

Piotr Cimr
Schenck RoTec Polska, Tychy

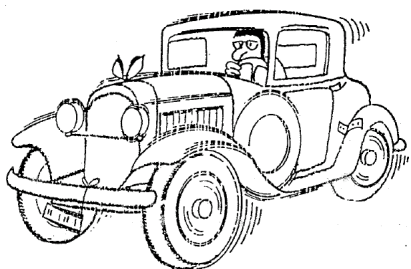
WPLYW NIETYWAŻENIA NA KONDYCJĘ SILNIKÓW ELEKTRYCZNYCH I MASZYN ELEKTRYCZNYCH. NIETYWAŻENIE ZESPOŁU WIRUJĄCEGO SILNIKA JAKO JEDEN Z PODSTAWOWYCH PROBLEMÓW MASZYN ELEKTRYCZNYCH

INFLUENCE UNBALANCE ON SHAPE OF ELECTRICAL ENGINES (ARMATURES) AND ELECTRICAL MACHINES (UNBALANCE OF ROTATING ASSEMBLY AS AN ESSENTIAL PROBLEM OF ELECTRICAL MACHINES)

Abstract: During presentation there will be raised all aspects of balancing technology. Definitions concerning unbalance states as well as reasons and consequences of unbalance will be explained in details. There will be presented quality grades of balancing and correction methods, with special emphasis on electrical rotors balancing. There will be also presented different solution concerning cycle time: from manual to fully automatic. Paper includes also explaining safety aspects of balancing technology according to ISO and showing a film about modern, automatic balancing systems for electric armatures.

1. Pojęcie wyważania

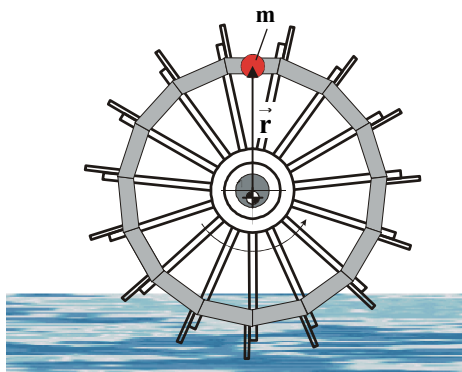
Po co wyważać?



Definicja wg DIN ISO 1925

„Wyważanie to procedura, podczas której sprawdzany jest rozkład masy wirnika i jeśli to konieczne jest on korygowany, aby wirował z dopuszczalnym nietyważeniem resztkowym”.

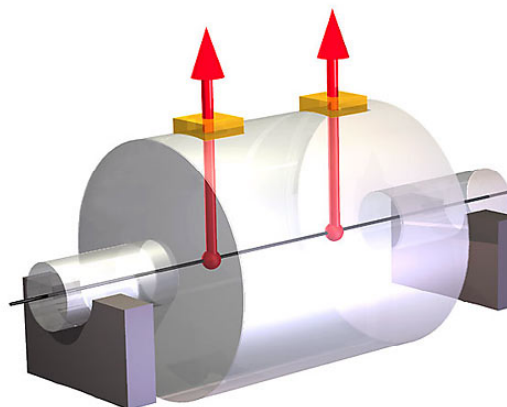
Temat nietyważenia był znany od wieków:



Nietyważenie jest wektorem. Po dodaniu odpowiedniej masy (m) w odpowiednim miejscu koło młyna będzie wyważone. Teraz będzie obracać się stabilniej nawet przy słabszym prądzie wody. W czasach współczesnych odkryto, że istnieje wiele stanów nietyważenia. Dwie przeciwległe masy na przeciwległych kątach (0 i 180°) oddalone w równej odległości od środka ciężkości mogą zostać wykryte tylko podczas rotacji, ze względu na ich siły odśrodkowe.

