ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1990

Seria: TRANSPORT z. 15 Nr kol. 1094

Henryk KULIKOWSKI
Adam TUŁECKI

Instytut Pojazdów Szynowych
Politechnika Krakowska

WPŁYW MATERIAŁU WSTAWEK HAMULCOWYCH NA ZUŻYCIE POWIERZCHNI TOCZNEJ KÓŁ JEZDNYCH ZESTAWÓW KOŁOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań eksploatacyjnych zużycia powierzchni tocznej kół jezdnych współpracujących ze wstawkami hamulcowymi wykonanymi z materiałów metalowych (żeliwo Zl200 i P14) oraz niemetalowych (tworzywo TK7 i KR5). Na podstawie metod analizy statystycznej dokonano oceny zużycia oraz przeprowadzono wnioskowanie statystyczne pozwalające na ocenę istotności wpływu materiału wstawek na zużycie kół jezdnych zestawów kołowych.

1. WPROWADZENIE

Jednym z podstawowych warunków pewności i bezpieczeństwa ruchu pojazdu szynowego jest prawidłowa praca układu hamulcowego, wyrażająca się głównie przebiegiem hamowania oraz jakościowymi i ilościowymi związkami towarzyszącymi procesowymi zużycia elementów pary ciernej. Ocena tej pracy jest szczególnie istotna z uwagi na fakt wprowadzania do eksploatacji wstawek hamulcowych wykonanych z żeliwa o podwyższonej zawartości fosforu P14 oraz z tworzyw niemetalowych oznaczonych symbolem TK7 i KR5.

Określone w badaniach laboratoryjnych i poligonowych własności tarciowo-zużyciowe wymienionych materiałów wskazują, że zastosowanie ich w pojazdach szynowych na PKP, przyniesie znaczne efekty ekonomiczne, wynikające głównie z ich większej odporności na zużycie ścierne. Wymaga to jednak m.in. uzyskania informacji o wielkości i sposobie zużycia elementów współpracujących ze wstawkami, tj. obręczy lub kół bezobręczowych. Pełne informacje w tym zakresie można uzyskać tylko po przeprowadzeniu badań eksploatacyjnych.

W niniejszej pracy zamieszczono wyniki badań eksploatacyjnych zużycia powierzchni tocznej kół jezdnych w zespołach trakcyjnych serii EN-57, współpracujących ze wstawkami z żeliwa tradycyjnego i P14 oraz z wstawkami niemetalowymi - tworzywo TK7 i KR5. Badania przeprowadzono na podstawie metodyki pozwalającej na statystyczne opracowanie wyników badań oraz wnioskowanie statystyczne.

2. Charakterystyka materiałowo-technologiczna pary ciernej koło jezdne - wstawka hamulcowa

Warunki pracy pary ciernej koło jezdne - wstawka hamulcowa pojazdu szynowego, określają wymagania, jakie powinny spełniać tworzywa cierne przeznaczone na wstawki hamulcowe. Jako ważniejsze wśród wspomnianych wymagań należy wymienić [1, 2]:

- możliwie stałą i kształtującą się, zależnie od potrzeb, na odpowiednim poziomie wartość współczynnika tarcia ślizgowego, niezależną od prędkości, nacisku jednostkowego i warunków otoczenia,
- wysoką odporność na zużycie, przy jednoczesnym wyeliminowaniu zmiany profilu powierzchni tocznej koła jezdnego, spowodowanej procesem bruzdowania, mikroskrawania itp.,
- możliwe krótkiego i prawidłowo przebiegającego procesu docierania,
- wysoką odporność na obciążenia cieplne, wyrażającą się zdolnością do pochłaniania i szybkiego odprowadzania do otoczenia dużej ilości wywiązującego się w procesie hamowania ciepła oraz eliminującą możliwość występowania niekorzystnych zmian strukturalnych czy uszkodzeń termicznych,
- odpowiednią wytrzymałość mechaniczną (głównie na nacisk powierzchniowy i ściskanie), by pod wpływem działania sił o charakterze statycznym i dynamicznym nie zachodziło pękanie, kruszenie, względnie rozwarstwianie materiału wstawki,
- wysoką odporność na chwilowe oraz długotrwałe działanie czynników atmosferycznych, w szczególności nie podleganie procesowi starzenia,
- brak ewentualnego niekorzystnego wpływu na stan powierzchni tocznej koła, aby w warunkach eksploatacyjnych nie następowało obniżenie jego przyczepności z szyną,
- brak lub niskie szkodliwe oddziaływanie produktów zużycia na środowisko naturalne, urządzenia elektryczne pojazdu szynowego, a także urządzenia zabezpieczenia ruchu i łączności,
- nie występowanie nadmiernego iskrzenia.

