

Drogowy test koła

Często nowa opona, którą zamierzamy założyć na obręcz lub już zainstalowana na niej, posiada na swym boku swoiste znaki - dwie różnokolorowe kropki. W dużej mierze dotyczy to opon stosowanych podczas produkcji samochodów, na tzw. pierwszy montaż. Tylko czasami specjalnie oznaczone opony udaje się kupić na wolnym rynku. Interesujące nas kropki mają średnicę 5-10 mm i są koloru czerwonego oraz żółtego. Okazuje się, że są one po pierwsze znakiem potwierdzającym kontrolę jakości na urządzeniu zwanym optymerem na końcu linii produkcyjnej w fabryce opon, a po drugie, że kontrola ta wypadła pomyślnie. Co oznaczają te dwa tajemnicze punkty?



Większość fabryk opon, w tym np. japońska Yokohama **maksymalną siłę promieniową** (Radial Force Variation, w skrócie RFV) oznacza czerwoną kropką, a najniższe miejsce opony - punkt **minimalnego niewyważenia statycznego** - żółtą. Oczywiście wartości te muszą mieścić się w wyznaczonych przez producentów samochodów granicach.

Odwiedzając warsztaty, można wysłuchać opinii, że owe „kropki” są po to, żeby oponę ustawiać jednym z tych znaków na równi z zaworem koła. Jak zwykle jest tu sporo prawdy, ale tylko jeśli „zrównamy” zawór z żółtym znakiem. Wtedy teoretycznie „ciężkim” zaworem koła (np. z czujnikiem ciśnienia) zamontowanym w feldze równoważymy „lekkie” miejsce opony, zaznaczone żółtą kropką. Jest to pierwszy rodzaj optymalizacji, zwanej wagową - to dobra metoda przy idealnie równych obręczach.

Przechodząc do drugiej metody - biorąc pod uwagę nieco więcej informacji - czyli eliminacji niejednorodności koła (non-uniformity), spróbujmy rozważyć nieco teorii.

Koło samochodowe podczas swego ruchu obrotowego może wywoływać drgania o częstotliwości od 5 do 40 Hz. Częstotliwość wynika z bieżącej prędkości samochodu. Amplituda zaś zależy od czynnika wywołującego drgania.

W przypadku koła o jednolitej, sztywnej konstrukcji (występującego na przykład w pojazdach szynowych) metody „zwykłego wyważania” można uznać za całkowicie wystarczające. Paradoks polega jednak na tym, że do takiej korekty równomierności rozłożenia masy w ogóle nie potrzebujemy koła. Możemy przykładowo założyć na wrzeciono wyważarki dowolną (nawet prostopadłościenną) bryłę z otworem pośrodku i zgodnie ze standardowymi procedurami dokonujemy pomiaru niewyważenia statycznego i dynamicznego. Dokładając „brakujące” masy w miejscach wskazanych przez maszynę otrzymamy przedmiot idealnie wyważony, lecz pozbawiony, niestety, właściwości toczenia się po nawierzchni jezdni.



Powyższego przykładu „kółka graniastego” proszę nie uważać za całkiem abstrakcyjną dygresję. Koło samochodowe też przecież nie jest dokładnie okrągłe w sensie geometrycznym. To zespół złożony przynajmniej z dwóch elementów: opony oraz obręczy (dodatkowe drobiazgi, takie jak: zawór, czujnik ciśnienia lub ciężarki wyważające na razie pominiemy). Teoretycznie można uznać obręcz za element sztywny (przy normalnych eksploatacyjnych obciążeniach - nie podczas sytuacji ekstremalnej, np. w trakcie wypadku na drodze), a jej kształt zbliżony jest do geometrycznego koła. Opona jednak z powodu swej sprężystości wykazuje te same cechy tylko w pewnych warunkach szczególnych, ale nie w trakcie swej normalnej pracy w pojeździe drogowym.

Jak w związku z tym zespół sprężystej opony, opierającej się pionowymi (w przybliżeniu) bokami na sztywnej obręczy z otworami na śruby mocujące i z otworem centralnym, może generować drgania? Otóż decydują o tym następujące czynniki:



Zenon Majkut

- niejednorodność masy (w odniesieniu do całego koła, jak też do samej obręczy);
- niejednorodność sztywności promieniowej (w odniesieniu do opony zamontowanej na obręczy);
- niejednorodność kształtu (w odniesieniu do obręczy);
- spłaszczenie opony obciążonej (w odniesieniu do nominalnej średnicy koła).