2. Stany nietyważenia

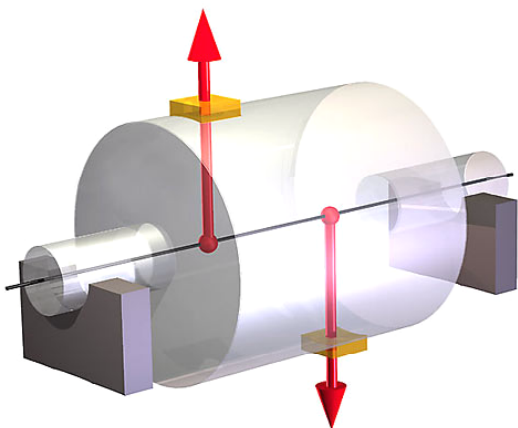
Nietyważenie statyczne



Dwa nietyważenia (pokazane tutaj za pomocą strzałek) mogą mieć taki sam rozmiar i pozycję kątową i mogą być w takiej samej odległości od środka ciężkości. Takie same warunki wynikają z indywidualnego nietyważenia, które działa w środku ciężkości, tj. w tej sytuacji w środku

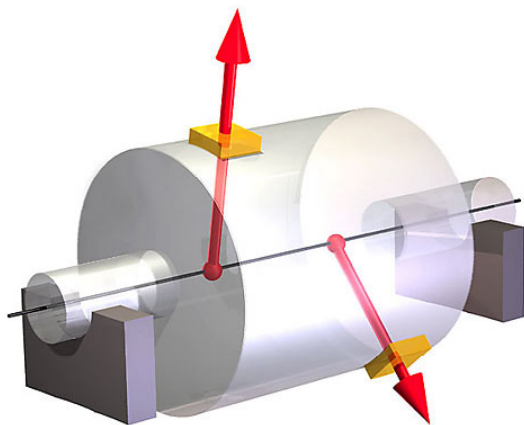
wirnika. Jeśli taki wirnik jest wsparty na dwóch krawędziach pomiarowych, będzie się kołysał do czasu aż "ciężki punkt" będzie odwrócony do dołu. Oznacza to, że takie niewyważenie działa bez wirowania, stąd też nazywane jest "niewyważeniem statycznym". Powoduje ono przesunięcie środka bezwładności z geometrycznego środka.

Niewyważenie momentowe



Dwa niewyważenia (pokazane tutaj za pomocą strzałek) mogą mieć taką samą wielkość, ale ich pozycja kątowa jest przesunięta o dokładnie 180° jedna do drugiej. Takie rozłożenie niewyważenia nie może zostać wykryte przez kołysanie, ponieważ wirnik nie przyjmuje wyjątkowego położenia w stanie spoczynku. Wirujący wirnik wykonuje drgający ruch w pobliżu swojej pionowej osi (prostopadłej do osi wirowania), ponieważ dwa niewyważenia wytwarzają moment. Dlatego ten typ dystrybucji niewyważenia nazywa się podwójnym, momentowym. Szczególnie ważne jest, aby wziąć pod uwagę niewyważenie momentowe przy wydłużonych wirnikach cylindrycznych.

Niewyważenie dynamiczne



Prawdziwy wirnik ma nie tylko pojedyncze niewyważenie, teoretycznie ma nieskończoną liczbę niewyważań, rozmieszczonych w sposób przypadkowy wzdłuż osi rotacji. Te mogą zostać zastąpione dwoma niewyważeniami (oznaczonymi tutaj strzałkami) w dwóch przypadkowych płaszczyznach, które zazwyczaj mają różne rozmiary i pozycje kątowe. Taki stan niewyważenia może zostać całkowicie określony jedynie w trakcie rotacji i dlatego nazywany jest niewyważeniem dynamicznym. Może zostać rozbity na niewyważenie statyczne i momentowe, dzięki czemu jedno lub drugie może zostać nadrzędnym niewyważeniem. Wymagane są dwie płaszczyzny korekty, aby całkowicie poprawić niewyważenie dynamiczne. Niewyważenie dynamiczne występuje w praktycznie wszystkich wirnikach.

