

Badanie niejednorodności koła

Zenon Majkut

Jeśli od drgań osi koła odejmiemy drgania pochodzące od nawierzchni drogi, otrzymamy drgania spowodowane siłami pochodzącymi od koła obciążonego będącego w ruchu obrotowym. Wystąpienie tych niepożądanych sił jest spowodowane trzema rodzajami nieprawidłowości. Ich przyczynami są:

- ▶ uszkodzenia mechaniczne zespołu opona-obręcz w trakcie eksploatacji, np. wskutek najechania na przeszkodę
- ▶ błędy montażu lub brak optymalizacji położenia opony na obręczy
- ▶ wady powstałe na etapie produkcji (opon/obręczy)

Wspomniane niejednorodności są odniesione do **masy** (koło), **kształtu** (opona i obręcz) oraz **sztwności** (opona). Mogą one powodować siły, które po przekroczeniu wartości granicznych będą odczuwalne w pojeździe w postaci drgań, powodując nie tylko dyskomfort, ale też przyspieszenie zużycia elementów współpracujących.

Niejednorodność rozkładu masy

Niejednorodność masy, nazywana niewyrównoważeniem, odpowiada nieregularnemu rozkładowi masy opony. Niewyrównoważenie jest najczęściej spowodowane niewielkimi nieregularnościami grubości bieżnika. Może także wystąpić po gwałtownym hamowaniu, prowadzącym do powstania znacznych, lecz ograniczonych miejscowo obszarów zużycia.

Zjawisko niewyrównoważenia można podzielić na dwie kategorie:

- ▶ niewyrównoważenie statyczne
- ▶ moment dynamiczny

Niewyrównoważenie statyczne wynika z miejscowego skupienia masy kół i powoduje obracanie się koła zamocowanego na osi do położenia, w którym część „najcięższa” znajduje się najniżej. **Moment dynamiczny** można zauważyć tylko przy obracaniu się opony. Siły odśrodkowe prowadzą do powstania momentu odchylającego. Ten moment powoduje wahanie sił bocznych działających na piastę koła, odczuwanych przez kierowcę jako drgania poprzeczne kierownicy (w przypadku kół przednich). Należy zauważyć, że dla danej wartości moment dynamiczny jest na ogół mniej odczuwany za pośrednictwem kierownicy niż niewyważenie statyczne.

Na drodze, efekty niewyrównoważenia statycznego i momentu dynamicznego występują łącznie. Mówimy wtedy o niewyrównoważeniu dynamicznym.

Zjawiska niewyważenia kół są kompensowane przez wyważanie zamontowanych kół na wyważarkach.

Nieregularność kształtu

Istnieją dwa rodzaje nieregularności kształtu:

- ▶ bicie promieniowe
- ▶ bicie boczne (osiowe)

Objawiają się one dla koła kompletnego, jednak przyczyna może leżeć zarówno w skrzywionej obręczy (czego chyba nie trzeba ilustrować), jak też w oponie, w której występują defekty geometrii.



Bicie promieniowe powoduje, że piasta koła nie porusza się po linii prostej, lecz oscyluje w kierunku pionowym. Przy obciążeniu opony powoduje to wahanie sił promieniowych na piastę koła.

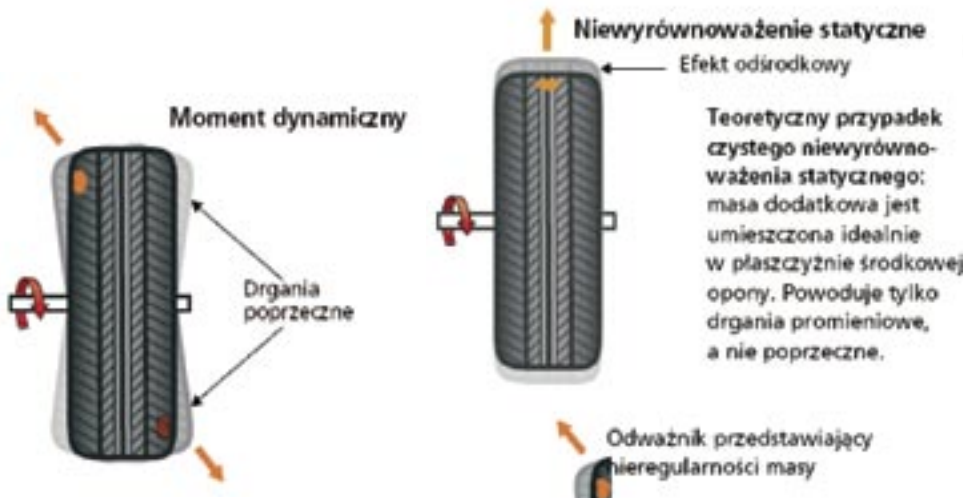
Bicie boczne:



