

## Wyważanie kół.

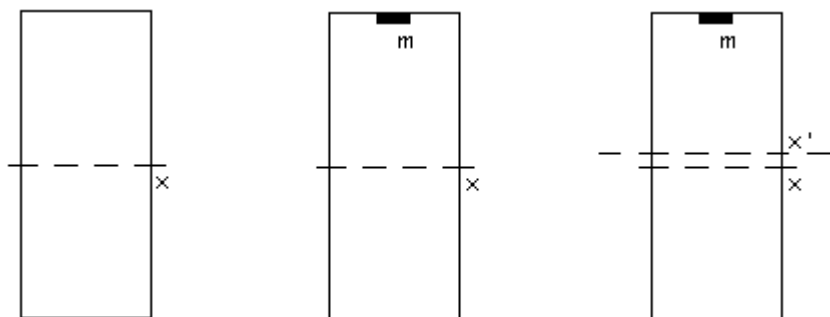
Koła każdego pojazdu poruszającego się z prędkością przekraczającą 50 km/h powinno być wyważone, aby obracając się nie powodowało wibracji przenoszących się na wszystkie elementy samochodu. Masa, zarówno obręczy jak i opony, nie jest rozmieszczona równomiernie i zawsze po zmontowaniu ich razem powinien być wykonany zabieg wyrównoważenia masy, nazywany potocznie wyważeniem.

Odchyłkę od idealnego rozłożenia masy koła nazywamy niewyważeniem, na które składa się:

- a - niewyważenie statyczne,
- b - niewyważenie boczne (nazywane dynamicznym).

### NIEWYWAŻENIE STATYCZNE

Na rys. 1 mamy schematyczny przekrój koła. Wyobraźmy sobie, że jest ono idealnie wyważone, a oś wirowania zaznaczono przerywaną linią x.



rys. 1 rys. 2 rys. 3

Na obwodzie naszego koła zamocujemy ciężarek m (rys 2).

Jeżeli teraz zakręcimy tym kołem, nie będzie już "chciało" wirować wokół osi x. Puszczony swobodnie, będzie się obracać wokół osi x' (rys. 3). Ale gdy "zmusimy" je do wirowania wokół osi x, będzie ono niewyważone pionowo. Możemy sformułować następującą definicję:

**JEŻELI WYMUSZONA OŚ WIROWANIA JEST PRZESUNIĘTA RÓWNOLEGLE WZGLĘDEM NATURALNEJ OSI WIROWANIA, MAMY DO CZYNIEŃIA Z NIEWYWAŻENIEM STATYCZNYM.**

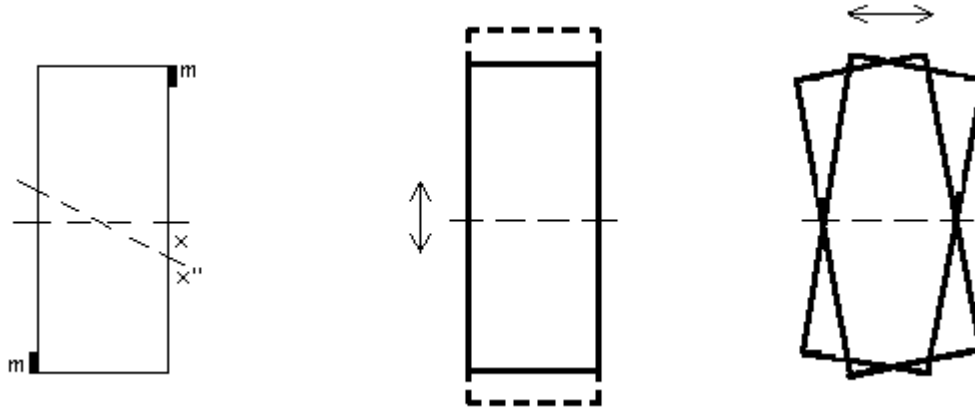
### NIEWYWAŻENIE BOCZNE (DYNAMICZNE)

Jeżeli na idealnie wyważonym kole z rys. 1, zamocujemy dwa ciężarki o jednakowej masie m, symetrycznie, jak na rys. 4, nie wprowadzimy niewyważenia statycznego, gdyż się one równoważą. Ale jeśli zakręcimy kołem i pozwolimy mu swobodnie wirować, będzie się obracać wokół osi x".

