ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2003
Seria: TRANSPORT z. 48 Nr kol. 1604

Andrzej HEŁKA

BADANIE WSPÓŁCZYNNIKÓW TARCIA KOMPOZYTOWYCH KLOCKÓW HAMULCOWYCH

Streszczenie. W pracy opisano wyniki pomiarów kompozytowych wstawek klocków hamulcowych wykonanych w czasie badań na stanowisku bezwładnościowym. Przeprowadzone próby miały na celu wyznaczenie współczynnika tarcia dla nowego materiału i jego zależności od różnych konstrukcji wstawki.

RESEARCH OF FRICTION COEFFICIENT OF PLASTIC BRAKE SHOES

Summary. The article describes the measurements' results of composite breake shoes which were done on inertial stand testing. The aim of testing was determining of friction coefficient for new material and his dependence on different constructions of brake shoes.

1. WSTĘP

Klocki hamulcowe z tworzyw sztucznych dzieli się zasadniczo na dwie grupy:

- klocki hamulcowe typu K (kompozyt o wysokim współczynniku tarcia),
- klocki hamulcowe typu L (kompozyt o niskim współczynniku tarcia).

Klocki hamulcowe ze wstawkami typu K mają podobną budowę do klocków żeliwnych, jednak nie mogą być z nimi stosowane zamiennie ze względu na inną budowę mechanizmu dźwigniowego hamulca związaną z większymi wartościami współczynnika tarcia dla tego materiału. Klocki hamulcowe ze wstawkami typu L po przeregulowaniu istniejących układów hamulcowych (przeregulowanie ciśnienia w cylindrach hamulcowych) mogą być stosowane zamiennie ze wstawkami żeliwnymi. W wagonach nowych oraz w wagonach modernizowanych Karty UIC zalecają stosowanie kompozytowych wstawek hamulcowych typu K o wyższym współczynniku tarcia. W każdym przypadku skład materiału kompozytowego musi zostać dobrany pod kątem osiągnięcia optymalnego kompromisu pomiędzy technicznymi własnościami hamowania, zużyciem, agresywnością w stosunku do bieżni koła, jak również wpływem na współczynnik przyczepności pomiędzy kołem a szyną.

Średni współczynnik tarcia okładzin typu K wynosi ok.0,25. Dla okładzin typu L średni współczynnik tarcia wynosi 0,12 - 0,18. W nowym projekcie Karty UIC 541-4 przewiduje się stosowanie bezpośrednich zamienników wstawek żeliwnych (typ LL) w istniejących układach hamulcowych. Średni współczynnik tarcia wstawek tego typu powinien zawierać się w zakresie 0,08 - 0,12 (dla V=100 [km/h], siły nacisku F_B = 60 [kN] i masie 11,25 [t]).

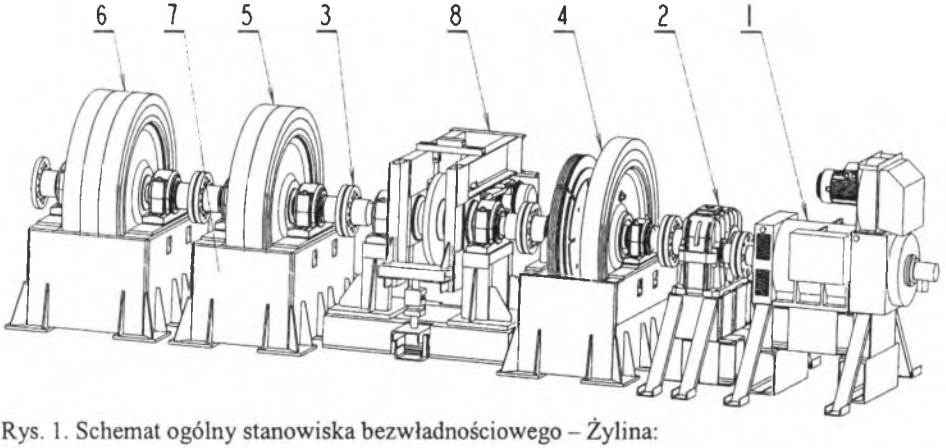
Współczynnik tarcia wstawki powinien, w miarę możliwości, być niezależny od wyjściowej prędkości hamowania, docierania wstawki, nacisku powierzchniowego, a także od temperatury i wpływów atmosferycznych. Wartości chwilowego i średniego współczynnika tarcia nie mogą się odchylać o więcej niż 15% dla hamowania suchego (krótkiego i długotrwałego).