Bicie promieniowe:



$R > R'$: promień opony zamocowanej na obręczy i napompowanej nie jest idealnie regularny. Bicie promieniowe = $R_{max} - R_{min}$



Bicie promieniowe opony jest wynikiem nieregularności promienia opony, gdy opona nie jest idealnie okrągła. Wyobraźmy sobie oponę o kształcie nieco owalnym lub np. z garbami wokół obwodu. Podobnie jak niewyważenie, bicie promieniowe jest często spowodowane małymi nieregularnościami grubości elementów opony. Na drodze bicie promieniowe jest głównie przyczyną **wahań sił promieniowych** działających na piastę koła, prowadzących do drgań pionowych, a czasem hałasu w kabinie pasażerskiej.

Bicie boczne jest nieregularnością odległości między zewnętrzną częścią boku opony a płaszczyzną obrotu koła. Bicie boczne powoduje głównie **wahania sił bocznych** działające na piastę koła, powodując drgania poprzeczne nadwozia.

Pomiary bicia obręczy są możliwe metodą:

▶ **dotykową** - za pomocą czujników zegarowych lub na wyważarkach wyposażonych w czujniki elektroniczne i ramiona pomiarowe

▶ **bezdotykową** - za pomocą urządzeń wyposażonych w czujniki sonarowe, wykorzystujące zjawisko Dopplera lub laserowe

Niejednorodność sztywności

Są dwa rodzaje niejednorodności sztywności:

- ▶ wahań sztywności promieniowej
- ▶ wahań sztywności bocznej

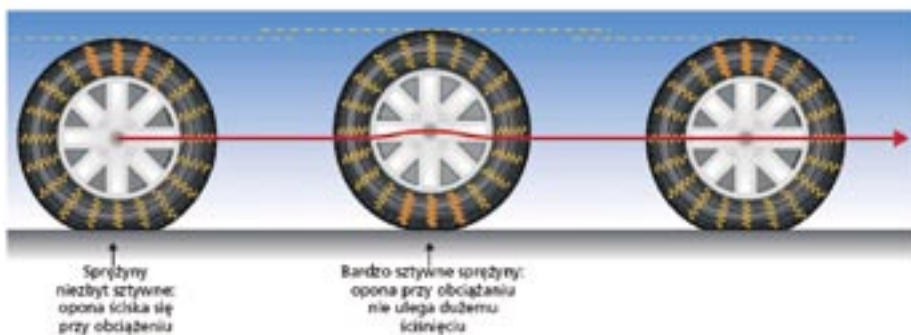
Niejednorodności te są możliwe do stwierdzenia jedynie pod nominalnym obciążeniem opony, bo tylko wtedy ich efekt ma wpływ na wahań (nieregularność) promienia opony pojazdu obciążonej jego masą podczas toczenia się po równej nawierzchni drogi.

Wyobraźmy sobie „oponę” złożoną jedynie ze sprężyn o różnej sztywności. Gdy do powierzchni kontaktu dochodzą sprężyny mniej sztywne, opona ulega ściśnięciu. Gdy powierzchnię kontaktu osiągną sprężyny sztywniejsze, ściśnięcie jest mniejsze. Tor ruchu piasty koła na przemian unosi się i opada. Przy obciążeniu powoduje to wahań sił pionowych działających na piastę koła.

