

Trudne pytania na temat wyważania



ZENON MAJKUT
WIMAD

CZY WYWAŻENIE ELIMINUJE DRGANIA KOŁA? NA PODSTAWIE POPRZEDNIEGO, MARCOWEGO ODCINKA TYCH ROZWAŻAŃ ODPOWIEŹ ZDAJE SIĘ JEDNOZNACZNA: JASNE, ŻE TAK! CZY JEDNAK ZAWSZE I CAŁKOWICIE? A JEŚLI NIE, TO DLACZEGO?

Po pierwsze: trudno niewyważenie uznać za wyłączną przyczynę drgania koła, bez uwzględnienia innych sił i ich momentów. Po drugie: koło w naszym rozumieniu nie jest abstrakcyjnym geometrycznym okręgiem, lecz realnym przedmiotem o dość złożonej strukturze, obciążonym też różnymi rodzajami niedoskonałości właściwej wszelkim technicznym dziełom.

Najprostszym sposobem uzyskania idealnego koła samochodowego wydaje się zakup dwóch fabrycznie nowych elementów: opony i felgi o maksymalnie wysokiej jakości, a potem ich prawidłowe połączenie i napełnienie powietrzem lub jeszcze lepiej azotem. Niestety, po zamontowaniu tej kompozycji do samochodu nieuchronnie podczas jazdy ujawnią

się jej drgania. Czyżby tak starannie dobrane elementy okazały się nie najlepsze? Z pewnością były dobre, lecz tylko... do pewnego stopnia.

Dlaczego? Jak pamiętamy zapewne z fizyki, każdy pomiar obciążony jest jakimś błędem, a przecież każda technologia opiera się na pomiarach. Nie trzeba więc jasnowidza, by stwierdzić, że zarówno dzisiaj, jak i za 100 lat żaden, choćby najlepszy producent nie będzie w stanie dostarczać opon i obręczy z niewyważeniem równym 0 gramów. Praktyka zaś dowodzi, że nawet 5 gramów dla każdego z tych elementów jest nieosiągalne.

Obecnie limity niewyważenia statycznego (tylko takie sprawdza się w fabrykach) dla obręczy ze stopów lekkich wynoszą 25-30 g. Do tego dochodzi nieuchronne niewyważenie opony złożonej z wielu warstw nie do końca jednorodnych materiałów. W efekcie w warsztatowych realiach trzeba godzić się z dynamicznym niewyważeniem opony wynoszącym 20-40 g. Fabryki ogumienia są pod tym względem znacznie bardziej tolerancyjne i przyjmują limity niewyważenia dynamicznego od 80 do 96 g dla opon samochodów osobowych, a dla SUV-ów – nawet do 136 g! Tak kształtują się dane pochodzące od największych producentów felg i opon, lecz nie można ich przywoływać imiennie, bo są utajnione.

Wiadomo, że dwa główne elementy koła należy, a nawet trzeba, tak ze sobą zestawić, by niepożądane siły (i ich momenty) przynajmniej częściowo zniósły się wzajemnie. Często producent zaznacza żółtą plamką o średnicy ok. 1 cm na boku opony najcięższy punkt jej obwodu, czyli po prostu niewyważenie statyczne. Dysponując wyważarką, można ustalić z kolei najlżejszy punkt obręczy (z zamontowanym zaworem i ewentualnie czujnikiem TPMS), aby następnie

w zmontowanym już kole oba wspomniane miejsca ustawić na wspólnym promieniu. W ten sposób można znacznie zredukować masę zakładanych później ciężarków wyważających. Na tym właściwie kończy się standardowa techniczna wiedza, wykorzystywana w większości serwisów.