Częściowa przeciwstawność wymienionych wymagań sprawia, że zakres ich spełniania przez materiały rozpowszechnione w produkcji wstawek hamulcowych jest ograniczony. Zasadniczo wstawki z żeliwa szarego nie spełniają warunku stabilności współczynnika tarcia oraz wymaganej odporności na zużycie. Natomiast z tworzyw niemetalowych stwarzają niekiedy zagrożenie wystąpienia w parze ciernej nadmiernych obciążeń cieplnych, niekorzystnego oddziaływania na stan i profil powierzchni tocznej oraz nadmiernych wahań wartości współczynnika tarcia w zmiennych warunkach atmosferycznych.

W ocenie wpływu materiału wstawek na zużycie kół jezdnych, wzięto pod uwagę wstawki z żeliwa szarego, żeliwa wysokofosforowego P14, a także

z tworzyw niemetalowych: Tarkolu TK7 i Koralu KR5, które współpracowały z obręczami ze stali węglowej P70. W tablicy 1 podano skład chemiczny materiału obręczy oraz wstawek żeliwnych.

Tablica 1

Skład chemiczny materiału obręczy i wstawek żeliwnych

Materiał	Zawartość składnika [%]					
	C	Mn	Si	P_{max}	S_{max}	P+S
P70	nie określa się			0,04	0,04	0,07
ZL200	2,8-3,6	0,4-1,4	1,4-2,0	0,8	0,16	-
P14	2,8-3,6	0,4-1,4	1,4-2,0	1,35-1,55	0,16	-

Zwiększona zawartość fosforu w żeliwie P14 zmienia w sposób zasadniczy strukturę żeliwa oraz wpływa na proces grafityzacji. W stosunku do żeliwa ZL200, wtrukture osnowy jest bogatsza w perlit przy jednoczesnym znacznie większym udziale objętościowym eutektyki fosforowej. Ze względu na niską temperaturę topnienia (t = 1205 K), wspomniana eutektyka krzepnie w żeliwie ostatnia i w związku z tym jej kształt zewnętrzny ograniczony jest powierzchniami wklęsłymi uprzednio skrystalizowanej osnowy. Wzrost zawartości fosforu, przejawiający się w strukturze żeliwa głównie większym udziałem eutektyki fosforowej, istotnie zwiększa jego odporność na zużycie.

Poza wstawkami żeliwnymi, jak już wspomniano, określono zużycie obręczy przy współpracy ze wstawkami z tworzyw niemetalowych, których skład chemiczny przedstawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Skład chemiczny tworzyw niemetalowych zastosowanych na wstawki hamulcowe [3]

Zawartość skład. [%] / Symbol tworzywa	Żywica rezolowa	Rezolit K-4	Kalafonia	Azbest	Czerń żelazowa	Baryt ($BaSO_4$)	Proszek żeliwny	Grafit	Kaolin	Proszek ołowiu
Tarkol TK7	-	20	5	30	20	15	-	3	-	7
Koral KR5	25	-	-	25	-	25	15	3	7	-

Tworzywa, z których wykonano wstawki hamulcowe, składają się z wielkocząsteczkowej substancji wiążącej, którą stanowi żywica termoutwardzalna oraz wypełniaczy. Z poszczególnych wypełniaczy istotną rolę odgrywają dodatki metaliczne o odpowiednim rozdrobnieniu, które wprowadzono do tworzywa w celu podwyższenia jego przewodności cieplnej, rzutującej bezpo-

średnio na wzrost wytrzymałości termicznej oraz stabilizację wartości współczynnika tarcia. Środki smarne w tworzywie ciernym mają znaczny wpływ na obniżenie wartości zużycia oraz przebieg współczynnika tarcia w funkcji prędkości i temperatury.

