

Jacek Bułhak, Ewa Buchalska

# Dwa lata eksploatacji kompozytowych wstawek hamulcowych w taborze kolejowym w Polsce

*W ostatnich latach w Unii Europejskiej duży nacisk kładzie się na ochronę środowiska i aspekt ekologiczny urządzeń technicznych. Również w zakresie transportu szynowego podjęto prace mające na celu uczynienie go mniej uciążliwym dla środowiska i bardziej komfortowym dla podróżnych. Jednym z elementów uciążliwych, szczególnie dla bezpośredniego otoczenia linii kolejowych, jest hałas. Związane z ciągłym rozwojem transportu kolejowego zwiększanie prędkości pociągów i częstotliwości kursów powoduje dalszy wzrost natężenia hałasu, zatem jego redukcja staje się jednym ze strategicznych celów kolei europejskich. Problem ten został wyartykułowany przez Komisję Europejską w dyrektywie o hałasie w środowisku (2002/49/EC). W 2004 r. została również przyjęta specyfikacja TSI, nakładająca nowe wymagania w zakresie emisji hałasu przez tabor.*

Wśród wielu źródeł hałasu emitowanego przez przejeżdżający pociąg jednym z podstawowych jest szum toczenia spowodowany poligonizacją kół, płaskimi miejscami oraz chropowatością powierzchni tocznej. Badania wykazały, że zamiana żeliwnych wstawek hamulcowych na kompozytowe powoduje zmniejszenie chropowatości kół, a tym samym znaczną redukcję emisji hałasu (rys. 6). Eliminacja hałasu u źródła jest bardziej efektywna i mniej kosztowna niż budowa ścian dźwiękochłonnych przy torach. Z tego względu Zgromadzenie Generalne Wspólnoty Kolei Europejskich zleciło w Berlinie w dniu 16.12.1997 z inicjatywy kolei SBB i DB odpowiednie prace zmierzające do eliminacji i zastąpienia używanych do tej pory wstawek żeliwnych wstawkami kompozytowymi w transporcie kolejowym [1].

W Polsce prace badawczo-rozwojowe nad opracowaniem kompozytowych wstawek hamulcowych podjęła firma Frenoplast, specjalizująca się do tej pory w produkcji kompozytowych okładzin ciernych do pojazdów szynowych z tarczowym układem hamulcowym. Pozytywne wyniki badań laboratoryjnych zachęciły do przeprowadzenia ostatniego etapu oceny wstawek kompozytowych, jakim były badania eksploatacyjne. Badania te rozpoczęły się próbami ruchowymi elektrycznych zespołów trakcyjnych, a następnie były kontynuowane w ramach trwającej od połowy 2002 r. do dnia dzisiejszego eksploatacji obserwowanej. Na podstawie tych doświadczeń można przeprowadzić krótkie podsumowanie, którego celem jest odpowiedź na pytanie czy kompozytowe wstawki hamulcowe spełniły pokładane w nich nadzieje.

## Wstawki kompozytowe do różnych zastosowań

Są dwa podstawowe typy wstawek kompozytowych: wstawki typu K (wysokocierne), stosowane głównie w nowych wagonach towarowych, oraz wstawki typu LL (niskocierne), stosowane w wago-

nach towarowych jako zamienniki wstawek żeliwnych [1]. Dodatkowo przyjmuje się istnienie wstawek typu L o współczynniku tarcia około 0,12 stosowanych głównie w taborze pasażerskim.

Wieloletnie prace badawcze firmy Frenoplast oraz doświadczenia z dwuletniego okresu eksploatacji obserwowanej zaowocowały stworzeniem palety wstawek kompozytowych do różnych zastosowań (tabl. 1).

Tablica 1

## Asortyment wstawek kompozytowych firmy Frenoplast do różnych zastosowań

Materiał kompozytowy	Typ materiału	Nominalny współczynnik tarcia	Zastosowanie
FR502	L	0,12	Elektryczne zespoły trakcyjne, wagony osobowe serii Bhp
FR506	LL	0,1	Lokomotywy $v_{max} = 125$ km/h, wagony pasażerskie w ruchu regionalnym
FR510	LL	0,1	Zamienniki wstawek żeliwnych w wagonach towarowych (ruch S)
FR501	K	0,25	Wagony towarowe w ruchu wewnętrznym
FR503	K	0,20	
FR513	K	0,25	Nowe wagony towarowe

