΩm]	37,9
Przewodność elektryczna właściwa w 20°C	[m/Ωmm ²]	26,4



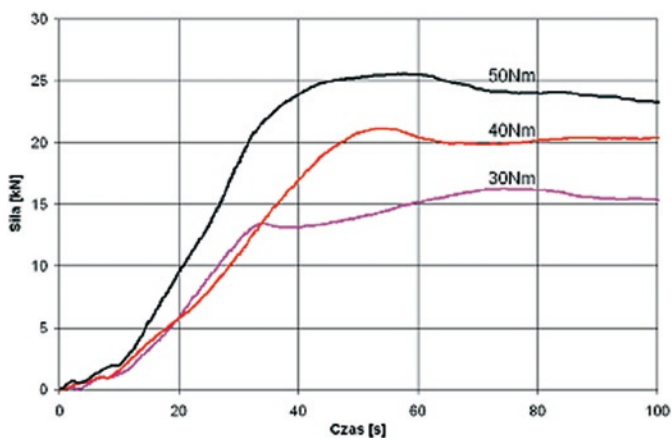
Rys. 5. Badanie spadku sił docisku w osprzęcie mocującym – czujnik siły wraz z badanym osprzętem i tor pomiarowy



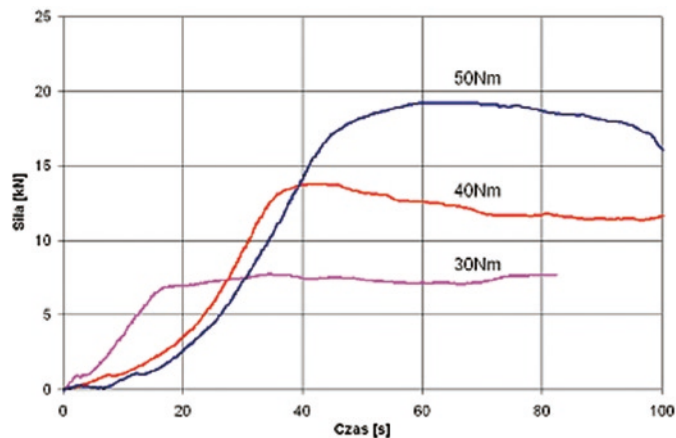
Rys. 6. Sily wyślizgu przewodu jezdnego z uchwytu równoległego przewodu jezdnego DjpS150 z liną nośną L150 dla różnych wartości momentu dokręcającego śrub



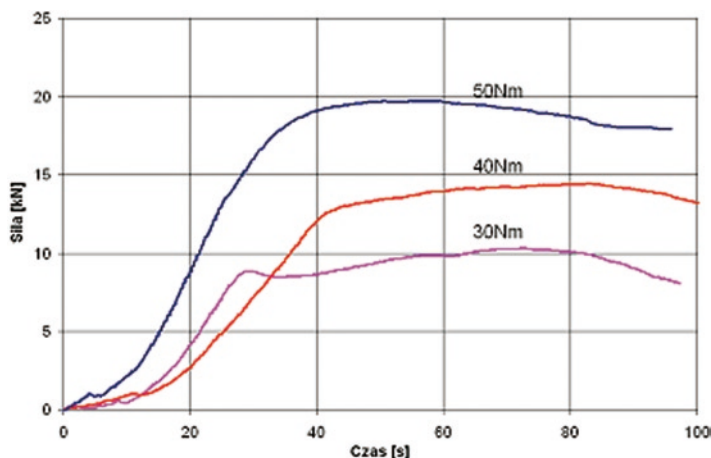
Rys. 8. Sily wyślizgu przewodu jezdnego z uchwytu równoległego przewodu jezdnego DjpS150 z liną nośną L120 dla różnych wartości momentu dokręcającego śrub



