

Niejednorodności

KOŁA

Jeśli od drgań osi (piasty) 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 niejednorodności (nieregularności) koła.

Zanim się tym zajmę, należy powiedzieć, że ich przyczynami są:

- uszkodzenia mechaniczne zespołu opony z obręczą w trakcie eksploatacji, np. wskutek najechania na przeszkodę;
- błędy montażu lub brak optymalizacji opony na obręczy;
- wady powstałe na etapie produkcji.

Niejednorodności odnoszą się do masy (koło), kształtu (opona i obręcz) oraz sztywności (opona). Mogą one powodować siły, które po przekroczeniu wartości granicznych związanych z rozmiarami i masą koła (momentem bezwładności w ruchu obrotowym) będą odczuwalne w pojeździe w postaci drgań, powodując nie tylko dyskomfort, lecz też przyspieszenie zużycia elementów współpracujących.

Niewyważenie, niewyrównoważenie – niejednorodność masy

Niejednorodności masy, nazywane niewyważeniem, odpowiadają nieregularnemu rozkładowi masy opony w całym przedmiocie. Można je porównać do małych odważników rozmieszczonych nieregularnie w bieżniku i innych częściach opony, nieznacznie zmieniających rozłożenie jej masy. Niewyrównoważenie jest najczęściej spowodowane niewielkimi nieregularnościami grubości bieżnika. Może także wystąpić po gwałtownym hamowaniu prowadzącym do powstania znacznych, lecz ograniczonych miejscowo obszarów zużycia. Czasami jest też wynikiem niejednorodności w materiale obręczy wykonanej najczęściej ze stopów lekkich.

Zjawiska niewyważenia można podzielić na dwie kategorie:

- niewyważenie statyczne
- moment dynamiczny (niewyważenie dynamiczne – para sił).

Niewyważenie statyczne można zauważyć bez poruszania koła umieszczonego w osi obrotu (stąd nazwa statyczne). Zespół koła po prostu montuje się na osi i pod wpływem siły grawitacji koło samoczynnie zmienia położenie (obraca się), aż masa „dodatkowa” znajdzie się u dołu. Gdy koło obraca się podczas jazdy samochodu, siła odśrodkowa nie jest równomierna, co powoduje wahania sił promie-

niowych działających na piastę koła, a przez to wywołuje drgania pionowe. Moment dynamiczny można zauważyć tylko przy obrotach koła. Tu niewyważenie powoduje odchylenie sił odśrodkowych od płaszczyzny symetrii, prowadząc do powstania momentu odchylającego. Ten moment wywołuje wahania sił bocznych działających na

Gdy koło obraca się podczas jazdy samochodu, siła odśrodkowa nie jest równomierna, co powoduje wahania sił promieniowych działających na piastę koła, a przez to wywołuje drgania pionowe.

piastę koła, odczuwanych przez kierowcę jako drgania poprzeczne kierownicy. Dla danej wartości moment dynamiczny jest na ogół mniej odczuwany za pośrednictwem kierownicy niż niewyważenie statyczne.

Na drodze efekty niewyrównoważenia statycznego i momentu dynamicznego obrotowego występują łącznie. Mówimy wtedy o niewyważeniu dynamicznym. Zjawiska niewyważenia kół są kompensowane przez proces wyważania kół. W praktyce okazuje się, że nawet nowa obręcz może generować niewyważenie statyczne na poziomie do 30 g. Podobnie jest z oponą zamontowaną na idealnie wyważonej obręczy (do 0). Może ona wykazywać niewyważenie statyczne do 20 g. Podaję tu wielkości ciężarków korekcyjnych koniecznych do wyważenia statycznego, którymi kierują się producenci obręczy i opon.

Defekty geometryczne – niejednorodność kształtu

Istnieją dwa rodzaje niejednorodności kształtu:

- bicie promieniowe,
- bicie osiowe (boczne).

Ich efekt objawia się dla koła kompletnego, jednakże przyczyna może leżeć zarówno w skrzywionej obręczy, czego chyba już nie trzeba ilustrować, jak też w oponie, w której występują defekty geometryczne. Trzeba pamiętać, że wahania niejednorodności w procesie produkcji są niewielkie i rzadko widoczne gołym okiem. Z drugiej strony nieregularności narastające podczas eksploatacji (uderzenia o nierówności nawierzchni drogi, miejscowe zużycie) często są zauważalne.

