

# Wpływ zużycia opony samochodowej na jej opór toczenia

Stanisław Taryma, Ryszard Woźniak

## Streszczenie

W pracy przedstawiono wpływ zużycia opony samochodowej na jej opór toczenia. Zużycie czterech opon testowych uzyskano podczas normalnej eksploatacji, natomiast zużycie sześciu pozostałych uzyskano sztucznie przez zeszlifowanie czoła bieżnika papierem ściernym na specjalnej szlifierce. Pomiary oporu toczenia wykonano na bębnowej maszynie bieżnej metodą momentową. Wyniki tych pomiarów przedstawiono w formie zależności współczynnika oporu toczenia od głębokości bieżnika lub stopnia jego zużycia.

**Słowa kluczowe:** opony samochodowe, opór toczenia, zużycie.

## Wstęp

Opór toczenia pojazdu występuje w każdych warunkach ruchu i jest jednym z podstawowych oporów ruchu. Ma on wpływ na zużycie paliwa pojazdu oraz na emisję do otoczenia substancji toksycznych zawartych w spalinach. Wartość tego oporu zależy od właściwości konstrukcyjnych opony, tekstury nawierzchni drogowej oraz od czynników eksploatacyjnych. Do czynników tych należą prędkość, obciążenie pionowe opony, ciśnienie pompowania, obciążenie momentem napędowym lub hamującym, kąt znoszenia, temperatura otoczenia i zużycie bieżnika opony. Niniejsza praca jest opracowaniem na temat wpływu zużycia opony na jej opór toczenia. Badania przeprowadzono na stanowisku bębnowym Katedry Konstrukcji Maszyn i Pojazdów Politechniki Gdańskiej.

## 1. Stanowisko badawcze

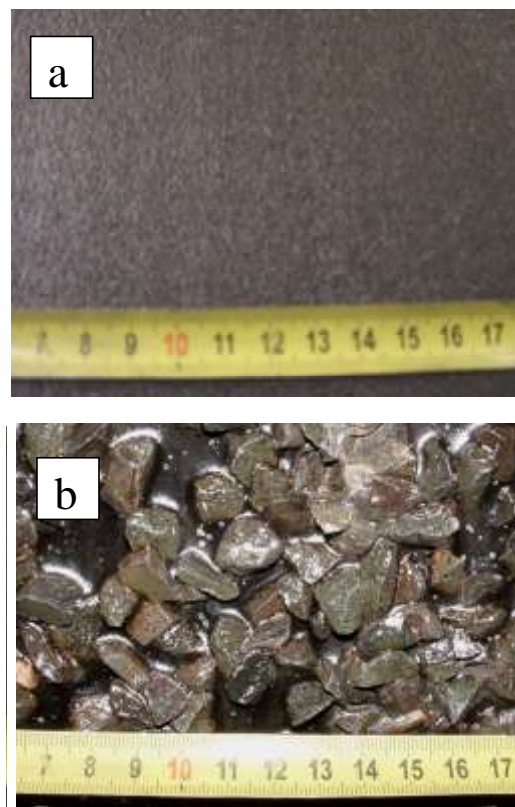
Stanowisko bębnowe do badania oporu toczenia i hałasu opon samochodów osobowych i dostawczych zostało opisane w pracy [1]. Opór toczenia na tym stanowisku jest mierzony metodą momentową. Zewnętrzna powierzchnia bębna pokryta jest dwiema różnymi nawierzchniami, z których każda zajmuje połowę szerokości bębna. Jedną z nich jest nawierzchnia gładka SW-80 o teksturze papieru ściernego, a drugą jest imitacja bardzo szorstkiej nawierzchni drogowej wykonanej jako powierzchniowe utwalenie, oznaczaną jako APS-4. Nawierzchnie te pokazano na rys. 1.

## 2. Zużycie opony a jej opór toczenia

W czasie eksploatacji opony na skutek interakcji opony z nawierzchnią następuje ścieranie się czoła bieżnika powodujące zmniejszenie grubości pasa bieżnika i głębokości rzeźby bieżnika, zmniejszenie masy opony a także jej średnicy zewnętrznej. Starzenie mieszanki gumowej bieżnika objawia się zwiększeniem twardości czoła bieżnika.

W celu stwierdzenia wpływu zużycia opony na jej opór toczenia przeprowadzono pomiary współczynnika oporu toczenia opon o różnym stopniu zużycia na maszynie bieżnej. Opis opon umieszczono w tabeli 1. Opony od Z1 do Z4 uległy zużyciu podczas ich użytkowania w samochodzie Ford Mondeo. Stopień zużycia określono w procentach zakładając, że opona o głębokości rzeźby 2 mm jest zużyta w 100%, a opona nowa

o głębokości rzeźby 8 mm ma zerowy stopień zużycia. Na rys. 2 - 8 przedstawiono wyniki badań tego kompletu opon do samochodu osobowego.