3. Cel i zakres badań własnych

Celem badań eksploatacyjnych było określenie zużycia liniowego powierzchni tocznej kół jezdnych w funkcji przebiegu pojazdu, przy zastosowaniu wstawek hamulcowych wykonanych z różnych materiałów. Ocenę zużycia oparto na analizie porównawczej uzyskanej poprzez obserwację współpracy pary ciernej koło jezdne - wstawka hamulcowa, w identycznych warunkach eksploatacyjnych. Przystępując do realizacji badań, wózki w zespołach trakcyjnych EN-57, wyposażono jednocześnie w wstawki hamulcowe wykonane z czterech badanych materiałów (żeliwo Zl200, P14, tworzywo KR5, TK7). Badania realizowano na terenie PDOKP, a pomiary grubości obręczy przeprowadzono podczas przeglądów okresowych w Lokomotywowni Kraków-Prokocim, w odstępach 14-16 dniowych (co odpowiadało przebiegowi rzędu 5000 km). Grubość obręczy mierzono w trzech miejscach na jej obwodzie zgodnie z PN-68/K-91042, a wartość zużycia liniowego (y) powierzchni tocznej kół jezdnych określano z zależności:

$$y = \overline{y}_p - \overline{y}_x \quad [mm] \tag{1}$$

gdzie:

$\overline{y}_p$ - średnica początkowa grubości obręczy [mm],

$\overline{y}_x$ - średnica grubości obręczy po określonym przebiegu x [mm].

Rejestrację pomiarów uzupełniono sprawdzeniem stanu powierzchni tocznej obręczy, zwracając uwagę na ewentualną obecność płaskich miejsc, narostów lub mikropęknięć cieplnych.

4. Metodyka opracowania wyników badań

Odbywające się w specyficznych warunkach badania eksploatacyjne zużycia powierzchni tocznej kół jezdnych, wymagają odpowiedniego opracowania i wyboru metod statystycznej analizy wyników pomiarów. W celu realizacji badań przyjęto układ doświadczalny oparty na programie statystycznym zdeterminowanym kompletnym [4], który wymagał spełnienia następujących warunków:

- z ogółu eksploatowanych pojazdów wybrano jednostki pomiarowe, na których dokonywano pomiarów,

- jednostki eksperymentalne (wstawki) zostały przydzielone do grup obiektowych (wózki) w ilości n_i do każdego z "C" obiektów,
- wybrane jednostki można uznać za reprezentację populacji pod względem odchyłek konstrukcyjno-montażowych,
- zmienne losowe y_i (wartości zużycia) mają rozkłady normalne o średniej $\bar{y}$ i odchyleniu standardowym $\pm\sigma$,
- każdej wartości x_i (przebieg) odpowiada tylko jedna wartość y_i.

W celu ustalenia zależności między zmiennymi: przebieg pojazdu (x) - zużycie (y) zastosowano analizę korelacji i regresji. Przez wyznaczenie współczynnika korelacji określono stopień powiązania pomiędzy dwoma zbiorami zmiennych losowych, natomiast analiza regresji pozwoliła na identyfikację kształtu funkcji regresji. W pierwszym etapie opracowania wyników badań należy obliczyć i zestawić w tablicach średnie wartości zużycia liniowego obręczy y. Otrzymane szeregi rozdz elcze dla kolumn, reprezentują rozkłady warunkowe zużycia y, dla odpowiednich wartości przebiegu x.

W celu ustalenia typu zależności pomiędzy analizowanymi zmiennymi, parom liczbowym (x,y) należy przyporządkować odpowiednio punkty na płaszczyźnie $O_{x,y}$. Aproksymacja przebiegu $y = f(x)$ może być dokonana jedną z następujących funkcji:

$$y = a\,x + b \tag{2}$$

$$y = b\,a^x \tag{3}$$

$$y = b\,x^a \tag{4}$$

$$y = a\,\lg x + b \tag{5}$$

$$y = a/x + b \tag{6}$$

Funkcje [3-6] mogą zostać przekształcone na postać liniową po przyjęciu odpowiednich oznaczeń [5]. Np. dla funkcji $y = ba^x$ oznaczenia są następujące:

$$\log y = \check{y},\quad \log b = \check{b},\quad \log a = \check{a}$$

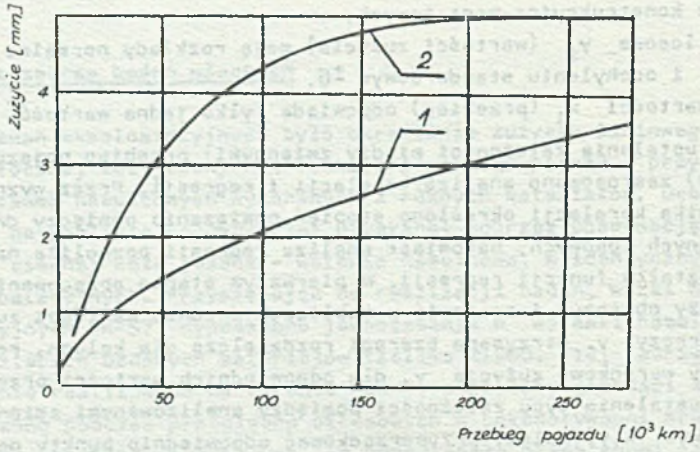
Otrzymujemy wówczas zależność liniową:

$$\check{y} = \check{a}\,x + \check{b} \tag{7}$$

Jak wykazano w pracach [6, 7] dla określonego zakresu pomiarowego można z dużym prawdopodobieństwem przyjąć założenie o liniowym charakterze funkcji regresji, zgodnie z równaniem (2).

Istotnego znaczenia nabiera więc ustalenie zakresu przebiegu pojazdu, dla którego zużycie jest w przybliżeniu funkcją liniową. Na rys. 1 przed-

stawiono zużycie obrzeża i powierzchni tocznej koła jezdnego w zależności od przebiegu [8].



Rys. 1. Krzywe zużycia powierzchni tocznej koła jezdnego oraz obrzeża 2 w zależności od przebiegu pojazdu [8]

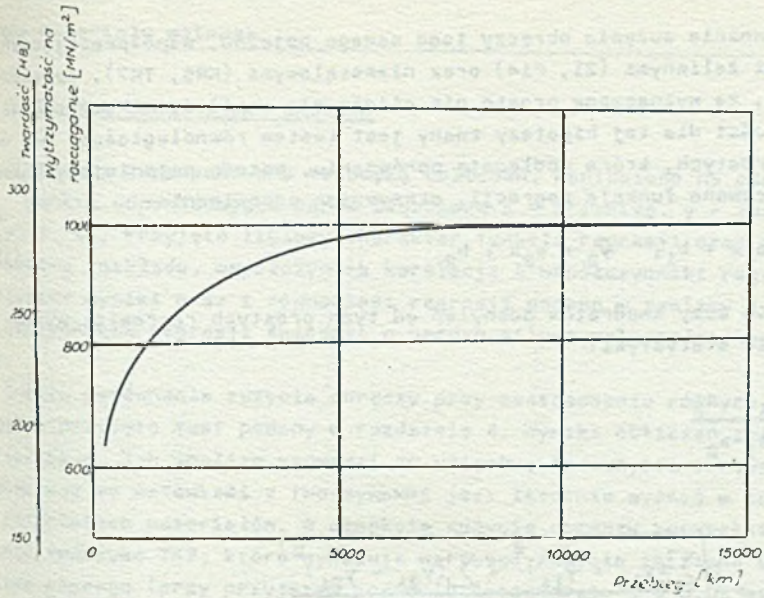
Fig. 1. Curves of the wear of the wheel head of the wheel sets 1 and of the rim 2 in dependence on the mileage of car [8]

Jak wynika z rysunku, krzywa zużycia powierzchni tocznej może być traktowana jako linia prosta, w odróżnieniu od krzywej zużycia obrzeża, której przebieg ma charakter funkcji logarytmicznej. Wyniki pracy [9] wskazują, że procesowi zużycia obręczy w zakresie przebiegu od 0-5000 km towarzyszą intensywne zmiany własności materiału (wytrzymałość na rozciąganie, twardość). Następuje więc samoistne umocnienie warstwy wierzchniej powierzchni tocznej koła, co prowadzi z kolei do podwyższenia odporności na zużycie ścierne. Powyżej 5000 km zmiana własności materiału zachodzi wolniej i ma charakter linii prostej. Wartość tego przebiegu można więc traktować jako granicę zakończenia procesu wzajemnego "docierania się" koła z szyną i wstawką hamulcową (rys. 2).

