

Paweł PIEC*, Paweł URBAŃCZYK*

BADANIA ZUŻYCIA WSTAWEK HAMULCOWYCH POJAZDÓW SZYNOWYCH

RESEARCH ON RAIL VEHICLE BRAKE INSERT WEAR

Słowa kluczowe:

zużycie, wstawka hamulcowa, pojazd szynowy

Key words:

wear, brake insert, rail vehicle

Streszczenie

Praca dotyczy problemu zużycia wstawek hamulca klockowego pojazdów szynowych. Zamieszczone wyniki badań stanowią podstawę do oceny rodzaju i intensywności zużycia materiału wstawek hamulcowych. Praca zawiera wybrane wyniki z badań laboratoryjnych, stanowiskowych i eksploatacyjnych. Wyniki tych badań stanowią podstawę oceny zużycia wstawek hamulcowych wykonanych z wytypowanych materiałów. Intensywność zużycia decyduje o okresie trwałości wstawek. Wartość drogi hamowania stanowi podstawę wdrożenia do eksploatacji wstawek hamulcowych wykonanych z określonego materiału.

* Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, al. Jana Pawła II 37, 31-864 Kraków.

WPROWADZENIE

Pojazdy trakcyjne i wagony pasażerskie kursujące z prędkościami do 160 km/h, a także wagony towarowe o maksymalnej prędkości 120 km/h wyposażone są z reguły w układ klasycznego powietrznego hamulca klockowego. Wyjątek stanowią mogą elektryczne zespoły trakcyjne i lokomotywy wyposażane dodatkowo w hamulec elektrodynamiczny. Układ hamulca klockowego przy hamowaniu nagłym z podanych początkowych prędkości zapewnia zachowanie drogi hamowania 1000 m, jako drogi obowiązującej, przy istniejących na PKP minimalnych odstępach sygnalizatorów trójstawnej blokady samoczynnej.

Przeprowadzone badania i liczne próby na szlakach kilku kolei europejskich wykazały, że w zakresie wyższych prędkości hamulec klockowy jest za mało skuteczny [L. 1, 3]. Stwierdzono, że dla tego hamulca istnieją wartości graniczne, determinowane głównie warunkami przyczepności kół z szynami oraz obciążeniem cieplnym elementów ciernych. W rezultacie istnienia tych granic, nieprzekraczalnych z uwagi na niezawodność działania hamulca, osiągane średnie wartości opóźnień hamowania są za niskie, a tym samym długości dróg hamowania pojazdów przekraczają dopuszczalne granice.

BADANIA LABORATORYJNE ZUŻYCIA PARY CIERNEJ WSTAWKA HAMULCOWA-KOŁO

Celem badań laboratoryjnych zużycia wstawek hamulcowych było porównanie intensywności zużycia klasycznych wstawek żeliwnych w porównaniu ze wstawkami kompozytowymi dla wybranych warunków współpracy badanych par ciernych.

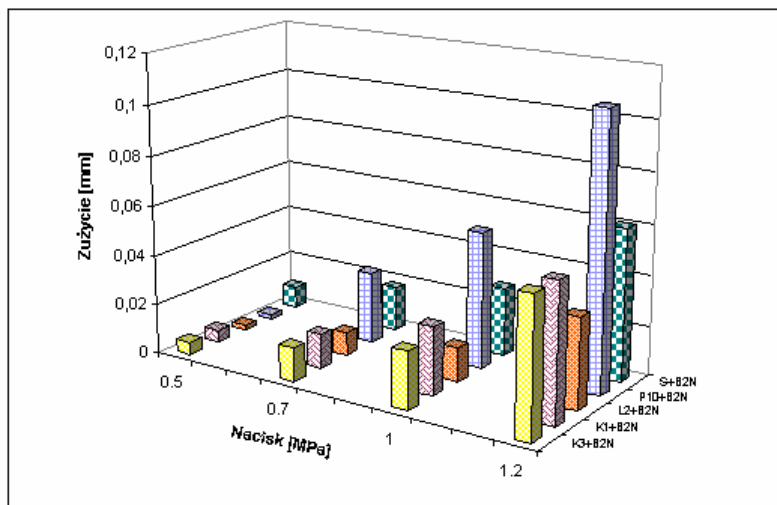
Badania laboratoryjne zużycia materiału wstawki hamulcowej przeprowadzono na testerze T-05, **Rys. 1**.

