



Grzegorz Strzelecki

Utrzymanie zestawów kołowych współpracujących z kompozytowymi wstawkami hamulcowymi typu K

Fot. 1. Widok wagonów typu 440S serii Uacns objętych próbami eksploatacyjnymi

W nowo budowanych wagonach towarowych dominującym typem hamulca jest nadal hamulec klockowy. Używane dotychczas wstawki hamulcowe z żeliwa szarego zostały zastąpione wstawkami kompozytowymi typu K. Działanie te wpisuje się w dążenia Unii Europejskiej do redukcji hałasu emitowanego przez wagony towarowe podczas ruchu (przejazdu) [10]. W niniejszym artykule przedstawiono wyniki eksploatacyjne użytkowania wstawek kompozytowych typu K.

Słowa kluczowe: Kompozytowe wstawki hamulcowe, zestawy kołowe.

Kompozytowe wstawki hamulcowe typu K charakteryzują się odmiennymi właściwościami w stosunku do wstawek żeliwnych. Materiały cierne przeznaczone na wstawki hamulcowe typu K posiadają współczynnik tarcia na około dwukrotnie wyższym poziomie, niż wstawki żeliwne. Współczynnik tarcia jest mniej zależny od obciążenia i prędkości hamowania, niż jak ma to miejsce w przypadku wstawek żeliwnych.

Wstawki kompozytowe o wysokim współczynniku tarcia (typu K) są używane przez zarządy niektórych kolei od wielu lat. Jednakże ich zastosowanie spowodowało pojawienie się nowych problemów technicznych [9], usterek o odmiennym charakterze i skali występowania, które wcześniej nie występowały w wagonach towarowych hamowanych wstawkami żeliwnymi. Wdrożenie kompozytowych wstawek hamulcowych typu K warunkowane było zapewnieniem utrzymania na stałym poziomie aktualnego kosztu cyklu życia wagonów towarowych [10].

Próby eksploatacyjne

Włączenie do taboru CEMET S.A. w połowie 2011 r. [2, 6] oraz rozpoczęcie eksploatacji nowego typu wagonu towarowego spowodowało konieczność zdobycia wiedzy i niezbędnego doświadczenia w utrzymaniu tego typu wagonów. Wagon towarowy typu 440S serii Uacns są wyposażone w:

- ♦ monoblokowe zestawy kołowe o podwyższonej odporności termicznej typu BA 004 oraz BA 306, ze stali ER7 (R7T);

- ♦ pneumatyczny hamulec klockowy typu IIa (z dwustopniowym pneumatycznym urządzeniem przestawczym próżny/ladowny);
- ♦ hamulec ręczny typu śrubowego, działający na zestawy kołowe w jednym wózku;
- ♦ klocki hamulcowe w konfiguracji 2xBg, każde koło hamowane dwoma jednowstawkowymi klockami hamulcowymi;
- ♦ kompozytowe wstawki hamulcowe o wysokim współczynniku tarcia typu K z materiału C810, o wymiarach 320×80×60 [mm].

W próbach eksploatacyjnych szczególny nacisk położono na sprawy związane ze zużyciem elementów pary ciernej kołowstawka hamulcowa oraz występowaniem uszkodzeń powstałych w trakcie procesu hamowania. Celem przeprowadzenia prób było:

- ♦ zdobycie wiedzy z zakresu eksploatacji zestawów kołowych hamowanych kompozytowymi wstawkami hamulcowymi typu K;
- ♦ ocena zużycia eksploatacyjnego kół monoblokowych stosowanych w zestawach kołowych;
- ♦ ocena wpływu konstrukcji (typu) kół oraz lokalizacji miejsca ich produkcji na poziom zużycia kół stosowanych w zestawach kołowych;
- ♦ ocena zużycia eksploatacyjnego kompozytowych wstawek hamulcowych.

Metodyka prowadzenia prób

W trakcie próbnej eksploatacji prowadzono okresowe przeglądy kół jezdnych oraz wstawek hamulcowych bez wyłączania wagonów z eksploatacji. Podczas przeglądów wykonywano pomiary wybranych elementów pary ciernej bez demontażu (wywiązywania zestawów kołowych oraz wymontowywania wstawek hamulcowych) oraz poddawano je oględzinom wraz z sporządzaniem dokumentacji fotograficznej.