Nasze koło jest zamontowane na samochodzie i "musi" wirować wokół osi x, więc jest niewyważone. Pokusimy się na kolejną definicję dla potrzeb AUTOBALANSU:

**JEŻELI WYMUSZONA OŚ WIROWANIA KOŁA JEST NACHYLONA DO OSI NATURALNEJ, MAMY DO CZYNIEŃIA Z NIEWYWAŻENIEM BOCZNYM.**

Efekt niewyważenia statycznego obrazuje rys. 5, a niewyważenia bocznego rys. 6.



rys. 4 rys. 5 rys. 6

W praktyce zawsze mamy do czynienia z kombinacją obu niewyważień.

Wyważarki stacjonarne, czyli te, jakie wszyscy znamy z zakładów oponiarskich, pozwalają zredukować do niezbędnego minimum jednocześnie obie składowe niewyważenia, za pomocą jedynie dwóch ciężarków. **Takie wyważanie nazywa się wyważaniem dynamicznym.**



## Dlaczego wyważanie nie wystarcza?

1. Dokręcając koło, wyznacza się inną oś jego wirowania niż ta, wyznaczona przez wyważarkę. Koło jest zamocowane na piaście bez zachowania jakiejkolwiek klasy pasowania. W języku technicznym jest to pasowanie luźne. Dlatego bardzo łatwo jest tę oś przesunąć. Gdyby rzeczywiście koło było mocowane ciasno, trudno byłoby je zdjąć bez stosowania specjalnego ściągacza, zwłaszcza po kilku miesiącach jazdy. Obliczono, że odchylenie osi wirowania o 0,1 mm powoduje efekt niewyważenia odpowiadający ciężarkowi 10 gramowemu. Można praktycznie dowiedzieć, że korekta tego typu wady za pomocą doważenia skutecznie eliminuje wibracje, a niecentryczność zewnętrznej powierzchni opony jest tuszowana jej elastycznością. Dzieje się tak również w przypadku owalności sięgającej nawet dwóch milimetrów (dopuszczalnej przez normy). Przesunięcie osi wirowania koła może być też skutkiem niedokładnego wykonania obręczy. Największe odchyłki obserwuje się w przypadku tanich felg, wykonanych z lekkich stopów.
2. Zdarza się, że wibracja jest spowodowana niewyważeniem elementów obracających się wraz z kołem. Nie są to przypadki bardzo rzadkie. Tarcze lub bębny hamulcowe dostępne na rynku części zamiennych nie podlegają takim rygorom jak części dostarczane do fabryk samochodów. Doważenie za pomocą ciężarka nabitego lub naklejonego na obręczy koła całkowicie eliminuje skutki takiego niewyważenia, ale trzeba pamiętać, żeby po zdjęciu doważonego koła zamocować je z powrotem w tej samej pozycji, inaczej niewyważenie pojawi się znowu, a nawet może się powiększyć.
3. Wyważenie koła na wyważarce stacjonarnej nie jest "pewne". Po zdjęciu koła z wyważarki i ponownym założeniu, obserwuje się odchyłkę sięgającą nawet 10 g. Wiedzą o tym wszyscy fachowcy. Zastrzeżenie takie jest umieszczone w instrukcji obsługi każdej wyważarki stacjonarnej. W przypadku starszych urządzeń odchyłki mogą być większe. A skoro wątpliwości pojawiają się już na wyważarce?...

## Dopuszczalna tolerancja wyważenia.

Standard ISO 1940 tolerancję wyważenia określa następującym wzorem:

$$T = 3,78W \times R/r \times M/v$$

Gdzie:

W - współczynnik (dla samochodów osobowych = 14, dostawczych - 16, ciężarowych 18),

R - promień zewnętrzny koła przy kontakcie opony z jezdnią,

r - promień, na którym jest zamontowany ciężarek korekcyjny,

T - tolerancja (g),

M - masa koła (kg), >br> v - prędkość maksymalna samochodu (km/h).

Wzór ten łatwo można uprościć. R/r waha się w przedziale 1,2 - 1,4 więc dla samochodów osobowych (współczynnik W = 14) przybiera postać:

$$T=68,4 \times M/v$$

Masa koła małego samochodu, rozwijającego prędkość, powiedzmy 140 km/h, to 9 kg. Tolerancja wyważenia wyniesie 4,4 g.

**W większym samochodzie, koło 15" waży 16 kg, a prędkość maksymalna 200 km/h. Tolerancja wyniesie 5,5 g.**

Z praktyki natomiast wynika, że nawet 3 g niewyważenie może powodować rezonans, wyraźnie odczuwalny w trakcie jazdy z określoną prędkością.

