

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245058 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **441192**

(22) Data zgłoszenia: **2022.05.16**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.11.20 BUP 47/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.04.29 WUP 18/2024**

(51) MKP:

F16C 17/24 (2006.01)

F16C 21/00 (2006.01)

F16N 15/04 (2006.01)

F16C 39/02 (2006.01)

F16C 33/74 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

JAROSŁAW MIKUŁA, Gliwice, PL

WOJCIECH GRZEGORZEK, Łędziny, PL

DANIEL ADAMECKI, Gliwice, PL

STANISŁAW MIKUŁA, Gliwice, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Justyna Duda, Gliwice, PL

(54) Tytuł:

Szybkoobrotowe łożysko ślizgowe ze smarowaniem wodnym

PL 245058 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest szybkoobrotowe łożysko ślizgowe ze smarowaniem wodnym przeznaczone do łożyskowania wałów maszyn, zwłaszcza szybkoobrotowych o szczególnie wysokich wymaganiach co do trwałości eksploatacyjnej, czystości i bezpieczeństwa użytkowania przy zagrożeniach pożarowych.

W szybkoobrotowych łożyskach ślizgowych występują szczególne problemy przy rozruchu i podczas wybiegu polegające na trudnościach spełnienia dostatecznej nośności filmu smarnego. Dobranie do warunków pracy nominalnej lepkości oleju smarnego jest wtedy niewystarczające przy zmniejszonej prędkości obrotowej podczas rozruchu i wybiegu. Zwłaszcza podczas wybiegu obniżona lepkość oleju rozgrzanego w okresie pracy nominalnej powoduje, że często dochodzi do zaniku smarowania płynnego, co powoduje przyspieszone niszczenie, a w skrajnych sytuacjach zatarcie lub wytopienie materiału panewki łożyskowej z dużym zagrożeniem pożarowym. Z kolei utrzymywanie dużej lepkości oleju w czasie pracy nominalnej jest źródłem dużych strat energetycznych, co objawia się nadmiernym nagrzewaniem się łożyska, wymuszającym stosowanie układów chłodzących. Ponadto grozi poparzeniem i sprzyja wzrostowi zagrożenia pożarem. Znane są rozwiązania łożysk smarowanych wodą w przypadku łożyskowania wałów pomp odwadniających w kopalniach głębinowych. Do smarowania podawana jest wtedy część pompowanej wody pobieranej za ostatnim stopniem pompy, co powoduje, że łożysko wzdłużne pracuje wtedy po części jak łożysko hydrostatyczne. Woda po przejściu przez łożysko pełniąc funkcję tzw. tarczy odciążającej trafia z powrotem do zbiornika dolnego, generując straty wolumetryczne pompowanej wody i obniżając sprawność energetyczną układu. Również w podobny sposób pracują niektóre pompy obiegowe w energetyce cieplnej oraz w układach centralnego ogrzewania obiektów. Przegląd licznych rozwiązań konstrukcyjnych łożysk, w których woda spełnia rolę środka smarnego, zawiera praca: Olszewski A., Wodtke M., Łubiński J.: Konstrukcje hydrodynamicznych łożysk poprzecznych smarowanych wodą. Przegląd Mechaniczny, nr 12 (2015), s. 29–38.

Wszystkie znane konstrukcje łożysk ślizgowych ze smarowaniem wodnym nie zabezpieczają węzła łożyskowego przed negatywnymi zjawiskami pracy przy niedostatecznej nośności filmu smarnego, jakie występują przy rozruchu, wybiegu i pracy ze zmniejszoną prędkością wirowania. Silnie obniża to ich trwałość i niezawodność eksploatacyjną oraz powoduje występowanie opisanych wyżej zagrożeń.

Stosowane niekiedy trwałe dołączenie do łożyska o wodnym smarowaniu dodatkowego łożyska hydrostatycznego, zasilanego wysokim ciśnieniem medium, najczęściej olejem z osobnego źródła, obniża efektywność energetyczną, zwiększa koszty użytkowania i zmniejsza niezawodność działania.

Istotą wynalazku jest szybkoobrotowe łożysko ślizgowe ze smarowaniem wodnym złożone z łożyska ślizgowego i zespolonego z nim zespołu łożysk tocznych charakteryzujące się tym, że posiada zespół prędkościowego przełączania obciążenia złożony z co najmniej dwóch obejm segmentowych sprzężonych z tuleją pośredniczącą z naniesionymi na nią znacznikami, w której znajdują się łożyska toczne osadzone na czopie i sprężyn talerzowych regulowanych wkrętkami napięcia wstępnego umieszczonymi w wybraniu czopa, przy czym wyposażone jest w przezroczysty wziernik.