Mierzono średnicę kół (D) zestawów kołowych w okręgu tocznym, parametry profilu (O_w , O_g , q_i) oraz grubość wstawek hamulcowych. Okresowo dokonywano kontroli zużycia zarysu oraz zużycia wgłębnego powierzchni tocznej poprzez wykorzystanie szablonów (fot. 2). Każdorazowo obliczano zużycia liniowe kół



Fot. 2. Widok szablonu do kontroli zużycia wgłębnego profilu powierzchni tocznej kół

jezdnych w okręgu tocznym oraz kompozytowych wstawek hamulcowych – bezwzględne i w odniesieniu do przebiegu wagonów.

Pomiary wykonywano według metodyki przyjętej w Programie prób i badań: Próby eksploatacyjne kół monoblokowych zabudowanych w zestawach kołowych wagonów typu 440S serii Uacns [11]. Sposób identyfikacji elementów pary ciernej (kół zestawów kołowych i wstawek hamulcowych) podczas badań przedstawiono na rysunku 1.

Przebieg i zakres prób

Próby eksploatacyjne prowadzone były od września 2012 r. do sierpnia 2015 r. na dziewięciu wagonach typu 440S serii Uacns. Wagony zostały wytypowane losowo, jedynym kryterium wyboru była przyjęta próbka dwóch wagonów posiadających zabudowane zestawy kołowe tego samego producenta. Podczas prób eksploatacyjnych wykonano łącznie dwadzieścia sześć przejazdów. W okresie tym wagony zrealizowały przebiegi od 27,8 tys. km do 72,6 tys. km (średnio 55,5 tys. km, łącznie 500 tys. km).

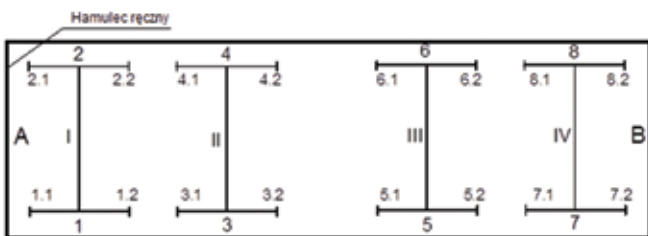
Wyniki

Zużycie powierzchni tocznej kół hamowanych kompozytowymi wstawkami hamulcowymi typu K w poszczególnych wagonach wynosi odpowiednio dla:

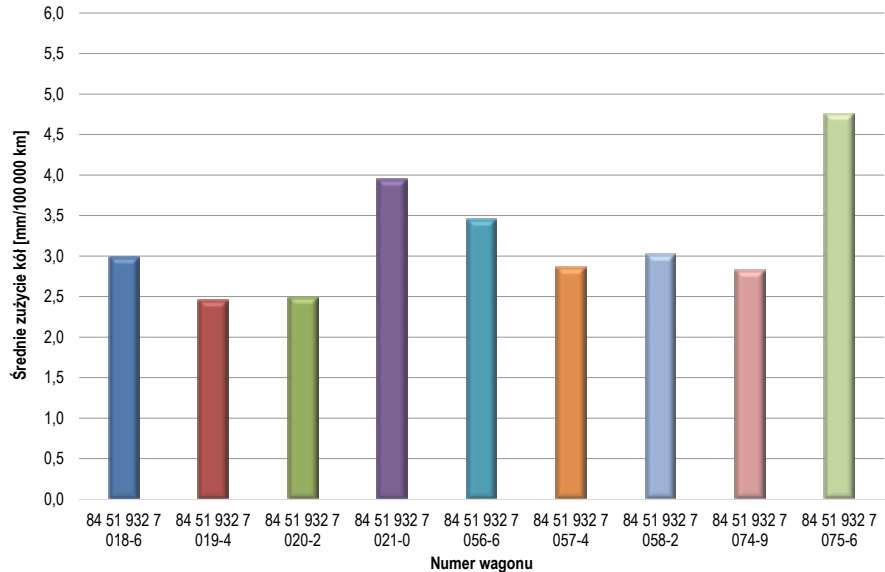
- ♦ kół typu BA 004 od 2,46 do 4,76 [mm/100 tys. km];
- ♦ kół typu BA 306 – 3,02 [mm/100 tys. km].