W naszej praktyce uznajemy koła za doważone, jeżeli resztkowe niewyważenie nie przekroczy 4 g. i operator nie wyczuwa drgań karoserii przy pomiarze kontrolnym. Dlatego podczas doważania należy przykładać dłoń do błotnika. Można zachęcać klientów do takiego sprawdzania wibracji.

## Doważanie.

Koło rozpędza się za pomocą silnika elektrycznego doważarki, bez względu na to, czy jest to koło osi napędowej, czy nie. Koła osi napędowej można rozpędzać używając silnika samochodu, ale nie praktykuje się tego.

Niewyważenie wirującego koła generuje siłę odśrodkową powodującą wibrację wychwytywaną przez czujnik piezoelektryczny i w postaci sygnału elektrycznego przekazywaną do doważarki.

Czujnik jest zamontowany w podstawce, na której opiera się zawieszenie doważanego koła. Podstawka ta powinna być umieszczona jak najbliżej koła aby uzyskać dokładny pomiar. Łatwo sobie uzbliżyć, że układ, w jakim pracuje nasz czujnik sprawia, iż wychwytyje on raczej drgania pionowe, więc: *doważając, eliminujemy w zasadzie tylko niewyważenie statyczne.*

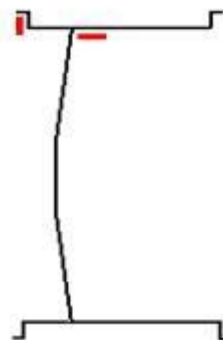
**I to wystarczy. Bo przecież koło wyważone na sprzęcie stacjonarnym jest wyposażone w ciężarki, które likwidują niewyważenie boczne.**

**Nasz ciężarek, doważający, nabijamy lub naklejamy na zewnętrznej krawędzi felgi.**

Bardzo rzadko zdarza się, aby po doważeniu kół odczuwało się jeszcze wibracje.

Położenie ciężarka doważającego:

Rysunek przedstawia schematyczny przekrój obręczy koła. Płaszczyzna styku obręczy z piastą jest zwykle odsunięta od środka geometrycznego na zewnątrz. Mówi o tym indeks ET, który ma wartość dodatnią (jedynie nieliczne obręcze ALU mają ET o wartości ujemnej). Taki układ sprawia, że za wyważenie dynamiczne odpowiada przede wszystkim ciężarek zamocowany po wewnętrznej stronie obręczy, a za wyważenie statyczne ciężarek zewnętrzny. Ciężarek doważający, czyli korygujący wyważenie statyczne, powinien być umocowany w pobliżu płaszczyzny styku z piastą, aby nie powodować niewyważenia bocznego. Jak widać na rysunku, warunek ten jest spełniony wzorowo w przypadku ciężarków klejonych na obręczach z lekkich stopów, ale również przy felgach stalowych pozycja ciężarka nabijanego po zewnętrznej stronie gwarantuje prawidłowe doważenie.



### Reklamacje

Jeśli brak jest optycznie ewidentnego uszkodzenia opony, a kierowca mimo doważenia kół faktycznie odczuwa drgania, można podejrzewać następujące przyczyny:

1. Uszkodzony przegub na półosi napędowej. Wyczuwa się szczególnie podczas przyspieszania.
2. Uszkodzenie kordu bieżnika. Taki defekt odczuwa się podczas jazdy, już przy prędkości 40 km/h.
3. Wibracja może pochodzić nie od kół, a np. od wału napędowego.

Zdarzają się osoby, zwłaszcza z branży oponiarskiej, którzy próbują podważyć celowość naszego doważenia argumentując, że należałoby znaleźć przyczynę wibracji, zanim zamocuje się ciężarek. **My zajmujemy się tylko doważaniem kół. Szerszej diagnostyki kierowcy powinni oczekiwać od serwisów autoryzowanych. Nasza usługa jest tania i efektywna; bez względu na przyczynę, samochód wyjeżdża od nas z doskonale wyważonymi kołami.**

## Odształcenia geometryczne

Jednym z podstawowych wymagań, jakiego oczekuje się od koła jest jego "okrągłość". Nieco upraszczając możemy powiedzieć, że: *Koło samochodowe jest okrągłe, jeśli każdy punkt na powierzchni bieżnika jest równo oddalony od osi geometrycznej koła.*

Proces produkcji opon jest bardzo złożony i opona, z reguły, nie spełnia powyższej definicji, ale powinna mieścić się w tolerancji 2 - 3 mm określonej przez normy.