Istnieje wiele przyczyn wahań sztywności promieniowej, takich jak zmiany kierunku promieniowego (radialności) warstw osnowy, zmiany grubości elementów składowych i obecność złączy elementów opony.

Podobnie jak bicie promieniowe, zmienność sztywności promieniowej powoduje drgania pionowe piast, co z kolei może prowadzić do drgań podłogi, sie-

Wahania sztywności promieniowej



dzeń i kierownicy, czemu czasem towarzyszy hałas.

Opona wykazująca wahań sztywności bocznej nie ma idealnie jednakowej sztywności poprzecznej we wszystkich punktach obwodu. Analogicznie można wyobrazić sobie „oponę” o obwodzie złożonym ze sprężyn poprzecznych o różnej sztywności.

Wahań sztywności bocznej są spowodowane głównie wahańmi gęstości warstw osnowy i warstw opasania. Podobnie jak bicie boczne, wahań sztywności bocznej prowadzą do wahań sił bocznych działających na piastę koła, a więc do drgań poprzecznych w kabinie pasażerskiej.

Rozwiązanie problemu drgań koła podczas badania na wyważarce Hunter GSP 9700

W wyważarce GSP 9700 firmy Hunter pomiar tzw. siły drogowej polega na określeniu i zlokalizowaniu reakcji koła (zespołu opona-obręcz) względem rolki pomiarowej obciążającej oponę z siłą nawet do 700 kG (według przyjętego w badaniach kół i zawieszenia tzw. modelu ćwiartkowego obciążenie wynosi ok. 1/4 masy samochodu).

W związku z nałożeniem się niekorzystnych zjawisk związanych z geometrią (nierównościami opony) i wadami konstrukcji (ukrytymi wewnątrz), przyczyny mogą być mierzone tylko wtedy, gdy opona napotyka na opór podczas pomiaru. Jest to najwydajniejsza metoda określenia wpływu wszystkich elementów na oponę i całe koło.

Zmienna reakcja spowodowana zmienną sztywnością

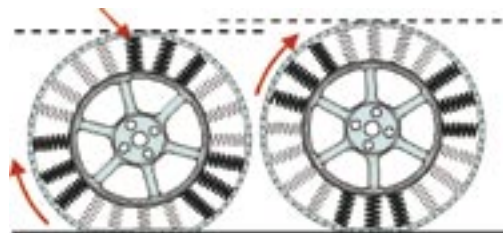
Podczas pomiaru sił są analizowane 2 główne składniki mające wpływ na zachowanie się koła na drodze:

- ▶ bicie promieniowe pod obciążeniem
- ▶ sztywność opony

Te dwa jednocześnie pomiary składają się na tzw. test drogowy.

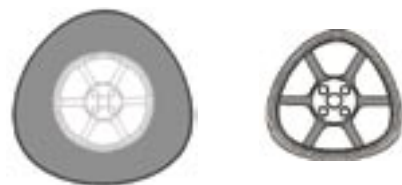
Błędy kształtu opony, określone wyłącznie jako bicie promieniowe, nie okre-

ślają rzeczywistej siły, ponieważ zależy ona od sztywności mierzonej opony. Bicie niekoniecznie wywołują te same siły w każdej oponie. Na przykład dwie opony o tym samym biciu będą różniły się zdolnością do spowodowania drgań, gdy opona o bardzo sztywnym boku jest porównywana do opony z miękkim bokiem. Bok opony, jak wiemy, odpowiada za przenoszenie obciążeń z drogi na pojazd. Sztywność opony redukuje lub zwiększa błąd kształtu obracającego się obciążonego koła.



Zmienna reakcja spowodowana zmienną sztywnością

Bicie promieniowe opony (pomiar z obciążeniem), bicie promieniowe obręczy (pomiar bez obciążenia)



Pomiar bicia jest pomiarem odległości, a nie siły. Bicie jest mierzone tradycyjnie w setnych milimetra (0,00 mm).