Poszczególne części składowe wstawek muszą być w swej masie równomiernie rozmieszczone. Nie mogą istnieć kratery, pęcherze i inne wady w materiale wstawki. Materiał wstawki nie może naruszać powierzchni obręczy i nie może skłaniać do tworzenia metalicznych wtrąceń. Wstawki kompozytowe nie mogą wywoływać żadnych uszkodzeń cieplnych na kołach (plam, przypalenia, rys, wykruszeń), które są większe niż uszkodzenia powodowane przez żeliwne wstawki klocków hamulcowych na takich samych kołach w tych samych warunkach.

Wstawki kompozytowe nie powinny powodować istotnych zmian współczynnika przyczepności pomiędzy kołem i szyną w porównaniu do wartości osiąganych przy hamowaniu żeliwnymi wstawkami klocków hamulcowych.

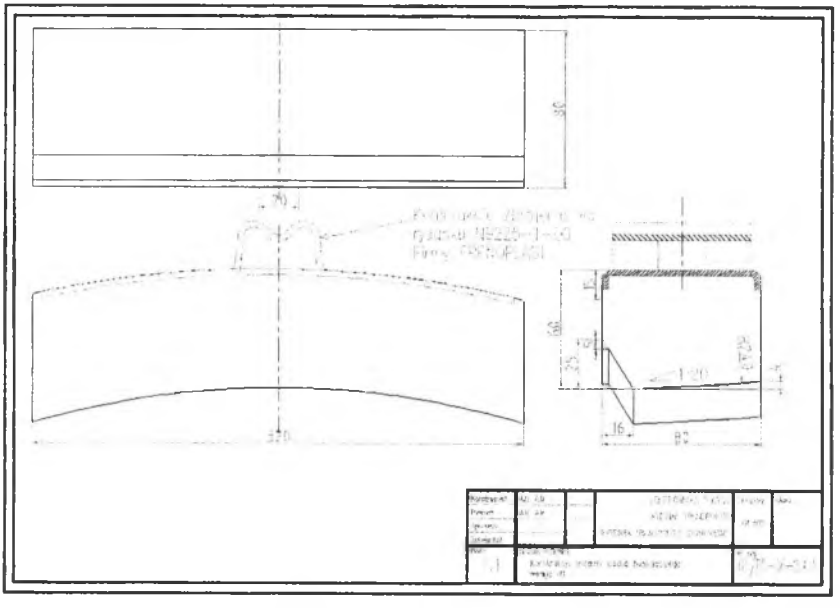
2. BADANIA STANOWISKOWE

Celem przeprowadzonych badań stanowiskowych była ocena przydatności nowego materiału kompozytowego wykorzystywanego na wstawki klocków hamulcowych dla taboru kolejowego. Drugim bardzo ważnym celem badań było określenie wpływu konstrukcji wstawki (konkretnie jej powierzchni ciernej) na parametry związane z hamowaniem. Do przeprowadzenia tych badań wykorzystane było stanowisko bezwładnościowe do badań klocków hamulcowych w wielkości naturalnej znajdujące się w Uniwersytecie Technicznym w Żylinie (rys. 1 i zdj. 1). Stanowisko to jest homologowane przez ORE (ERRI) i zgodne jest z wymogami Karty UIC 541-3 zał.5, pkt 6.3. Badane były wstawki w układzie Bg, czyli 2 wstawki typu DO320 na koło wykonane z kompozytu typu L2 (oznaczony symbolem FR 502) firmy Frenoplast o trzech różnych rodzajach konstrukcji pokazanych na rys. 2, 3 i 4. Wstawki współpracowały zgodnie z kartą UIC 510-5 z kołem kolejowym typu Ore-standard 28UIC135 o zewnętrznej średnicy obręczy 870 [mm]. Badania przedstawione w tej pracy są częścią kompleksowych badań stanowiskowych i eksploatacyjnych nowych materiałów kompozytowych typu L przeznaczonych na wstawki klocków hamulcowych pojazdów szynowych prowadzonych w Katedrze Transportu Szynowego Politechniki Śląskiej w Katowicach.