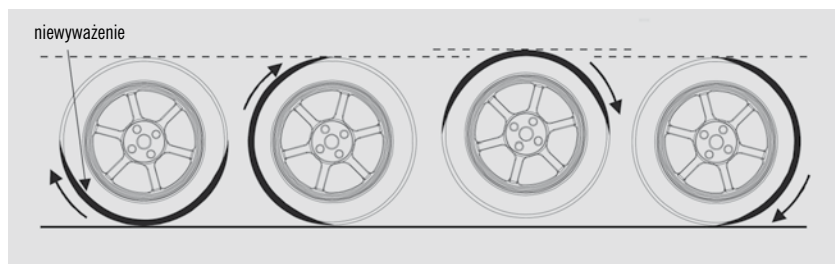
Pozwala ona rzeczywiście zadowalająco eliminować drgania, lecz pod warunkiem, że chodzi o sztywne koła lokomotywy lub tramwaju. W takim wypadku tylko uwagi o zaworach i czujnikach ciśnienia okazują się zbędne. Tymczasem koło po jazdzie drogowego łączy w sobie element sztywny (felga) ze sprężystym (opona), a to już zakres możliwych przyczyn drgań w znacznym stopniu rozszerza. Nieregularność obwodu obręczy (bicie) i nierównomierny rozkład sprężystości opony wprawia koło w drgania cykliczne, spowodowane przez układ pomiarowy maszyny do „strawnej” postaci drgań harmonicznym, czyli powtarzających się

przy każdym obrocie jednokrotnie, dwukrotnie, trzykrotnie itd.

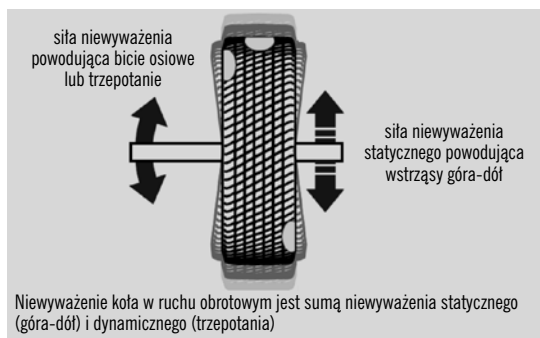
W sumie więc drgania koła samochodowego mogą być spowodowane przez: niewyważenie (statyczne i dynamiczne), zróżnicowanie sztywności promieniowej opony (wariację siły promieniowej)*, odkształconą obręcz*, odkształconą oponę*, błędy w montażu koła na piąście (wadliwe centrowanie)**, awarię lub zużycie podzespołów układu hamulcowego**, awarię lub zużycie układu przeniesienia napędu bądź silnika, czyli elementów uczestniczących w ruchu obrotowym**, charakterystykę zawiesz

(nieprawidłowy dobór mas resorowanych i nieresorowanych)** oraz dowolną kombinację kilku uprzednio wymienionych czynników. Pojedynczymi gwiazdkami (*) oznaczyłem te spośród nich, które nie są rejestrowane i eliminowane wyważarką bez funkcji testu drogowego. Gwiazdki podwójne (**) wyróżniają czynniki zwykle konstrukcyjne lub wynikające ze zużycia, nierejestrowane i nieeliminowane przez wyważarkę zarówno konwencjonalną bez testu drogowego, jak i diagnostyczną z testem drogowym.

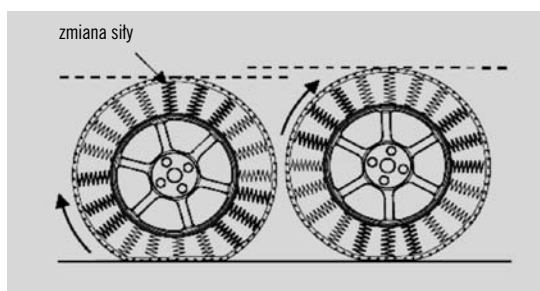
Niewyważenie statyczne i dynamiczne (rys.1) powoduje drgania, z których →



RYS. 1



RYS. 2



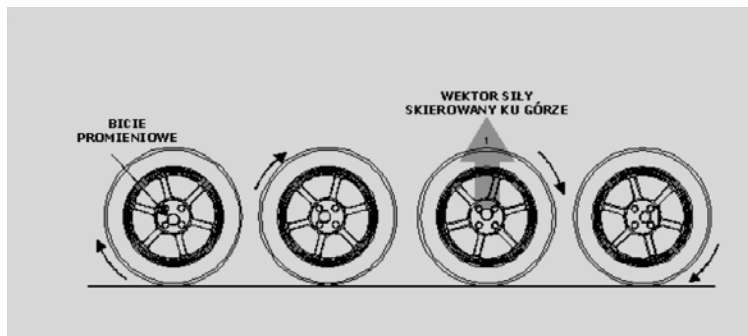
RYS. 3



RYS. 4

eliminacją radzi sobie każda prawidłowo zbudowana, sprawna i skalibrowana wyważarka. Schematycznie efekty obu rodzajów niewyważenia można wyrazić za pomocą wektorów działających sił (rys.2).