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

Bicie boczne jest nieregularnością odległości między zewnętrzną częścią boku opony a płaszczyzną obrotu koła. Wyobraźmy sobie np. chwiejne koło roweru po zderzeniu. Na drodze koło z dużym biciem bocznym może wyglądać chwiejnie. Bicie boczne powoduje głównie wahania sił bocznych działające na piastę koła, powodując drgania poprzeczne w kabinie pasażerskiej.

Pomiary bicia obręczy wykonuje się:

- a) metodą dotykową za pomocą czujników zegarowych lub na urządzeniach (wyważarkach) oprzyrządowanych w czujniki elektroniczne i ramiona pomiarowe;
- b) metodą bezdotykową za pomocą urządzeń wyposażonych w czujniki sonarowe wykorzystujące zjawisko Dopplera lub laserowe.

Niestety żadna z metod nie jest wyraźnie lepsza, ponieważ pierwsza wymaga bezpośredniego przyłożenia ramion (czujników) do opony i obręczy, ale pozwala na kontrolę pomiaru i zmierzenie dokładnie w miejscach, na których nam zależy, np. w miejscu osadzenia stopki opony wewnątrz obręczy (przy zdemontowanej oponie). W drugiej metodzie plusem jest szybkość pomiaru, niestety minusem jest mniejsza dokładność pomiaru wskutek braku informacji o dokładnym miejscu pomiaru i zbieranie zakłóceń jako wynik pomiaru (np. wpływ zanieczyszczeń obręczy na wynik pomiaru bicia).

Oczywiście wiele, jeżeli chodzi o jakość tych metod pomiarowych, zależy od użytego oprogramowania. W praktyce bicie promieniowe i osiowe, jakie dopuszczają producenci samochodów, nie może przekraczać 0,5 – 1,0 mm dla obręczy sprawnych.

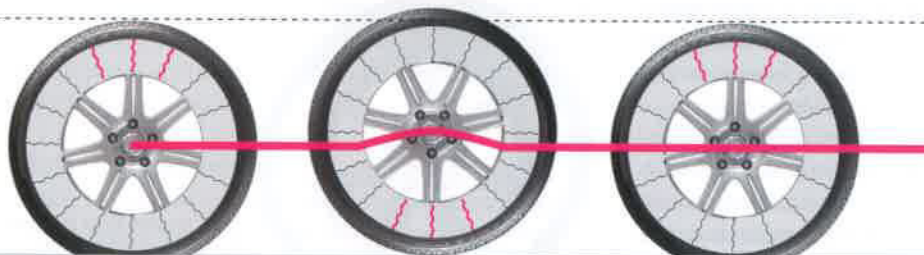
Niejednorodność sztywności (sprężystości) opony

Są dwa typy niejednorodności sztywności:

- wahania sztywności promieniowej,
- wahania sztywności bocznej.



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



Wahania sztywności promieniowej

Sprężyny niezbyt sztywne: opona ściska się przy obciążeniu

Bardzo sztywne sprężyny: opona przy obciążeniu nie ulega dużemu ściśnięciu

Sprężyny niezbyt sztywne: opona ściska się przy obciążeniu

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

Opona poddana wahanom sztywności promieniowej nie ma dokładnie identycznej sztywności promieniowej w każdym punkcie obwodu. 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 wahanie sił pionowych działających na piastę koła.

Istnieje wiele przyczyn wahanie sztywności promieniowej, takich jak zmiany kierunku promieniowego (radialności) warstw osnowy, zmiany grubości elementów składowych i obecność złączy elementów. Podobnie jak bicie promieniowe, zmienności sztywności promieniowej powoduje drgania pionowe piast, co z kolei może prowadzić do drgań podłogi, siedzeń i kierownicy, czemu czasem towarzyszy hałas.

Opona wykazująca wahanie 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.

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

Nie omawiano tutaj zmienności innych sił, takich jak stożkowatość lub wpływ kierunku warstw (tzw. efekt kątowy), gdyż nie stanowią

Najlepszym sposobem pomiaru błędów kształtu powodujących drgania są dwa pomiary wykonane w okolicy osadzenia stopki opony na obręczy.

one przyczyn dyskomfortu związanego z drganiami, ale są cechami celowo stosowanymi przez konstruktorów w celu zapewnienia odpowiedniego działania na drodze. Mogą też być przyczyną znośzenia pojazdu z prostoliniowego kierunku jazdy nawet przy prawidłowo ustawionej geometrii kół.