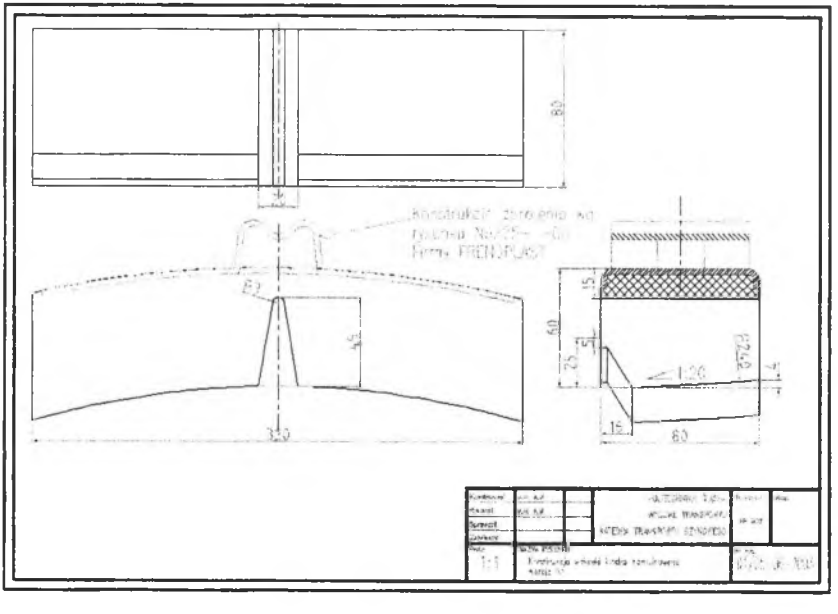


Rys. 1. Schemat ogólny stanowiska bezwładnościowego – Żylina:
1 - silnik, 2 - przekładnia zębata, 3 - sprzęgło, 4 - masa bezwładna I, 5 - masa bezwładna II, 6 - masa bezwładna III, 7 - korpus stanowiska, 8 - koło z klockowym hamulcem kolejowym

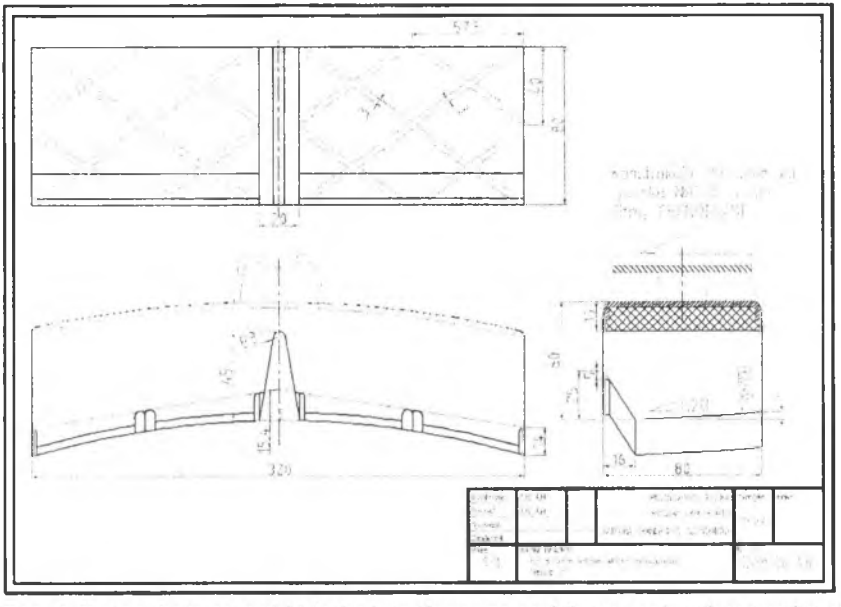
Fig. 1. Scheme of inertial stand – Żilina:
1 - engine, 2 - toothed gear, 3 - coupling, 4 - inertial mass I, 5 - inertial mass II, 6 – inertial mass III, 7 - stand body, 8 - wheel with breake shoes



Rys. 2. Konstrukcja wstawki klocka hamulcowego bez rowków
Fig. 2. Construction of brake shoes with no grooves



Rys. 3. Konstrukcja wstawki klocka hamulcowego z 1 rowkiem na powierzchni ciernej
Fig. 3. Construction of brake shoes with one groove on working surface



Rys. 4. Konstrukcja wstawki klocka hamulcowego z wieloma rowkami na powierzchni ciernej
Fig. 4. Construction of brake shoes with many grooves on working surface

W ramach badań przeprowadzone zostały następujące pomiary wymagane przez kartę UIC (541-4) dla badań stanowiskowych:
- chwilowy współczynnik tarcia,
- średni współczynnik tarcia,
- temperatura koła,
- siła nacisku klocków,
- prędkość koła.