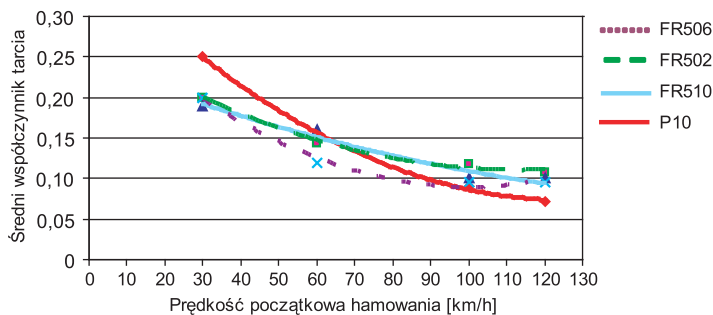
Wstawki kompozytowe typu L z materiału FR502 są obecnie szeroko stosowane w elektrycznych zespołach trakcyjnych jako zamienniki wstawek żeliwnych. Dobiega końca eksploatacja obserwowana tych wstawek w zespolonych wagonach osobowych serii Bhp. Wstawki LL z materiału FR506 przeszły pomyślnie próby ruchowe i są obecnie poddane eksploatacji obserwowanej w lokomotywie EU07. Można je również stosować jako zamienniki wstawek żeliwnych w wagonach pasażerskich w ruchu regionalnym. Wstawki LL z materiału FR510 są przeznaczone do ruchu S jako zamienniki wstawek żeliwnych w wagonach towarowych.

Materiał FR513 został zaprojektowany z myślą o wstawkach typu K do nowych wagonów towarowych. Z kolei materiały FR503 i FR501 są przeznaczone do wagonów towarowych eksploatowanych w ruchu wewnętrznym i są obecnie stosowane w Polsce i za granicą w wahadłach wagonów towarowych poruszających się z prędkościami poniżej 40 km/h.

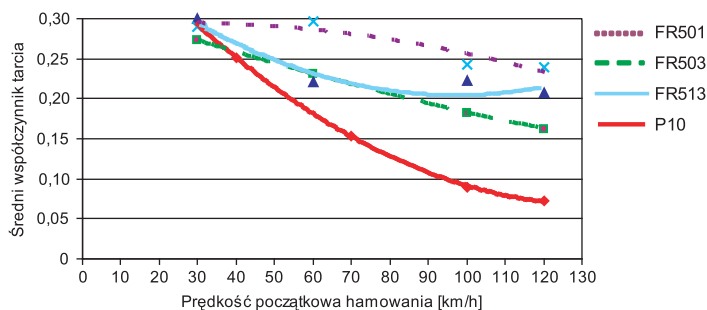
Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono charakterystyki cierne wymienionych materiałów kompozytowych typu LL oraz typu K.

## Redukcja hałasu

Badania porównawcze emisji hałasu wykonane przez Politechnikę Śląską wykazały, że średni poziom hałasu w przypadku hamowania elektrycznego zespołu trakcyjnego wyposażonego we wstawki kompozytowe FR502 jest średnio o 10 dB niższy niż w przypadku hamowania wstawkami żeliwnymi P10 [2]. Ponadto przy zastosowaniu wstawek nowego typu zanotowano brak występowania uciążliwych dla ucha ludzkiego „pisków” charakterystycznych dla



Rys. 1. Porównanie charakterystyk ciernych żeliwa P10 oraz materiałów typu L, LL produkowanych przez Frenoplast; wagon towarowy 22,5 t/oś, wstawki K



Rys. 2. Porównanie charakterystyk ciernych żeliwa P10 oraz materiałów typu K produkowanych przez Frenoplast; wagon towarowy 22,5 t/oś, wstawki L, LL

procesu hamowania wstawkami żeliwnymi. Wyniki badań zostały potwierdzone w praktyce: w trakcie eksploatacji obserwowanej zespołu w Mazowieckim i Małopolskim Zakładzie Przewozów Regionalnych zaobserwowano znaczną poprawę komfortu jazdy podróżnych związaną z mniejszą emisją hałasu.

### Bezpieczeństwo ruchu kolejowego

Przed przystąpieniem do eksploatacji obserwowanej Politechnika Śląska przeprowadziła zgodnie z kartą UIC 544-1 próby ruchowe zespołu serii EN57 wyposażonego we wstawki kompozytowe FR502. Próby wykazały, że droga hamowania z prędkości początkowej  $v = 100$  km/h dla wstawek kompozytowych wyniosła 484 m i była porównywalna z drogą hamowania uzyskaną dla wstawek żeliwnych P10 (480 m), czyli masa hamująca zespołu została zachowana [2]. Na tej podstawie wstawki FR502 uzyskały świadectwo dopuszczenia do eksploatacji wydane przez GIK (obecnie UTK).

W 2004 r. przeprowadzono próby ruchowe na lokomotywie EU07 dla dwóch rodzajów wstawek: FR502 i FR506. Dla wstawek FR502 droga hamowania dla prędkości  $v = 100$  km/h wyniosła 587 m i była krótsza o 14% w porównaniu ze wstawkami żeliwnymi P10. W przypadku wstawek FR506 droga hamowania wyniosła 644 m i była krótsza o 6% w porównaniu ze wstawkami żeliwnymi. Stąd wniosek, że masa hamująca lokomotywy EU07 jest zachowana w przypadku użycia obu rodzajów wstawek i bliska nominalowi dla wstawek FR506.

