ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2008
Seria: TRANSPORT z. 64 Nr kol. 1803

Marcin KRUPA

WPŁYW TEMPERATURY NA WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA TARCIA SAMOCHODOWYCH HAMULCÓW CIERNYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań laboratoryjnych tarcia w różnych temperaturach materiałów stosowanych w parach ciernych hamulców samochodowych. Badania prowadzono na stanowisku typu trzpień tarcza z komorą grzejną, umożliwiającą zadanie żądanej temperatury testu. Stwierdzono występowanie zależności współczynnika tarcia od zmian temperatury pary trącej.

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON VALVE OF FRICTION COEFFICIENT IN FRICTION BRAKES

Summary. In the article presented brench test results of friction of the materials used in pairs of friction brakes in various temperatures. These test carried out pin-on-disc machine with heating chamber. Claimed occurence of dependence of friction coefficient from friction brakes pairs have been changed of temperature.

1. WSTĘP

Widoczny w ostatnich latach dynamiczny rozwój motoryzacji powoduje poszukiwania coraz to lepszych i nowszych materiałów i technologii wykorzystywanych w produkcji pojazdów.

Jednym z głównych elementów pojazdów odpowiedzialnych za bezpieczeństwo ruchu są hamulce. W pojazdach samochodowych stosowane są głównie hamulce cierne. Zaletą tego typu hamulców jest prostota budowy, niezawodność działania, zdolność przetwarzania dużej ilości energii w jednostce czasu przy stosunkowo małych wymiarach geometrycznych, natomiast podstawową wadą hamulców ciernych jest to, że podczas hamowania cała energia kinetyczna poruszającego się pojazdu zamieniana jest w nich na ciepło, rozpraszane do atmosfery [1, 2]. Hamulcom kół jezdnych w pojazdach, które dopuszczane są do ruchu ulicznego, stawiane są rygorystyczne wymagania, jak np. krótka droga hamowania, równomierność działania, duża niezawodność, duża trwałość, znaczna odporność na zużycie jednak czynnikami, które najczęściej brane są pod uwagę podczas projektowania hamulców są: zdolność pochłaniania, a następnie odprowadzania ciepła oraz stabilność współczynnika tarcia w zmiennych warunkach tarcia [3].

Wymagania stawiane skojarzeniom ciernym hamulców precyzuje Regulamin 13 Europejskiej Komisji Gospodarczej (ECE) ONZ, w którym główny nacisk kładziony jest na bezpieczeństwo i ekologię. Wymogi te wskazują pewne kierunki badań, które powinny się przede wszystkim koncentrować na aspektach ekologicznych, stabilizacji współczynnika tarcia, zwiększeniu pojemności i przewodności cieplnej, zwiększeniu odporności na zużycie [4].

2. CEL PRACY

Tarcie to nieodłączny proces towarzyszący technice, którego charakterystycznym parametrem jest współczynnik tarcia. W hamulcach ciernych pojazdów samochodowych, dąży się do tego, by współczynnik ten był stały, niezależnie od panujących warunków. Dlatego też w niniejszej pracy podjęto próbę wyznaczenia zależności pomiędzy współczynnikiem tarcia, a temperaturą współpracujących elementów ciernych hamulca.

3. BADANIA

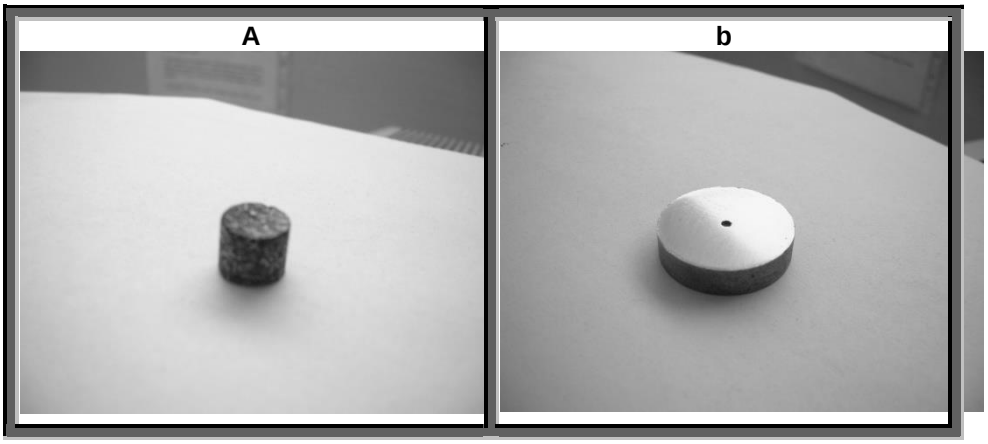
Badania przeprowadzono na testerze tribologicznym T-11 typu trzpień–tarcza wyposażonym w komorę grzejną umożliwiającą zróżnicowanie temperatury węzła tarcia, rysunek 1.