Rys. 1. Nawierzchnie bębna maszyny bieżnej: a) nawierzchnia gładka Safety Walk-80, b) nawierzchnia szorstka APS-4

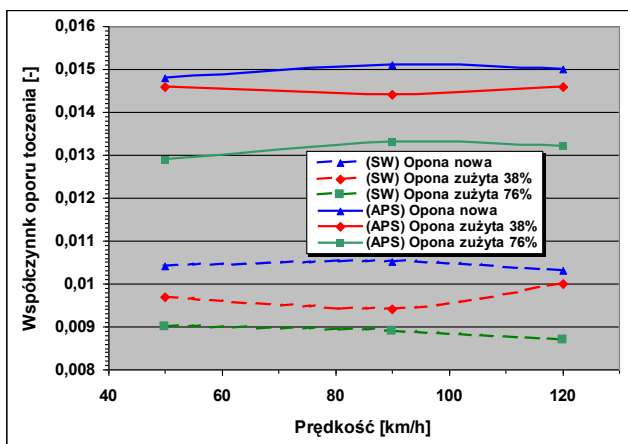
Na rys. 2 pokazano zależność współczynnika oporu toczenia od prędkości opony Z1 nowej oraz zużytej w 38%

i w 76%. Pomiary przeprowadzono na dwóch nawierzchniach SW i APS pokazanych na rys. 1, przy obciążeniu pionowym opony 4270 N i ciśnieniu wewnętrznym 210 kPa. Na rys. 3-5

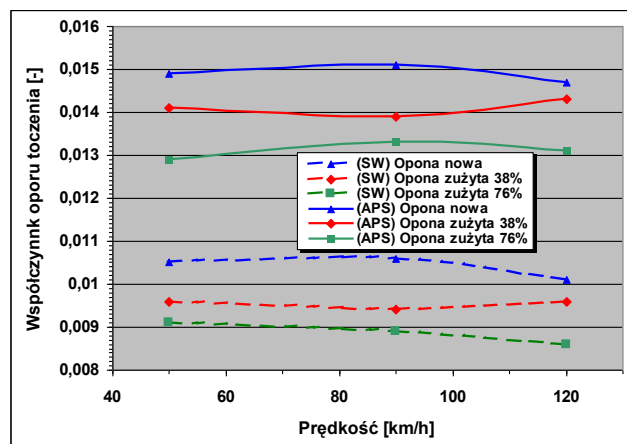
przedstawiono podobne zależności dla pozostałych trzech opon Z2, Z3 i Z4.

Tabela 1. Opony testowe.

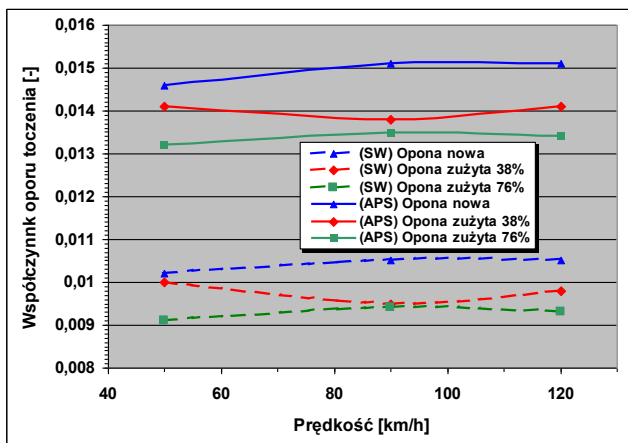
| Symbol         | Rozmiar    | Indeks | Bieżnik            | Producent   |
|----------------|------------|--------|--------------------|-------------|
| Z1, Z2, Z3, Z4 | 225/50R16  | 87 V   | V                  | NOKIAN      |
| W1             | 195/65R15  | 91 H   | ContiEcoContact3   | CONTINENTAL |
| W2             | 205/55R16  | 91 W   | PremiumContact     | CONTINENTAL |
| W3             | 205/55R16  | 91 H   | ContiWinterContact | CONTINENTAL |
| W4             | 225/45R17  | 94 T   | SportContact2      | CONTINENTAL |
| W5             | 225/45ZR17 | 94 Y   | PZERONERO          | PIRELLI     |
| W6             | 225/45R17  | 94 W   | AUSdBDecibelV550   | YOKOHAMA    |