Pomiar bicia bez obciążenia dotyczy małej powierzchni, takiej jak środek opony i mniejsza jest jego wiarygodność przy ocenie omawianych zjawisk. Natomiast w przypadku obręczy powyższe ograniczenia nie mają miejsca. Podczas pomiaru bicia opony pod obciążeniem na środku bieżnika następuje spłaszczenie opony w trakcie obrotu koła. Wartość siły wytworzonej przez błąd kształtu (bicie promieniowe) jest zależna od sztywności boku opony oraz od jakości osadzenia stopki.

Wahania sztywności bocznej



Bicie promieniowe opony (pomiar z obciążeniem), bicie promieniowe obręczy (pomiar bez obciążenia)

Pomiar obciążonej rolką opony w celu wykrycia błędów kształtu (bicia) jest szybszy, dokładniejszy i przedstawia całkowite średnie bicie opony. Okolice stopki i boki opony mogą przyczynić się w dużym stopniu do wystąpienia drgań; ich pomiar ma miejsce równocześnie. Ten pomiar wykazuje wyższość nad pomiarem bezkontaktowym, wskutek rzeczywistego odizolowania różnych obszarów opony.

Należy pamiętać, że bicie opony mierzone bez obciążenia nie uwzględnia:

- ▶ sił wywołanych przez błędy konstrukcyjne ukryte wewnątrz opony
- ▶ wpływu sztywności boków opony i sprężystości
- ▶ całej szerokości bieżnika; umiejscowienie drgań związanych z niewyważeniem może wpływać na ich zminę na zasadzie loterii

GSP 9700 mierzy równocześnie bicie opony pod obciążeniem i sztywność opony, tak że znamy wielkość siły drgań pojawiających się, gdy koło zamontowane jest na pojeździe.

Tu pojawia się nieporozumienie. Niektóre „diagnostyczne” wyważarki kół stosują tylko pomiar bicia bez obciąże-

nia. Nie należy mylić pomiaru bicia z metodą pomiaru siły drogowej. To nie jest to samo! Należy wybrać odpowiednie urządzenie przez zrozumienie korzyści płynących z pomiaru opony pod obciążeniem.

Firma Hunter proponuje trzy warianty wyważarek:

▶ GSP 9200 - oferuje rozwiązywanie problemów związanych z niejednorodnością masy (wyważeniem)

▶ GSP 9600 - oferuje rozwiązywanie problemów związanych z niejednorodnością masy (wyważeniem), niejednorodnościami kształtu (pomiar bicia pod obciążeniem - opona, bez obciążenia - obręcz)

▶ GSP 9700 - oferuje rozwiązywanie problemów związanych z niejednorodnością masy (wyważeniem), niejednorodnościami kształtu (pomiar bicia pod obciążeniem - opona, bez obciążenia - obręcz), niejednorodnościami sztywności promieniowej (pomiar siły drogowej)

Pomiar bicia opony pod obciążeniem - wykrywanie błędów wizualnych i konstrukcyjnych (ukrytych) wyrażany w mm i pomiar sztywności opony wyrażany w [N/mm] = pomiar siły drogowej wyrażany w [N].

W artykule wykorzystano materiały udostępnione przez Michelin Polska i Hunter Engineering Company.



WIMAD
W

**PROFESJONALNE WYPOSAŻENIE
SERWISÓW SAMOCHODOWYCH**

**CERTYFIKAT
ZGODNOŚCI**
Transportowy Dozór Techniczny
jednostka certyfikująca
TDT-CERT

Z przyjemnością informujemy Państwa, że przyrząd do pomiaru geometrii ustawienia kół i osi pojazdu **HUNTER 811/DSP 600** (z głowicami pasywnymi) uzyskał certyfikat TDT o numerze **6 43 010 2006** pozwalający na stosowanie w/w urządzenia w stacjach kontroli pojazdów.

HUNTER jest aktualnie jedynym urządzeniem na rynku polskim wyposażonym w głowice pasywne (3D) i posiadającym certyfikat TDT.

WIMAD Sp. j.
51-511 Wrocław, ul. Strachocińska 27, tel./fax: 0-71 346 66 26
info@wimad.com.pl, www.wimad.com.pl