Rys. 1. Skojarzenie cierne testera tribologicznego T-11 wraz z komorą grzejną
Fig. 1. Frictional association of tribological tester T-11 with heating chamber

3.1. Charakterystyka badań

Badania przeprowadzono w różnych temperaturach pracy, począwszy od temperatury otoczenia 20°C, a następnie w podwyższonych temperaturach węzła tarcia, tj. 100, 200 i 300°C. Prędkość, drogę tarcia i obciążenie węzła tarcia przyjęto dla wszystkich prób stałe i odpowiednio równe: v = 1 m/s, droga s = 1000 m, Q = 5 kg.

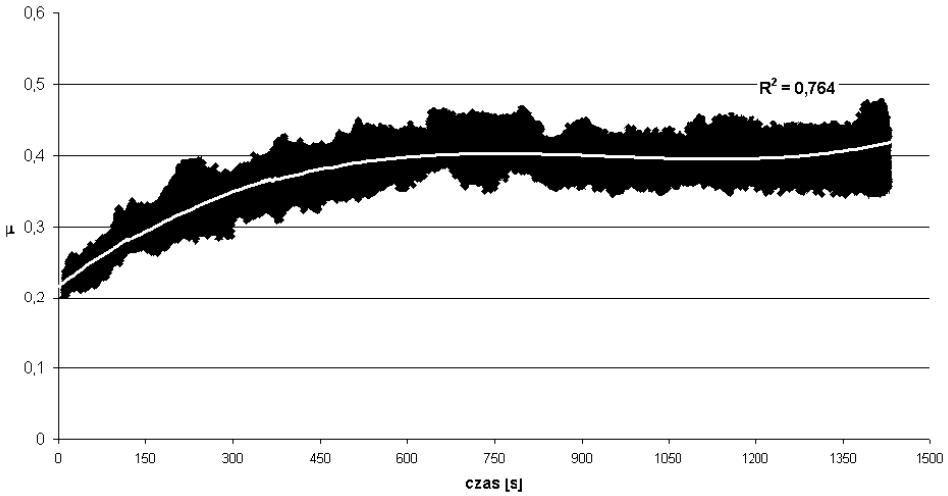
Próbki używane w badaniach były wykonane z okładziny ciernej samochodowych klocków hamulcowych, których producentem jest firma TRW. Próbki te były wykonane w postaci walca o średnicy Φ10 mm (rys. 2a) oraz wysokości dostosowanej do wypoziomowania ramienia testera tribologicznego T-11. Przeciwpróbki wykonane zostały z żeliwnej tarczy hamulcowej (Zl250) w postaci krążka o średnicy Φ2,54 mm i wysokości 6 mm (rys. 2b).