Na wykresie (rys. 2) przedstawiono wyniki zużycia kół w poszczególnych wagonach, uzyskane podczas prób eksploatacyjnych. Różnice pomiędzy poszczególnymi producentami zestawów kołowych oraz dwoma badanymi typami kół są nieznaczne i można przyjąć uśrednioną wartość zużycia kół na poziomie 3,2 [mm/100 tys. km].

Zużycie kompozytowych wstawek hamulcowych typu K współpracujących z monoblokowymi zestawami kołowymi w poszczególnych wagonach wynosi odpowiednio od 19,4 do 21,3 [mm/100 tys. km]. Różnice w zużyciu wstawek hamulcowych w odniesieniu



Rys. 1. Schemat przyjętych oznaczeń elementów układu biegowego i hamulcowego wagonu [11]: A – strona hamulca ręcznego, I-IV – zestawy kołowe, 1-8 – koła, 1.1-8.2 – wstawki hamulcowe



Rys. 2. Wykres zużycia powierzchni tocznej kół wyznaczonego podczas prób eksploatacyjnych

do drugiego elementu pary ciernej (różni producenci oraz różne typy kół) są nieznaczne i można przyjąć uśrednioną wartość zużycia wstawek na poziomie 20,4 [mm/100 tys. km].

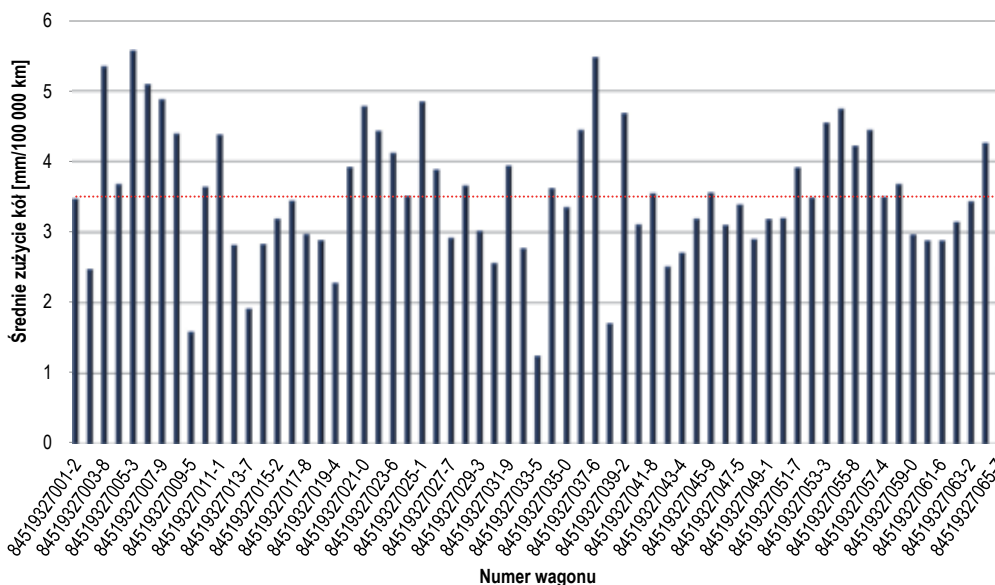
Weryfikacja wyników otrzymanych w próbach

Weryfikację otrzymanych w próbach eksploatacyjnych wyników zużycia kół przeprowadzono w oparciu o pomiary zestawów kołowych wykonane w ramach poszerzonego przeglądu eksploatacyjnego w połowie cyklu przeglądowo-naprawczego wagonów. Wyżej wymienione pomiary przeprowadzono w latach 2014–2015 na 65 wagonach towarowych typu 440S serii Uacns.

Na wykresie (rys. 3) przedstawiono uzyskane wyniki pomiarów zużycia powierzchni tocznej kół w poszczególnych wagonach. W tym przypadku, zużycie kół wyznaczono na podstawie różnicy pomiarów wysokości obrzeża (w próbach zużycie wyznaczano z pomiaru średnicy kół). Średnia wartość zużycia kół na średnicy wyniosła 3,5 [mm/100 tys. km], co potwierdza poprawność otrzymanych wyników w trakcie próbnej eksploatacji.

