

Urządzenie zwiększające dokładność pomiarów geometrii wielkogabarytowych wałów korbowych oraz metoda pomiaru geometrii wielkogabarytowych wałów korbowych

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie i metoda pomiaru geometrii wielkogabarytowych wałów korbowych. Wynalazek może być wykorzystywany w procesach budowy i eksploatacji silników spalinowych. Urządzenie zwiększa dokładność pomiarów poprzez minimalizację zmian wartości sił reakcji na czopach głównych.

Obecnie realizowane pomiary wielkogabarytowych wałów korbowy przewidują podparcie wału na kilku stałych, sztywnych podporach pryzmowych. W przypadku wałów o niewielkich gabarytach (silniki szybkoobrotowe), najbardziej rozpowszechnione są pomiary odniesieniowe w urządzeniu kłowym. Pomiar taki jest możliwy tylko wtedy gdy wał mierzony ma wcześniej wykonane nakielki a jednocześnie biorąc pod uwagę obciążalność kłów ustalających oprócz małych gabarytów, posiadać małą masę. Bardziej rozwinięte tego typu układy pomiarowe sprzęgnięte są z komputerem i umożliwiają cyfrowy pomiar zarysu okrągłości. Błąd pomiaru tej metody zależy od dokładności wykonania i rodzaju nakielków, dokładności wykonania urządzenia kłowego, rodzaju zastosowanego czujnika oraz sposobu i dokładności opracowania wyników. Rozwiązania takie znajdują zastosowanie zwłaszcza w technikach pomiarów warsztatowych. Usytuowanie osi wału jest poziome i w najprostszym rozwiązaniu może odbywać się przy zastosowaniu uniwersalnego urządzenia kłowego oraz czujnika osadzonego w statywie. Dla tego typu wałów jak również wałów korbowych silników średnioobrotowych (prędkość nominalna 450-1500 obr/min), których wały korbowe nie należą do grupy wielkogabarytowych zastosowanie mają metody pomiarów bezodniesieniowych z obrotowym stołem lub z obrotowym wrzecionem. Pomiary takie realizowane w specjalnie do tego przystosowanych przyrządach lub maszynach pomiarowych. Usytuowanie osi wałów w tych

przypadkach jest najczęściej pionowe. Produkowane obecnie maszyny pomiarowe umożliwiają

- 2 -

pełną, kompleksową i szybką ocenę stanu geometrycznego wałów. W przyrządach tych końcówka pomiarowa czujnika przemieszcza się wraz ze zmianą promienia przedmiotu mierzonego. Uzyskany sygnał po odpowiednim przetworzeniu i wzmocnieniu umożliwia zarejestrowanie zarysu mierzonego w postaci wykresu oraz wyznaczenie parametrów oceny zarysu. W większości pomiary na tych maszynach odbywają się przy pionowym usytuowaniu wałów bez dodatkowego podparcia. Przyrządy przeznaczone do pomiarów metodami bezodniesieniowymi zapewniają dużą dokładność pomiarową. Nowoczesne rozwiązania bezodniesieniowych przyrządów pomiarowych, w których standardem jest obecnie stosowanie techniki komputerowej, umożliwiają wyeliminowanie szeregu błędów, zwłaszcza tych które mają charakter systematyczny. Pomiary bezodniesieniowe wałów nawet o dużych gabarytach mogą być też realizowane na współrzędnościowych maszynach pomiarowych. Przyrządy lub maszyny pomiarowe realizujące pomiary metodami bezodniesieniowymi są dokładne, ale mają głównie zastosowanie laboratoryjne, wymagają bowiem spełnienia specyficznych warunków pomiarowych np.: dokładnego, czasochłonnego centrowania i osiowania przedmiotów mierzonych. Dodatkowym ograniczeniem stosowania tych przyrządów i maszyn jest wysoki koszt, niemający ekonomicznego uzasadnienia ich zastosowania w produkcji jednostkowej, małoseryjnej czy też stosowania ich w warunkach remontowych. Należy też podkreślić, że użycie tych maszyn nie wyeliminuje podstawowych trudności związanych z ustaleniem i podparciem dużych i wiotkich elementów maszyn. Podejmowane są też w ostatnim okresie czasu próby zastosowania nowoczesnych technik pomiarowych w pomiarach wielkogabarytowych wałów korbowych. Wymiernym efektem zastosowania takiej techniki pomiarowej jest skrócenie operacji trasowania realizowanej metoda tradycyjną przez dwóch pracowników w czasie dochodzącym nawet do 24 godzin, do czasu nieprzekraczającego 9 godzin,

realizowanej przez jednego pracownika. Z uwagi na małą dokładność, zastosowanie tych technik jest jednak bardzo ograniczone.

