

**Wymagania dla materiałów węglowych nakładek  
ślizgowych pantografów  
dopuszczonych do współpracy z siecią trakcyjną  
zarządzaną przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.  
let-4**

Tekst jednolity uwzględniający:

Właściciel: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Wydawca: PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Centrala Biuro Energetyki ul. Targowa 74, 03-734 Warszawa tel. 022 47 320 72 [www.plk-sa.pl](http://www.plk-sa.pl), e-mail: [ien@plk-sa.pl](mailto:ien@plk-sa.pl)

Wszelkie prawa zastrzeżone. Modyfikacja, wprowadzanie do obrotu, publikacja, kopiowanie i dystrybucja w celach komercyjnych, całości lub części instrukcji, bez uprzedniej zgody PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. – są zabronione

## SPIS TREŚCI

§ 1. PODSTAWA OPRACOWANIA DOKUMENTU .....	3
§ 2. PRZEDMIOT DOKUMENTU .....	3
§ 3. ZAKRES ZASTOSOWANIA .....	3
§ 4. WYMAGANIA TECHNICZNE .....	4
§ 5. BADANIA .....	4
§ 6. BADANIE NAGRZEWANIA STYKU PRZEWÓD JEZDNY – NAKŁADKA, PODCZAS POSTOJU .....	4
§ 7. PRZEBIEG BADAŃ.....	6
§ 8. BADANIE ZAWARTOŚCI METALU W MATERIALE WĘGLOWYM .....	7
§ 9. BADANIE TWARDOŚCI MATERIAŁU WĘGLOWEGO .....	7
§ 10. POMIAR SZEROKOŚCI NAKŁADKI.....	8
§ 11. DOKUMENTY ZWIĄZANE.....	8
§ 12. NAGRZEWANIE PUNKTU STYKU NAKŁADKA – PRZEWÓD JEZDNY .....	9
§ 13. ZAWARTOŚĆ METALI W MATERIALE WĘGLOWYM .....	9
§ 14. SZEROKOŚĆ NAKŁADKI.....	10
§ 15. TWARDOŚĆ NAKŁADEK.....	10
ZAŁĄCZNIK.....	11

## **§ 1. Podstawa opracowania dokumentu**

Wymagania dla materiałów węglowych nakładek ślizgowych zostały opracowane na podstawie opracowania wykonanego przez Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa Zakład Elektroenergetyki ul. Chłopickiego 50, 04-475 Warszawa (Umowa nr 60/010/008/00/000151/09/I/0 nr CNTK.E-A/156/12/2009 z dnia 22 grudnia 2009 r.).

## **§ 2. Przedmiot dokumentu**

1. Przedmiotem dokumentu jest zbiór zasadniczych wymagań technicznych stawianych materiałom węglowym na nakładki ślizgowe pantografów oraz metod badań i oceny ich wyników.
2. Niniejszy dokument jest zgodny z wymaganiami zawartymi w krajowych i europejskich dokumentach normalizacyjnych i prawnych podanych w załączniku

## **§ 3. Zakres zastosowania**

1. Wymagania techniczne stanowią wytyczne doboru węglowych nakładek ślizgowych pantografów taboru trakcyjnego w systemie zasilania 3 kV prądu stałego dla pantografów przeznaczonych do eksploatacji z prędkością do 250 km/h.
2. Materiał węglowy będzie dostosowany do współpracy z przewodami jezdnyymi z miedzi twardej w gatunku Cu-ETP i CuAg0,10, w warunkach odbioru prądów przez poruszający się lub stojący pojazd trakcyjny.
3. Zalecenia dokumentu dotyczą materiału nakładek do pantografów eksploatowanych na liniach PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
4. Pantografy z nowymi nakładkami powinny być stosowane we wszystkich warunkach klimatycznych występujących na terenie kraju (w temperaturach od – 25° C do + 40°C, wiatrach do 30,8 m/s, przy występujących opadach atmosferycznych, szadzi oraz zapyleniu i zanieczyszczeniach przemysłowych).
5. Na podstawie analizy wyników badań wykonanych zgodnie z wymaganiami zawartymi w niniejszym dokumencie, upoważniona jednostka wystawia opinię, czy materiał spełnia wymagane kryteria i może być bezpiecznie eksploatowany na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
6. Pozytywna opinia, wydana przez upoważnioną jednostkę, wraz z wnioskiem zainteresowanego podmiotu, będzie podstawą dla umieszczenia materiału w wykazie materiałów akceptowanych przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A do współpracy z siecią trakcyjną, stanowiącym załącznik do „Regulaminu przydzielania tras pociągów (...) w ramach rozkładu jazdy .....”.