Podsumowanie

Sila: - Siły generowane przez koło (zespół opona + obręcz) należy mierzyć wyłącznie z obciążeniem. Sztywność opony odgrywa również rolę w pomiarze siły, ponieważ zmniejsza lub zwiększa ona drgania mierzzonego koła. Pomiar siły drogowej wykorzystuje bicie zmierzone pod obciążeniem i pomiary sztywności opony w celu określenia (zmierzenia) rzeczywistej siły spowodowanej przez samo bicie pod obciążeniem.

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

- Pomiar bicia opony bez obciążenia jest problematyczny i ograniczony w zastosowaniu, ponieważ opona ma zmienną sprężystość, jest podatna na ściskanie (odkształcalna). Bezkontaktowy pomiar bicia jest ograniczony i niepowtarzalny, ponieważ mierzone są małe obszary czoła bieżnika opony. W większości przypadków bezkontaktowy pomiar bicia w opony stosowany jest do opon z problema-

mi wizualnymi i nie jest najlepszym wyborem oceny przyczyn powodujących drgania. Obręcz nie jest podatna na ściskanie (w zakresie sił występujących w normalnej eksploatacji) w ten sam sposób jak opona i dlatego pomiar bicia bez obciążenia jest tu pożądany, oczywiście z wystarczającą dokładnością. Może to być pomiar bez obciążenia, ale niekoniecznie bezdotkowy. Najlepszym sposobem pomiaru błędów kształtu powodujących drgania są dwa pomiary wykonane w okolicy osadzenia stopki opony na obręczy. Te dwa pomiary są średnią wektorów w celu znalezienia rzeczywistej średniej niższych (low spots) lub wyższych punktów (high spots) w miejscu przylegania stopki opony do obręczy.

Ważne

Sam pomiar bicia nie wyjaśnia wszystkich problemów związanych z drganiami. Bicie opony mierzone bez obciążenia ignoruje:

- a) siły wywołane przez błędy konstrukcyjne, ukryte wewnątrz opony,
- b) wpływ sztywności boków opony i sprężystość,
- c) całą szerokość bieżnika, ponieważ mierzy odizolowane obszary opony zamiast całej szerokości bieżnika. Umieszczenie drgań związanych z niewyważeniem może włączyć się do ich zmniejszenia lub zwiększenia na zasadzie loterii. W wyniku tego najlepsza możliwa jakość jazdy jest zmniejszona i zwiększa się częstotliwość reklamacji.

Oczywiście znajomość bicia jest przydatna (szczególnie w przypadku obręczy) i przy braku odpowiednich urządzeń zawsze lepsza niż brak jakiegokolwiek informacji. Ale co naprawdę potrzebujemy wiedzieć, to czy bicie powoduje nadmierną siłę pod obciążeniem. Czy bicie jest wystarczającym powodem reklamacji odnośnie do drgań? Na pewno nie! Aby znaleźć przyczynę drgań, należy wybrać odpowiednie urządzenie i dokonać pomiaru opony pod obciążeniem. Posłuż się przykładem. Firma Hunter proponuje trzy warianty wyważarek:

- **GSP 9200** – wyważarka oferująca rozwiązywanie problemów związanych z niejednorodnością masy (wyważeniem),
- **GSP 9600** – wyważarka oferująca rozwiązywanie problemów związanych z niejednorodnością masy (wyważeniem), niejednorodnościami kształtu (pomiar bicia pod obciążeniem – opona, bez obciążenia – obręcz),
- **GSP 9700** – wyważarka oferująca rozwiązywanie problemów związanych z niejednorodnością masy (wyważeniem), niejednorodnościami kształtu (pomiar bicia pod obciążeniem – opona, bez obciążenia – obręcz), niejednorodnościami sztywności promieniowej (pomiar siły drogowej).
- **RFT** – wyważarka oferująca rozwiązywanie problemów związanych z niejednorodnością masy (wyważeniem), niejednorodnościami kształtu (pomiar bicia pod obciążeniem – opona, bez obciążenia – obręcz), niejednorodnościami sztywności promieniowej (pomiar siły drogowej) oraz pomiarem siły znośzenia opony z prostoliniowego kierunku jazdy.

Bardzo istotną dla użytkownika cechą tych urządzeń jest taki sam czas pomiaru, jak w wyważarce oferującej samo tylko wyważenie. ●

Zenon Majkut, Wimad Sp.j.



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