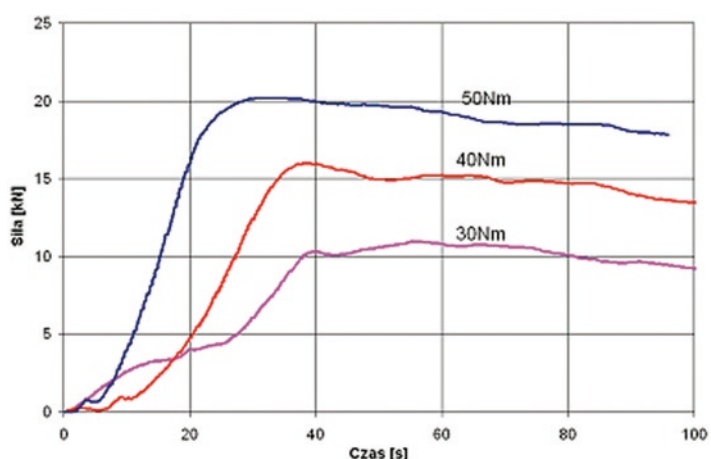
Rys. 7. Sily wyślizgu liny nośnej z uchwytu równoległego przewodu jezdnego DjpS150 z liną nośną L150 dla różnych wartości momentu dokręcającego śrub



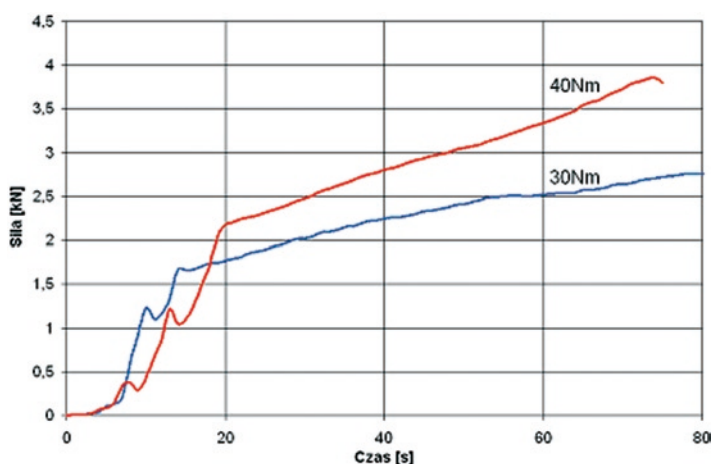
Rys. 9. Sily wyślizgu liny nośnej z uchwytu równoległego przewodu jezdnego DjpS150 z liną nośną L120 dla różnych wartości momentu dokręcającego śrub



Rys. 10. Siły wyślizgu liny nośnej z uchwytu równoległego do dwóch lin nośnych L150-L150 dla różnych wartości momentu dokręcającego śrub



Rys. 11. Siły wyślizgu liny nośnej z uchwytu równoległego do dwóch lin nośnych L120-L120 dla różnych wartości momentu dokręcającego śrub



Rys. 12. Siła wyślizgu przewodu jezdneho Djps150 z uchwytu wieszakowego dla różnych wartości momentu dokręcającego

Tablica 6

Zestawienie sił wyślizgu dla wybranego osprzętu nowej generacji

Nazwa elementu	Moment dokręcający śruby [Nm]	Siły wyślizgu liny nośnej [kN]	Siły wyślizgu przewodu jezdneho [kN]
Uchwyt równoległy przewodu jezdneho Djps150 z liną nośną L150	30	13,8	9,8
	40	21,1	17,0
	50	25,3	23,3
Uchwyt równoległy przewodu jezdneho Djps150 z liną nośną L120	30	7,0	7,6
	40	13,8	13,9
	50	19,2	22,3
Uchwyt równoległy do dwóch lin nośnych L150-L150	30	8,9	–
	40	13,4	–
	50	19,8	–
Uchwyt równoległy do dwóch lin nośnych L120-L120	30	10,3	–
	40	16,0	–
	50	20,2	–
Uchwyt wieszakowy	30	–	1,7
	40	–	2,2

Badania porównawcze osprzętu nowej generacji z osprzętem tradycyjnym

Badaniom porównawczym poddano dwa rodzaje asortymentu, mianowicie: uchwyt do połączenia równoległego L120-L120 oraz uchwyt do połączenia równoległego przewodu jezdneho Djps150 z liną nośną L120 starego i nowego typu. Na rysunku 13 przedstawiono zdjęcia oraz wymiary i masę osprzętu poddanego badaniom porównawczym.