Tab. 1. Zestawienie zużyć kompozytowych wstawek typu K oraz kół zestawów kołowych

Lp.	Źródło	Seria/typ wagonów	Gatunek wstawki i układ klozków	Średnie zużycie kół na średnicy okręgu tocznego [mm/100 tys. km]	Średnie zużycie linowe wstawek [mm/100 tys. km]
1.	ERRI [12]	–	C810 (2xBgu) J 816 (2xBgu)	4,4 3,4	17 16,7
2.	UIC [4]	Sgns	C810 (2xBgu) J 816 (2xBgu)	4,2 3,8	14,0 14,5
3.	ÖBB [7]	Sgnss	C810 (2xBgu) J 816M (2xBgu)	4,1 2,7	13,5 12,3
4.	ÖBB [7]	Hbbiins	C810 (2xBgu) J 816M (2xBg)	6,0 3,8	43,6 25,0
5.	PKP CARGO S.A. [8]	Falns/441 Va	C810 (2xBg) FR513 (2xBg)	6,3 4,8	22,6 25,9
6.	PKP CARGO S.A. [8]	Sggmrss/627 Za	C810 (2xBgu)	5,8	19,7
7.	Różne	–	Wstawki żeliwne P10	0,8 ... 2,4	40 ... 90



Rys. 3. Wykres zużycia kół w poszczególnych wagonach typu 440S wyznaczony w latach 2014–2015

Doświadczenia innych podmiotów z eksploatacji wagonów towarowych wyposażonych w monoblokowe zestawy kołowe i kompozytowe wstawki hamulcowe typu K

W tabeli 1 zestawiono uśrednione wartości zużycia kół oraz współpracujących z nimi wstawek hamulcowych typu K. Przedstawione dane wskazują jednoznacznie na wysoki poziom zużycia kół hamowanych kompozytowymi wstawkami typu K, co potwierdza poprawność otrzymanych wyników podczas prób eksploatacyjnych wagonów typu 440S serii Uacns prowadzonych przez CEMET S.A. Różnice w poziomie zużycia kół oraz wstawek hamulcowych wynikają między innymi z charakterystyki linii kolejowej, na której prowadzony jest dany ruch pociągów (profilu linii, maksymalnej prędkości pociągów – prędkości początkowej hamowania, ilości ograniczeń prędkości, itp.).

Uszkodzenia pary ciernej koło – wstawka hamulcowa typu K

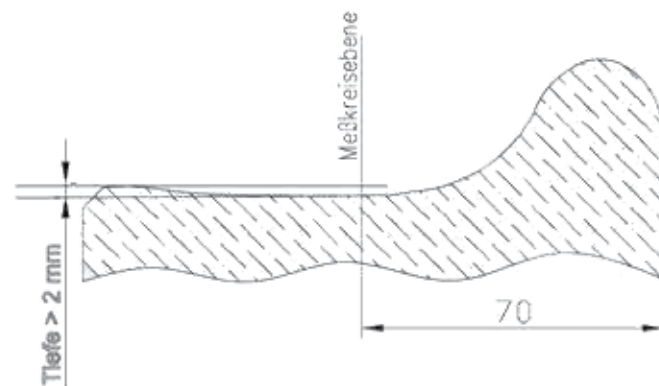
Podczas prób eksploatacyjnych na większości kół zestawów kołowych, stwierdzono wklęsłe profile powierzchni tocznej. Jednakże małe zużycia wgłębne na głębokość nieprzekraczającą 1 [mm] pozwoliły na dalszą eksploatację. Wartość graniczna zużycia wgłębego zgodnie z przepisami [14, 13] wynosi 2 [mm]. Widok zużycia wgłębego wraz z kryterium dopuszczenia do dalszej eksploatacji przedstawiono na rys. 4 [13].