Pomiar współczynnika tarcia dokonywany był przez czujnik umieszczony i zabudowany na stanowisku dokonujący pomiaru siły hamowania, która następnie była przeliczana przez program na współczynnik tarcia, a wynik zapisywany w pliku.

Temperatura w kole, mierzona pod powierzchnią toczną - pomiar ze stanowiska (trzy termopary umieszczone 7 mm pod powierzchnią koła). Pomiar temperatury dokonywany był przez czujniki umieszczone i zabudowane w kole na stanowisku, odczytywany w kabinie operatora na monitorze i zapisywany w pliku.

Badania stanowiskowe były przeprowadzone w dniach: 20.09.2003 – 25.09.2003 na stanowisku w skali 1:1 znajdującym się w Uniwersytecie Technicznym w Żylinie. Na przedstawionym stanowisku zostały przeprowadzone badania par ciernych hamulca zgodne z programem badań pokazanym w tab. 1.

Tabela 1

Program badań

Wstawki	Kompozyt typu L i żeliwo P10
Typ wstawki	2 wstawki Bg 320x80 ($_{-0}^{+3}$) mm na koło
Rodzaj koła	Ore-standard zgodne z kartą UIC 510-5
Średnica koła	ø 870 $^{+}$.5 mm

Nr hamowania			Prędkość początkowa	F_B całkowita siła na koło	Temperatura początkowa θ_0	Masa hamująca na koło	Uwagi
			[km/h]	[kN]	[^{0}C]	[t]	
1-1 do 1-X			100	60	20-100	9,0	
97 98 99 100		109 110 111 112	100 30 120 60	60	50-60	11,25	
101 102 103 104		113 114 115 116	100 30 120 60	20			
105 106 107 108		117 118 119 120	100 30 120 60	40			
	130		70		-	-	Hamowanie długotrwałe 30 min

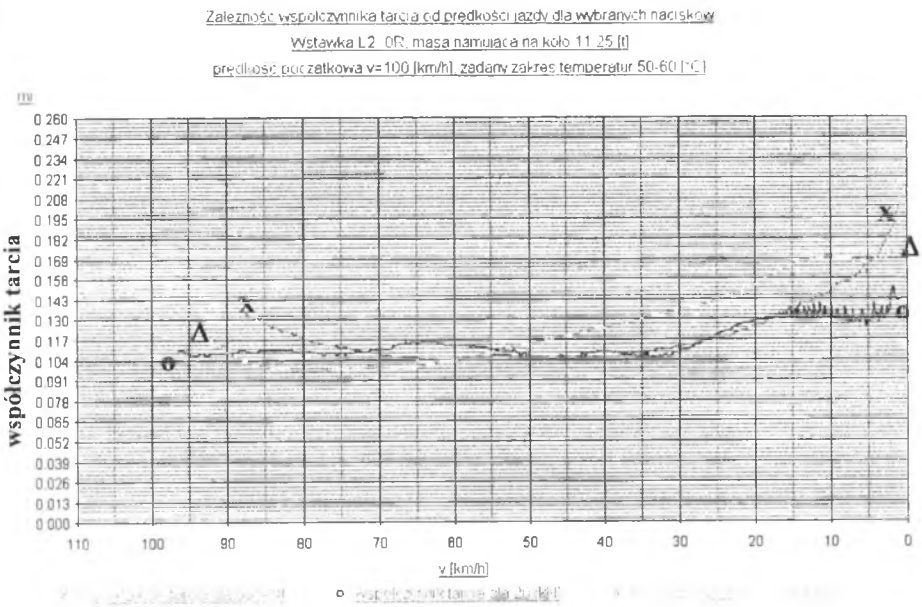
3. WYNIKI BADAŃ

Przebiegi zaprezentowane na wykresach uwzględniają tylko wartości po osiągnięciu 95% siły dociskającej klocki do obręczy koła F_B. Czas napełniania cylindrów na stanowisku do momentu osiągnięcia 95% F_B wynosił około 4 [s]