Na rysunku 14 przedstawiono procentowy spadek siły docisku w układzie uchwyt mocujący L120-L120 starego i nowego typu plus dwie liny nośne obciążony siłą początkową 15 kN, co odpowiada momentowi dokręcającemu śrub 50 Nm. Rysunek 15 przedstawia tę zależność dla uchwytów równoległych przewodu jezdneho Djps150 z liną nośną L120 starego i nowego typu plus lina nośna i przewód jezdny. W pierwszym przypadku dla uchwytu nowego typu siła docisku szczęk do lin nośnych po 50 godz. wynosi 13,35 kN (11% spadku), a dla starego typu 13,23 kN (12% spadku). W przypadku drugim uchwytu przewodu jezdneho z liną nośną siła w osprzęcie nowego typu kształtuje się na poziomie 13,55 kN (9,6% spadku), a w osprzęcie starego typu 13,71 kN (8,6% spadku) co przedstawiono w tablicy 7.

Tablica 7

Zestawienie sił panujących w osprzęcie po 50 godz.

	Uchwyt	
	L120-L120	L120-Djps150
Siła początkowa	[kN] 15	15
Siła docisku szczęk dla starego typu osprzętu	[kN] 13,23	13,71
Siła docisku szczęk dla nowego typu osprzętu	[kN] 13,35	13,55

Na rysunkach 16–18 przedstawiono porównanie sił wyślizgu lin nośnych oraz przewodów jezdnych z osprzętu starego i nowego typu dla momentów dokręcających śrub równych 50 Nm, z których wynika, że siła wyślizgu lin nośnych ze starego typu osprzętu zawiera się w przedziale od ok. 8 kN do 10 kN, podczas gdy siła wyślizgu lin z nowego typu osprzętu jest na poziomie 20 kN. Siła wyślizgu przewodu jezdneho z osprzętu starego typu kształtuje się na poziomie 40 kN, a siła wyślizgu przewodu jezd-

Zestawienie wymagań osprzętu trakcyjnego, wyników badań oraz ocena

Rodzaj osprzętu	Wymagania	Wyniki badań	Uwagi	Ocena
Uchwyt równoległy przewodu jezdnego z liną nośną L150	Siła wyślizgu L150 większa od 19,07 kN Siła wyślizgu DjpS większa od 14,83 kN	Siła wyślizgu L150 równa 25,3 kN Siła wyślizgu DjpS równa 23,3 kN	Moment dokręcający 50 Nm	Spełnia wymagania
Uchwyt równoległy przewodu jezdnego z liną nośną L120	Siła wyślizgu L120 większa od 15,89 kN Siła wyślizgu DjpS większa od 14,83 kN	Siła wyślizgu L120 równa 19,2 kN Siła wyślizgu DjpS równa 22,3 kN	Moment dokręcający 50 Nm	Spełnia wymagania
Uchwyt równoległy do dwóch lin nośnych L150-L150	Siła wyślizgu L150 większa od 19,07 kN	Siła wyślizgu L150 równa 19,8 kN	Moment dokręcający 50 Nm	Spełnia wymagania
Uchwyt równoległy do dwóch lin nośnych L120-L120	Siła wyślizgu L120 większa od 15,89 kN	Siła wyślizgu L120 równa 20,2 kN	Moment dokręcający 50 Nm	Spełnia wymagania
Uchwyt wieszakowy	Siła wyślizgu DjpS większa od 0,9 kN	Siła wyślizgu DjpS równa 1,7 kN	Moment dokręcający 30 Nm	Spełnia wymagania

