

PROBLEMY NIEKONWENCJONALNYCH UKŁADÓW ŁOŻYSKOWYCH

Łódź 09-10 maja 1995 roku

Stefan Waczyński
(*Politechnika Częstochowska*)

ŁOŻYSKOWANIE WAŁKA Z ZASTOSOWANIEM KOŚNYCH ŁOŻYSK TOCZNYCH ORAZ ELEMENTU SPRĘŻYSTEGO

SŁOWA KLUCZOWE

łożyskowanie toczne, obciążenie skośne, wydłużenie termiczne, element sprężysty

STRESZCZENIE

Układy łożyskowania wałów typu „O” oraz „X”, cechuje prostota rozwiązania konstrukcyjnego. Są to jednak układy bez luzu, lub z napięciem wstępnym [1], co ogranicza ich wykorzystanie w zespołach maszynowych jedynie do przypadków, gdy praca ich jest krótkotrwała. A to ze względu na powstawanie względnych zmian wymiarów liniowych (długości: wał - element korpusowy) spowodowanych działaniem temperatury. Niedogodność tę można usunąć, wprowadzając do układu łożyskowego, odpowiedni element sprężysty.

WPROWADZENIE

Układy łożyskowe, zarówno typu „O”, jak i „X” są bardzo wrażliwe na względne zmiany długości międzyłożyskowej wałka w odniesieniu do odpowiadającemu jej wymiarowi w elemencie korpusowym w którym osadzone są łożyska. Zwykle na wałku osadzone są elementy, generujące podczas pracy ciepło, np. koła zębate czy łożyska toczne. W efekcie długotrwałej pracy tych elementów, powstają wydłużenia termiczne wałka, znacząco większe od spowodowanych tym czynnikiem zmian wymiarów elementów korpusowych. Prowadzi to do poważnych konsekwencji. W układzie łożyskowym typu „O” zmniejsza się napięcie wstępne, aż do pojawienia się luzów osiowych, z wszelkimi konsekwencjami takiego stanu. Natomiast w układzie łożyskowym typu „X” powstaje z tego powodu znaczne zwiększenie napięcia wstępnego. Może ono - przy długim wałku i znacznej różnicy temperatur między wałkiem a korpusem - przekraczać napięcie wstępne o 1 a nawet 2 rzędy wielkości. Prowadzi to do wielokrotnie niższej niż zakładano - trwałości łożysk. Z tych powodów, układy łożyskowe typu „O” oraz „X”, mimo prostej konstrukcji i łatwego montażu, stosowane są głównie tam, gdzie praca ich jest krótkotrwała, przedzielona długimi przerwami. Można jednak, w stosunkowo prosty sposób, przeciwdziałać tym niedogodnościom, wprowadzając do omawianych układów łożyskowych elementy sprężyste, kompensujące liniowe wydłużenie łożyskowanego wału.

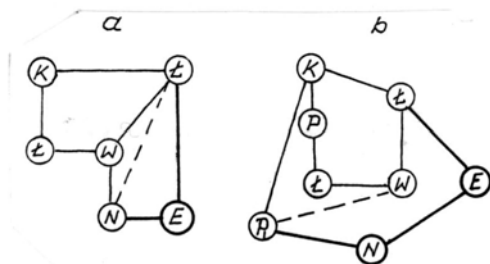
ELEMENTY SPRĘŻYSTE W UKŁADACH „O” ORAZ „X” ŁOŻYSKOWANIA WAŁÓW

Podstawowym zadaniem takiego elementu sprężystego, jest zminimalizowanie w omawianych układach łożyskowych efektu wydłużeń cieplnych łożyskowanego wału, podczas długotrwałej jego pracy bez przerw.

Istotną sprawą jest miejsce usytuowania takiego elementu, oraz jego postać konstrukcyjna. Rozpatrując sprawę w sposób ogólny, model układu łożyskowania można przedstawić w postaci grafu, którego wierzchołkami są elementy tego układu, zaś krawędzie reprezentują styki między nimi.