#### **§ 4. Wymagania techniczne**

Wymagania dla materiałów węglowych do nakładek ślizgowych pantografów opracowano w założeniu ochrony przewodów jezdnych przed przegrzaniem w miejscu odbioru prądu przez pojazdy podczas ich postoju oraz zmniejszenia w warunkach eksploatacyjnych tempa ścieralności tych przewodów i nakładek:

- 1) przyrost temperatury przewodów jezdnych w miejscu styku podczas postoju przez minimum 30 minut:  $\leq 80^{\circ} \text{C}$ ;
- 2) zawartość wagowa metalu w materiale węglowym:  $< 40 \%$ ;
- 3) twardość materiału węglowego:  $\leq 120 \text{ HRB}$ ;
- 4) szerokość nakładek węglowych:  $\geq 60 \text{ mm}$ .

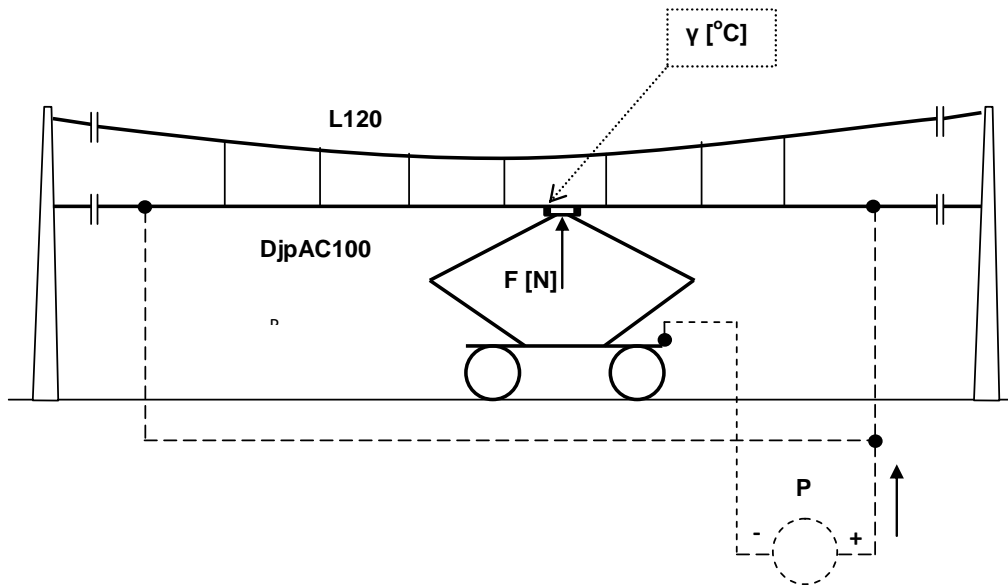
#### **§ 5. Badania**

Materiał nakładek węglowych powinien być podany następującym badaniom i sprawdzeniom:

- 1) badanie nagrzewania styku przewodów jezdny – nakładka, podczas postoju;
- 2) badanie zawartości metalu w materiale węglowym;
- 3) badanie twardości materiału węglowego;
- 4) sprawdzenie szerokości nakładki.

#### **§ 6. Badanie nagrzewania styku przewodów jezdny – nakładka, podczas postoju**

1. W skład laboratoryjnego stanowiska badawczego (rys. 1) wchodzi pantograf z węglowymi nakładkami stykowymi oraz odcinek naprężonego przewodu (-ów) jezdnygo DjpAC100 o długości minimum 10 m odwzorowujący sieć jezdny. Pantograf powinien być umieszczony w środkowym fragmencie odcinka przewodu, celem uniknięcia ogrzewania od zacisków przyłączeniowych zestyku węglowe nakładki – przewód jezdny. Uniesienie pantografu powinno odpowiadać średniej wysokości roboczej.