Niejednorodność rozkładu masy dotyczy zawsze opony ze względu na jej budowę (kilka warstw, zakładki, itp.). Rozkład ten może się zmieniać podczas eksploatacji w efekcie zużycia bieżnika (nie zawsze równomiernego) oraz po uderzeniach naruszających jej warstwową konstrukcję. Podobne zjawisko może występować również w obręczy, wskutek różnic w gęstości materiału konstrukcyjnego (stopy lekkie), błędów wykonania lub odkształceń powstających w trakcie eksploatacji koła.



Niewyważenie statyczne i dynamiczne. Żółtym kolorem zaznaczono obszar potencjalnych przemieszczeń

Niejednorodności masy są przyczyną niewyważenia statycznego (wyłącznie statycznego, jeśli niejednorodność ma miejsce w płaszczyźnie promieniowej symetrii koła),

a także dynamicznego (niejednorodności poza wspomnianą płaszczyzną). Pierwszy rodzaj niewyważenia powoduje pionowe drgania koła, a drugi - poprzeczne (tzw. trzępotanie). Oczywiście siły i momenty wywołane niejednorodnością masy mogą się składać i działać jako wypadkowe. Zadaniem wyważarki jest ich zmierzenie, określenie miejsc ich działania oraz propo-

spotkać takie znakowanie na produktach z Japonii i Korei Płd, niż z europejskich fabryk tych samych koncernów.

Niektórzy producenci samochodów określają maksymalną wartość niejednorodności (sztywności) promieniowej opon. Bardziej szczegółowo opisuje to tabela.

takie obrócenie opony względem obręczy, aby minimum pierwszej harmonicznej dla niejednorodności sztywności promieniowej spotkało się z maksimum pierwszej harmonicznej niejednorodności kształtu. Robi się to oczywiście wtedy, gdy istnieje możliwość poprawy - zmniejszenia drgań sumarycznych.

Kryteria oceny koła po wyznaczeniu niejednorodności sztywności opony i kształtu obręczy

Lp. Parametr	Porsche (SUV)	BMW	MB	VW/Audi	Chrysler	Nissan (SUV)	Kryteria uogólnione
1. Dopuszczalna siła promieniowa opony [N]	170	60	80	90	90	b.d.	80
2. 1. harmoniczna siły promieniowej opony [N]	113	40	60	60	63	90	60
3. 2. harmoniczna siły promieniowej opony [N]	b.d.	b.d.	b.d.	b.d.	40	80	40
4. Maks. bicie promieniowe i osiowe obręczy [mm]	1,1	1	1	1	2,5	b.d.	1
5. Maks. niewyważenie dynamiczne i statyczne* [g]	8	7	5	5			5
6. Zalecane ciśnienie w kole podczas badania [bar]	2,9	wg typu sam.				1,8	wg typu sam.

* po procesie zestawienia (optymalizacji geometrycznej) koła i po nałożeniu wskazanych przez wyważarkę ciężarków wyważających.

zycja ich zrównoważenia przez dołożenie mas równoważących w postaci ciężarków.

Nawet nowe opony o dobrej jakości mogą (według badań autora) odznaczać się niejednorodnością masy i niewyważeniem statycznym dochodzącym nawet do wartości ekwiwalentnej dla ciężarka o masie 20 gramów. Jest to skutek technologii ich wytwarzania. Podobnie wygląda to w przypadku nowych obręczy, przy czym stalowe są z reguły wykonane bardziej dokładnie niż te ze stopów lekkich, których niewyważenie statyczne przy średnicy 17-19 cali osiąga ekwiwalent 27-29 gramów. W sumie więc niejednorodność masy nowego kompletnego koła, przy niekorzystnym ustawieniu opony i obręczy, może wynosić nawet do 50 gramów.

Z niejednorodnością promieniowej sztywności opony mamy do czynienia wówczas, gdy przy stałym jej obciążeniu i podczas wykonywania jednego obrotu zmienia się odległość środka koła od powierzchni jezdni. Taka zmiana sztywności generuje drgania o amplitudzie zależnej od różnicy sił promieniowych koła. Niejednorodność sztywności wyraża się w jednostkach siły - niutonach [N]. Z przyczyn technologicznych występuje ona zawsze w nowych oponach i może zmieniać się w trakcie ich eksploatacji. Jej wartość może wzrosnąć kilkukrotnie, np. po najeźdzeniu na przeszkodę czy wyrwę w jezdni. Parametr ten powinien być kontrolowany w fabrykach opon, zwłaszcza przy produkcji modeli o wysokich indeksach prędkości. Zalecane jest, aby 100 proc. opon było testowane na maszynach zwanych optimizekami, jeśli opona oznaczona jest indeksem prędkości powyżej H. W praktyce opony z kropkami występują rzadko na rynku części zamiennych, częściej są zamawiane przez producentów samochodów do niektórych tylko modeli. Częściej można też