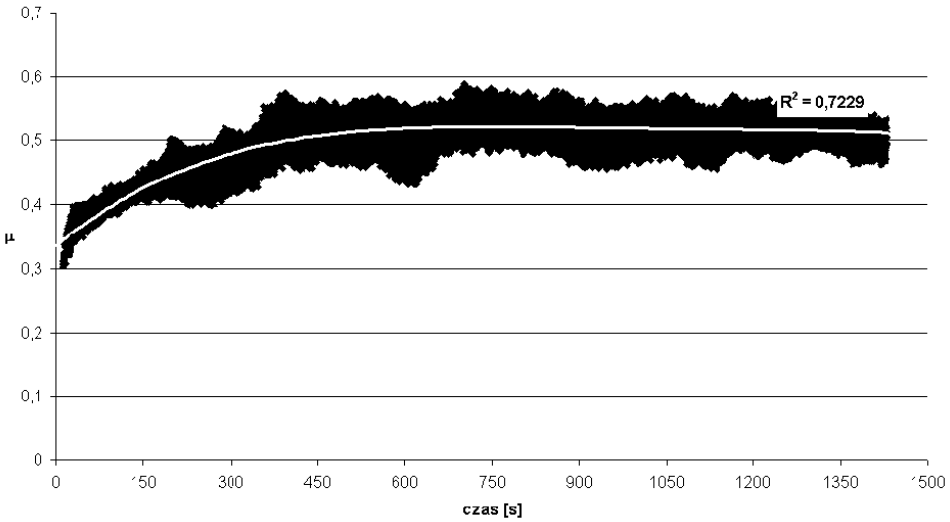
Rys. 2. Próbka (A) i przeciwpróbka (b) zastosowane w badaniach
Fig. 2. Specimen (A) and counter – specimen (b) used in tests

4. WYNIKI BADAŃ

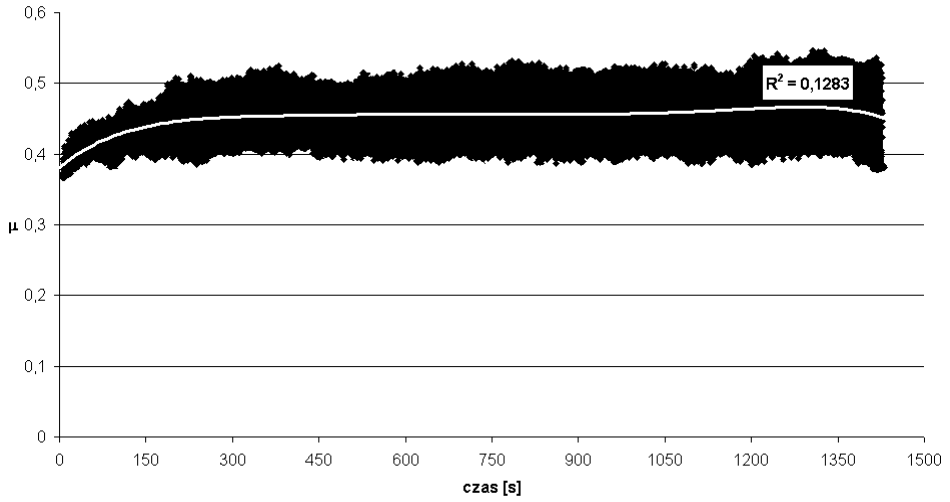
Rejestrowane podczas badania zmiany siły tarcia przedstawiono w postaci wykresów zależności współczynnika tarcia w badanym skojarzeniu od czasu tarcia. W celu lepszego zobrazowania zachodzących zmian współczynnika tarcia do wykresów dodano linię trendu wyznaczoną funkcją wielomianu 4 stopnia (rys. od 3 do 6).



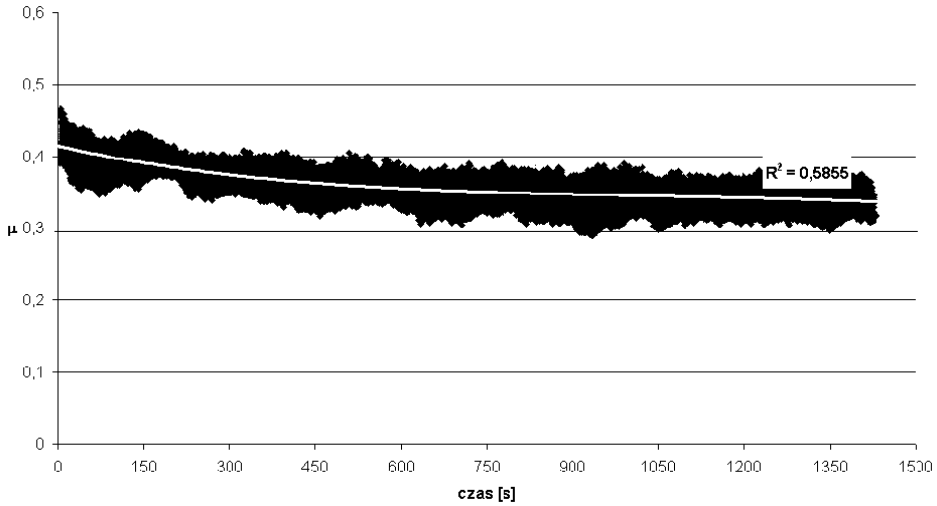
Rys. 3. Przebieg zmian współczynnika tarcia μ w czasie trwania próby. Temperatura testu 20°C
Fig. 3. Process of friction coefficient μ changes in time of test. Test temperature 20°C