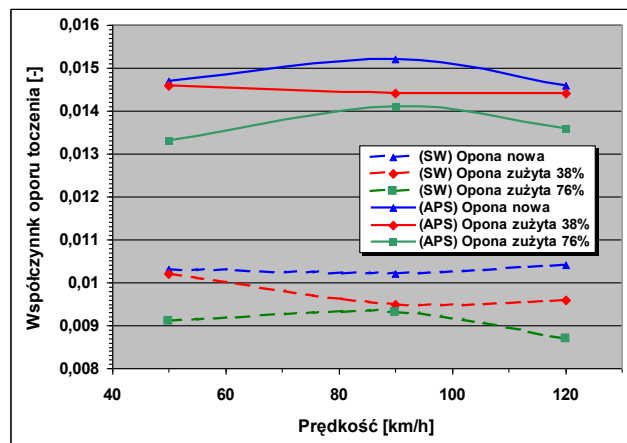
Rys. 2. Zależność współczynnika oporu toczenia dla opony Z1 o różnym stopniu zużycia od prędkości na nawierzchni SW i APS.



Rys. 3. Zależność współczynnika oporu toczenia dla opony Z2 o różnym stopniu zużycia od prędkości na nawierzchni SW i APS.



Rys. 4. Zależność współczynnika oporu toczenia dla opony Z3 o różnym stopniu zużycia od prędkości na nawierzchni SW i APS.



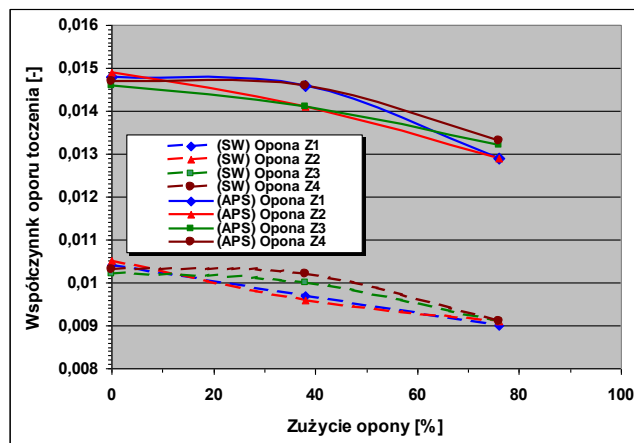
Rys. 5. Zależność współczynnika oporu toczenia dla opony Z4 o różnym stopniu zużycia od prędkości na nawierzchni SW i APS.

Na rys. 6 pokazano zależności współczynnika oporu toczenia czterech wymienionych wyżej opon testowych od

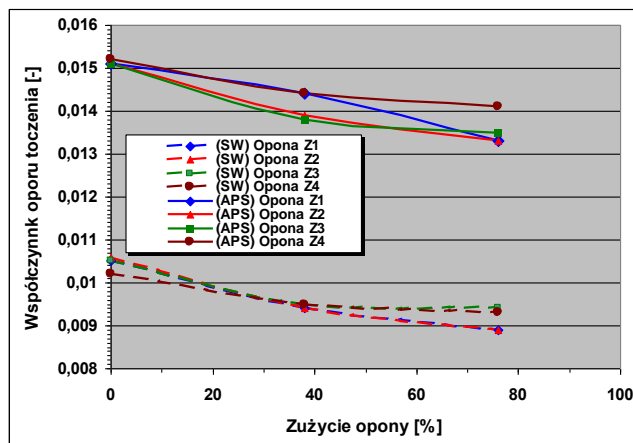
stopnia zużycia na obu nawierzchniach przy prędkości 50 km/h. Na rys. 7 podobne zależności przedstawiono dla prędkości 90

km/h a na rys. 8 dla prędkości 120 km/h. Z analizy tych zależności wynika, że na obu nawierzchniach opór toczenia opon maleje wraz ze wzrostem stopniem zużycia opony. Na nawierzchni gładkiej SW średni spadek współczynnika oporu

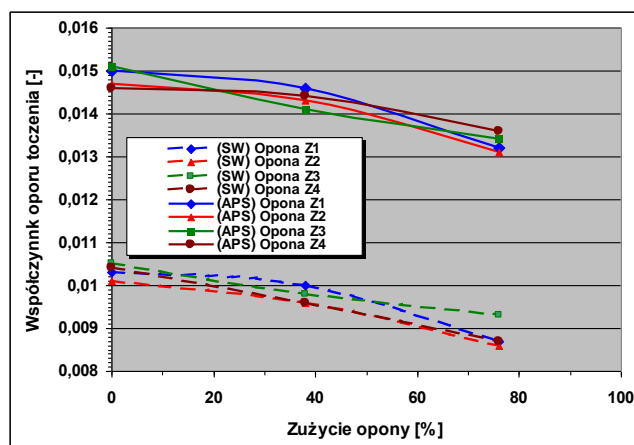
toczenia na skutek 76%-owego zużycia wynosi około 15%, a na nawierzchni szorstkiej APS około 12%. Po przeliczeniu można stwierdzić, że jednoprocentowy spadek oporu toczenia jest spowodowany 5,2%-owym zużyciem opony na nawierzchni SW