Niejednorodność kształtu dotyczy zazwyczaj sztywnego elementu koła, czyli obręczy. Jest ona określana przez pomiar bicia promieniowego i osiowego w miejscu przenoszenia siły z opony na obręcz, czyli na osadzeniu stopki opony. Dopuszczalne bicie promieniowe i osiowe dla lewej i prawej płaszczyzny obręczy (niezależnie od jej rodzaju) jest ustalone przez producentów samochodów. Statystycznie przyjmuje się graniczne wartości bicia około 1,00 mm. Z wyjątkiem Porsche, gdzie granice są

Obręcze są znakowane znacznie rzadziej, przeważnie kropką w tzw. najniższym punkcie obwodu obręczy (ang. low spot), czyli najbliższym jej środka, przy spełnieniu warunku, iż bicie promieniowe i osiowe obręczy nie przekracza 1,00 mm. W obręczach z reguły nie oznacza się punktu niewyważenia statycznego, ponieważ te, w których jego wartość przekracza 30 g, są od razu przekazane do przetopienia i ponownej produkcji.



obniżone do 0,5 mm. Bicie należy mierzyć od wewnątrz, w miejscach osadzenia stopki opony. Tylko w wyjątkowych przypadkach, np. przy mało zużytych obręczach stalowych, można wykonać pomiar z zewnątrz, opierając się na zewnętrznym odwzorowaniu płaszczyzny stopki.

Po zmierzeniu wartości zmiennej siły promieniowej (RFV) i bicia promieniowego obręczy (z ang. radial runout offset - RRO) w każdym z 512 punktów na obwodzie koła otrzymujemy wykresy rzeczywiste funkcji, które muszą zostać przekształcone na wykresy funkcji harmonicznych: pierwszej, drugiej i trzeciej. Te zaś, wyliczone dla opony (RFV) i dla obręczy (RRO), pozwalają na

Po właściwym zestawieniu opony z obręczą cały proces eliminacji drgań musi być jeszcze uzupełniony korektą niewyważenia statycznego i dynamicznego.

Niezależnie od marki i modelu samochodu, koncepcji napędu etc., zawsze poszukiwanie przyczyn drgań rozpoczynamy od kół. Niezbędna jest tu oczywiście wyważarka. Zwykła jej wersja potrafi poradzić sobie z większością tego rodzaju problemów, a całe ich spektrum pozwala rozwiązać wyważarka wyposażona w tzw. test drogowy (dodatkową rolę badanego koła). Działa ona w zakresie niskich częstotliwości (10-20-25 Hz),

Dokończenie na str. 10

Dokończenie ze str.9

czyli właściwych dla drgań powodowanych przez koła.

Jeden z producentów samochodów, firma Subaru, proponuje blokowe, kompleksowe rozwiązanie omawianego problemu. Procedura rozpoczyna się od jazdy próbnej. W jej trakcie można zweryfikować reklamacje klienta dotyczące odczuwalnych drgań. Drugim jej celem jest rozgrzanie opon i eliminacja ich wad spowodowanych np. długim postojem auta (eliminacja flat-spots). Przed rozpoczęciem 15-20-kilometrowej trasy ciśnienie w kołach doprowadza się do wartości zalecanych dla konkretnego modelu. Podczas jazdy warto obserwować i zarejestrować źródło i charakter drgań.

Po powrocie sprawdza się niewyważenie statyczne i dynamiczne, czyli dokonuje oceny niejednorodności masy, przy pozostawieniu zamontowanych fabrycznie ciężarków wyważających, jeśli nie były one zdjęte. Dostępne w wyważarkach programy zaokrąglania masy ciężarków lub oszczędzające ich zużycie powinny być podczas tej operacji wyłączone. Jeżeli wielkość niewyważenia (obojętnie, statycznego czy dynamicznego) przy „oryginalnych” ciężarkach lub wręcz bez ciężarków przekracza wartość 5 gramów, przyczyną tego może być:

- niewyważenie statyczne i dynamiczne;
- niewłaściwe zestawienie opony z obręczą (np. obrócenie opony na obręcz już po ich fabrycznym zmontowaniu) bądź brak optymalizacji (Match) podczas operacji montażu i wyważania kół w fabryce;
- niewłaściwy montaż lub centrowanie koła na wyważarce;
- uszkodzona konstrukcja nośna opony lub odkształcona obręcz;
- nieskalibrowana lub uszkodzona wyważarka;
- przemieszczające się w oponie ciała stałe (piasek, brud, kawałki gumy lub pasta montażowa) lub płyny (woda, pozostałości płynów uszczelniających).