Rys. 4. Przebieg zmian współczynnika tarcia μ w czasie trwania próby. Temperatura testu 100°C
Fig. 4. Process of friction coefficient μ changes in time of test. Test temperature 100°C



Rys. 5. Przebieg zmian współczynnika tarcia μ w czasie trwania próby. Temperatura testu 200°C
Fig. 5. Process of friction coefficient μ changes in time of test. Test temperature 200°C



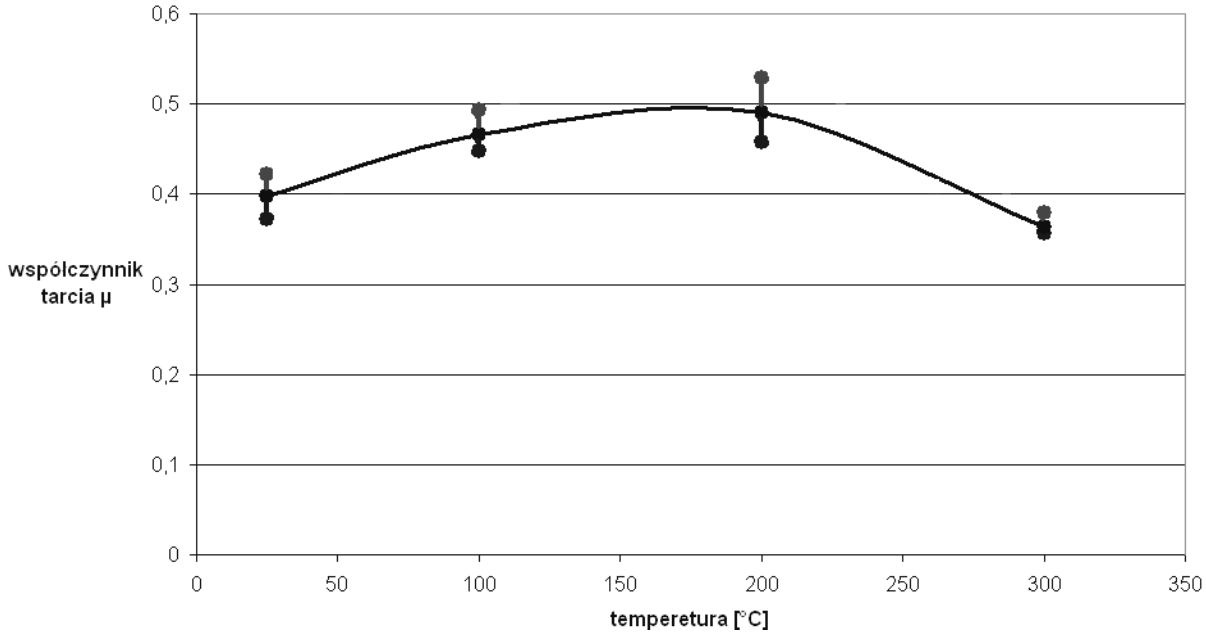
Rys. 6. Przebieg zmian współczynnika tarcia μ w czasie trwania próby. Temperatura testu 300°C
Fig. 6. Process of friction coefficient μ changes in time of test. Test temperature 300°C

Jak można zauważyć na przedstawionych wykresach, przebiegi zmian współczynnika tarcia mają różny charakter w zależności od temperatury skojarzenia. I tak w temperaturach 20 i 100°C wartość współczynnika tarcia w początkowej fazie tarcia wzrasta, a następnie stabilizuje się na poziomie 0,4 dla temp. otoczenia i ok. 0,45 dla temp. 100°C. Natomiast podczas badań w temperaturze 200°C wartość współczynnik tarcia jest niemal stała, a w temperaturze 300°C następuje wyraźny spadek wartości współczynnika tarcia wraz ze zwiększającym się czasem trwania próby.