Rys. 1. Laboracyjne stanowisko badawcze

$\gamma$  [°C] – temperatura przewodu jezdnego;

$F$  [N] – siła docisku 110 N;

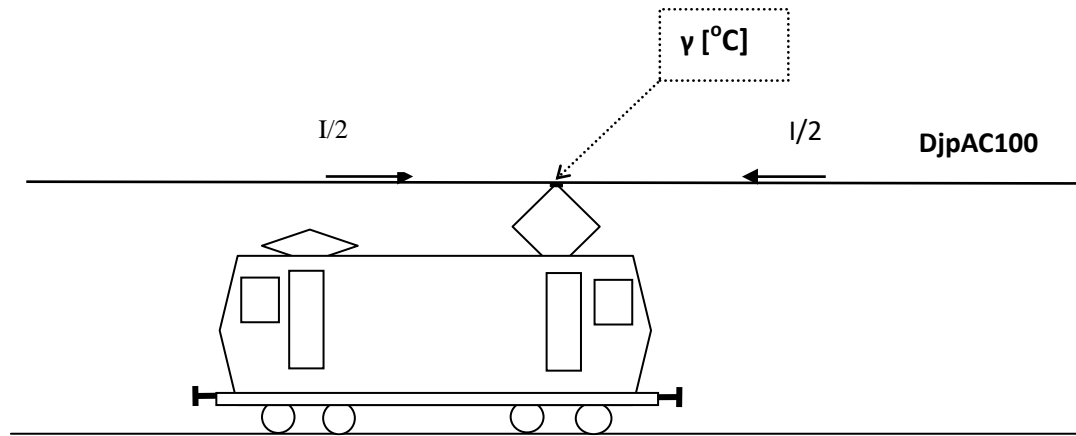
$I$  [A] – prąd 200 A DC;

L120 – lina nośna L120;

DjpAC100 – przewód jezdny;

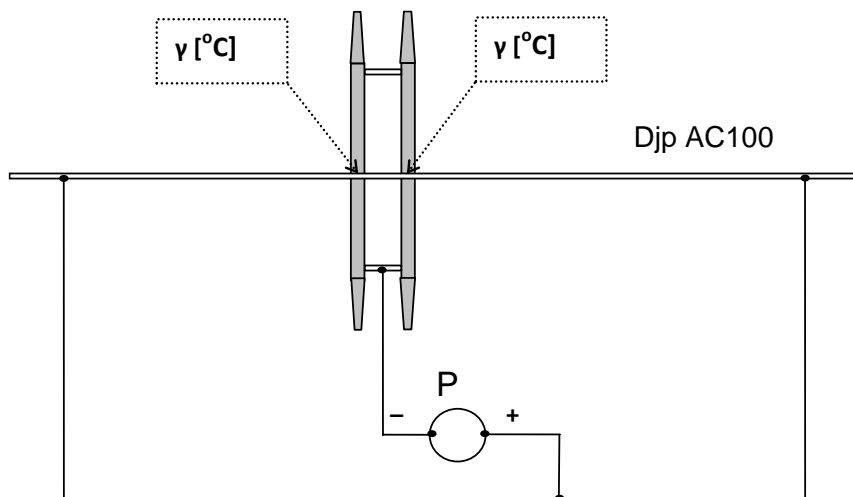
P – prądnica prądu stałego

2. Stanowisko powinno znajdować się w pomieszczeniu zamkniętym, zapewniającym stałą temperaturę otoczenia i bezruch powietrza oraz zabezpieczającym przed niepożądanym promieniowaniem cieplnym. Pantograf powinien być w stanie kompletnym. Połączenia elektryczne pantografu powinny być wykonane typowymi przewodami, stosowanymi przy połączeniach z taborem.
3. Zasilanie prądem 200A DC powinno być dwustronne, w obu końcach przewodu jezdnego. Źródło prądu stałego powinno zapewnić stabilny przepływ prądu w czasie minimum 30 minut przez elektryczny obwód pomiarowy. Metoda pomiaru temperatury nie powinna mieć wpływu na uzyskaną wartość. Zaleca się użycie cienkich termoelementów lub kamery termowizyjnej. Pomiar temperatury powinien odbywać się w sposób ciągły.
4. Stanowisko badawcze usytuowane na terenie Zakładu Taboru (rys. 2). Źródłem prądu stałego (w zależności od możliwości technicznych Zakładu) może być zasilanie trakcyjne 3 kV, bateria akumulatorów lub prądnica DC. Pozostałe warunki badań powinny być jak w badaniach laboratoryjnych.