- 3 -

W warunkach stoczni remontowych i warsztatów naprawczych do pomiarów odchyłek i zarysów kształtu o wiele bardziej przydatne są metody pomiarów odniesieniowych, przy ustaleniu obiektu mierzonego w pryzmach. W przypadku wałów przeznaczonych do silników średnioobrotowych (agregatowych, trakcyjnych), stosowany jest najczęściej czteropryzmowy sposób ustalenia, natomiast dla wielkogabarytowych wałów silników wolnoobrotowych stosowane jest ustalenie i podparcie wielopryzmowe. Procedury pomiarowe przewidują w tym przypadku realizację szeregu oddzielnych pomiarów (wykonywanych w większości za pomocą uniwersalnego sprzętu pomiarowego), wśród których oprócz pomiarów wymiarów liniowych i kątowych, bicia promieniowego i osiowego czopów, podstawowym pomiarem a jednocześnie ostatecznym kryterium oceny poprawności wykonania stanu geometrycznego wału jest pomiar odkształceń ramion wykorbień, nazywany pomiarem sprężynowania. Potraktowanie tego pomiaru jako końcowe kryterium oceny stanu geometrycznego wału wynika z braku możliwości pomiarów w sposób bezpośredni indywidualnych odchyłek kształtu i odchyłek położenia osi czopów. Ocena tych odchyłek odbywa się więc na podstawie pomiarów pośrednich. Wylimitowanie wpływu odkształceń sprężystych przy podparciu wału na kilku stałych, sztywnych podporach pryzmowych jest problematyczne z uwagi na wprowadzane ugięcia wstępne i występujące odchyłki geometryczne. Stan ten powoduje, że sprężone ze sobą odchyłki geometryczne i odkształcenia sprężyste wzajemnie na siebie oddziałują a wylimitowanie ich jest praktycznie niemożliwe.

Procedury pomiarowe wielkogabarytowych wałów korbowych wykazują istotne braki w zakresie pełnych i kompleksowych pomiarów odchyłek geometrycznych. Opierają się one na funkcjonujących i stosowanych od szeregu lat pomiarach, których dokładność jest niedostosowana do rosnących dokładności wykonania stawianym obecnie produkowanym wałom korbowym. Położenie osi

wielkogabarytowych, wielomiejscowo podparty wałów korbowych podlegać może przemieszczeniom w wyniku odkształceń sprężystych pod wpływem ciężaru

- 4 -

własnego. Takie zachowanie wału skutkuje tym, że podczas pomiarów odchyłek geometrycznych czopów głównych oś czopa jest skośnie usytuowana względem płaszczyzny, w której mierzony jest zarys okrągłości, a oś przemieszczenia trzpienia pomiarowego czujnika nie przechodzi przez środek mierzonego zarysu. W rezultacie mierzony zarys okrągłości zniekształcony będzie tzw. pozorną mimośrodowością i owalnością. Z punktu widzenia poprawności realizowanych pomiarów konieczne jest odpowiedni dobór warunków podparcia wału eliminujących jego ugięci pod wpływem ciężaru własnego.

Istotą rozwiązania jest urządzenie zwiększające dokładność pomiarów geometrii wielkogabarytowych wałów korbowych zawierające pryzmę, obejmę i wymienny przeciwcieżar, składający się z co najmniej dwóch elementów o podobnym kształcie usytuowanych po obu stronach listwy z rowkiem prowadzącym i które zaciskane są na listwie złączem śrubowym, charakteryzujący się tym, że pryzma, która za pośrednictwem elastycznej obejmy osadzona jest na ramieniu wykorbienia wału, po przeciwległej stronie czopa korbowego, przy czym zacisk pryzmy za pomocą obejmy na ramieniu wykorbienia wału ma postać nakrętek motylkowych i śrub zaciskowych, które są z jednej strony połączone sztywno z obejmą a z drugiej strony umieszczone są w bocznych rowkach pryzmy oraz otworach cylindrycznych wkładek współpracujących obrotowo z pryzmą, przy czym do pryzmy za pośrednictwem śrub zamocowana jest listwa z rowkiem prowadzącym, w którym osadzony jest wymienny przeciwcieżar, przy czym masy elementów tworzących przeciwcieżar dobierane są w taki sposób aby środek ciężkości urządzenia usytuowany był w płaszczyźnie w której usytuowane są również osie symetrii czopa głównego i czopa korbowego. Korzystnie, urządzenie zawiera układ pomiarowy składający

się z czujnika przemieszczeń z wychylnym trzpieniem oraz wskaźnika cyfrowego połączonego z czujnikiem przemieszczeń.