### Odmienne technika hamowania

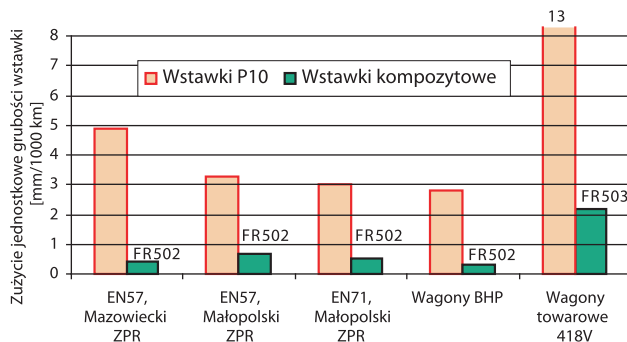
W trakcie prób ruchowych oraz eksploatacji obserwowanej elektrycznych zespołów trakcyjnych wyposażonych we wstawki FR502 stwierdzono wydłużenie drogi hamowania dla prędkości poniżej 80 km/h w stosunku do wstawek żeliwnych P10. Wynika to z róż-

nicy przebiegów średniego współczynnika tarcia w funkcji prędkości początkowej hamowania dla obu materiałów [3]. Materiał FR502 (podobnie jak większość materiałów kompozytowych) charakteryzuje się quasi stałym współczynnikiem tarcia, zapewniając stałą skuteczność hamulca w funkcji prędkości. Ten sam efekt występuje w tarczowych układach hamulcowych powszechnie stosowanych w taborze pasażerskim, gdzie okładzina hamulcowa również jest wykonana z materiału kompozytowego. W przypadku wstawek żeliwnych średni współczynnik tarcia rośnie wraz ze spadkiem prędkości początkowej hamowania, powodując zmienną skuteczność hamowania składu dla różnych zakresów prędkości.

W trakcie eksploatacji obserwowanej stwierdzono, iż w celu zminimalizowania efektu wydłużenia drogi hamowania z niskich prędkości zespołu wyposażonego we wstawki kompozytowe należy stosować odmienną technikę hamowania. Nie stwierdzono natomiast takiej potrzeby w przypadku innego taboru wyposażonego we wstawki kompozytowe (lokomotywa EU07, wagony zespolone serii Bhp).

### Korzyści ekonomiczne zastosowania wstawek kompozytowych

Na rysunku 3 przedstawiono porównanie zużycia wstawek kompozytowych i żeliwnych. Wyniki dla elektrycznego zespołu trakcyjnego odnoszą się do ponad dwuletniego okresu eksploatacji obserwowanej (lipiec 2002 r. – październik 2004 r.) w Mazowieckim i Małopolskim Zakładzie Przewozów Regionalnych. Wyniki dla wagonów serii Bhp uzyskano w okresie 9 miesięcy, natomiast dla wagonów towarowych 418V (ruch wewnętrzny) w okresie 4 miesięcy. Zużycie wstawek kompozytowych było od 4,8 do nawet 11 razy mniejsze niż wstawek żeliwnych. Jednocześnie nie zaobserwowano nadmiernego zużycia powierzchni tocznych obręczy zestawów kołowych w przypadku zastosowania nowego rodzaju wstawek; wręcz przeciwnie, obręcze zużywały się w mniejszym stopniu (rys. 4). Na kołach współpracujących ze wstawkami kompozytowymi nie stwierdzono żadnych negatywnych zjawisk, takich jak przegrzania, pęknięcia, nalepy i wykruszenia, w stopniu większym niż w przypadku kół współpracujących ze wstawkami żeliwnymi. Stwierdzono natomiast znaczne wygładzenie powierzchni tocznych obręczy współpracujących ze wstawkami kompozytowymi, co jest bezpośrednią przyczyną redukcji hałasu emitowanego przez pociąg (rys. 6). Mimo mniejszej przewodności cieplnej materiału kompozytowego w żadnym przypadku nie nastąpiło poluzowanie obręczy zestawu kołowego.