Rys. 2. Szkic stanowiska badawczego w Zakładzie Taboru

5. Szkic stanowiska widzianego “od góry” z punktami pomiaru temperatury na przewodach jezdnych pokazano na rysunku 3 (oznaczenia jak dla rys. 1).



Rys. 3. Punkty pomiaru temperatury przewodu jezdnych

## § 7. Przebieg badań

1. Badania powinny dotyczyć przyrostu temperatury przewodów jezdnych w miejscu styku z nakładkami węglowymi. Sprawdzenie temperatury nagrzewania połączenia powinno być przeprowadzone na stanowisku badawczym odtwarzającym warunki odbioru prądu przez pojazd trakcyjny podczas jego postoju w składzie pociągu pasażerskiego. Statyczna siła nacisku nakładek węglowych na przewód jezdny powinna równać się wartości 110N. Nakładki powinny być w stanie nowym, nieużywanym, bezpośrednio z dostawy producenta.
2. Należy przyjąć, że pantograf współpracuje ze stacijną siecią trakcyjną z jednym przewodem jezdny. Przewód jezdny powinien być rodzaju DjpAC100 z miedzi

w gatunku CuETP lub CuAg<sub>0,10</sub> (wg PN-EN 50149:2002). Wymaganą wartość prądu odbieranego przez pantograf na postoju pojazdu należy przyjąć jako 200A DC.

3. Badania należy przeprowadzić w układzie 1 przewód jezdny przy prądzie  $I = 200A$ .
4. W przypadku, gdy wynik badania przeprowadzonego w układzie zgodnym z ust. 3 będzie negatywny, to badanie należy przeprowadzić w układzie 2 przewody jezdne przy prądzie  $I = 200A$  oraz 1 przewód jezdny przy 100A.
5. Wynik badania należy uznać jako pozytywny, gdy po 30 minutach przepływu prądu przez zestyk nakładki – przewód jezdny, przyrost temperatury przewodu będzie  $\Delta\gamma \leq 80$  °C. Pomiar temperatury powinien być przeprowadzony w sposób ciągły lub z częstotliwością pomiaru co 2 s lub częściej. Dokładność pomiaru temperatury co najmniej  $\pm 20$  C. Rozdzielczość termiczna obrazu 1 mm<sup>2</sup>.
6. Jeżeli wynik badania przeprowadzonego według ust. 3 będzie negatywny, a wynik badania przeprowadzonego według ust. 4 pozytywny, wówczas wynik badania nagrzewania uznaje się za pozytywny i badany typ materiału może być stosowany na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z zastrzeżeniem, że podczas postoju pod siecią jedнопrzewodową muszą być podniesione i załączone dwa pantografy.

#### **§ 8. Badanie zawartości metalu w materiale węglowym**

1. Ze względu na fakt, że nakładki cechują się zazwyczaj strukturą gruboziarnistą badanie należy prowadzić metodą absorpcji atomowej w minimum pięciu punktach na powierzchni nakładki oddalonych wzajemnie od siebie o minimum 5 cm, przy czym próbki do badań powinny być pobierane w tych punktach z objętości minimum 1000 mm<sup>3</sup>.
2. Wynik badania uznaje się za pozytywny, jeżeli w żadnym z punktów zawartość wagowa metali nie przekracza 40 %.

#### **§ 9. Badanie twardości materiału węglowego**

1. Badania należy prowadzić metodą pomiaru twardości Rockwell'a zgodnie z obowiązującymi normami, w minimum pięciu punktach na powierzchni nakładki oddalonych wzajemnie od siebie o minimum 5 cm.
2. Wynik badania uznaje się za pozytywny, jeżeli w żadnym z punktów twardość materiału węglowego nie przekracza wartości 120 HRB.