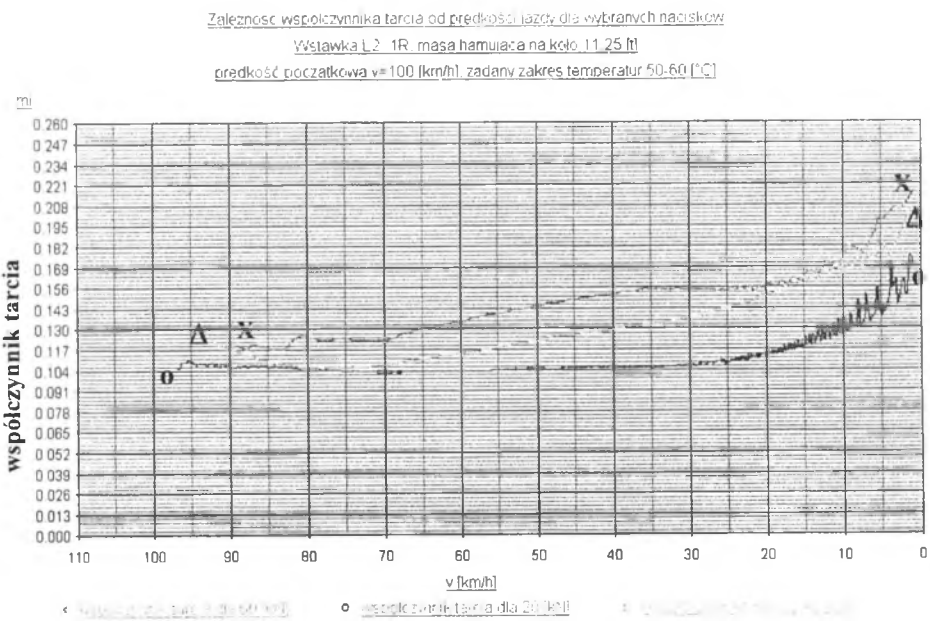
Według wymagań ORE [3] wartości współczynnika tarcia w ciągu 4 [s] od osiągnięcia przez stanowisko 95% F_B nie może się zmniejszyć o więcej niż 10%, a w następnej fazie hamowania nie powinna ulegać dalszemu zmniejszaniu, lecz powinien następować stopniowy wzrost lub stabilizacja wartości μ.

Na wykresach ukazujących zależność wartości współczynnika tarcia od prędkości jazdy skala prędkości jest odwrócona (zmniejsza się do zera) w celu przedstawienia przebiegu μ zgodnie z czasem hamowania i z wytracaniem prędkości wynikającej z hamowania.

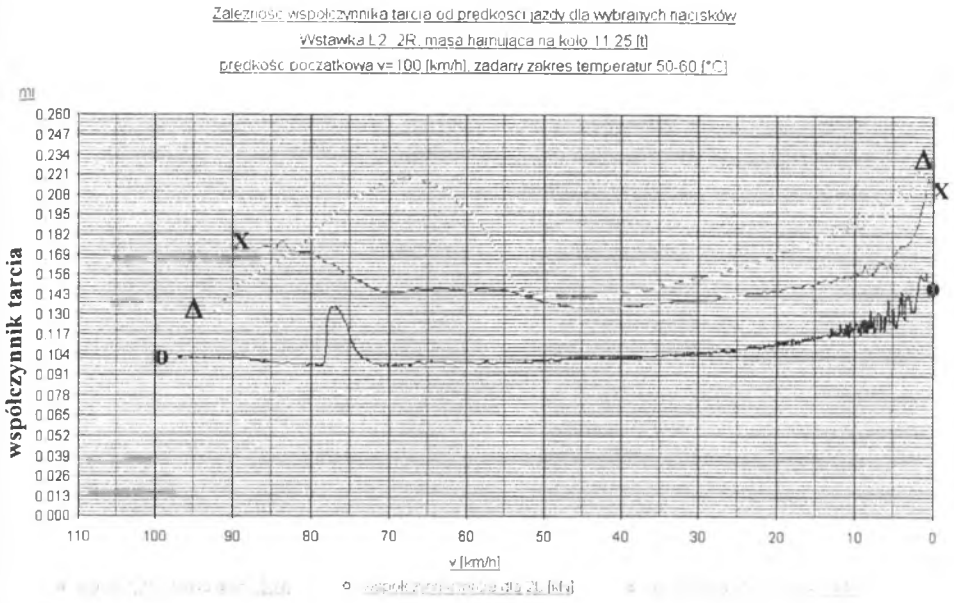
Poniżej przedstawiono na rys. 5, 6 i 7 wykresy przebiegów współczynnika tarcia dla różnych konstrukcji wstawki kompozytowej w funkcji prędkości dla wybranych nacisków: 20, 40 i 60 [kN]. Natomiast na rys. 8 pokazano w celach porównawczych przebieg współczynnika tarcia dla wstawki żeliwnej.