W przedstawionych na rysunku 1 a i b grafach, wierzchołki i krawędzie wykonane liniami cienkimi prezentują odpowiednio: 1 a - układ „O”, 1 b - układ „X” bez elementów sprężystych. Wierzchołki i krawędzie narysowane liniami grubymi - to elementy i styki między nimi, powstałe po wprowadzeniu do układów elementów sprężystych. Linia przerywana cienką, reprezentuje styk, który istniał przed wprowadzeniem do układu łożyskowego elementu sprężystego, a po jego wprowadzeniu zaniknął

Rys. 1. Grafy układu łożyskowego



Na rysunku 1 a, b, przyjęto następujące oznaczenia wierzchołków grafów: E element sprężysty, K - korpus, L - łożysko toczne, N - element wywierający nacisk na E, P - pokrywy łożysk, W - łożyskowany wałek.

Elementy sprężyste w omawianych układach łożyskowych powinny spełniać następujące wymagania:

- mieć możliwość przenoszenia znacznych obciążeń osiowych przy niewielkich wymiarach własnych,
- posiadać cechy, zapewniające nieznaczne zmiany charakterystyki obciążenia - ugięcie, przy zmianach temperatury pracy (zwykle rzędu kilkudziesięciu °C).

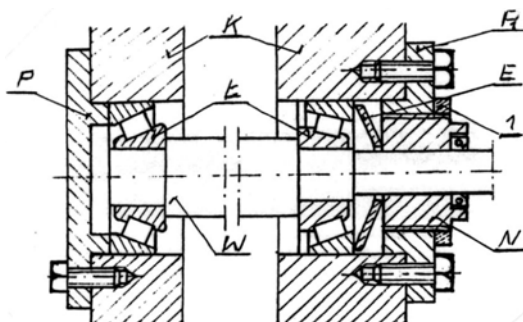
Elementy te mogą - w pewnych przypadkach - być wykonane z odpowiednich tworzyw sztucznych, a w każdym przypadku ze stali sprężynowej. W dwu niżej omówionych rozwiązaniach przykładowych takich układów łożyskowych, zastosowano sprężyny talerzowe.

PRZYKŁADY ROZWIĄZAŃ UKŁADÓW ŁOŻYSKOWANIA TYPU „X” ORAZ „O” WAŁÓW Z ELEMENTEM SPRĘŻYSTYM

Rysunek 2 przedstawia układ łożyskowania wału typu „X”, a rysunek 3 układ łożyskowania wału typu „O” [3]. Oznaczenia podstawowych elementów układów łożyskowych są na tych rysunkach identyczne, jak na rysunku 1. Pozostałe elementy, nie występujące na rysunku 1, oznaczone są numerem 1, objaśnienia w tekście.

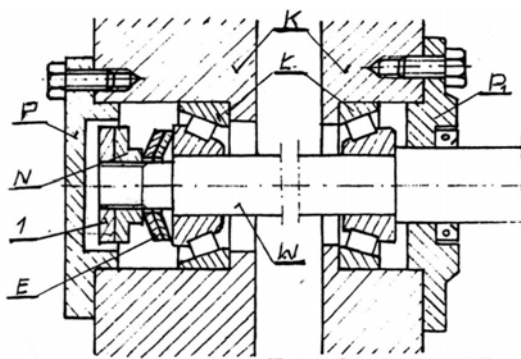
Na rysunku 2 napięcie wstępne układu łożyskującego wał, jest realizowane przez wywarcie odpowiedniego nacisku na element sprężysty E, przez nagwintowany element

N, wkręcony w pokrywę łożyskową P1. Przed odkręceniem się N podczas pracy układu, zabezpiecza przeciwnakrętka 1.



Rys. 2. Układ łożyskowania typu X

Rys. 3. Układ łożyskowania typu 0



W układzie łożyskowania wału z rysunku 3, napięcie wstępne łożysk wprowadzane jest przez nakrętkę N, której położenie blokuje przeciwnakrętka 1.

W obu rozwiązaniach, wydłużenia cieplne łożyskowanego wału kompensowane są przez elementy sprężyste E, przy pewnych, niewielkich zmianach napięć wstępnych w układach łożysk stożkowych. Aby zmiany tych napięć były nieznaczne, sprężyny talerzowe powinny pracować na odcinku charakterystyki obciążenie - odkształcenie, na którym przy nieznacznej zmianie obciążenia, ugięcie sprężyny jest dość duże. Jeżeli przyjąć że stosunek h/s (gdzie h - maksymalne ugięcie sprężyny, do jej spłaszczenia, s - grubość pojedynczej sprężyny [4]) determinuje charakterystykę sprężyny talerzowej, to sprężyny takie jako elementy sprężyste E, powinny spełniać warunek: $0.75 < h/s < \sqrt{2}$.