Szybkoobrotowe łożysko ślizgowe posiada uszczelnienie obrotowe i uźebrowania wzdłużne usztywniające obudowę.

Rozwiązanie polega na wykorzystaniu wody do smarowania i chłodzenia łożyska ślizgowego podczas pracy w zakresie nominalnej prędkości obrotowej przy jednoczesnym całkowitym jego uwolnieniu od obciążenia podczas rozruchów, wybiegów i przy znacznym okresowym spadku prędkości obrotowej wywołanym przykładowo znacznym przeciążeniem. W tych sytuacjach obciążenie jest automatycznie przełączane na wspomagające łożysko toczne.

Szybkobieżne łożysko ślizgowe ze smarowaniem wodnym według wynalazku w przykładzie wykonania ilustruje rysunek. Fig. 1 to półprzekrój wzdłużny łożyska w stanie spoczynku. Fig. 2 to przekrój poprzeczny w płaszczyźnie A-A, przy czym lewa strona dotyczy położenia elementów w czasie postoju, a prawa strona obrazuje położenie elementów sterujących pracą łożyska przy pełnej prędkości obrotowej.

Wynalazek został przedstawiony w przykładzie wykonania.

Układ mechaniczny sterujący pracą łożyska jest usytuowany wewnątrz wydrążenia w czopie 1 łożyska ślizgowego. W stanie spoczynku i podczas rozruchu obciążenie przenoszone jest w pełni przez zespół łożysk tocznych 3 osadzonych na nieruchomym czopie 2 zintegrowanym z pokrywą 11 przenoszącą obciążenie łożysk tocznych 3 na obudowę 5 przez połączenie kołnierzowe 17. Dzieje się tak wskutek sprzężenia ciernego obejm segmentowych 6 z tuleją pośredniczącą 16, w której osadzone są łożyska toczne 3. Sprzężenie ciernie obejm segmentowych 6 z tuleją pośredniczącą 16 wywołują pakiety

sprężyn talerzowych 7. Napięcie wstępne sprężyn talerzowych 7 regulowane jest wkrętkami 8 dostępnymi po wykręceniu korków 9.

Podczas rozruchu, gdy wzrasta prędkość wirowania czopa 1, wzrasta też siła odśrodkowa działająca na obejmy segmentowe 6 w przykładzie w liczbie trzech równomiernie rozmieszczonych jak na Fig. 2. Następuje stopniowe zwalnianie sprzężenia ciernego obejm 6 z tuleją pośredniczącą 16, co płynnie uwalnia od obciążenia zespół łożysk tocznych 3. Jednocześnie pełne obciążenie płynnie przejmowane jest przez łożysko ślizgowe złożone z panwi 4 oraz panewki łożyskowej 4a. Gdy prędkość poślizgu czopa 1 po panewce 4a osiągnie dostateczną wielkość wytwarza się film smarny złożony z wody, który przejmuje całkowicie obciążenie robocze a łożyska toczne 3 zatrzymują się w spoczynku.

Podczas wybiegu łożyska działanie opisanego układu odbywa się analogicznie w kierunku przeciwnym. W końcowej fazie wybiegu pełne obciążenie przenosi zespół łożysk tocznych 3, co zabezpiecza stronę łożyska ślizgowego przed niszczącymi zjawiskami, jakie miałyby miejsce przy pracy łożyska ślizgowego, po utracie nośności filmu smarnego. Po zatrzymaniu układ jest całkowicie gotowy do pracy przy ponownym rozruchu.