W latach 2014–2015 przeprowadzono w ramach standardowych czynności utrzymaniowych (poza próbami eksploatacyjnymi) pomiary zestawów kołowych 65 wagonów typu 440S serii Uacns. W 2014 r. poddano przeglądowi pierwsze 26 wagonów o średnim przebiegu 46 tys. km, podczas którego nie stwierdzono usterek wymagających reprofilacji zestawów kołowych. Natomiast w kolejnym roku wykonano przegląd na pozostałych 39 wagonach o średnim przebiegu 60 tys. km, stwierdzając przekroczenia dopuszczalnych różnic średnic kół tego samego zestawu kołowego. Usterka ta [1, 8] występująca dość często w wagonach towarowych hamowa-

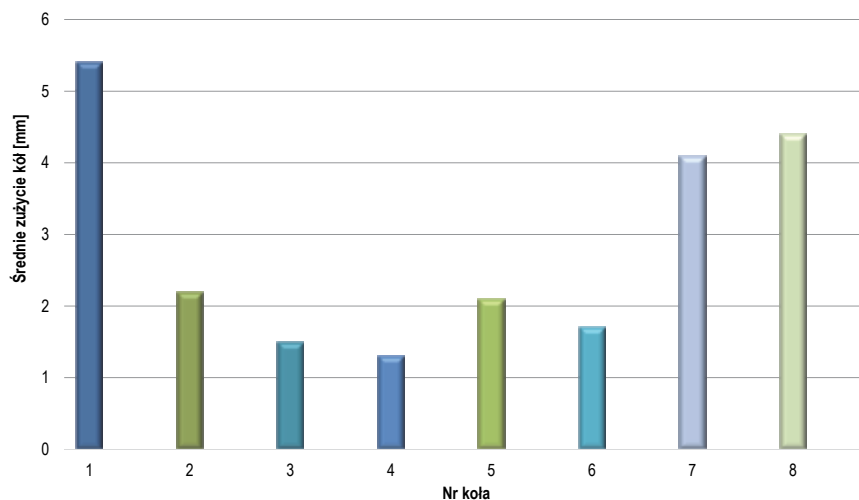
nych wstawkami kompozytowymi typu K, pojawiła się na 14% badanych zestawów kołowych (usterkę stwierdzano tylko na skrajnych zestawach wagonów).

Eksploatacja wagonów towarowych wyposażonych w kompozytowe wstawki hamulcowe typu K, wiąże się ze zwiększonym zużyciem powierzchni tocznej kół zestawów kołowych, ale również z równoległym procesem [1] zużycia wgłębego tej powierzchni. Postęp zużycia powierzchni tocznej kół kształtuje się w taki sposób, iż usterka – przekroczony parametr różnicy średnic kół tego samego zestawu kołowego, pojawia się przy przebiegu 50+60 tys. km.

Na wykresie (rys. 5) przedstawiono różnice w zużyciu poszczególnych kół w przykładowym wagonie, w którym wystąpiła ww. usterka. Różnica średnic (zużycia) koła nr 1 oraz koła nr 2 pierwszego zestawu kołowego wagonu wyniosła 3,2 [mm], przy dopuszczalnej różnicy średnic kół tego samego zestawu kołowego zgodnie z przepisami [3, 5] wynoszącej 1 [mm]. Występowanie



Rys. 4. Widok zużycia wgłębego profilu koła wraz zaznaczonym kryterium dopuszczenia do dalszej eksploatacji [13]



Rys. 5. Wykres zużycia poszczególnych kół w przykładowym wagonie towarowym typu 440S



Fot. 3. Widok kompozytowej wstawki hamulcowej z wylupaniem materiału ciernego



Fot. 4. Widok wstawki hamulcowej z ubytkami materiału ciernego powstałymi po wypadnięciu wtrąceń metalicznych oraz widok koła z rysami obwodowymi powstałymi po współpracy z kompozytowymi wstawkami hamulcowymi posiadającymi wtrącenia metaliczne

różnic średnic kół tego samego zestawu prowadzi do przyspieszonego zużycia się obrzeża mniejszego koła i dalszego pogłębienia nierównomiernego zużycia [8].

Podczas prób eksploatacyjnych stwierdzano również uszkodzenia kompozytowych wstawek hamulcowych, w tym niewielkie klinowe zużycie wstawek. Zastosowanie w wagonach typu 440S serii Uacns zmodernizowanych obsad hamulcowych (z przesuniętym otworem mocowania obsady na wieszaku) spowodowało znaczne ograniczenie tego zjawiska. Zaobserwowano natomiast wykruszenia, wylupania (fot. 3) materiału ciernego kompozytowych wstawek hamulcowych w zakresie dopuszczalnych wartości [13, 14]. Wykruszenia obserwowano najczęściej na powierzchniach natarcia wstawek hamulcowych. W okresie zimowym stwierdzano na powierzchni cierniej wstawek hamulcowych występowanie niewielkich wtrąceń metalicznych, które w skrajnej sytuacji prowadziły do powstawania obwodowych rowków na powierzchni tocznej (fot. 4).