Aby uzyskać jak najlepszy efekt geometryczny zmontowanego koła, stosuje się pasowanie opony do obręczy; Producenci zaznaczają na oponach i felgach punkty, dzięki którym po ich złożeniu, efekt nieokrągłości jest zredukowany do minimum. Stosują to tylko niektóre firmy, dostarczające koła dla fabryk samochodowych. Serwisy natomiast, aby uzyskać jak najlepszy efekt geometryczny mogą stosować optymalizację, lecz robią to rzadko, bo procedura ta jest czasochłonna.

W praktyce jednak wiemy, że niewielka owalność czy niecentryczność koła nie powoduje wibracji (jeśli nie wynika z ewidentnego uszkodzenia kordu bieżnika), ponieważ jest skutecznie tuszowana elastycznością opony. Jedynie koła samochodów o charakterze sportowym, z twardymi oponami o bardzo niskim profilu powinny być idealnie okrągłe. Opony takie są fabrycznie szlifowane.

## Rezonans

Zjawisko rezonansu obserwujemy podczas testu amortyzatorów metodami EUSAMA i BOGE. Właściwie są to testy przyczepności. Drgania kół (wraz z innymi elementami masy nieresorowanej) wywołuje się poprzez wibrację podłoża, która ma symulować nierówności jezdni. W podłożu umieszczone są czujniki spełniające rolę wagi. Nieruchome koła wprowadza się w drgania pionowe o częstotliwości 25 Hz. Częstotliwość drgań stopniowo spada do zera w ciągu kilkunastu sekund trwania testu. Urządzenie rejestruje chwilową siłę nacisku koła na podłoże.

Wykres badania idealnego zawieszenia powinien być linią prostą. Takie zawieszenie nie istnieje. W najlepszych samochodach sportowych amplituda odchyłek od ideału mieści się w 10% masy spoczynkowej. W zwyczajnych samochodach odchyłki mają prawo sięgać 60%. Oznacza to, że przyczepność sprawnego samochodu, w pewnych warunkach, może osiągnąć 40%. Wykres przedstawiający badanie przyczepności przeciętnego samochodu pokazuje, że w pewnym, wąskim zakresie częstotliwości amplituda szczególnie wzrasta; jest to **strefa rezonansu mechanicznego**.

Podczas testu drgania wywołuje się sztucznie, natomiast podczas jazdy wzbudzenie rezonansu wywoływane jest nierównościami jezdni lub niewyważeniem kół. Jazda z prędkością odpowiadającą częstotliwości rezonansowej oznacza, że w przypadku niedoważonych kół, przyczepność może się gwałtownie obniżyć.

Hamowanie **odciąga** tył samochodu, sprawiając, że przyczepność kół tylnych spada. Jeżeli samochód znajduje się w zakręcie, kierowca hamuje i auto znajdzie się w strefie rezonansu, łatwo o zarzucenie samochodem. Oznacza to, że przy zbiegu tych okoliczności, **zupełnie sprawne amortyzatory, ani hamulce z ABS nie są w stanie uchronić od poślizgu tylnej osi samochodu**. W efekcie auto wypada z jezdni. Dodatkowo - większość kierowców przy wymianie opon stara się mieć na kołach przedniej osi opony lepsze. **To znaczy, że na kołach tylnej osi opony są gorsze!!!**

Kto wie, czy niektóre 'niewyjaśnione' wypadki nie są spowodowane właśnie takim efektem? Zaleca się zakładanie na tylną oś opon w lepszym stanie, ponieważ poślizg tylnych kół jest bardziej niebezpieczny, niż przednich.

## Skutki jazdy z niedoważonymi kołami.

Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że jeździmy samochodami, w których, statystycznie, każde koło jest niewyważone o **11 g**, a jedno, najgorsze koło, jest niewyważone o **21 g**. Takie niewyważenie przy prędkości 130 km/h powoduje około **6 kG** siłę odśrodkową bezwładności. Jest to siła, która uderza ponad **1000 razy na minutę w zawieszenie**. W strefie rezonansu siła ta jest kilkakrotnie większa.

Powoduje to:

1. Szybsze zużycie łożysk, przegubów, opon... - **koszty!**
2. Uczucie zmęczenia przy dłuższej jeździe - **dyskomfort!**
3. Osłabienie kontaktu opony z jezdnią, zmniejszające przyczepność - **bezpieczeństwo!**

Doważanie należy przeprowadzać:

- po wymianie ogumienia,
- co kilka tysięcy kilometrów,
- po każdej interwencji związanej ze zdjęciem koła,
- przed wyjazdem w dłuższą trasę,
- zawsze, gdy odczuwa się wibracje.