## **§ 10. Pomiar szerokości nakładki**

1. Pomiaru szerokości nakładki należy dokonać dowolną metodą zapewniającą dokładność pomiaru  $\pm 0,5$  mm lub lepszą. Pomiarów należy dokonać dla całego obszaru roboczego nakładki.
2. Wynik badania uznaje się za pozytywny, jeżeli w żadnym z punkcie obszaru roboczego nakładki szerokość nakładki wynosi minimum 60 mm.

## **§ 11. Dokumenty związane**

- [1] PN-EN 50149:2002. Zastosowania kolejowe -- Urządzenia stacjonarne -- Trakcja elektryczna -- Profilowane druty jezdne z miedzi i jej stopów (oryg.)
- [2] PN-EN 50206-1:2008. Zastosowania kolejowe – Tabor – Pantografy: Charakterystyki i badania – część 1: Pantografy pojazdów linii głównych (oryg.)
- [3] PN-EN 50367:2006. Zastosowania kolejowe – Systemy odbioru prądu – Kryteria techniczne dotyczące wzajemnego oddziaływania między pantografem a siecią jezdnią górną (w celu uzyskania wolnego dostępu) (oryg.)
- [4] PN-EN 50405:2006. Zastosowania kolejowe – Systemy odbioru prądu – Pantografy, metody badań węglowych nakładek stykowych (oryg.)
- [5] Trans-European-Conventional Rail System. Subsystem Energy. Reference: IU-ENE-090916-TSI 5.0. wersja 5 z 16.09.2009 r.
- [6] Trans-European-Conventional Rail System. Subsystem Rolling Stock. TSI “Lokomotives And Passenger Rst”. IU-RST-03-08-2009-TSI draft. Wersja 3.0 z 3.08.2009 r.
- [7] 2008/232/WE: Decyzja Komisji z dnia 21 lutego 2008 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu “Tabor” transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości. Dz.U. L 84 z 26.3.2008, str. 132—392
- [8] 2008/284/WE: Decyzja Komisji z dnia 6 marca 2008 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu Energia transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości. Dz.U. L 104 z 14.4.2008, str. 1—79



## **§ 12. Nagrzewanie punktu styku nakładka – przewód jezdny**

Przyjmując, że w warunkach eksploatacyjnych, w okresie letnim, temperatura środowiska może maksymalnie wynosić 40° C, należy w warunkach laboratoryjnych dopuścić przyrost temperatury zestyku przewód jezdny – węglowa nakładka nie większy niż 80° C. Taka wartość punktowa temperatury przewodu jezdnego nie powoduje nadmiernych zmian jego właściwości mechanicznych i elektrycznych.

Ze względu, że na liniach PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. eksploatowane są sieci jezdne jedno - i dwuprzewodowe badania nagrzewania należy przeprowadzić uwzględniając obydwa typy. Ponieważ badanie w układzie z jednym przewodem jezdny stanowi najcięższe warunki pracy styku nakładka – przewód jezdny, jest ono wystarczające do oceny nakładki. W przypadku negatywnego wyniku tego badania należy badanie powtórzyć w układach z jednym przewodem przy  $I = 100$  A i dwoma przy  $I = 200$  A, jednak wówczas jednak podczas postoju pod siecią jedнопrzewodową muszą być podniesione i załączone dwa pantografy.

## **§ 13. Zawartość metali w materiale węglowym**

Normy i standardy techniczne nie podają dokładnych składów chemicznych materiałów węglowych. Skład chemiczny podany w UIC 608:2003 nie koresponduje z zapisem w TSI CR RST (draft). W dotychczasowej próbnej eksploatacji stosowane były materiały węglowe o zawartości wagowej metalu (głównie miedzi) do około 23 %. Mając na uwadze zapis w ww. TSI dopuszczono, że maksymalna zawartość metalu w materiale węglowym nie powinna przekraczać 40 % dla nakładek stykowych eksploatowanych w systemie zasilania trakcji 3 kV DC. W tym przypadku należy się jednak liczyć ze zwiększonym zużyciem przewodów i nakładek.

Dotychczasowe prace dotyczące eksploatacji nakładek węglowych w Polsce wykazały, że możliwe jest wyprodukowanie nakładek zawierających do 25 % metalu, które spełniają pozostałe wymagania.