Podsumowanie wyników prób

Na podstawie przeprowadzonych prób eksploatacyjnych monoblokowych zestawów kołowych zabudowanych w wagonach typu 440S serii Uacns, można stwierdzić, że:

- ❖ bez względu na konstrukcję (typ) kół – BA 004/BA 306, hamowanych kompozytowymi wstawkami hamulcowymi typu K, zużycie powierzchni tocznej jest około 2 razy większe, niż w przypadku hamowania wstawkami żeliwnymi;

- ❖ w odniesieniu do poszczególnych producentów kół, zużycie powierzchni tocznej kół jest porównywalne;
- ❖ występowanie na większości kół zużycia wgłębnego profilu tocznego;
- ❖ postęp zużycia, w tym zużycia wgłębnego, powierzchni tocznej w trakcie eksploatacji wskazuje na konieczność reprofiliacji w okresie międzynaprawczym około 14–20% zestawów kołowych;
- ❖ zużycie wstawek kompozytowych typu K jest ok. 3 razy mniejsze niż wstawek żeliwnych;
- ❖ nieznaczne zużycie klinowe hamulcowych wstawek kompozytowych typu K;
- ❖ występowanie wtrąceń metalicznych (nieznacznej wielkości), w szczególności w okresie zimowym, na wstawkach hamulcowych typu K;
- ❖ podatność na powstawanie wykruszeń oraz wylupania materiału ciernego kompozytowych wstawek hamulcowych typu K.

Wnioski

Zastosowanie kompozytowych wstawek hamulcowych typu K w wagonach towarowych powoduje pojawienie się określonych problemów technicznych. Do najważniejszych należy zaliczyć zwiększone obciążenie cieplne kół powstałe w wyniku hamowania tymi wstawkami oraz zwiększone zużycie powierzchni tocznych kół. Oba te zjawiska prowadzą do powstawania większej ilości uszkodzeń powierzchni tocznej zestawów kołowych, co w konsekwencji wymaga częstszego ich reprofilowania. Brak zamienności spośród homologowanych przez UIC materiałów ciernych stosowanych na wstawki hamulcowe powoduje w praktyce zablokowanie możliwości optymalizacji procesu utrzymania zestawów kołowych poprzez poszukiwanie materiałów wstawek hamulcowych o mniejszej agresywności termicznej. Wpływa to negatywnie na koszt utrzymania poprzez skrócenie okresu eksploatacji kół oraz znacząco zaburza przyjęty proces systemu utrzymania wagonów towarowych.

Bibliografia:

1. Buszka K., Rozynek T., *Eksplatacja wagonów towarowych wyposażonych w koła bezobrotowe hamowane wstawkami kompozytowymi*, „Przegląd Komunikacyjny” 2012, nr 7–8.
2. CEMET S.A. *rozszerza ofertę*, „Rynek Kolejowy” 2011, nr 12.
3. *Dokumentacja Systemu Utrzymania 4-osioowego wagonu specjalnego typu 440S*, CEMET S.A., luty 2016.
4. *Erfahrungen mit Rädern und Verbundstoffsohlen (K) im Betrieb*, Raport UIC B 169/RP 24, Februar 2007.
5. *Mt 11, Instrukcja pomiarów i oceny technicznej zestawów kołowych pojazdów trakcyjnych i wagonów*, PKP S.A., Warszawa 2003.
6. *Nowy cementowagon – szybki w załadunku i rozładunku*, „Polski Cement” 2011, nr 4.
7. *ÖBB experience on V-BKS brake blocks, CBBU meeting*, ÖBB Technische Services, Paris, November 2010.
8. *Osiak A., Doświadczenia PKP CARGO S.A. z eksploatacji kompozytowych wstawek hamulcowych*, II Konferencja Naukowo-Techniczna, Modernizacja Taboru Szynowego, Tarnowskie Góry, 11.2014.
9. *Osiak A., Uwarunkowania techniczne zastosowania kompozytowych wstawek hamulcowych w wagonach towarowych*, „Technika Transportu Szynowego” 2005, nr 3.
10. *Raport ERRI B 126/RP 33: Einsatz von Verbundstoffbremssohlen in Güterwagen Zusammenfassender Bericht K-Sohlen*, Januar 2004.