Przy pełnej nominalnej prędkości obrotowej obejm segmentowe 6 opierają się o wewnętrzną powierzchnię wybrania w czopie 1, dzięki czemu ma miejsce pełne dynamiczne wyrównowanie układu i wyeliminowana jest możliwość generowania drgań. Moment uwalniania zespołu łożysk tocznych 3 od obciążenia jest łatwo kontrolowany przez przezroczysty wziernik 12. W tym celu czoło 13 tulei pośredniczącej 16 korzystnie jest pomalować na kontrastowe kolory w sposób segmentowy. Po pełnym przejęciu obciążenia przez łożysko ślizgowe tuleja pośrednicząca 16 przejdzie w stan spoczynku, co będzie łatwo można stwierdzić przez wziernik 12. Zespół łożysk tocznych 3 najlepiej zestawzić z łożysk igiełkowymi. Mała masa elementów tocznych i minimalna średnica zewnętrzna łożysk igiełkowych pozwalają na ich pracę nawet przy znacznych prędkościach obrotowych, co jest ograniczone w przypadku innych typów łożysk tocznych. Krótkie interwały czasu pracy łożysk tocznych, przedzielone długimi okresami spoczynku, występującymi przy nominalnej prędkości obrotowej łożyska ślizgowego powodują, że w większości przypadków łożyska toczne mogą pracować całkowicie bez smarowania. W razie potrzeby można użyć łożysk o budowie zamkniętej wypełnionej odpowiednim smarem plastycznym. Strefa łożyska ślizgowego jest wydzielona uszczelnieniem obrotowym 10 i 15. Strefę tę należy wypełnić czystą, zdemineralizowaną i odgazowaną wodą do poziomu obejmującego dolną część panewki łożyskowej 4a. Umożliwia to stały dostęp wody smarującej bez potrzeby stosowania typowych pierścieni smarujących właściwych łożyskom smarowanym olejem. Zwiększa to skuteczność i niezawodność smarowania łożyska ślizgowego. Mała lepkość wody powoduje, że straty energetyczne związane z ruchem wody w łożysku są niewielkie, dzięki czemu wystarczające jest naturalne chłodzenie obudowy łożyska 5 przez konwekcję i promieniowanie. Uzębrowania wzdłużne 14 wspomagają oddawanie ciepła do otoczenia oraz wzmacniają i usztywniają obudowę łożyska 5. Wymiana ciepła z otoczeniem jest więc dodatkowo wspomagana w sposób, jaki nie występuje w przypadku smarowania olejem. Woda, która ewentualnie odparuje w kontakcie z panewką 4 dzięki dużemu ciepłu parowania odbiera ciepło, a następnie skraplając się na wewnętrznych ściankach obudowy 5 oddaje ciepło do obudowy. Skroplona woda wraca do układu smarowania. Niewielki stopień nagrzewania się łożyska ogranicza eksploatacyjne straty wody smarującej na zewnątrz, dzięki czemu możliwa jest rezygnacja z okresowej kontroli poziomu wody smarującej w łożysku. Ewentualnie niewielkie uzupełnienie wody może się odbywać nawet wodą z sieci wodociągowej przez korek 18 zintegrowany z odpowietrznikiem wyrównującym ciśnienie wewnątrz łożyska z ciśnieniem atmosferycznym, przez co nie występuje wypychanie wody przez uszczelnienie przy rozruchu i zasysanie zanieczyszczeń pyłowych z zewnątrz przy stygnięciu łożyska. Opisane cechy powodują, że łożysko według wynalazku może mieć bardzo ograniczone czynności kontrolno-obslugowe, co czyni je szczególnie przydatnym w wielu zastosowaniach w maszynach roboczych.

Montaż łożyska należy przeprowadzić wstawiając najpierw panew 4 mocno przechyloną w pionie tak, aby odsadzenia na części obwodu panwi 4 weszły do otworu w obudowie 5, następnie zabezpieczyć panew pierścieniem Segera. Następnie należy wsunąć czop 1 poprzez pokrywę 11 z uszczelnieniem 15 i przykręcić pokrywę 11. Po zluźnieniu wkrętek 8 wsunąć czop stały 2 z zamontowanymi uprzednio łożyskami tocznymi 3 i tuleją 16 między obejm segmentowe 6 i zmontować połączenie kołnierzone 17. Następnie pokręcając odpowiednio wkrętkami 8 spowodować, że czop zostanie całkowicie oparty o obejm na sprężynach 7. Wówczas wał z czopem 1 powinien swobodnie obracać się wokół osi oparty jedynie na łożyskach tocznych, co można kontrolować przez wziernik 12. Napełnić wtedy można łożysko odpowiednio przygotowaną wodą. Napięcie wstępne sprężyn należy wyregulować tak przez pokręcanie

wkrętek **8**, aby pełne uwolnienie łożysk tocznych następowało przy założonej prędkości obrotowej, przy której osiągnięta jest założona nośność filmu smarnego w łożysku ślizgowym smarowanym wodą.