3. Dlaczego wyważanie jest takie ważne?

Dlaczego niektóre maszyny są głośniejsze od innych? Dlaczego kierownica samochodu drży przy pewnych prędkościach? Dlaczego pedał hamulca drży pod stopą w czasie hamowania? W zasadzie codziennie mamy do czynienia ze zjawiskiem, którego konsekwencje są często lekceważone - z niewyważeniem.

Ponad 50% wad i błędów maszyn wirujących spowodowanych jest WIBRACJAMI. WIBRACJE najczęściej powstają z powodu niewyważenia części rotujących. Redukcja wibracji o 20% wydłuża żywotność łożysk o 100%.



Niewyważenie może zwiększyć:

- Naprężenie
- Proces zużycia
- Hałas
- Drgania

Niewyważenie może zmniejszyć:

- Funkcjonalność
- Komfort
- Jakość
- Żywotność

Niewyważenie może zakłócać

- Pracę ludzi
- Pracę maszyn

Siły wytwarzane przez niewyważenie, zakłócające wibracje i hałas są usuwane poprzez wyważanie. Polega ono na ulepszeniu rozłożenia masy wirnika, żeby mniejsze siły odśrodkowe działały w jego łożyskach.

4. Powody niewyważenia

Niewyważenie może wynikać z:

- Błędów konstruktorskich: asymetria części, źle obrobione powierzchnie, wady odlewu
- Wad w materiale: braki w odlewie, zmienna gęstość materiału, niejednolite wymiary, wady łożysk
- Warunków pracy, środowiska pracy i transportu
- Błędów produkcyjnych i montażu: błędy kształtu podczas odlewania, złe osiowanie, deformacja plastyczna, wewnętrzne naprężenia, błędy wyważania

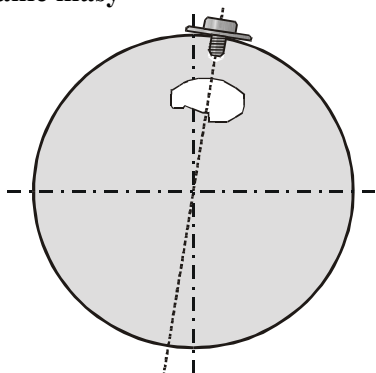
5. Sposoby korekcji niewyważenia – teoria ogólna: 1 cel 2 zasady

Celem wyważenia jest złożenie osi masy i osi geometrycznej wirnika.

1 zasada: oś masy jest przesuwana w kierunku osi geometrycznej wirnika.

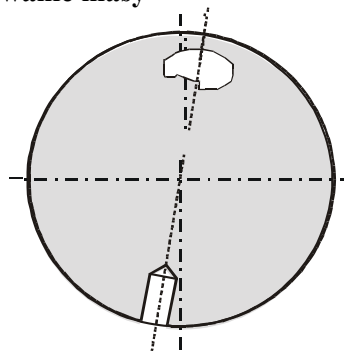
Przesunięcie osi masy może nastąpić przez:

Dodawanie masy



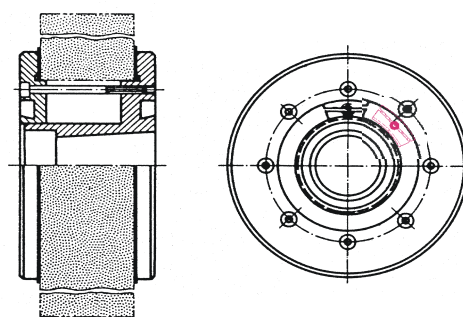
Śrubki, podkładki, spawy, zgrzewy, mieszaniny plastyczne

Odejmuwanie masy



Wiercenie, frezowanie, toczenie mimośrodowe, obróbka laserowa, szlifowanie

Przesuwanie masy



2 zasada: oś geometryczna jest przesuwana w kierunku osi masy wirnika.

Przesunięcie takie może nastąpić poprzez centrowanie masy – na przykład w przypadku wałów korbowych.