Zgodnie z powyższym przyjęto, że zbiór punktów dla przebiegu powyżej $5x10^3$ km odpowiada zużyciu o charakterze liniowym, wg równania (2). Korzystając z podanych niżej wzorów obliczono dla odpowiednich danych następujące parametry rozkładu:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$ - średnia wartość zmiennej x - przebieg (8)

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$ - średnia wartość zmiennej y - zużycie (9)



Rys. 2. Zmiana własności materiału obręczy w zależności od przebiegu pojazdu 9

Fig. 2. Change of the properties of the rim material in dependence on the mileage 9

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}} \text{ - odchylenie standardowe zmiennej } x \tag{10}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \bar{y})^2}{n}} \text{ - odchylenie standardowe zmiennej } y \tag{11}$$

$$k_{xy} = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n} \text{ - moment korelacyjny} \tag{12}$$

Następnie obliczono współczynnik korelacji:

$$r = \frac{k_{xy}}{S_x \, S_y} \tag{13}$$

oraz oceniono stopień zależności korelacyjnej.

Wartość współczynnika korelacji powinna się zawierać w zakresie od 0,9 do 1,0, co odpowiada bardzo silnej zależności korelacyjnej. Dla $r \leq 0,8$ należy obliczenia powtórzyć przyjmując inną postać funkcji regresji, wg równań 3-6.

W dalszej kolejności na podstawie wzorów:

$$a = r \cdot \frac{S_y}{S_x}; \quad b = \bar{y} - a\bar{x} \tag{14}$$

wyznaczono współczynnik regresji oraz równania prostej.

Dla porównania zużycia obręczy tego samego pojazdu, współpracujących ze wstawkami żeliwnymi (Zl, P14) oraz niemetalowymi (KR5, TK7), sprawdzono hipotezę, że wyznaczone proste nie różnią się współczynnikami regresji. Test istotności dla tej hipotezy zwany jest testem równoległości. Dla dwu dowolnych prostych, które podlegają porównaniu, metodą najmniejszych kwadratów, oszacowano funkcję regresji, otrzymując odpowiednio:

$$\hat{y}_1 = a_1 x + b_1; \quad \hat{y}_2 = a_2 x + b_2 \tag{15}$$

Po obliczeniu sumy kwadratów odchyleń od tych prostych regresji, wyznaczono wartość statystyki:

$$t = \frac{a_1 - a_2}{S_{a_1 - a_2}} \tag{16}$$

gdzie:

$$S_{a_1-a_2} = \sqrt{\frac{\sum(y_{1i} - \hat{y}_{1i})^2 + \sum(y_{2i} - \hat{y}_{2i})^2}{n_1 + n_2 - 4} \cdot \frac{1}{\sum(x_{1i} - x_1)^2} + \frac{1}{\sum(x_{2i} - x_2)^2}} \tag{17}$$

Z rozkładu t-Studenta, dla ustalonego poziomu istotności $\gamma = 0{,}05$ przy n_1+n_2-4 stopniach swobody, należy odczytać wartość krytyczną statystyki t_γ. Jeżeli w wyniku obliczeń otrzymano nierówność:

$$|t| < t_\gamma \tag{18}$$

stwierdzamy, że nie ma podstaw do odrzucenia postawionej hipotezy H_0: $\alpha_1 = \alpha_2$. Wynik ten oznacza, że proste regresji można przyjąć za równoległe i należy uznać, że średnie zużycie obręczy dla obu materiałów wstawek jest równe, przy dopuszczalnej różnicy w granicach 5%.

Jeżeli porównując obliczoną wartość statystyki t z wartością krytyczną t_γ, otrzymamy nierówność:

$$|t| \geqslant t_\gamma \tag{19}$$

to hipotezę H_0 o równości współczynników regresji w badanych populacjach należy odrzucić, na korzyść hipotezy alternatywnej H_1: $\alpha_1 \neq \alpha_2$. Można również sformułować hipotezę alternatywną w postaci H_1: $\alpha_1 < \alpha_2$ lub w postaci H_1: $\alpha > \alpha_2$ uwzględniając jednocześnie odpowiednio lewostronny lub prawostronny obszar krytyczny.