Dla zabezpieczenia przed korozją powierzchnię czopa **1** należy pokryć antykorozyjnie, korzystnie przez twarde chromowanie. Panew, obudowę i pokrywy wykonać należy z materiałów odpornych na korozję, np. stopów Al., lub wykonać odpowiednie pokrycie lakiernicze.

Łożysko ślizgowe ze smarowaniem wodnym pozwala na pracę z wysokimi i bardzo wysokimi prędkościami obrotowymi. Gdy zachodzi potrzeba pracy przy niższych prędkościach wirowania w miejsce wody można użyć emulsji wodno-olejowej w odpowiedniej proporcji, aby uzyskać pożądaną jej lepkość kinematyczną. Szczególnie dużą zaletą łożyska według wynalazku jest jego bardzo duża trwałość eksploatacyjna, co wynika z tego, że łożysko ślizgowe pracuje zawsze przy pełnym rozwiniętym smarowaniu płynnym, a więc praktycznie bezzużyciowo, zaś łożyska toczne pracują tylko w krótkich okresach rozruchu i wybiegu. Jedynym węzłem, w którym występuje chwilowe tarcie, jest strefa sprzężenia obejm segmentowych z tuleją pośredniczącą. Przy zwalnianiu sprzężenia ciernego podczas rozruchu poślizg między wspomnianymi elementami jest krótkotrwały i bez znaczącego obciążenia. Przy zasprzęglaniu sprzężenia w czasie wybiegu proces odbywa się stopniowo, w warunkach niewielkich obciążeń. Ewentualne ubytki zużyciowe we wspomnianej strefie po dłuższym użytkowaniu łożyska mogą być kompensowane przez odpowiednie wkręcenie wkrętek **8**. Duże walory ekologiczne i wysokie bezpieczeństwo użytkowania predestynują zastosowanie rozwiązania według wynalazku tam, gdzie wymagana jest wysoka czystość i bezpieczeństwo pracy, np. w przemyśle środków spożywczych, farmaceutycznych oraz włókiennictwie. Łożysko według wynalazku smarowane wodą może być też stosowane w temperaturach ujemnych, gdyż warstewka lodu przy dużych naciskach stykowych i ruchu ma doskonale własności smarne (vide łyżwy). W toku pracy lód w łożysku topnieje w szybkim tempie. Dużą zaletą jest też praktyczna bezobsługowość i niskie koszty eksploatacji i szczególnie duża efektywność energetyczna. Zwarta budowa i ograniczone wymiary gabarytowe w stosunku do średnicy czopa D umożliwiają zastosowanie łożyska według wynalazku do łożyskowania wałów w wielu dziedzinach budowy maszyn.

Woda jako środek smarny ma wiele zalet takich jak duże ciepło właściwe, niepalność, niewielki wpływ temperatury na lepkość, stabilność chemiczna połączona z brakiem procesów starzenia, wysokie walory ekologiczne i niska cena. Niska lepkość wody zmusza natomiast do pełnego odciążenia łożyska przy pracy, gdy prędkość poślizgu czopa po panewce nie jest w stanie generować powstania filmu smarnego o wystarczającej nośności, co głównie ma miejsce przy rozruchu i podczas wybiegu.

Dzięki zastosowaniu wody jako środka smarnego łożysko według wynalazku jest całkowicie niepalne i może pracować przy szczególnie dużych prędkościach wirowania w układach o wysokich wymaganiach ekologicznych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Szybkoobrotowe łożysko ślizgowe ze smarowaniem wodnym złożone z łożyska ślizgowego i zespolonego z nim zespołu łożysk tocznych **znamiennie tym**, że posiada zespół prędkościowego przełączania obciążenia złożony z co najmniej dwóch obejm segmentowych (6) sprzężonych z tuleją pośredniczącą (16) z naniesionymi na nią znacznikami (13), w której znajdują się łożyska toczne (3) osadzone na czopie (2) i sprężyn talerzowych (7) regulowanych wkrętkami napięcia wstępnego (8) umieszczonymi w wybraniu czopa (1), przy czym wyposażone jest w przezroczysty wziernik (12).
2. Szybkoobrotowe łożysko ślizgowe według zastrzeżenia 1 **znamiennie tym**, że posiada uszczelnienie obrotowe (10) i (15).
3. Szybkoobrotowe łożysko ślizgowe według zastrzeżenia 1 **znamiennie tym**, że posiada uzebrowania wzdłużne (14) usztywniające obudowę (5).

Rysunki

