Nr 5 ISSN 1509-5878 5/2012
AUTOBUSY
Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe

Stanisław TARYMA, Piotr MIODUSZEWSKI, Grzegorz RONOWSKI, Ryszard WOŹNIAK, Marzena DRYWA

WPŁYW NAWIERZCHNI DROGOWEJ NA OPÓR TOCZENIA OPON SAMOCHDOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki laboratoryjnych badań oporu toczenia opon na 5 nawierzchniach zamontowanych na bębnach dwóch maszyn bieżnych. Przeanalizowano je w aspekcie wpływu tekstury nawierzchni na współczynnik oporu toczenia opon. Wnioski z tej pracy posłużyły do zaplanowania podobnych badań w warunkach drogowych za pomocą przyczepy dynamometrycznej.

Słowa kluczowe: *nawierzchnia drogowa, opór toczenia, opona samochodowa*

WSTĘP

Opór toczenia samochodowego koła ogumionego toczącego się po nawierzchni drogowej określany jest wartością siły wzdłużnej, potrzebnej do jego pokonania, lub wartością współczynnika oporu toczenia będącego stosunkiem powyższej siły do siły pionowej obciążającej koło. Korzysta się również z pojęcia mocy oporu toczenia, będącego iloczynem siły oporu toczenia i prędkości liniowej toczenia. Najczęściej stosowany jest współczynnik oporu toczenia. Opór toczenia koła ogumionego warunkuje opór toczenia całego samochodu na danej nawierzchni.

Opór toczenia samochodu jest jednym z podstawowych oporów ruchu występującym w każdych warunkach drogowych. Ma on bezpośredni wpływ na zużycie paliwa. Na podstawie badań [1] stwierdzono, że dla typowego samochodu osobowego średnie zmniejszenie oporu toczenia o 10% powoduje spadek zużycia paliwa o około 3%. Zmniejszenie tego oporu pośrednio skutkuje zmniejszeniem emisji do otoczenia dwutlenku węgla, a także substancji toksycznych zawartych w spalinach samochodowych.

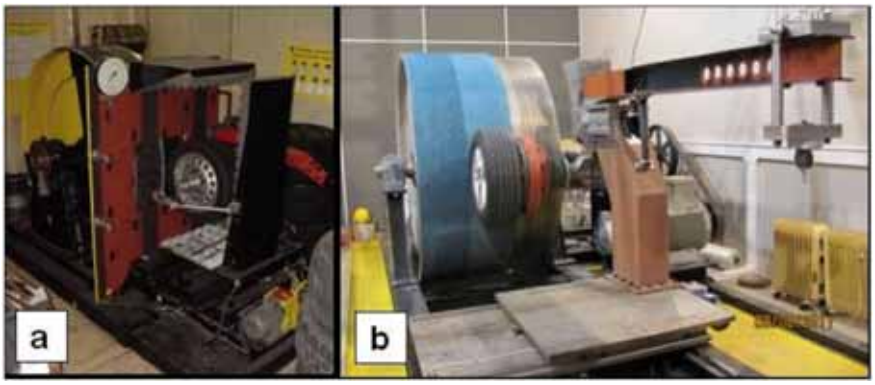
Wartość oporu toczenia samochodu zależy od właściwości konstrukcyjnych opon, tekstury nawierzchni drogowej, warunków ruchu oraz cech konstrukcyjnych samochodu. Opór toczenia można zmniejszyć poprzez doskonalenie konstrukcji opon lub przez ulepszanie nawierzchni drogowych a następnie odpowiedni ich dobór podczas naprawy i budowy dróg. W pracy uszeregowano nawierzchnie pod względem oporu toczenia z uwzględnieniem parametrów tekstury nawierzchni.

1. LABORATORYJNE BADANIA OPORU TOCZENIA

Badania oporu toczenia opon wykonano na dwóch maszynach bieżnych w warunkach laboratoryjnych. Poniżej w podrozdziałach zaprezentowano maszyny bieżne, nawierzchnie badawcze oraz opony referencyjne.