11. Strzelecki G., *Program prób i badań nr TT/440S/01.1. Próby eksploatacyjne kół monoblokowych zabudowanych w zestawach kołowych wagonów typu 440S serii Uacns, CEMET S.A., wrzesień 2012.*
12. *Studie zur Wirtschaftlichkeit bei Verwendung von Verbundstoffbremssohlen des Typs K in Güterwagen*, Raport ERRI B 126/DT 400, Dezember 2004.
13. *Use of composite brake blocks (CBB) – Damage catalogue*, UIC SET 7, 10.2009 (wydanie 2).
14. *Warunki oględzin (rewizji) technicznych dla wymiany wagonów towarowych pomiędzy KPP*, Załącznik nr 9 do Ogólnej umowy o użytkowaniu wagonów towarowych (AVV), GCU, 01.2016.
15. Bułhak J., Abramczyk M., Buchalska E., *Kompozytowe wstawki hamulcowe w taborze kolejowym jako ekonomiczna i przyjazna środowisku alternatywa dla wstawek żeliwnych*, „Technika Transportu Szynowego” 2003, nr 7–8.
16. Bułhak J., Buchalska E., *Redukcja hałasu emitowanego przez tabor kolejowy poprzez zastosowanie kompozytowych wstawek hamulcowych*, „Technika Transportu Szynowego” 2003, nr 11–12.

Maintaining the wheel sets cooperating with composite brake blocks type K

The article presents the CEMET SA experience of the operation of freight wagons fitted with monobloc wheel sets braked by composite brake blocks type K.

Performance tests conducted by the staff CEMET S.A. of Development Department and Rolling Stock Maintenance Department allowed to set the level of wear of the component of friction pair and describe the basic failures occurring in the braking process. Author has indicated in this article the link between the use of composite brake blocks type K and the increase in expenditures on maintenance of freight wagons.

Keywords: Freight wagon, composite blocks, braking, wheelset, noise.

Zdjęcia nieoznaczone – Grzegorz Strzelecki

Autor:
mgr inż. **Grzegorz Strzelecki** – CEMET S.A.

Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, Wydział Transportu i Informatyki
Polskie Naukowo – Techniczne Towarzystwo Eksploatacyjne, Warszawa
Polska Akademia Nauk, Oddział w Lublinie



zapraszają na

V Międzynarodową Konferencję Naukową „TRANSPORT 2016”



Nowe rozwiązania techniczne, organizacyjne i informatyczne w transporcie

Lublin–Kazimierz Dolny 26–28 września 2016

Tematyka konferencji

- Eksploatacja i diagnostyka środków transportu
- Organizacja i technika transportu
- Bezpieczeństwo w transporcie
- Zastosowania systemów informatycznych w transporcie

Celem konferencji jest prezentacja osiągnięć ośrodków naukowo-badawczych w zakresie problematyki transportu (organizacji, bezpieczeństwa, nowoczesnych technologii, zastosowania informatyki w transporcie), a także integracja środowiska prowadzącego badania naukowe i kształcenie w tej dyscyplinie.

Jednostronicowe streszczenia referatów zostaną wydane w materiałach konferencyjnych, natomiast referaty zgłoszone na konferencję po uzyskaniu pozytywnych recenzji mogą zostać opublikowane w czasopiśmie: „Archiwum Motoryzacji”, „Autobusy–Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe”, „Przegląd Komunikacyjny”, „Zeszyty Naukowe WSEI seria Transport i Informatyka”.

Adres do korespondencji:

Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji, Wydział Transportu i Informatyki, 20–209 Lublin, ul. Projektowa 4, z dopiskiem: „TRANSPORT 2016”
Sekretarz konferencji: **Aneta Małocha**, tel.: 81 749 32 43 e-mail: konferencja.transport@wsei.lublin.pl