5. OMÓWIENIE WYNIKÓW

Aby dokładniej zobrazować wpływ temperatury pary trącej klocek-tarcza hamulcowa na wartość współczynnika tarcia μ obliczono średnie jego wartości wraz z przedziałami ufności dla analizowanych temperatur pracy, a następnie przedstawiono te zależności na wykresie zbiorczym (rys. 7).

Wartość współczynnika tarcia analizowanego skojarzenia w przedziale temperatur od 20 do ok. 200°C przyjmuje tendencję wzrostową, co jest korzystne z punktu widzenia skuteczności hamowania, natomiast w przedziale temperatur 200°C do 300°C następuje gwałtowny spadek współczynnika tarcia, co ma odzwierciedlenie w eksploatacji, zwłaszcza w terenach górzystych, gdzie na skutek częstego używania hamulców wzrasta temperatura ich pracy i spada znacznie ich skuteczność. Zjawisko to jest charakterystyczne dla większości materiałów ciernych, gdyż podczas intensywnego tarcia dochodzi do zmian w strukturze warstwy wierzchniej większości materiałów. Przede wszystkim w przypadku okładzin ciernych hamulców dochodzi do rozpuszczania się żywic spajających i w konsekwencji do wytwarzania się pomiędzy współpracującymi elementami warstwy gazów i produktów zużycia, które powodują spadek współczynnika tarcia [5, 6, 7].



Rys. 7. Zależność współczynnika tarcia skojarzenia tarcza-klocek hamulcowy od temperatury węzła tarcia
Fig. 7. Dependence of friction coefficient associated disc- brake pad from temperature of friction

6. WNIOSKI

Wymagania stawiane hamulcom ciernym, a dokładniej stabilizacji wartości współczynnika tarcia pary trącej w zmiennej temperaturze pracy jest wiąż aktualnym problemem.

Przeprowadzone badania pozwoliły na określenie następujących wniosków:

1. Wartość współczynnika tarcia jest zależna od temperatury skojarzenia okładzina cierna – tarcza hamulcowa.
2. W przedziale temperatury od 25 - 200°C współczynnik tarcia w badanym skojarzeniu wzrasta od 0,33 do 0,5 wraz ze wzrostem temperatury, natomiast w temperaturze 300°C następuje spadek współczynnika tarcia do wartości 0,35.
3. Zaobserwowane w badaniach przebiegi współczynnika tarcia w podwyższonych temperaturach mogą być spowodowane powstawaniem tlenków Fe_2O_3 na powierzchni tarczy oraz rozpuszczaniem żywic, spajającym materiał okładziny ciernej. Jednakże potwierdzenie tego wniosku wymaga przeprowadzenia dalszych badań związanych przede wszystkim ze zmianami zachodzącymi w strukturze badanych materiałów.

Bibliografia

1. Ścieżka S.: Hamulce cierne zagadnienia materiałowe, konstrukcyjne i tribologiczne. Wydawnictwo i Zakład Poligrafii Instytutu Technologii Eksploatacji, Gliwice - Radom 1998.
2. Studziński K.: Samochód - teoria, konstrukcja i obliczenia. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1980.
3. Polkowski S. (tłumaczenie z języka niemieckiego): Konwencjonalne układy hamulcowe-Informator techniczny-Bosch. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2001.
4. Orłowski T.: Tendencje w rozwoju materiałów ciernych. Tribologia nr 3, 2004.
5. Ling F. F., Saibel E.: On the phenomenon of brake-fading. Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik (ZAMP), Birkhäuser Basel 2005.
6. Aleksendric D., Duboka C.: Fade performance prediction of automotive friction materials by means of artificial neural networks. Wear 262, 2007.
7. Jang H., Koa K., Kim S.J., Basch R.H., Fash J.W.: The effect of metal fibers on the friction performance of automotive brake friction materials. Wear 256, 2004.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Józef Śleziona

Praca wykonana w ramach BW-510/RT1/2008