Obecnie w Europie trwają prace, mające na celu odpowiedź na pytanie: jaka może być maksymalna zawartość metali w materiale węglowym nakładek, aby nie powodowały one nadmiernego ścierania przewodu jezdnego. Badania (niestety) prowadzone są na sieciach jedнопrzewodowych w systemach prądu przemiennego. Duża (40 %) zawartość metalu w nakładkach węglowych została wpisana do TSI na wniosek Włoch, których przewoźnicy mieli problemy z nadmiernym nagrzewaniem się nakładek podczas jazdy ciężkich pociągów towarowych w Alpach.

#### **§ 14. Szerokość nakładki**

Podstawą wymagania, aby nakładka miała minimum 60 mm szerokości jest konstrukcja izolatorów sekcyjnych stosowanych na liniach PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Dotychczasowe doświadczenia CNTK, zdobyte podczas badań zarówno pantografów, jak i izolatorów sekcyjnych wykazują, że nakładki o szerokości mniejszej niż 60 mm, nadmiernie wchodzi w przerwę powietrzną izolatorów sekcyjnych. Może powodować to uszkodzenia nakładek i izolatorów.

#### **§ 15. Twardość nakładek**

Nadmierna twardość nakładek powodowałaby zwiększenie szybkości zużywania się przewodów jezdnych. Dotychczasowe badania i eksploatacja nakładek węglowych w Polsce wykazały, że uzyskuje się poprawną współpracę nakładek z przewodem jezdny dla materiałów węglowych o twardości do 120 HRB.

**Załącznik**

Dokumenty zawierające odniesienia do węglowych nakładek stykowych i przewodów jezdnych podano w tabeli 1

Tabela 1

I.p.	Dokument zawierający odniesienia dla węglowych nakładek stykowych i przewodów jezdnych	Treść wymagań
1	Decyzja Komisji z dnia 6 marca 2008 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu "Energia" transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości	<p>Brak wymagań dla nakładek ślizgowych pantografów.</p> <p><u>Pkt 4.2.11</u> Materiały dopuszczone do stosowania w przewodach jezdnych to miedź oraz stopy miedzi. Przewód jezdny powinien spełniać wymagania normy EN 50149:2001, pkt 4.1 do 4.3 i 4.5 do 4.8.</p> <p><u>Pkt 4.2.15</u> Średnia siła nacisku</p> <p>Ocenę zgodności przeprowadza się według normy EN 50317:2002, pkt. 6 dla systemów AC i DC o prędkości powyżej 80 km/h.</p> <p>Średnia siła nacisku <math>F_m</math> [N] dla systemów DC w funkcji prędkości (rysunek 4.2.15.2):</p> <p>Dla 3 kV DC: <math>F_m = 0,00097 * v^2 + 110</math></p> <p><u>Pkt 4.2.20</u> Obciążalność prądowa Systemu DC dla pociągu na postoju 200A – dla 3 kV przez każdy pantograf. Temperatura przewodu jezdnego nie powinna przekraczać wartości granicznych określonych w EN 50119:2001, załącznik B. Sieć trakcyjną należy badać z zastosowaniem metodologii podanej w EN 50367:2006, załącznik A.4.1.</p>
2	Trans-European-Conventional Rail System Subsystem Energy Reference: IU-ENE-090916-TSI 5.0 Version: 5.0 Date: 16/09/2009	<p>Brak wymagań dla nakładek ślizgowych pantografów.</p> <p><u>Pkt 4.2.18.</u> Materiał przewodów jezdnych</p> <p>Dla linii DC przewody jezdne powinny być zaprojektowane, by były zgodne się z materiałem nakładek stykowych zgodnie z CR</p>