5. Wyniki badań i ich analiza

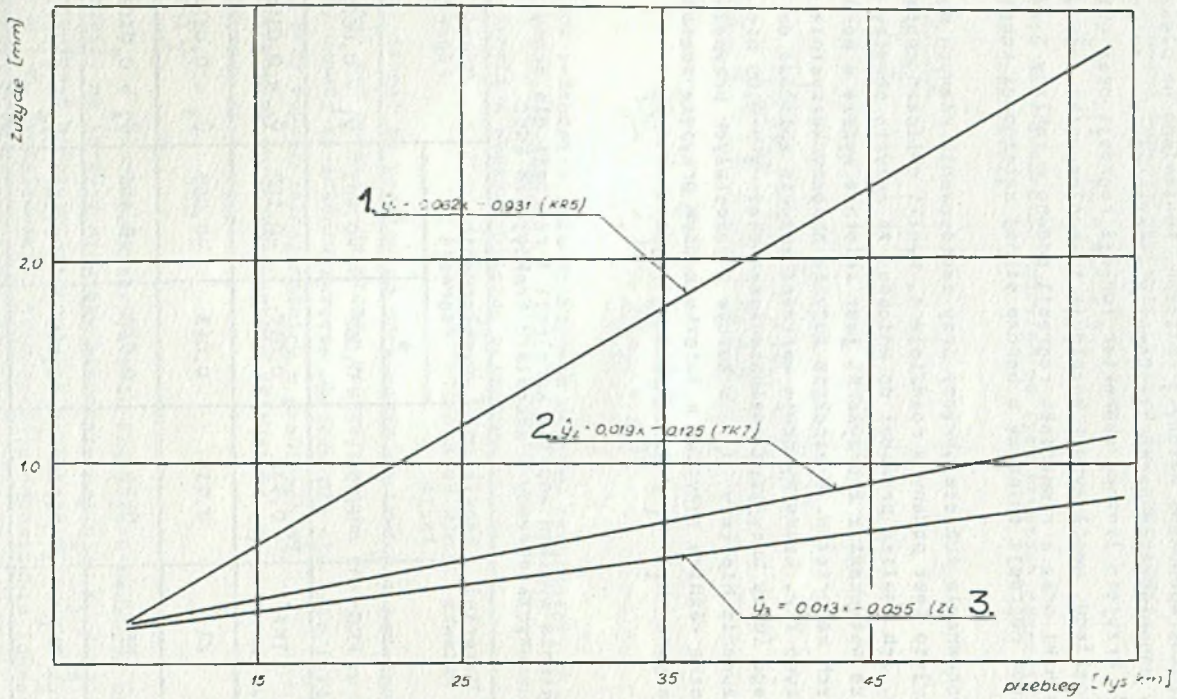
Zgodnie z zaproponowaną metodyką obliczeń, naniesiono na płaszczyznę 0_{xy} punkty odpowiadające parom liczbowym x - przebieg, y - zużycie (rys. 3, 4). Przyjęto liniowy charakter funkcji regresji oraz obliczono parametry rozkładu, współczynnik korelacji i współczynniki regresji. Otrzymane wyniki wraz z równaniami regresji podano w tablicy 3. Wartości współczynników regresji świadczą o bardzo silnej zależności korelacyjnej.

W celu porównania zużycia obręczy przy zastosowaniu różnych materiałów wstawek przyjęto test podany w rozdziale 4. Wyniki obliczeń zestawiono w tablicy 4. Ich analiza prowadzi do wniosku, że zużycie obręczy przy współpracy ze wstawkami z tworzywaKR5 jest istotnie wyższe w porównaniu do pozostałych materiałów. W aspekcie zużycia obręczy korzystnie należy ocenić tworzywo TK7, które wykazuje wartości zużycia zbliżone do wartości żeliwa szarego (przy przyjętym poziomie istotności $\gamma = 0,05$ nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_0). W każdym z pozostałych przypadków wystąpiły istotne różnice zużycia, w związku z czym przyjęta została hipoteza alternatywna H_1: $\alpha_1 \neq \alpha_2$.