1.1. Maszyny bieżne

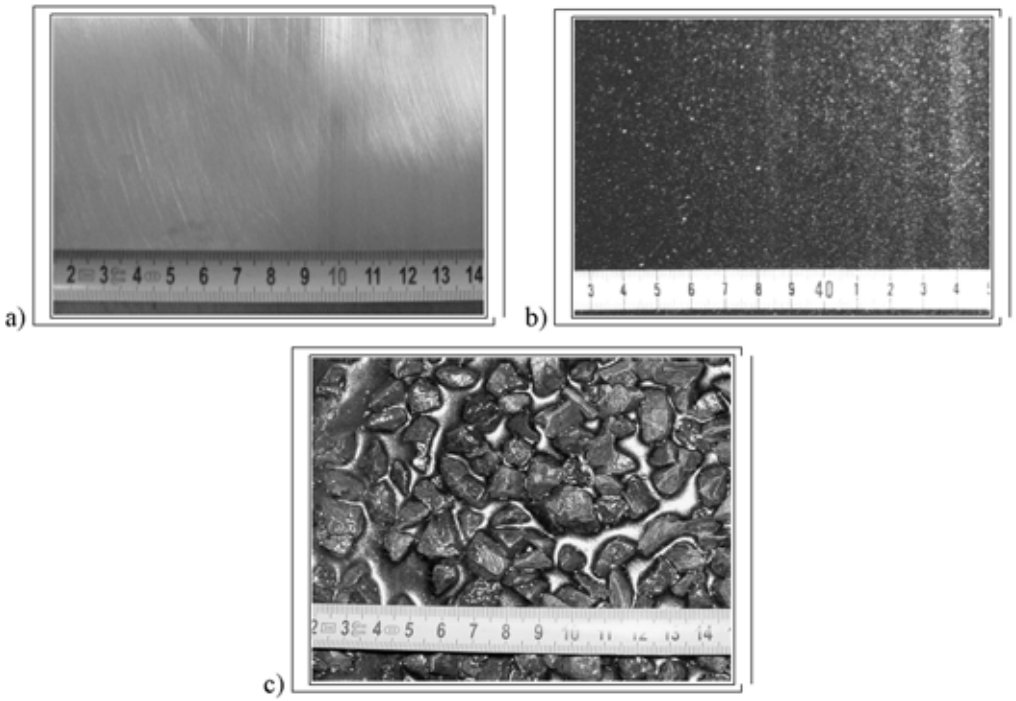
Maszyny bieżne do badania opon o średnicy bębna 1,708 m i 2,040 m pokazano rys. 1. Zbudowano je w Katedrze Konstrukcji Maszyn i Pojazdów Politechniki Gdańskiej.



Rys. 1. Maszyny bieżne do badania oporu toczenia: a) maszyna z bębnem o średnicy 1,708 m, b) maszyna z bębnem o średnicy 2,040 m

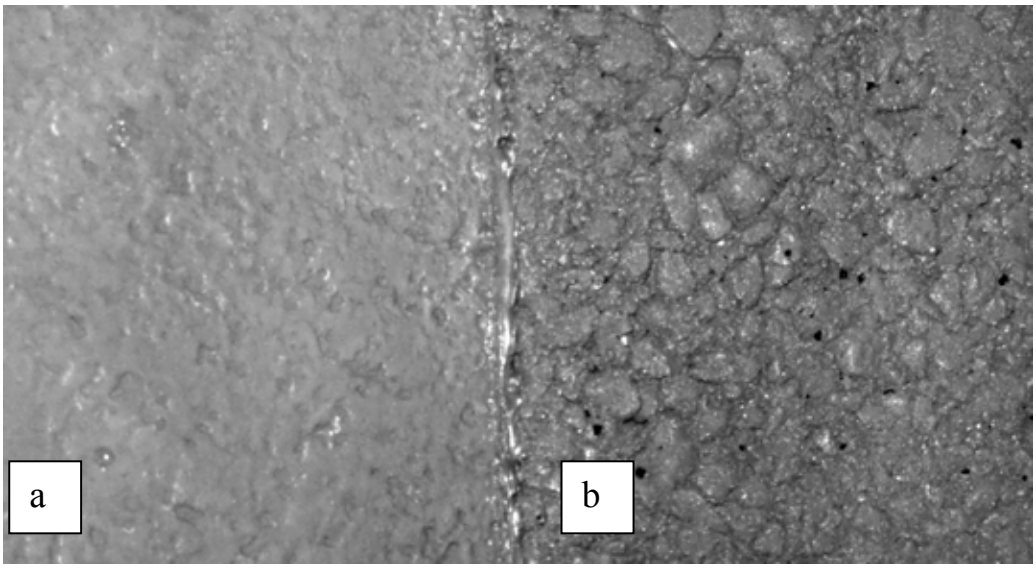
1.2. Nawierzchnie badawcze

Nawierzchnie badawcze bębna maszyny bieżnej o średnicy 1,708 m przedstawiono na rys. 2 a repliki nawierzchni zamontowane na bębnie drugiej maszyny pokazano na rys. 3. Nawierzchnie te charakteryzują się odmiennymi teksturami. Tekstura nawierzchni przez normę ISO 13473-1 [2] definiowana jest jako odchyłka rzeczywistej powierzchni nawierzchni drogowej od powierzchni idealnie płaskiej. Ma ona wpływ na współpracę opony z nawierzchnią. Dla tych nawierzchni badawczych pomierzono średnią głębokość profilu nawierzchni MPD zgodnie z normą ISO 13473-1.