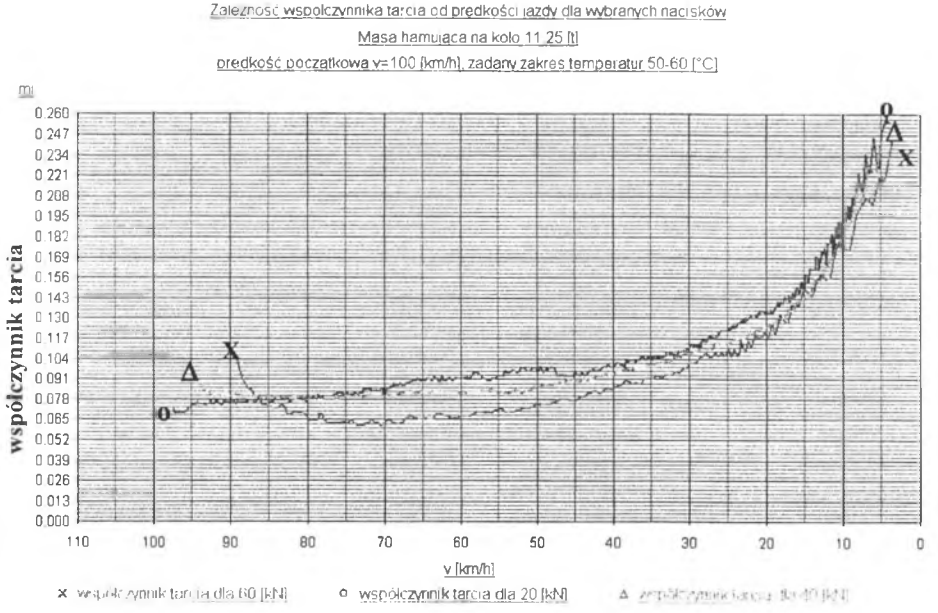
Rys. 5. Przebieg współczynnika tarcia dla wstawki bez rowków
Fig. 5. Friction coefficient vs. speed for shoes without grooves



Rys. 6. Przebieg współczynnika tarcia dla wstawki z 1 rowkiem
Fig. 6. Friction coefficient vs. speed for shoes with one groove



Rys. 7. Przebieg współczynnika tarcia dla wstawki z wieloma rowkami
Fig. 7. Friction coefficient vs. speed for shoes with many grooves



Rys. 8. Przebieg współczynnika tarcia dla wstawki żeliwnej
Fig. 8. Friction coefficient vs. speed for cast iron shoe

4. WNIOSKI

Z powyższych wykresów wynika, że najlepsze przebiegi współczynnika tarcia (zgodne z normami UIC dla wstawek typu L) osiągnięto dla wstawki kompozytowej bez rowków i z 1 rowkiem. Ponadto dla wszystkich przebiegów można zaobserwować następującą zależność współczynnika od nacisków: maleje on wraz ze zmniejszaniem się nacisków, odwrotnie niż dla wstawki żeliwnej.

Literatura

1. Karta UIC 541-3 VE. wyd. 3, 1.7.1985.
2. Karta UIC 541-4 VE. wyd. 2, 1.10.1990.
3. ERRI B 126.13 – Lastenheft LL-Bremsklotzsohlen Güterwagen, 03.03.2003.
4. PN - 92/K - 88151. Obsady, wstawki i kliny klocków hamulcowych. Ogólne wymagania i badania.
5. ZN - 94/PKP - 3517 - 04. Wstawki klocków hamulcowych bez obrzeża.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Paweł Piec

Abstract

The aim of researches presented in this paper was usability assessment of new, composite material for railway breake shoes. Also important was determine the influence of brake construction on breaking parameters. Researches have been carried out on inertial stand that simulates railway vehicles breaking. Friction coefficient of tested material meets requirement of UIC standards for type L brake shoes.

The most beneficial dependences of friction coefficient on speed have been found for shoes without groove and with one big groove.