Tablica 3

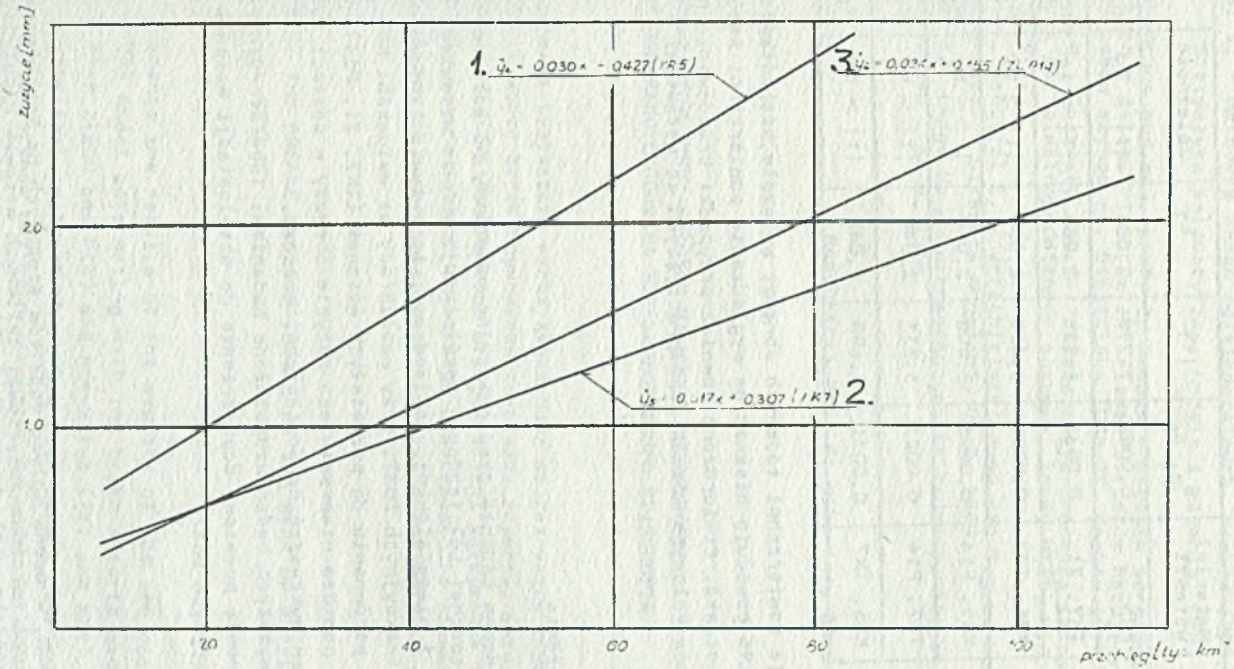
Zestawienie wyników analizy korelacji i regresji dla oceny zużycia obręczy w zespołach trakcyjnych EN57

Zespół trakcyjny	Materiał wstawki	Współczynnik korelacji	Współczynniki regresji		Równanie regresji
			a	b	
EN57 866	KR5	0,954	0,062	-0,931	$\hat{y}_1 = 0,062x-0,931$
EN57 867	TK7	0,938	0,019	-0,125	$\hat{y}_2 = 0,019x-0,125$
	Zl	0,915	0,013	-0,055	$\hat{y}_3 = 0,013x-0,055$
EN57 941	KR5	0,987	0,030	0,422	$\hat{y}_4 = 0,030x50,422$
	TK7	0,922	0,017	0,307	$\hat{y}_5 = 0,017+0,307$
	P14, Zl	0,990	0,024	0,155	$\hat{y}_6 = 0,024x+0,155$



Rys. 3. Zużycie liniowe obręczy zespołów trakcyjnych EN57 przy współpracy ze wstawkami 1 - tworzywo KR5, 2 - tworzywo TK7, 3 - żeliwo Zl20

Fig. 3. Linear wear of the rims of the articulated trains EN57 with the cooperation of shoes 1 - plastic KR5, 2 - plastic TK7, 3 - cast iron Zl20



Rys. 4. Zużycie liniowe obręczy zespołów trakcyjnych EN57 przy współpracy ze wstawkami
1 - tworzywo KR5, 2 - tworzywo TK7, 3 - żeliwo P14

Fig. 4. Linear wear of the rims of the articulated trains EN57 with the some cooperation of the shoes
1 - plastic KR5, 2 - plastic TK7, 3 - cast iron P14

Tablica 4

Zestawienie wyników testu istotności dla dwóch współczynników regresji zespołów trakcyjnych EN57

Zespół trakcyjny	Materiał wstawki	$S_{a_1-a_2}$	$\lvert t \rvert$	t_γ	Zależność	Hipoteza
EN57-866	KR5	0,0063	7,778	2,086	$\lvert t \rvert > t_\gamma$	$H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2$
EN57-867	TK7, Zl	0,0031	1,935	2,086	$\lvert t \rvert < t_\gamma$	$H_o: \alpha_1 = \alpha_2$
	KR5, TK7	0,0067	6,418	2,086	$\lvert t \rvert > t_\gamma$	$H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2$
EN57-941	KR5, P14	0,0023	2,608	2,060	$\lvert t \rvert > t_\gamma$	$H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2$
EN57-942	TK7, P14	0.0021	3,333	2,048	$\lvert t \rvert > t_\gamma$	$H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2$
	KR5, TK7	0,0031	4,190	2,041	$\lvert t \rvert > t_\gamma$	$H_1: \alpha_1 \neq \alpha_2$

Obserwacje powierzchni tocznych obręczy wykazały, że wstawki niemetalowe TK7 i KR5 powodują nieznaczne wygładzanie powierzchni współpracy obręczy ze wstawką. Stwierdzono również przypadki bruzdowania na obręczach zestawów kołowych wózków współpracujących ze wstawkami z tworzywa KR5.