Podczas badań tribologicznych [L. 3] dokonano pomiaru zużycia ściernego dla przeciwpróbki wykonanej z materiału obręczy B2N, a hamowanej przez próbki wykonane z materiałów: żeliwa (P10), materiałów kompozytowych (K1, K3, L2) i materiału spiekane go z proszków metali (S). Stopień zużycia określono, mierząc zużycie liniowe skojarzenia ciernego wstawka-obręcz oraz ważąc ubytki masowe. Przykładowe zestawienie wybranych wyników badań zużycia liniowego wstawek z materiałów K1, K3, L2, P10, S dla nacisków 0,5, 0,7, 1 i 1,2 MPa przedstawiono na **Rys. 2**. Na **Rys. 3** zamieszczono wyniki pomiaru zużycia wagowego

obręczy hamowanych przez wstawki K1, K3, L2, P10 i S przy naciskach 0,5, 0,7, 1 i 1,2 MPa.

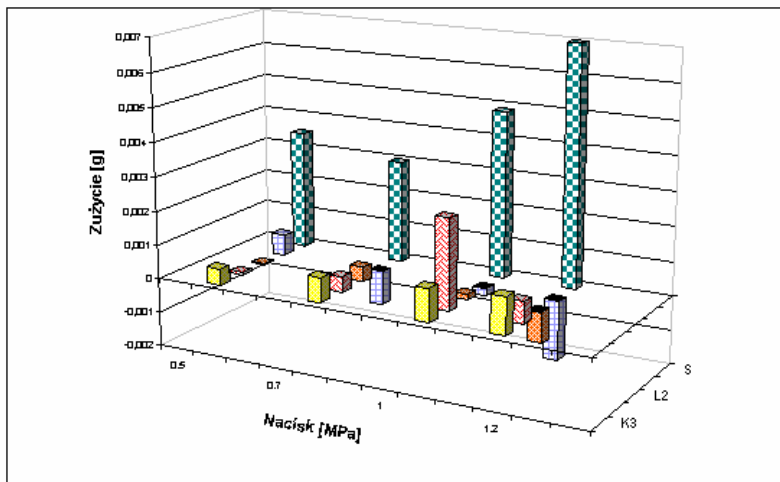


Rys. 1. Widok ogólny laboratoryjnego stanowiska badawczego – tester T-05 [L. 5]
Fig. 1. Laboratory test stand – tester T-05 [L. 5]



Rys. 2. Średnie zużycie liniowe wstawek z materiałów K1, K3, L2, P10, S dla nacisków 0,5, 0,7, 1, 1,2 MPa i drogi tarcia 1000 m [L. 5]

Fig. 2. Mean linear wear of inserts from materials K1, K3, L2, P10, S for pressure 0.5, 0.7, 1, 1.2 MPa, and friction distance 1000 m [L. 5]



Rys. 3. Średnie zużycie wagowe obręczy hamowanych przez wstawki K1, K3, L2, P10, S dla nacisków 0,5, 0,7, 1, 1,2 MPa i drogi tarcia 1000 m [L. 5]

Fig. 3. Mean wear by weight of wheel rings braked by inserts K1, K3, L2, P10, S for pressure 0.5, 0.7, 1, 1.2 MPa, and friction distance 1000 m [L. 5]

Na podstawie przeprowadzonych badań, oceny wagowego i liniowego zużycia można stwierdzić, że największą intensywnością zużycia charakteryzuje się żeliwo P10. Ponadto przy naciskach 0,7, 1 i 1,2 MPa stwierdzono naniesienia materiału wstawki żeliwnej na powierzchnię współpracującej z nią obręczy. Najintensywniej zużywała się obręcz podczas hamowania wstawką wykonaną z materiału S. Najmniejsze zużycie wagowe i liniowe wykazywał materiał kompozytowy L2 oraz skojarzona z nim obręcz.

BADANIA STANOWISKOWE WAGOWEGO ZUŻYCIA WSTAWEK HAMULCOWYCH

Celem badań stanowiskowych zużycia wstawek hamulcowych było porównanie intensywności zużycia klasycznych wstawek żeliwnych w porównaniu ze wstawkami kompozytowymi.

Badania tribologiczne zużycia wstawek hamulcowych przeprowadzono na stanowisku bezwładnościowym w skali 1:1, **Rys. 4.**



Rys. 4. Stanowisko do badań par ciernych hamulca [L. 7]

Fig. 4. Test stand for testing brake friction pairs [L. 7]

W badaniach uwzględniono, dla przykładu, wstawki hamulcowe stosowane w eksploatacji przez różne zarządy kolejowe, a oznaczone według stosowanego materiału: SAMSON, P10, PM-106, PM-107, Abex 50, 2A.

Wyniki pomiaru zużycia, podczas hamowania z prędkości 100 [km/h] i nacisku klocka hamulcowego do koła 0,4 MPa zamieszczono w **Tabeli 1**.