Rys. 3. Zużycie wstawek żeliwnych i kompozytowych zmierzone w trakcie eksploatacji obserwowanej

3-889MM / 336

**SPECJALISTYCZNE MATERIAŁY I OKŁADZINY CIERNE**

331#45435 (877) / 223211-383-5454

# frenoplast®

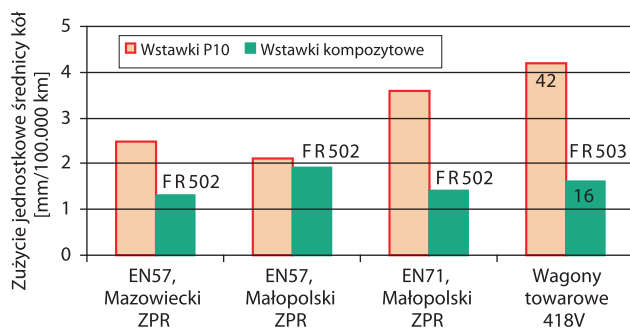
[www.frenoplast.pl](http://www.frenoplast.pl)

tarczowe okładziny hamulcowe (UIC 541-3)  
bloki kompozytowe typu: K, L, LL  
wykładziny gniazda skrzętu oraz płyty ślizgu

Frenoplast Bułhak i Cieślowski sp.j.  
PL 12-100 Szczytno, Korpele 75 - Strefa  
tel. +48 89 624 97 54, fax +48 89 624 97 55  
e-mail: [info@frenoplast.pl](mailto:info@frenoplast.pl)

90MM / 736

55#42325 MMC 98897/K3626263 6644



Rys. 4. Zużycie zestawów kołowych po współpracy ze wstawkami żeliwnymi i kompozytowymi zmierzone w trakcie eksploatacji obserwowanej



Rys. 5. Wstawki kompozytowe FR502 po eksploatacji obserwowanej w elektrycznych zespołach trakcyjnych

## Wpływ wstawek kompozytowych na zdrowie podróżujących

W trakcie eksploatacji obserwowanej wstawek kompozytowych stwierdzono wydzielanie się delikatnego, specyficznego zapachu podczas intensywnego hamowania. Jest to zjawisko charakterystyczne dla kompozytowych materiałów ciernych i występuje np. w przypadku stosowania tarczowych okładzin ciernych w pojazdach szynowych. Na podstawie badań rozkładu termicznego materiału kompozytowego FR502, przeprowadzonych przez Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Błachownia” na zlecenie firmy Frenoplast, nie stwierdzono występowania substancji szkodliwych w stężeniach niebezpiecznych dla zdrowia. Badania te zostały potwierdzone w 2004 r. przez SANEPID, który na podstawie analizy próbek pobranych w zespole trakcyjnym serii EN57 na trasie o dużej intensywności hamowania, nie wykrył żadnych substancji niebezpiecznych dla zdrowia podróżnych.

## Wnioski

Tendencje w rozwoju taboru kolejowego w Europie i na świecie oraz nowe wymagania specyfikacji TSI wskazują, że wstawki kompozytowe są nieuchronną alternatywą dla wstawek żeliwnych. Firma Frenoplast posiada szeroką gamę wstawek kompozytowych do różnych zastosowań. Dwuletnie badania eksploatacyjne na taborze kolejowym w Polsce pozwalają stwierdzić, że ich zastosowanie na szeroką skalę przyniesie korzyści nie tylko społeczne, związane z redukcją poziomu hałasu i poprawieniem komfortu podróżnych, ale i korzyści ekonomiczne, przy jednoczesnym zachowaniu bezpieczeństwa ruchu kolejowego. □



Rys. 6. Powierzchnia toczna obręczy zestawów kołowych po współpracy ze wstawkami żeliwnymi P10 (na górze) i kompozytowymi FR502 (na dole) w trakcie eksploatacji obserwowanej w elektrycznych zespołach trakcyjnych

## Literatura

- [1] Zagadnienie UIC 5T53. Redukcja hałasu. Zastosowanie kompozytowych wstawek klocków hamulcowych. Materiały robocze na posiedzenie komitetu C5/C12, wrzesień 2000 r.
- [2] Sitarz M., Hełka A., Piec P., Zajac G.: *Badania eksploatacyjne żeliwnych i kompozytowych wstawek hamulcowych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 2001, seria Transport, z. 43, nr 1524.
- [3] Bułhak J., Abramczyk M., Buchalska E.: *Kompozytowe wstawki hamulcowe w taborze kolejowym jako ekonomiczna i przyjazna środowisku alternatywa dla wstawek żeliwnych*. Technika Transportu Szynowego 7-8/2003.
- [4] Bułhak J., Abramczyk M., Bucharska E.: *Kompozytowe wstawki hamulcowe FR502 w taborze kolejowym jako alternatywa dla wstawek żeliwnych: badania laboratoryjne i eksploatacyjne*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 2003, seria Transport, z. 49 nr 1605.
- [5] Osiak A.: *Uwarunkowania techniczne zastosowania kompozytowych wstawek hamulcowych w wagonach towarowych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej 2004, seria Transport, z. 54 nr 1656.

## Autorzy

dr inż. Jacek Bułhak – zastępca dyrektora ds. Badań i Rozwoju Frenoplast  
dr inż. Ewa Buchalska – główny specjalista ds. Rozwoju Frenoplast