Istotą rozwiązania jest metoda pomiaru geometrii wielkogabarytowych wałów korbowych charakteryzująca się tym, że wykonanie obliczeń wartości sił

- 5 -

reakcji w podporach dla analizowanego wału następuje przy stopniowaniu kąta jego obrotu w zakresie $0\div 360^\circ$ nie rzadszym niż co 15 stopni kątowych, następnie wyznacza się masy równoważące, usytuowania ich środków ciężkości oraz umiejscowienia na wykorbieniu wału w taki sposób aby uzyskać minimalną zmianę wartości sił reakcji dla pełnego obrotu wału, kolejno instaluje się na wykorbieniu wału urządzenie, o którym mowa w zastrz. 1, które to urządzenie musi być zainstalowane w płaszczyźnie symetrii wykorbienia prostopadłej do osi wzdłużnej wału korbowego, a jednocześnie przeciwcieżar 10 musi być zlokalizowany symetrycznie po przeciwnej stronie niż czop korbowy, zaś środek ciężkości urządzenia usytuowany jest w płaszczyźnie w której usytuowane są również oś symetrii czopa głównego i czopa korbowego, dla danego wykorbienia na którym zainstalowane jest urządzenie, następnie realizuje się właściwy pomiaru geometrii każdego czopa głównego wału poprzez wykonanie pełnego obrotu wału przy jednoczesnym pomiarze za pomocą zegarowego czujnika przemieszczeń.

Wprowadzenie do konstrukcji wału przeciwwag w zdecydowanym stopniu zmniejsza przedziały zmian wymaganych sił reakcji gwarantujących zerowe wartości ugięć na poszczególnych czopach głównych. Zastosowanie przy pomiarach wałów korbowych urządzenia będącego konstrukcją specjalnego, uniwersalnego przeciwcieżaru uzupełniającego podstawową wersję wału w dodatkową masę umożliwiającą stabilizację wartości sił reakcji na podpartych czopach głównych.

Zaproponowany sposób szybkiego montowania urządzenia oraz łatwe dopasowanie się opaski mocującej do dowolnego kształtu ramienia wykorbienia

czynią przyrząd i metodę uniwersalnymi, tj. mogą być zastosowane do pomiarów wałów korbowych o dowolnej konstrukcji i wymiarach. Przyjęty sposób wykonania i mocowania przeciwwagi umożliwi szybką jej wymianę oraz zmianę jej usytuowania wzdłuż listwy prowadzącej, dzięki czemu istnieje możliwość zmiany masy przeciwcieżaru jak również momentu masowego jej oddziaływania

- 6 -

umożliwiają regulację położenia środka ciężkości masy równoważącej zgodnie z zaleceniami punktów 2-4, zawartymi w części c) opis metody, niniejszego zgłoszenia. Należy też podkreślić że dla zwiększenia uniwersalności urządzenia przewidywane jest docelowo zastosowanie przeciwwagi wykonanej jako pojemnik wypełniany płynną masą (ołów), dzięki czemu zmieniając wypełnienie pojemnika uzyskiwana będzie możliwość zmiany masy przeciwwagi a tym samym zmiana parametrów pracy urządzenia i możliwości jego zastosowania, oraz co jest bardzo istotne możliwość optymalizacji rozwiązania konstrukcyjnego urządzenia (zmniejszenie gabarytów urządzenia przy zachowaniu jego funkcjonalności).

Przedmiot wynalazku jest uwidoczniony w przykładzie wykonania na rysunku, gdzie fig. 1 przedstawia urządzenie będące przedmiotem wynalazku zamontowane na wykorbieniu wału. Oznaczenia na rysunku oznaczają kolejno: 1 – pryzma, 2 – listwa z rowkiem prowadzącym, 3 – ramię wykorbienia wału, 4 – obejmka, 5 – śruby zaciskowe, 6 – cylindryczne wkładki, 7 – nakrętki motylkowe, 8 – śruby, 9 – złącze śrubowe, 10 – wymienny przeciwcieżar, 11 – czop korbowy, 12 – czujnik przemieszczeń, 13 – wychylny trzpień, 14 – nakrętka, 15 – śruba z pokrętką regulacyjną, 16 – łożo, 17 – czop główny.