Stary typ L120-L120

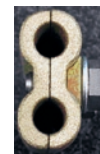
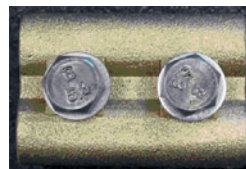


Wymiary szczęki [mm] Masa uchwytu [g]

Długość 90
Szerokość 48
Grubość 12
Masa 710

Nie śrutowany

Nowy typ L120-L120



Wymiary szczęki [mm] Masa uchwytu [g]

Długość 80
Szerokość 54
Grubość 6
Masa 620

W całości śrutowany

L120-DjpS150



L120-DjpS150

Długość 90
Szerokość 40
Grubość 12
Masa 590

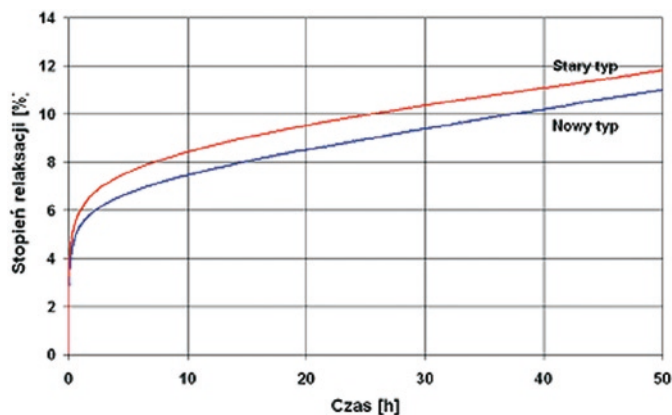
Ząb pod Djp moletowany



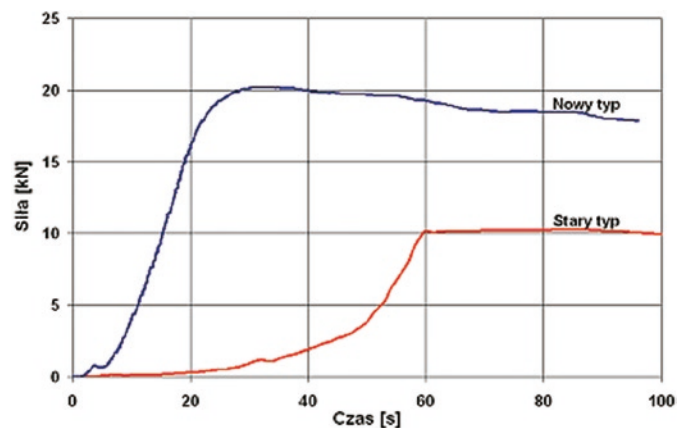
Długość 80,0
Szerokość 44,5
Grubość 6,0
Masa 450,0

W całości śrutowany

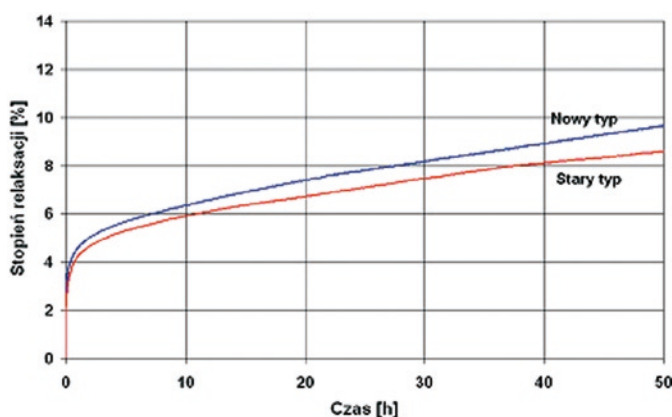
Rys. 13. Osprzęt poddany badaniom porównawczym