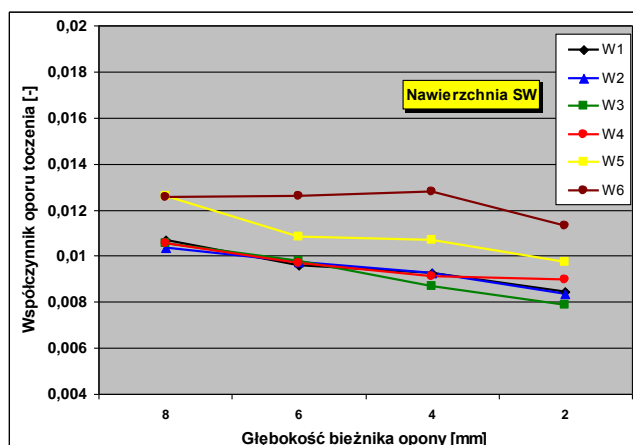
**Rys. 6.** Zależność współczynnika oporu toczenia opon od Z1 do Z4 od stopnia zużycia na nawierzchni SW i APS dla prędkości 50 km/h.



**Rys. 7.** Zależność współczynnika oporu toczenia dla opon od Z1 do Z4 od stopnia zużycia na nawierzchni SW i APS dla prędkości 90 km/h.



**Rys. 8.** Zależność współczynnika oporu toczenia opon od Z1 do Z4 od stopnia zużycia na nawierzchni SW i APS dla prędkości 120 km/h.



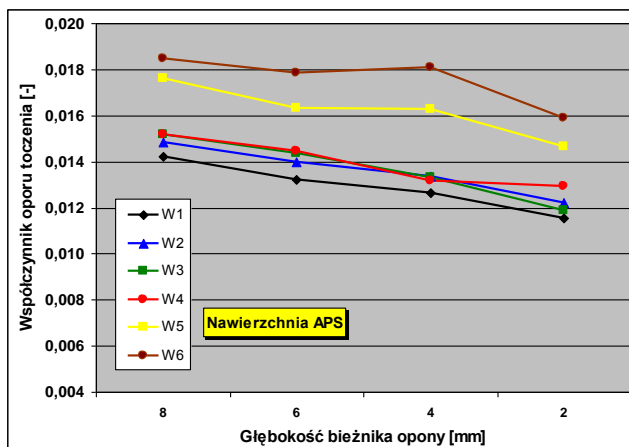
**Rys. 9.** Zależność współczynnika oporu toczenia dla opon od W1 do W6 od głębokości rzeźby bieżnika na nawierzchni SW.

oraz 6,2%-owym zużyciem na nawierzchni APS. Mniejsza głębokość rzeźby bieżnika powoduje jednak pogorszenie się innych właściwości opony, mających bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ruchu pojazdu.

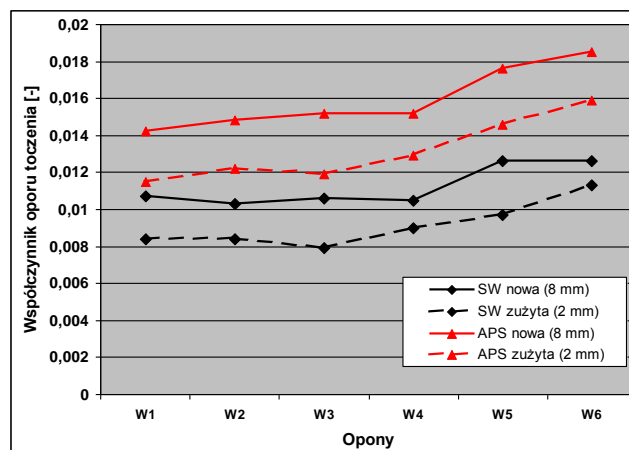
Zużycie opon od W1 do W6 mierzone głębokością rzeźby bieżnika uzyskano sztucznie przez zeszlifowanie czoła bieżnika. Pomiaru oporu toczenia wykonano dla opon nowych (głębokość rzeźby bieżnika 8 mm) i dla opon o głębokości rzeźby 6, 4 i 2 mm także na dwóch nawierzchniach: gładkiej SW i szorstkiej APS. Obciążenie opon wynosiło 4120 N przy ciśnieniu pompowania 205 kPa. Pomiaru oporu toczenia wykonano przy prędkościach toczenia 80, 100 i 120 km/h, a następnie obliczono wartość średnią współczynnika oporu toczenia z tych trzech pomiarów. Wyniki pomiarów przedstawiono na rys. 9 – 11. Na rys. 9 pokazano zależność wartości współczynnika oporu toczenia od