Zasadniczym elementem urządzenia przedstawionego na rys. 1 jest pryzma 1, która za pośrednictwem elastycznej opaski 4 (obejmy) osadzona (montowana) jest na ramieniu 3 wykorbienia wału, po przeciwległej stronie czopa korbowego 11. Zacisk pryzmy 1 za pomocą opaski 4 na ramieniu 3 wykorbienia

realizowany jest za pośrednictwem nakrętek motylkowych 7 i śrub zaciskowych 5, które z jednej strony połączone są sztywno z opaską 4 a z drugiej strony umieszczone są w bocznych rowkach pryzmy 1 oraz otworach cylindrycznych wkładek 6 współpracujących obrotowo z pryzmą 1. Do pryzmy 1 za pośrednictwem śrub 8 zamocowana jest listwa 2 z rowkiem prowadzącym, w którym osadzony jest wymienny przeciwcieżar 10, składający się z dwóch elementów o podobnym

- 7 -

kształcie usytuowanych po obu stronach listwy prowadzącej, zaciskanych na listwie 2 złączem śrubowym 9, przy czym masy ciężarków (tworzących przeciwcieżar), usytuowanych po obu stronach listwy prowadzącej 2 odpowiadają obliczonym wartościom sił korygujących zmianę sił reakcji, a jednocześnie usytuowany był w płaszczyźnie w której usytuowane są również osie symetrii czopa głównego 17 i czopa korbowego 11, wchodzącymi w skład wykorbienia na którym zainstalowane jest urządzenie. Pomocnym w tym zakresie jak również dla umożliwienia poprawnego ustawienia całego urządzenia na wykorbieniu, tzn. tak aby środek ciężkości całego urządzenia usytuowany był po przeciwległej stronie środka ciężkości mas tworzących wykorbienie, jest układ pomiarowy, w który zaopatrzone jest proponowane urządzenie. Pomocniczy układ pomiarowy składa się z czujnika przemieszczeń 12 z wychylnym trzpieniem 13, którego regulacja położenia i wprowadzanie napięcia wstępnego odbywa się poprzez przemieszczanie czujnika wzdłuż łoża 16 (przymocowanego na stałe do prowadnicy 2), za pośrednictwem śruby z pokrętłem regulacyjnym 15 i nakrętki 14 osadzonej obrotowo w rowku prowadnicy 2. Regulację ustawienia urządzenia na wykorbieniu dokonuje się obracając pryzmę 2 po obwodzie profilu ramienia wykorbienia 3, przy jednoczesnej obserwacji zmian wskazań czujnika przemieszczeń 12, którego końcówka trzpienia pomiarowego 13 styka się z walcową powierzchnią czopa głównego 17. Regulacja przebiega do momentu znalezienia maksymalnego zwrotnego położenia trzpienia pomiarowego 13

czujnika przemieszczeń 12 wyświetlanego na wskaźniku cyfrowym, z którym czujnik przemieszczeń współpracuje, po czym następuje mocowanie przyrządu na wykorbieniu za pomocą opaski zaciskowej 4.

Rozwiązanie według wynalazku w zakresie metody pomiaru geometrii wielkogabarytowych wałów korbowych polega na tym, że wykonanie obliczeń wartości sił reakcji w podporach dla analizowanego wału następuje przy stopniowaniu kąta jego obrotu w zakresie $0\div 360^\circ$ nie rzadszym niż co 15 stopni

- 8 -

kątowych, następnie wyznacza się masy równoważące, usytuowania ich środków ciężkości oraz umiejscowienia na wykorbieniu wału w taki sposób aby uzyskać minimalną zmianę wartości sił reakcji dla pełnego obrotu wału, kolejno instaluje się na wykorbieniu wału urządzenie, o którym mowa w zastrz. 1, które to urządzenie musi być zainstalowane w płaszczyźnie symetrii wykorbienia prostopadłej do osi wzdłużnej wału korbowego, a jednocześnie przeciwciężar 10 musi być zlokalizowany symetrycznie po przeciwnej stronie niż czop korbowy, zaś środek ciężkości urządzenia usytuowany jest w płaszczyźnie w której usytuowane są również oś symetrii czopa głównego i czopa korbowego, dla danego wykorbienia na którym zainstalowane jest urządzenie, następnie realizuje się właściwy pomiaru geometrii każdego czopa głównego wału poprzez wykonanie pełnego obrotu wału przy jednoczesnym pomiarze za pomocą zegarowego czujnika przemieszczeń.