6. Klasy dokładności niewyważenia

Niewyważenie dopuszczalne to największe niewyważenie resztkowe w rozpatrywanej płaszczyźnie prostopadłej do osi wirnika, które wywołuje jeszcze dopuszczalny stan niewyważenia wirnika.

Niewyważenie dopuszczalne jest odwrotnie proporcjonalne do największej prędkości kątowej wirnika.

Wartość iloczynu największej prędkości kątowej wirnika i niewyważenia dopuszczalnego zwana jest **klasą dokładności wyważenia** i przyjmuje symbol G.

Wartość G jest różna dla różnych wirników i przedstawiona jest w poniższej tabeli.

G	Przykłady wyważanych wirników
40	Koła samochodowe i motocyklowe, obręcze, ogumienie, wały przegubowe. Zespoły wałów korbowych
16	Wały przegubowe o specjalnym znaczeniu. Części wirujące kruszarek i maszyn rolniczych. Zespoły wałów korbowych sześciu (i więcej) – cylindrowych silników o specjalnym przeznaczeniu.
6,3	Części urządzeń technologicznych. Bębny wirówek. Wentylatory, koła zamachowe, pompy odśrodkowe. Części maszyn i obrabiarek. Wirniki zwykłych silników elektrycznych.
2,5	Wirniki silników odrzutowych, turbin parowych i gazowych, turbosprężarek, turbogeneratorów. Napędy obrabiarek. Wirniki średnich i dużych silników elektrycznych o specjalnym przeznaczeniu. Wirniki małych silników elektrycznych. Pompy z napędem turbinowym.
1	Napędy adapterów i magnetofonów Napędy szlifierek i wirniki małych silników elektrycznych o specjalnym przeznaczeniu
0,4	Wrzeciona i tarcze precyzyjnych szlifierek. Giroskopy

7. Systemy wyważające – maszyny

Wybór odpowiedniej maszyny do wyważania determinowany jest kilkoma parametrami, które opisują wirnik lub wymagania dotyczące cyklu wyważania, korekcji niewyważenia, etc.

Najważniejsze z nich to:

- rodzaj wirnika
- masa wirnika
- wymiary wirnika
- wymiary płaszczyzn korekcyjnych
- wymiary czopów wirnika
- prędkość robocza wirnika
- prędkość obrotowa wyważania wirnika
- tolerancja wyważania (klasa dokładności)
- liczba płaszczyzn wyważania
- metoda wyważania
- liczba wyważanych sztuk na godzinę/zmianę
- metoda korekcji