I.p.	Dokument zawierający odniesienia dla węglowych nakładek stykowych i przewodów jezdnych	Treść wymagań
		LOC & PAS TSI klauzula 4.2.8.2.9.4.2.
3	Decyzja Komisji z dnia 21 lutego 2008 r. dotycząca specyfikacji technicznej interoperacyjności podsystemu "Tabor" transeuropejskiego systemu kolei dużych prędkości	<p><u>Pkt 4.2.8.3.8.3</u> Materiał</p> <p>Materiał, z którego wykonana jest nakładka stykowa, powinien być mechanicznie i elektrycznie kompatybilny z materiałem przewodu jezdnych (zgodnie z p. 4.2.11 TSI "Energia" dla kolei dużych prędkości 2006), aby uniknąć nadmiernego ścierania powierzchni przewodów jezdnych, a tym samym zmniejszając zużycie tych przewodów oraz nakładek stykowych. Do współpracy z przewodami jezdnych wykonanymi z miedzi lub stopów miedzi stosuje się nakładki węglowe lub węglowe impregnowane specjalnymi domieszkami. Materiał nakładki stykowej powinien spełniać wymagania określone w pkt 6.2 normy EN 50367:2006.</p>
4	Trans-European-Conventional Rail System Subsystem Rolling Stock Tsi "Lokomotives And Passenger Rst" IU-RST-03-08-2009-TSI draft Version 3.0 Date: 3/08/2009	<p><u>Pkt4.2.8.2.9.4.2.</u> Materiał nakładek stykowych</p> <p>Materiały użyte do nakładek stykowych będą mechanicznie i elektrycznie kompatybilne z materiałem przewodów jezdnych (jak wyszczególniono w klauzuli 4.2.18 z TSI Energii CR), żeby uniknąć nadmiernego tarcia powierzchni przewodów jezdnych, tym samym zmniejszyć zużycie przewodów jezdnych i nakładek stykowych.</p> <p>Dla nakładek stykowych używanych na liniach DC będzie dozwolony tylko czysty węgiel, węgiel nasycony materiałem dodatkowym albo nasycony węgiel osłonięty miedzią.</p> <p>Gdy jest użyty dodatkowy materiał metaliczny, zawartość metaliczna nie powinna przewyższać wagowo 40% zawartości stykowych nakładek węglowych.</p>

l.p.	Dokument zawierający odniesienia dla węglowych nakładek stykowych i przewodów jezdnych	Treść wymagań
5	PN-EN 50206-1:2008 Zastosowania kolejowe – Tabor – Pantografy: Charakterystyki i badania – część 1: Pantografy pojazdów linii głównych (oryg.)	<u>Pkt 4.6.4</u> Nakładki stykowe Kiedy w EN50367 nie wyszczególniono materiału nakładek ślizgowych, maksymalnego prądu na postoju i w ruchu, warunki będą wyszczególnione w specyfikacjach klienta. Jeżeli będą przydatne, metody testowania są polecane według EN 50405.
6	PN-EN 50367:2006 Zastosowania kolejowe – Systemy odbioru prądu – Kryteria techniczne dotyczące wzajemnego oddziaływania między pantografem a siecią jezdnią górną (w celu uzyskania wolnego dostępu) (oryg.)	<u>Pkt 6.2</u> Nakładki stykowe Materiał nakładek stykowych będzie zależał od akceptacji przez kierownika infrastruktury. Polecany materiał dla nakładek stykowych jest czystym węglem, jeśli to konieczne nasycony dodatkowym materiałem. Przy użyciu innych materiałów jest konieczne, by udowodnić, że cechy są równe albo lepsze niż cechy polecanych materiałów. Działania z różnym materiałem nakładek stykowych na sieci infrastruktury powinny być oparte na porozumieniu między kierownikiem infrastruktury i przedsiębiorstwem transportu.
7	PN-EN 50405:2006 Zastosowania kolejowe – Systemy odbioru prądu – Pantografy, metody badań węglowych nakładek stykowych (oryg.)	Badania węglowych nakładek stykowych
8	UIC 608:2003 Warunki dla pantografów pojazdów w międzynarodowym ruchu	Załącznik A - skład nakładek stykowych Metalizowany węgiel: skład chemiczny: C = 75-77% - Cu = 12-15% - Pb = 7-10% - Sb = 1-2%

**Tabela zmian**

<b>Lp. zmiany</b>	<b>Przepis wewnętrzny, którym zmiana została wprowadzona (rodzaj, nazwa i tytuł)</b>	<b>Jednostki redakcyjne w obrębie których wprowadzono zmiany</b>	<b>Data wejścia zmiany w życie</b>