Rys. 2. Nawierzchnie bębna maszyny bieżnej o średnicy 1,708 m: a) stalowa, b) SW-80 (Safety Walk) – nawierzchnia bardzo gładka, c) APS-4 – nawierzchnia bardzo szorstka

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl



Rys. 3. Repliki nawierzchni drogowych zamontowane na bębnie maszyny bieżnej o średnicy 2,040 m: a) nawierzchnia ISO, b) beton asfaltowy o uziarnieniu 16 mm (DAC 0/16)

1.3. Opony referencyjne

Podczas klasyfikacji nawierzchni drogowych pod względem oporu toczenia, konieczne jest stosowanie opon referencyjnych. Opona taka powinna mieć powtarzalne i stabilne w czasie właściwości reprezentatywne dla pewnej kategorii opon dostępnych na rynku i użytkowanych w samochodach poruszających się po naszych drogach. Do zbioru opon testowych wybrano opony, których bieżniki pokazano na rys. 4. Opis tych opon zamieszczono w tabeli 1. Opony te są stosowane jako opony referencyjne przez inne ośrodki zajmujące się badaniem oporu toczenia opon samochodowych. Dzięki temu łatwiejsze jest porównywanie wyników badań uzyskanych w różnych ośrodkach badawczych. W rozdziale 2 użyte symbole oznaczają SRTT_TUG, AAV4_TUG i AAV4_TUG_Bad, ME16_TUG – właścicielem opon referencyjnej jest Politechnika Gdańska, SRTT_BASt, AAV4_BASt – właścicielem jest ośrodek BASt z Niemiec, ME14, ME16 – liczby oznaczają średnicę osadzenia opony referencyjnej w calach. Obciążenie pionowe badanego koła wynosiło 4002 N a ciśnienie powietrza w oponie 210 kPa.

Tab. 1. Opony referencyjne

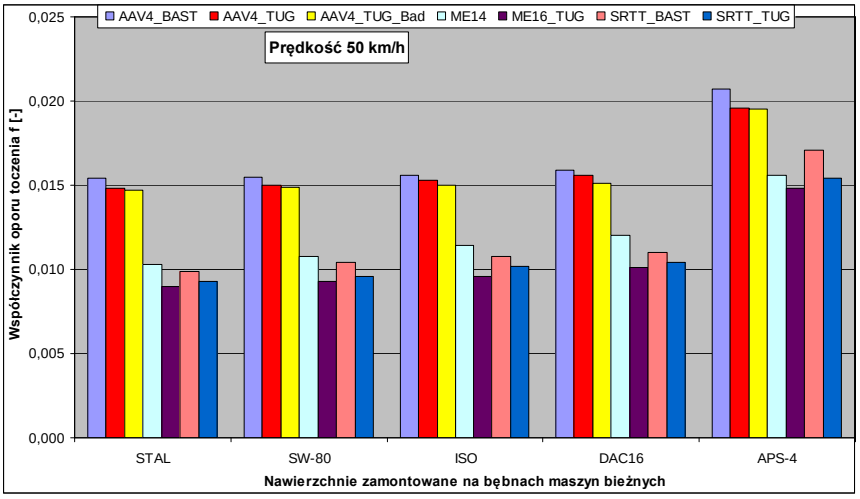
Symbol	Rozmiar	Indeks	Bieżnik	Producent	Nr opony
SRTT(ASTM)	P225/60R16	97 S	TIGER PAW M+S	UNIROYAL	0404
Avon AAV4	195R14 C	106/104 N	SUPERVAN AV4	AVON	1608
Michelin Energy (ME)	195/70R14	91 T	ENERGY SAVER	MICHELIN	1311
Michelin Energy (ME)	225/60R16	98 V	ENERGY SAVER	MICHELIN	1511

Rys. 4. Bieżniki opon referencyjnych, a – opona SRTT, b – opona Avon AAV4, c – opona Michelin Energy ME