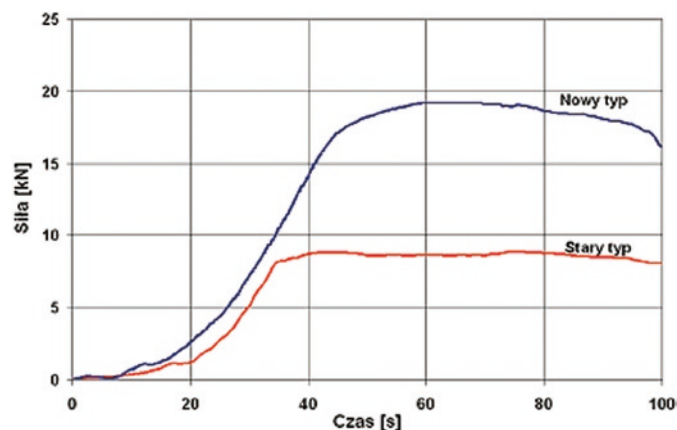
Rys. 14. Stopień relaksacji uchwytów starego i nowego typu L120-L120 w funkcji czasu dla siły docisku śrub 1,5 t (50 Nm)



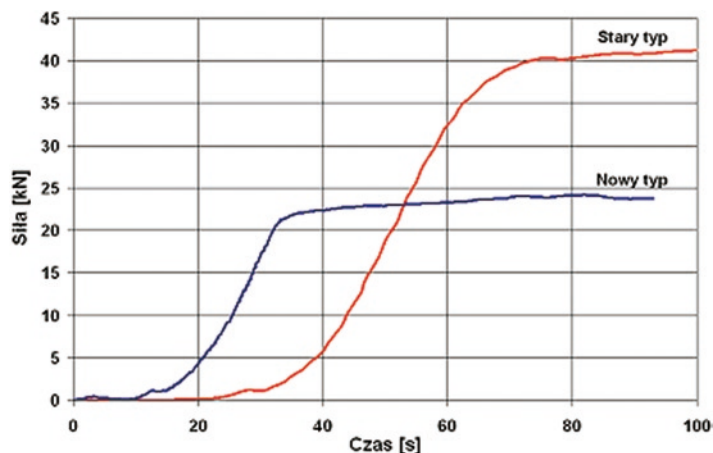
Rys. 16. Siła wyślizgu liny nośnej z uchwytów L120-L120 starego i nowego typu dla momentu dokręcającego śrub 50 Nm



Rys. 15. Stopień relaksacji uchwytów starego i nowego typu do połączenia równoległego przewodu jezdnego DjpS150 z liną nośną L120 w funkcji czasu dla siły docisku śrub 1,5 t (50 Nm)



Rys. 17. Siła wyślizgu liny nośnej z uchwytu równoległego przewodu jezdnego DjpS150 z liną nośną L120 starego i nowego typu dla momentu dokręcającego śrub 50 Nm



Rys. 18. Siły wyslizgu przewodu jezdniowego z uchwytu równoległego przewodu jezdniowego Djps150 z linią nośną L120 starego i nowego typu dla momentu dokręcającego śrub 50 Nm

nego z osprzętu nowego typu wynosi 22 kN, z czego wynika, że o ile siła wyslizgu Djp z uchwytu starego typu spełnia wymagania, to siła wyslizgu lin nośnych jest niewystarczająca, aby sprostać wymaganiom.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej teoretycznej analizy problemu i badań doświadczalnych nad doбором materiału na osprzęt oraz badań na osprzęcie trakcyjnym można sformułować następujące wnioski.