8. Rodzaje maszyn wyważających ze względu na czas cyklu

Maszyny manualne - przykłady

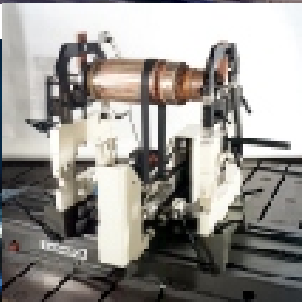
AB Comfort



H10BK



H2 - H60BU

**Półautomatyczne – przykłady**

Czas cyklu 18-25 sekund

400 FBTU z automatyczną korekcją masy poprzez frezowanie

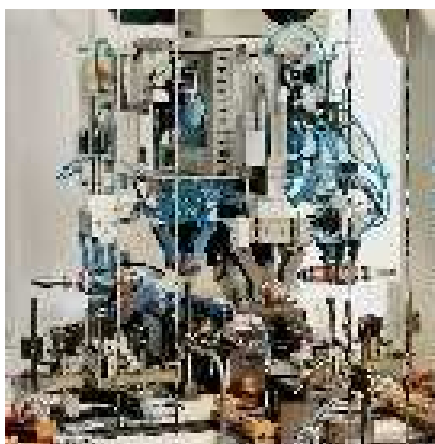


H1BK - H30BK z automatyczną korekcją masy poprzez wiercenie poprzeczne

**H10BK****Automatyczne - przykłady**

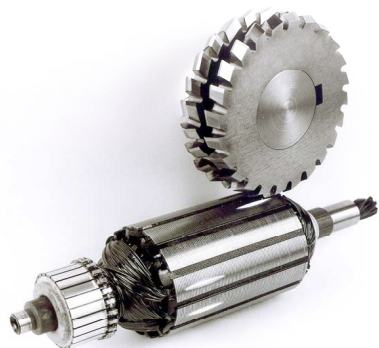
Czas cyklu od 3,5 do 7 sekund



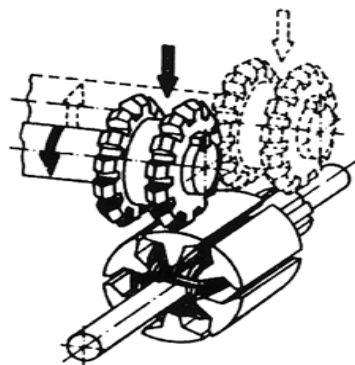


9. Sposoby korekcji niewyważenia wirników silników elektrycznych w systemach automatycznych:

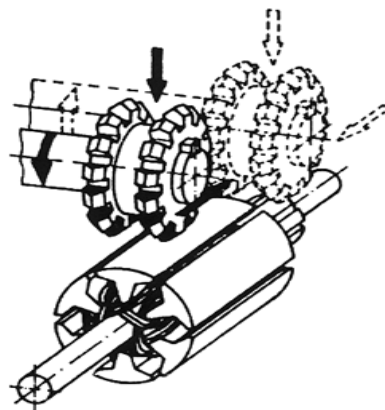
- Frezowanie profilowe
- Frezowanie biegunowe rowkowe
- Frezowanie w składowych
- Ujmowanie masy laserem
- Korekcja dodawanie masy epoksydowej szybko schnącej



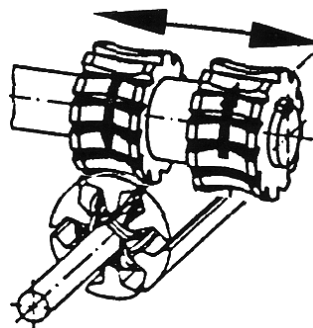
Frezy rowkowe głębne



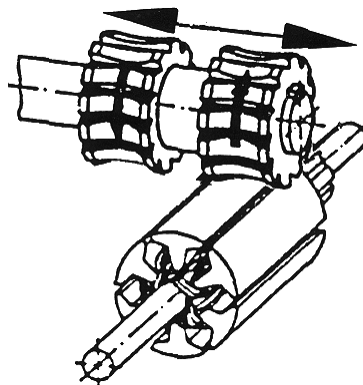
Frezy rowkowe wzdłużne



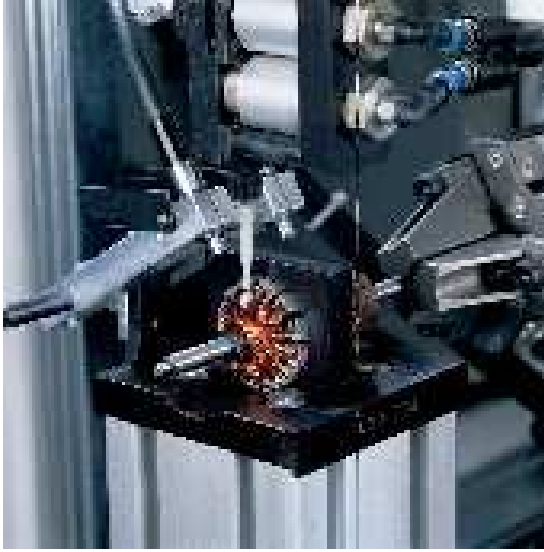
Biegunowe frezowanie profilowe wstępne



Biegunowe frezowanie profilowe wzdłużne



*Dodawanie masy – epoksyd szybko schnący
Najnowsza technologia korekcji masy.
Cykl 20-30 sekund.*



10. Aspekty bezpieczeństwa – osłony bezpieczeństwa klasy B i C wg norm ISO – film video

11. Prezentacje maszyn – film video