Po zweryfikowaniu i usunięciu tych ewentualnych nieprawidłowości, lecz jeszcze przed końcowym wyważaniem koła, trzeba przeprowadzić test drogowy analizujący tzw. siłę promieniową na wyważarce posiadającej taką funkcję. Użycie rolki z dociskiem 500-700 kG pozwala na wykrycie niejednorodności siły promieniowej. Po tym pomiarze oscylacja siły promieniowej (wariacja) powinna się zawierać w granicach do:

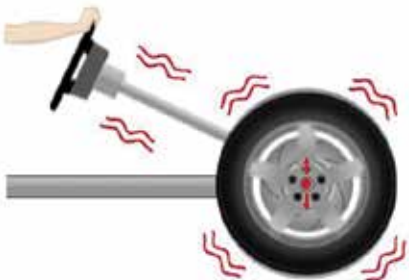
- 5,5 kG (55 N) dla pierwszej harmonicznej (R1H),
- 4,5 kG (45 N) dla drugiej harmonicznej (R2H).

Jeśli maszyna zasugeruje optymalizację geometryczną, należy wykonać ją zgodnie ze wskazówkami oprogramowania. Optymalizacja jest bezcelowa, gdy oscylacja siły promieniowej jest za duża i wynika z uszkodzenia bądź wady produkcyjnej opony lub obręczy. Wtedy trzeba niestety wymienić odpowiedni element.

Etap końcowy diagnozy koła to wyważenie statyczne i dynamiczne koła i jazda próbna. Wiadomo, że przyczyny drgań związane z kołami zostały usunięte, więc jazda ujawni tylko te z wyższego zakresu częstotliwości, powyżej 25, 30 Hz (do 50 Hz). Oznacza to ewentualne drgania pochodzące z układu napędowego (od silnika aż po piasty kół, włączając w to elementy układu kierowniczego, na które drgania przenoszą się w wyniku rezonansu).

Podsumowanie przyczyn drgań kół i możliwości ich usunięcia zestawilem poniżej.

Przyczyny drgań kół

1. Niewyważenie (statyczne i dynamiczne).
 2. Zmiana sztywności promieniowej opony (zmiana – wariacja siły)*.
- 
3. Odkształcona obręcz (nadmierne bicie promieniowe i osiowe)*.
 4. Odkształcona opona*.
 5. Błędy w montażu koła na piaście (wadliwe centrowanie)**.
 6. Awaria lub zużycie podzespołów układu hamulcowego**.
 7. Awaria lub zużycie układu przeniesienia napędu lub silnika (elementów będących w ruchu obrotowym)**.
 8. Charakterystyka pojazdu (nieprawidłowy dobór elementów stanowiących masy resorowane i nieresorowane)**.



Warsztatowy test opon oraz poniżej test przemysłowy



9. Kombinacja kilku lub wszystkich czynników razem.

*) czynniki nierejestrowane i nierozwiązane przez wyważarkę bez testu drogowego;

**) czynniki nierejestrowane i nierozwiązane przez wszystkie wyważarki zarówno bez testu drogowego, jak i z nim.

W biuletynach serwisowych wydawanych przez producentów samochodów podawane są dopuszczalne wartości wszystkich omówionych tu parametrów. Opony lub obręcze niespełniające tych kryteriów nie powinny być w ogóle montowane w pojazdach.

Zenon Majkut - absolwent Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. Jest jednym z trzech, obok Sławomira Dutkiewicza i Grzegorza Winiarskiego (także absolwentów tego wydziału), założycieli firmy Wimad. Powstałe w 1993 r. przedsiębiorstwo od początku swojej działalności zajmuje się wyposażeniem serwisów samochodowych i stacji kontroli pojazdów oraz zaopatrzeniem warsztatów wulkanizacyjnych. Firma ukierunkowana jest głównie na technikę związaną z kołami samochodowymi (urządzenia do geometrii kół, przyrządy do geometrii kół, wyważarki do kół, montażownice do kół, podnośniki samochodowe, zawory do kół, itd.).