Tabela 1. Zestawienie wartości zużycia wstawek hamulcowych podczas badań stanowiskowych [L. 4]

Table 1. Brake insert wear observed in test stand testing [L. 4]

Oznaczenie klocka	Zużycie wagowe		Zużycie procentowe		Droga hamowania S [m]
	K. lewy [g]	K. prawy [g]	K. lewy [%]	K. prawy [%]	
SAMSON	6,3	10,2	0,08	0,13	832
P10	17,1	12,8	0,19	0,14	901
PM-106	2,1	4,6	0,04	0,09	607
PM-107	9,6	7,8	0,15	0,12	783
Abex 50	3,1	1,4	0,04	0,02	1045
2A	7,3	6,9	0,09	0,08	1000

Zamieszczone w tabeli wartości zużycia wstawek oraz wartości dróg hamowania stanowią podstawę do oceny przydatności ocenianych materiałów wstawek hamulcowych.

Największą intensywnością zużycia, podobnie jak w badaniach laboratoryjnych, charakteryzuje się żeliwo P10.

Wstawki hamulcowe Abex 50 wykazują najmniejszą intensywność zużycia, ale nie zachowują wymaganej drogi hamowania.

BADANIA EKSPLOATACYJNE INTENSYWNOŚCI ZUŻYCIA WSTAWEK HAMULCOWYCH

Celem badań eksploatacyjnych zużycia było porównanie wartości zużycia klasycznych wstawek żeliwnych w porównaniu ze wstawkami kompozytowymi.

Badania eksploatacyjne zużycia wstawek hamulcowych przeprowadzono w zespołach elektrycznych trakcyjnych, **Rys. 5**.



Rys. 5. Pociąg złożony z dwóch ezt EN57 podczas eksploatacji obserwowanej klasycznych żeliwnych wstawek hamulcowych [L. 7]

Fig. 5. Train composed of two traction units electric EN57 during monitored operation of classical cast iron brake inserts [L. 7]

Ze względu na fakt, że zarówno obciążenie, jak również siły nacisku wstawek hamulcowych na koła są większe dla wagonów silnikowych analiza wyników pomiarów wykonanych podczas badań została przeprowadzona oddzielnie dla wagonów rozrządowych i dla wagonów silnikowych.

Na **Rys. 6** zamieszczono widok ogólny powierzchni tarcia koła po współpracy z żeliwną wstawką klocka hamulcowego (rysunek lewy) oraz po współpracy z wstawką z kompozytu (rysunek prawy).



Rys. 6. Powierzchnia tarcia koła po hamowaniu: wstawką żeliwną i z kompozytu [L. 7]

Fig. 6. Friction face of wheel rings braked by inserts of cast iron and of composite [L. 7]

Zestaw kołowy hamowany wstawką żeliwną wykazuje degradację powierzchni tarcia koła tocznego, natomiast po hamowaniu wstawką z kompozytu powierzchnia tarcia koła jest wygładzona.

Przykładowe wyniki pomiarów zużycia zamieszczono w **Tabeli 2 i 3**. Przyjęto następujące symbole:

ra – wagon rozrządczy po stronie „a”,

s – wagon silnikowy,

rb – wagon rozrządczy po stronie „b”.

Tabela 2. Zestawienie wartości zużycia wstawek hamulcowych podczas badań eksploatacyjnych [L. 7]

Table 2. Brake insert wear observed in performance test [L. 7]

Rodzaj wagonu	Pociąg 1					
	eżt 1 (wstawki żeliwne)			eżt 2 (wstawki kompozytowe)		
	ra	s	rb	ra	s	rb
Przebieg do wymiany wstawek [km]	9700	6700	11000	80500	57500	73200
Czas eksploatacji wstawek przy dziennym przebiegu 300 km [dni]	33	22	37	268	192	244
Roczna ilość wymian wstawek przy dziennym przebiegu 300 km	11	17	10	1	2	1

Tabela 3. Zestawienie wartości zużycia wstawek hamulcowych podczas badań eksploatacyjnych [L. 7]

Table 3. Brake insert wear observed in performance test [L. 7]

Rodzaj wagonu	Pociąg 1					
	ezt 1 (wstawki żeliwne)			ezt 2 (wstawki kompozytowe)		
	ra	s	rb	ra	s	rb
Ilość wymian wstawek	4	6	4	0	0	0
Sumaryczne zużycie liniowe wstawek [mm]	152,4	222,1	134,1	19,5	27,3	21,4
Sumaryczne zużycie masowe wstawek [kg]	31,8	45,2	28,0	1,2	1,7	1,4
Promieniowe zużycie obręczy kół [mm]	2,1	2,5	2,3	0,9	1,6	0,7

Wyniki badań eksploatacyjnych potwierdziły fakt, że wstawki hamulcowe P10 wykazują większą intensywność zużycia liniowego materiału wstawki oraz większą intensywność zużycia liniowego materiału koła.