6. Zakończenie

Przeprowadzone badania eksploatacyjne pozwoliły na porównanie zużycia powierzchni tocznej kół jezdnych współpracujących ze wstawkami hamulcowymi żeliwnymi i niemetalowymi. Stwierdzono, że zużycie liniowe obręczy w zespołach trakcyjnych EN57, przy współpracy ze wstawkami KR5 jest istotnie wyższe w porównaniu do pozostałych wstawek (TK7, Zl, P14). Wstawki KR5 powodują ponadto nieprawidłowe zużycie obręczy w postaci rys i powierzchniowych wykruszeń na powierzchni tocznej.

Wyniki powyższych badań uzupełnione badaniami laboratoryjnymi i poligonowymi stanowią podstawę dopuszczenia do eksploatacji wstawek TK7 w zespołach trakcyjnych EN57.

LITERATURA

[1] Sorochtej M. - Ocena wpływu dodatków stopowych na kształtowanie charakterystyki tarciowo-zużyciowej żeliwnych wstawek hamulcowych. Rozprawa doktorska. Pol. Krakowska, 1979.

[2] Zbertek J. - Wybrane zagadnienia tribologiczne hamowania pojazdów szynowych wstawkami z tworzyw niemetalowych. Rozprawa doktorska. Pol. Krakowska, 1980.

[3] Praca zbiorowa pod red. J. Brosia - Wprowadzenie wstawek hamulcowych z tworzyw niemetalowych w pociągach wahadłowych - wdrożenie do próbnej eksploatacji wstawek hamulcowych z tworzyw niemetalowych. Biblioteka IPSz PK, Kraków 1980.

[4] Polański Z. - Metodyka badań doświadczalnych, Kraków 1979.

[5] Greń J. - Statystyka matematyczna. Modele i zadania. PWN, Warszawa 1976.

[6] Praca zbiorowa pod red. prof. J. Brosia - Badania wdrożeniowe wstawek hamulcowych z żeliwa P14 oraz określenie ciężarów hamujących wybranych typów pojazdów szynowych. Biblioteka IPSz PK, Kraków 1977.

[7] Górecki A.W., Gołowaty A.T. - Issledovanije processa iznosa bandażej koliesnych par elektropodniżnowo sostawa. Trudy MIIT, Wyp. 470, Moskwa 1974.

[8] Staufer W., Schoffel E. - Verschleisamindung ein Weg zu hoheren Laufleistungsgreuzen. "Glassers Annalen", No 3, 1963.

[9] Egelkrant K., Lange H. - Untersuchungen em Radsatz. "Eisenbahn Technische Rundshau", No 8, 1966.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Józef Marciniak

Wpłynęło do Redakcji w styczniu 1990

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ТОРМОЗНЫХ КОЛОДОК НА ИЗНОС ПОВЕРХНОСТИ КАТАНИЯ КОЛЕС ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Р е з ю

Доклад содержает результаты эксплуатационных исследований износа поверхности катания колес после торможения колодками тормоза. Колодки были сделаны из чугуна ZL200 и P14, а тоже с керамических материалов TK7 и KR5. Методами статистического анализа определено существенность влияния материала тормозных колодок на износ поверхности катания колес подвижного состава.

THE INFLUENCE OF THE BREAKE SHOES MATERIAL ON THE WEAR OF WHEEL TREAD OF THE WHEEL SETS

S u m m a r y

The paper presents the results of the studies of the use wear of the wheel tread of the wheel sets mating with the brake inserts made of metal material (cast iron Zl200 and P14) and non-metal (TK7 and KR5). On the basis of the statistical analysis there has been made a wear assessment and a statistical inference has been conducted in order to assess the importance of the fluence of the breake inserts material on the wear of the wheel tread of a wheel set.