głębokości rzeźby bieżnika dla sześciu opon testowych na nawierzchni SW, a na rys. 10 na nawierzchni APS. Wszystkie opony charakteryzowały się spadkiem oporu toczenia wraz ze zmniejszeniem głębokości rzeźby bieżnika. Pewien wyjątek stanowiła opona W6 na nawierzchni SW, której opór toczenia przy spadku głębokości rzeźby do 4 mm wzrastał a dopiero przy głębokości 2 mm wystąpił znaczący spadek. Podobny efekt uzyskali autorzy pracy [2]. Badali oni zależność oporu toczenia opon samochodów ciężarowych od głębokości rzeźby bieżnika. Zmniejszenie głębokości rzeźby uzyskano przez zeszlifowanie czoła bieżnika opon. Pewne opony charakteryzowały się wzrostem współczynnika oporu toczenia wraz ze spadkiem głębokości rzeźby w całym zakresie pomiarowym. Próbowano to wyjaśnić zmianą rozkładu nacisków w śladzie styku z jezdnią

opony z zeszlifowanym bieżnikiem w porównaniu z oponą zużytą podczas jej normalnej eksploatacji.



**Rys. 10.** Zależność współczynnika oporu toczenia dla opon od W1 do W6 od głębokości rzeźby bieżnika na nawierzchni APS.



**Rys. 11.** Porównanie wartości współczynnika oporu toczenia dla opon od W1 do W6 dla opon nowych i zużytych na nawierzchni SW i APS.

### 3. Wnioski

Wraz ze wzrostem stopnia zużycia opony następuje zmniejszenie jej współczynnika oporu toczenia. Spadek oporu toczenia opon pojazdu skutkuje spadkiem zużycia paliwa i zmniejszeniem emisji substancji toksycznych w spalinach do otoczenia. Jest to jeden z nielicznych przypadków, gdzie zużycie elementów pojazdu wywołuje pozytywny skutek. Spadek oporu toczenia opony związany z jej zużyciem wynika ze zmniejszenia masy opony, głównie masy pasa bieżnika. Mniejsza głębokość rzeźby bieżnika powoduje równocześnie pogorszenie się innych właściwości opony, takich jak: przyczepność na mokro oraz odporność na aquaplaning. Podobny skutek wywołuje zmniejszenie głębokości rzeźby bieżnika opony spowodowane zeszlifowaniem czola bieżnika. Opony te charakteryzują się także spadkiem oporu toczenia

wraz ze zmniejszeniem głębokości rzeźby bieżnika. Szlifowanie czola bieżnika jest procesem tańszym niż uzyskanie mniejszej głębokości bieżnika podczas normalnej eksploatacji opon testowych i z tego względu jest ono często stosowane w tego typu badaniach.

### Bibliografia

1. Woźniak R., Taryma S., Ejsmont J.A., Wilga M.: *Laboratoryjne pomiary oporu toczenia opon samochodowych na nawierzchni szorstkiej i gładkiej*. Auto-Technika Motoryzacyjna. Motoryzacyjny Kwartalnik Naukowo-Techniczny, 1-94.
2. Luchini J. R., Motil M. M., and Mars W. V.: *Tread Depth Effects on Tire Rolling Resistance*, Tire Science & Technology, TSTCA, Vol. 29, No. 3, July-September 2001, pp. 134-154.

## Tyre wear influence on tyre rolling resistance

### Abstract

The paper presents tyre wear influence on tyre rolling resistance. Tyre wear of four test tyres was obtained during their normal operation while tyre wear of six other tyres was obtained in artificial way by grinding of their treads by sandpaper using special grinding machine. Rolling resistance measurements were performed on drum facility using torque method. Results of these measurements were presented as figures (rolling resistance dependence of tread depth or degree of wear).

**Key words:** tyres, rolling resistance, wear.

### Autorzy:

Dr hab. inż. **Stanisław Taryma**, prof. nadzw. – Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny  
Dr inż. **Ryszard Woźniak** – Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny