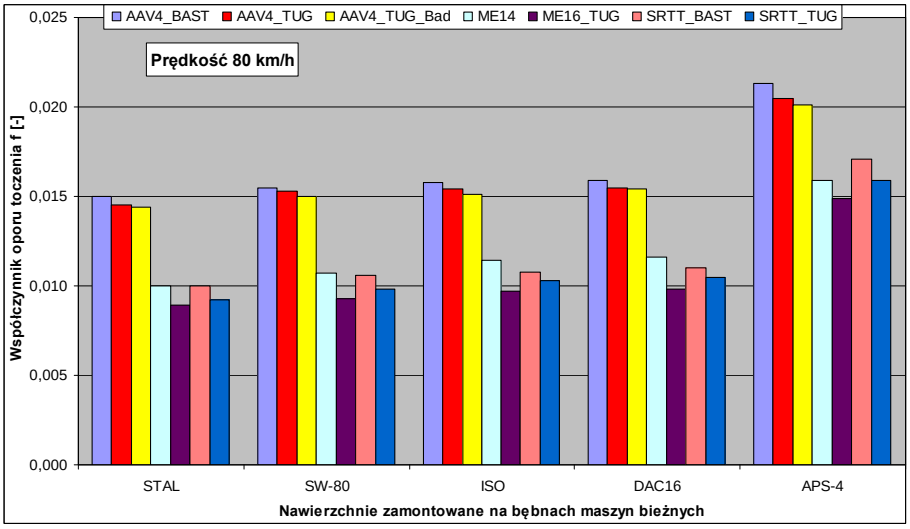
MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

2. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Na rys. 5 i 6 przedstawiono wyniki pomiarów współczynnika oporu toczenia 7 opon w warunkach laboratoryjnych na 5 nawierzchniach. Nawierzchnie te pokazano na rys. 2 i 3. Najniższymi wartościami współczynnika oporu toczenia charakteryzowały się badane opony na gładkiej nawierzchni stalowej a najwyższymi na nawierzchni APS-4 będącej imitacją szorstkiej nawierzchni drogowej wykonanej jako powierzchniowe utrwalenie. Dotyczy to pomiarów wykonanych przy obu prędkościach pomiarowych, 50 km/h i 80 km/h.



Rys. 5. Wyniki pomiarów współczynnika oporu toczenia 7 opon w warunkach laboratoryjnych na 5 nawierzchniach przy prędkości 50 km/h

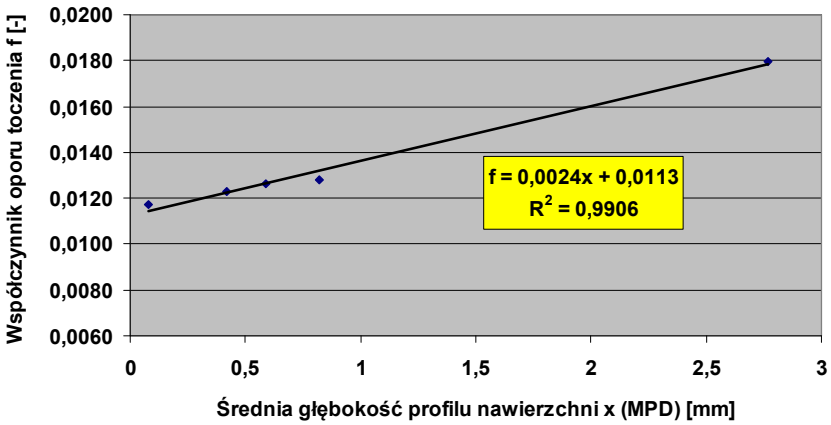


Rys. 6. Wyniki pomiarów współczynnika oporu toczenia 7 opon w warunkach laboratoryjnych na 5 nawierzchniach przy prędkości 80 km/h

Uszeregowanie opon pod względem oporu toczenia na poszczególnych nawierzchniach jest jednakowe z wyjątkiem nawierzchni APS-4, na której opona SRTT_BAST ma wyższy opór toczenia niż opona ME14, natomiast na pozostałych nawierzchniach jest odwrotnie. Opony AAV4 i opona ME14 wykazywały znacznie wyższy opór toczenia niż pozostałe trzy opony. Uszeregowanie nawierzchni pod względem oporu toczenia dla obu prędkości pomiarowych jest jednakowe. Na rys. 7 pokazano zależność średniej wartości współczynnika oporu toczenia 7 opon obliczonej dla każdej z 5 nawierzchni zamontowanych na bębnach maszyn

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

bieżnych w funkcji średniej głębokości profilu MPD [2] tych nawierzchni. Współczynnik kierunkowy prostej regresji wynosi 0,0024.



Ważną kwestią jest, czy wpływ MPD na opór toczenia zależy od prędkości. Wyniki pomiarów oporu toczenia 100 opon wykonanych przy 80, 100 i 120 km/h na stanowisku bębnowym 1,708 m na nawierzchni gładkiej SW-80 i szorstkiej APS-4, wskazują na następującą zależności pomiędzy współczynnikiem oporu toczenia, a średnią głębokością profilu nawierzchni MPD i prędkością:

$$f_t = 0{,}01065 + 0{,}002012 \cdot MPD + 0{,}0000064 \cdot MPD \cdot (V-20) \qquad (1)$$

gdzie: MPD jest w [mm] a prędkość V w [m/s].

Współczynnik przy MPD·(V-20) ma bardzo małą wartość. Dane z pomiarów wskazują, że współczynnik oporu toczenia nieznacznie zależy od prędkości, jednak ta zależność nie musi być połączona z MPD. Stąd pominięcie wpływu prędkości na zależność współczynnika oporu toczenia od średniej głębokości profilu nawierzchni MPD wydaje się być uzasadnione, jednak należy to potwierdzić w badaniach drogowych.

WNIOSKI

Zależność współczynnika oporu toczenia od średniej głębokości profilu nawierzchni określona na podstawie badań laboratoryjnych jest równaniem liniowym o wysokim współczynniku korelacji $R^2 = 0{,}9906$. Podczas badań badane koło toczyło się po nawierzchniach zamontowanych na prawie idealnie okrągłych powierzchniach stalowych bębnów.

W takich warunkach wpływ megatekstury [2], a więc nierówności o długości fali powyżej 50 mm jest znikomy. Wpływ więc poziomu megatekstury na opór toczenia można zbadać wykonując badania drogowe za pomocą przyczepy dynamometrycznej. Aby wykonać badania w warunkach laboratoryjnych z uwzględnieniem wpływu megatekstury należałoby na bębnie maszyny bieżnej zamontować nawierzchnię z zamodelowanymi nierównościami lub bęben ułożyskować mimośrodowo. Badane koło powinno wówczas pracować na zawieszeniu reprezentatywnym dla zawieszenia koła samochodowego. Planując badania drogowe należy wybrać nawierzchnie o różnych teksturach. Są one często zlokalizowane na drogach daleko od siebie usytuowanych. W takim przypadku niemożliwe jest wykonanie badań w ciągu jednego dnia w tych samych warunkach atmosferycznych. Pomiary wykonane w odmiennych warunkach atmosferycznych obarczone są pewnymi błędami wynikającymi z niedopracowanych formuł korekcji temperaturowej drogowych wyników badań. W takim przypadku bardzo dobrym rozwiązaniem jest tor badawczy, gdzie na jednej drodze położonych jest szereg nawierzchni o różnej teksturze. Badania oporu toczenia opon na wielu nawierzchniach można wówczas wykonać w ciągu jednego lub paru dni w jednakowych lub w bardzo zbliżonych warunkach. Niestety w Polsce takie tory są niedostępne. Takie badania planowane są w ra-

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl

mach międzynarodowego programu MIRIAM, który jest w fazie przygotowania. Opisane w tej pracy pomiary wchodziły w zakres badań pilotażowych. Znajomość współczynnika oporu toczenia nawierzchni drogowych daje możliwość odpowiedniego ich wyboru podczas budowy oraz naprawy dróg.

BIBLIOGRAFIA

1. Bang J. R, *Influence of Tire Rolling Resistance on Fuel Consumption.* Bang Consalt, Norwey, 1999.
2. ISO 13473-1 „Characterisation of pavement texture utilising surface profiles – Part 1: Determination of Mean Profile Depth", International Organsation for Standardization, Geneva, 1997.
3. Taryma S., *Opór toczenia opon samochodowych.* Gdańsk, Wyd. Politechniki Gdańskiej, 2007.

INFLUENCE OF ROAD SURFACE ON TIRE ROLLING RESISTANCE

Abstract

The results of tire rolling resistance performed in the laboratory of the Gdansk University of Technology at five different road replica surfaces applied on two road/wheel facilities were presented in the paper. The results were analyzed taking into account the road surface texture influence on tire rolling resistance coefficient. Conclusions of this project were used as the basis of planned relative road measurements using special test trailer.

Key words: road surface, rolling resistance, tire.

Autorzy:
dr hab. inż. **Stanisław Taryma** – Politechnika Gdańska
dr inż. **Piotr Mioduszewski** – Politechnika Gdańska
dr inż. **Grzegorz Ronowski** – Politechnika Gdańska
dr inż. **Ryszard Woźniak** – Politechnika Gdańska
mgr inż. **Marzena Drywa** – Politechnika Gdańska

MOST WIEDZY Pobrano z mostwiedzy.pl