1. Zastosowany utwardzalny wydzieleniowo stop miedzi Cu-Ni-Si cechuje ponad pięciokrotnie większa przewodność elektryczna oraz dwukrotnie większe własności mechaniczne w stosunku do materiałów dotychczas stosowanych na osprzęt trakcyjny.
2. Zastosowany wysokoprzewodzący stop miedzi Cu-Ni-Si ze względu na bardzo dobre właściwości mechaniczno-elektryczne może być stosowany jako materiał do produkcji nowej generacji osprzętu trakcyjnego.
3. Osprzęt nowej generacji ma mniejszą masę w stosunku do osprzętu starego typu, co bardzo korzystnie wpływa na parametry sieci trakcyjnej.

4. Osprzęt wykonany z nowego stopu spełnia wymagania stawiane osprzętowi do wysokoobciążalnych mechanicznie i prądowo sieci trakcyjnych.
5. Zmniejszenie sił docisku w czasie 50 godz. w uchwytach starego i nowego typu kształtuje się na podobnym poziomie i osiąga 11–12% dla uchwytu L120-L120 oraz 9–10% dla uchwytu L120-Djps150 w stosunku do siły początkowej.
6. Osprzęt starego typu cechuje siła wyslizgu lin nośnych L120 z uchwytów na poziomie 8–10 kN, co wobec wymagań na poziomie 15,89 kN eliminuje go z użycia.



Literatura

- [1] Kawecki A., Knych T., Mamala A.: *Przewody jezdne z miedzi srebrowej do wysokoobciążalnych mechanicznie i prądowo sieci trakcyjnych*. Konferencja międzynarodowa „Przetwórstwo metali nieżelaznych”. IMN Gliwice, Zakopane 2006 (w druku).
- [2] Siemiński T., Jarosz J.: *Odbieraki prądu i ich współpraca z siecią jezdniową*. WKŁ, Warszawa 1983.
- [3] Dąbrowski T.: *Sieci i podstacje trakcyjne*. WKŁ, Warszawa 1982.
- [4] *Wechselwirkung Stromabnehmer/Fahrleitung*. European Rail Research Institute ERRI A 186/RP 1, Utrecht, 041996 r.
- [5] Knych T., Kwaśniewski P., Mamala A.: *Badania wpływu starzenia sztucznego na zmianę własności wytrzymałościowych i elektrycznych stopu Cu-Ni-Si przeznaczonego na osprzęt górnej sieci trakcyjnej*. Przetwórstwo metali nieżelaznych, IMN Gliwice, Zakopane 2006 Rudy i Metale (w druku).
- [6] Zhao D.M., Dong Q.M., Liu P., Kang B.X., Huang J.L., Jin Z.H.: *Structure and strength of the hardened Cu-Ni-Si alloy*. Materials Chemistry and Physics 79 (2003) 81–86.
- [7] PN-K-91002:1997 *Sieć trakcyjna kolejowa. Osprzęt. Ogólne wymagania i metody badań*.

➤ *Dokończenie ze s. 57*

- [16] prEN ISO 3095 (2001) *Railway applications—Acoustics—Measurement of noise emitted by railbound vehicles*. 11. 05. 2001.
- [17] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 29 czerwca 2004 r. w sprawie zasadniczych wymagań dotyczących interoperacyjności kolei oraz procedur oceny zgodności dla transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości*. Dz.U. Nr 162, poz. 1697.
- [18] *The applicability of prEN ISO 3095 for European Legislation for Railway Noise*. 05. 2001.

- [19] *Ustawa z 20 kwietnia 2004 r. o zmianie ustawy o transporcie kolejowym*. Dz.U. 2004 nr 92, poz. 883.
- [20] *Ustawa z 22 lipca 2006 r. o zmianie ustawy o transporcie kolejowym*. Dz.U. 2006 nr 144, poz. 1046.
- [21] *Ustawa z 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności*. Dz.U. 2002 nr 166, poz. 1360, z późn. zm.
- [22] *Zielona księga. Komisja Europejska*. (European Commission Green Noise Paper). COM 992046, 20.02.1992.