Zmiana sztywności promieniowej opony powoduje przemieszczanie się środka obrotu koła w pionie odczuwane w postaci drgań (rys. 3). Niejednorodnie sztywna opona reaguje wówczas na stałe obciążenie masą pojazdu jak promieniowy układ niejednakowych sprężyn różniących się strzałkami ugięcia. Na dobrych oponach oznacza się czerwoną plamką red dot (rys. 4) najsztwniejsze miejsce opony, czyli jej najdłuższy efektywny promień.



RYS. 5

Punkt ten jest ustalany w fabryce ogumienia na maszynie zwanej optimizerem. Dociska ona napompowane koło z siłą ok. $\frac{1}{4}$ masy pojazdu albo 80-90% nośności opony i mierzy ugięcie poszczególnych odcinków obwodu bieżnika.

Badania sztywności opon można wykonywać wyłącznie pod obciążeniem, gdyż żadne symulacje bezdotykowe nie mają tu sensu, co wynika z fizycznej definicji tego parametru.

Pomiary wielkości nazywanej *tire uniformity*, czyli jednorodności sztywności opony, mogą być wykonywane również przez wyważarkę z rolką dociskową (obecnie Hunter GSP 9700 i Hunter RFT). Ich wyniki pokrywają się z ustaleniami badań na optimizerach. Dla potrzeb warsztatowych ważne są występujące tutaj wartości graniczne. Wiem ze swojej długoletniej praktyki, iż niejednorodność sztywności (wartość pierwszej harmonicznej) nieprzekraczająca 50 N nie generuje jeszcze uciążliwych drgań. Warto natomiast zajmować się optymalizacją kół, w których owa niejednorodność wynosi 50-150 N (powyżej tego zakresu polecać można najwyżej reklamację lub utylizację). Ten prosty podział potwierdzają dane podawane przez producentów samochodów. Producenci opon są w udzielaniu takich informacji bardziej powściągliwi. W ocenie przydatności opony oprócz wartości pierwszej harmonicznej siły promieniowej należy wziąć pod uwagę rzeczywistą (niesprowadzoną do harmonicznych) jej wartość maksymalną. Także druga harmoniczna w trudnych przypadkach określa istotę występującego problemu. Większa liczba harmonicznych wskazuje, iż opona jest nierówna jak piła o dużym module zębów. W samochodach

dostawczych oraz SUV-ach wielkości graniczne są większe, zwykle odpowiednio o 50 i 20 procent.

Oznaczenie opon czerwonymi i żółtymi plamkami jest stosowane też w przypadku ogumienia do ciężkich pojazdów użytkowych, lecz pomiary są wykonywane metodą inną od wcześniej tu wspomnianej.

Odkształcenia obręczy są zwykle skutkiem nagłego działania sił zewnętrznych, czyli po prostu uderzeń. Parametrami pomiarowymi do oceny ich skali są bicie promieniowe i osiowe. Ich dopuszczalne (według producentów samochodów) wielkości zwykle nie przekraczają 0,5 mm, a w praktyce warsztatowej przyjmuje się limity nie większe niż 1,0 mm (rys. 5). Odkształcenie w kierunku promieniowym powoduje zmianę naturalnego przylegania elementu sprężystego, czyli opony do drogi.

Obręcze z nadmiernym biciem producenci samochodów zalecają wymieniać, ale skoro prostowarki do felg są sprzedawane legalnie (podobnie jak pogłębiarki bieżników oraz alkohol i papierosy), to można ich używać, byle z rozsądnym umiarem i pełną wiedzą o właściwościach prostowanych materiałów. Na pewno nie wolno naprawiać pękniętych obręczy metodą spawania.

Niewielkie (do 1mm) odkształcenia w kierunku promieniowym mogą poprawiać równobieżność obciążonego koła, jeśli zostanie ono tak zmontowane zgodnie z zasadą optymalizacji geometrycznej. Polega ona na wzajemnym kompensowaniu się miejsca maksymalnego bicia opony z punktem minimalnego bicia obciążonej obręczy. Zabieg ten nie powinien jednak kolidować z optymalizacją wagową, łączącą najcięższy punkt opony z najbliższym punktem obręczy, a w praktyce bywa z tym różnie. Cdn.