PROBLEMY ZWIĄZANE Z WPROWADZENIEM ELEMENTU SPRĘŻYSTEGO DO UKŁADÓW ŁOŻYSKOWYCH „O” I „X”

Wprowadzenie elementu sprężystego do omawianych układów łożyskowych, rodzi nowe problemy, głównie w zakresie dynamiki tych układów. Zasygnalizuję tu trzy istotne ich grupy:

- problemy kierunku działania obciążenia na układ łożyskowy, oraz zmiana jego wielkości w czasie,
- problemy doboru napięcia wstępnego w układach łożyskowych „O”, oraz „X”, - problemy częstości drgań własnych tych układów.

Ze względu na brak miejsca, oraz niepełne materiały, którymi w tym zakresie dziś dysponuje, podam skrótowo moje uwagi:

a) Kierunek działania siły obciążającej układ łożyskowy „O” lub „X” oraz przebieg jej zmian w czasie. Biorąc pod uwagę jedynie składowe poosiowej siły skośnej działającej na omawiany układ łożyskowy, można umownie wyróżnić trzy przypadki, występujące podczas jego pracy:

- obciążenie jest statyczne ($P=\text{const}$),
- obciążenie jest zmienne ($P=\text{var}$) jednokierunkowe -
obciążenie jest zmienne ($P=\text{var}$) obukierunkowe

Dwa pierwsze przypadki narzucają wymagania, aby element sprężysty w układach łożyskowych tak obciążonych nie przejmował na siebie siły P . W trzecim przypadku warunek ten nie może być spełniony.

b) Dobór wielkości napięcia wstępnego uzależniony jest od kierunku działania siły obciążającej. W dwu pierwszych przypadkach wymienionych w punkcie a, napięcie to wynika jedynie z żądanej wielkości napięcia wstępnego w układzie łożyskowym, z ewentualnym uwzględnieniem zakresu jego zmian, wynikających z odkształceń termicznych łożyskowanego wału.

W przypadku trzecim, sytuacja zmienia się w sposób istotny, gdyż element sprężysty musi przenieść obciążenie sumaryczne, wynikające z przyjętej maksymalnej wartości liczbowej napięcia wstępnego oraz maksymalnej poosiowej siły, jaka może wystąpić podczas pracy wału. W tym przypadku element sprężysty poddany jest działaniu siły, zmiennej w czasie, zaś napięcie wstępne w układzie łożyskowym, w czasie gdy on nie pracuje, jest znacznie większe, niż w dwu pozostałych przypadkach obciążenia.

c) W obliczeniach należy uwzględnić warunek, aby częstość drgań własnych układu łożyskowego z elementem sprężystym, nie była zbliżona do częstości drgań wymuszonych przez m. in. P . Nie należy przy tym zapominać, że częstość drgań własnych układu łożyskowego zależy również od wielkości napięcia wstępnego, z jakim został on zmontowany oraz o tym, że z biegiem czasu napięcie to może maleć (relaksacja materiału sprężystego).

LITERATURA

1. H. Krzemiński-Freda: *Łożyska toczne*, PWN Warszawa 1989r.
2. S. Waczyński: Zgłoszenie projektu wynalazczego: *Układ łożyskowania wału przenoszący obciążenia skośne*, Nr. wew. 2/95, styczeń 1995r.
3. S. Waczyński: Zgłoszenie projektu wynalazczego: *Układ łożyskowania wału przenoszący obciążenia skośne*, Nr. wew. 3/95, styczeń 1995r.
4. B. Branowski: *Metalowe elementy sprężyste* " PWN Warszawa 1988r.

THE BEARING SYSTEM OF SHAFTS WITH THE USE OF ANGULAR ROLLING BEARINGS AND ELASTIL ELEMENTS

SUMMARY

Constructional solution of shaft bearing on angular bearing with elastic element has been proposed in this paper. It significantly improves funtional quality of that bearing.

Recenzja: prof. dr hab. inż. Marek Wiśniewski