Zamieszczone wyniki badań eksploatacyjnych stanowią podstawę do oceny rodzaju i intensywności zużycia wstawek hamulcowych oraz wpływu zastosowanego materiału wstawek na skuteczność hamulca i współpracę z kołem, a także na przyczepność koło–szyna.

PODSUMOWANIE

Wyniki badań zużycia klocka hamulcowego i koła stanowią jeden z podstawowych etapów oceny przydatności materiału wstawki hamulcowej w układzie hamulcowym pojazdu szynowego.

Wstawki hamulcowe żeliwne wykazują większą intensywność zużycia ściernego współpracujących elementów; koła i klocka hamulcowego. Deformacja cieplna wstawki żeliwnej podczas hamowania powoduje dodatkowo powstawanie korrugacji wieńca koła na powierzchni ciernej [L. 6].

W pracy [L. 7] przedstawiono, między innymi, wyniki badań wstawki żeliwnej 3-segmentowej. Na podstawie przeprowadzonych badań, których wyniki zamieszczono w tej pracy dysercyjnej, można stwierdzić, że 3-segmentowe wstawki hamulcowe cechują się, między innymi, tymi samymi zaletami, co klasyczne wstawki żeliwne oraz dodatkowo powodują:

- zmniejszenie odkształceń cieplnych wstawek,
- poprawienie równomierności rozkładu nacisków jednostkowych w strefie tarcia,
- zmniejszenie maksymalnych wartości nacisków jednostkowych,
- poprawę skuteczności hamulca.

Wstawki kompozytowe wykazują mniejsze zużycie pary ciernej, natomiast w większym stopniu wpływają na wzrost temperatury wieńca koła podczas hamowania pojazdu. Mniejsze zużycie koła pozwala na wydłużenie przebiegów międzynaprawczych zestawu kołowego. Wydłużone przebiegi międzynaprawcze wpływają korzystnie na rozwój procesu owalizacji koła, a ten rodzaj zużycia powoduje wzrost poziomu emisji hałasu pojazdu szynowego podczas jazdy.

Makroobrazy zużycia badanej pary ciernej świadczą o zróżnicowanym wpływie wstawki żeliwnej i kompozytowej na propagację określonych rodzajów zużycia.

Wstawki żeliwne powodują, między innymi, powstawanie mikropeknięć na całej powierzchni ciernej koła [L. 6]. Ten rodzaj zużycia wpływa na skrócenie przebiegów międzynaprawczych zestawu kołowego pojazdu szynowego.

Wstawki kompozytowe ulegają, między innymi, pęknięciom cieplnym [L. 7].

Zamieszczone w pracy wyniki badań laboratoryjnych, stanowiskowych i eksploatacyjnych stanowią kolejne etapy badań w aspekcie wdrożenia nowych materiałów wstawek hamulca klockowego stosowanych na wstawki hamulca klockowego pojazdu szynowego.

LITERATURA

1. Ehlers H.R., Gärtner E.: Potenziale und Grenzen der Klotzbremse im Vergleich zur Scheibenbremse, ZEV+DET Glas. Ann. Nr 6/7 2002, s. 290–300.
2. Jurga S., Piec P.: Monitoring zużycia kół jezdnych tramwaju. Politechnika Wrocławska, Prace naukowe Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, ISSN 0324-9646, Wrocław 87/2002, s. 119–124.
3. Hochhuth C.: „Dynamische Bremsung und Reibungs Bremsung”. 5 Colleague ORE, 1971.
4. Piec P., Krettek O.: Schwingungstechnische Untersuchung der Bremsvorgaenge. Analyseergebnisse. RWTH Aachen 1981, s. 1–195.

5. Piec P., Zając G.: Computer aided analysis of friction process. Naukowy Żurnal, 6/2003, WISNIK Technologicznowo Yniwersitetu Podillia, Chmielnickij, Techniczni Nauki, s. 124–128.
6. Piec P.: Zjawiska kontaktowe w elementach pojazdów szynowych. Biblioteka Problemów Eksploatacji. ITeE Radom. Kraków 1999.
7. Urbańczyk P.: Wpływ odkształceń cieplnych wstawek nowej konstrukcji na pracę hamulca klockowego pojazdu szynowego. Praca dysercyjna. Promotor P. Piec. Politechnika Krakowska. Kraków 2010.

Recenzent:
Lech STARCZEWSKI

Summary

The problem discussed in the paper is rail vehicle brake shoe insert wear. The research results are a basis for the assessment of type and intensity of the wear of brake insert material. The paper includes some results of laboratory, test stand and operation tests. Based on the test results, the wear of the brake insert from certain materials has been assessed. Wear intensity determined insert life. Braking distance values give a basis for implementing, in operation, brake inserts made from certain materials.