

421890
ISSN 1896-0677



INDEKS 226289

49⁹⁹
zł netto

Cena brutto: 52,49 zł (w tym 5% VAT)

WWW.SLuzBY-UR.PL

Od 10
lat!

SŁUŻBY UTRZYMANIA RUCHU

SUR

Innowacyjne rozwiązania w utrzymaniu ruchu

TEMAT NUMERU:
AUTOMATYKA

NUMER 2(58)/2016 marzec-kwiecień

4tech systemy informatyczne
systemy informatyczne

System wspomagający
zarządzanie remontami,
inwestycjami
i eksploatacją urządzeń.

20 lat doświadczenia na rynku
oraz najnowsze technologie
informatyczne pozwalają spełniać
oczekiwania naszych klientów.

4TECH Systemy Informatyczne

ul. Sosnkowskiego 17, 02-495 Warszawa, tel. 22 882 54 56

4tech@4tech.com.pl, www.4tech.com.pl



 **plan9000.net**

◦ **AUTOMATYKA**
SKUTECZNA ELIMINACJA BŁĘDÓW
I BRAKÓW PRODUKCYJNYCH

◦ **DIAGNOSTYKA**
EKSPLOATACJA I DIAGNOSTYKA WIELKOGABARYTOWYCH
ŁOŻYSK TOCZNYCH

TPM
Baza awarii i wskaźniki, czyli
zapobieganie przez analizowanie

HYDRAULIKA I PNEUMATYKA
Naprawa i regeneracja siłowników
hydraulicznych tłokowych
dwustronnego działania

Eksploatacja i diagnostyka wielkogabarytowych łożysk tocznych

W wielu gałęziach przemysłu funkcjonuje cały szereg maszyn wyposażonych w wielkogabarytowe łożyska toczne. Łożyska wielkogabarytowe należą do podzespołów, których koszt może dochodzić do kilku procent wartości nowej maszyny, a awaria tego typu łożyska może wiązać się z dużymi stratami finansowymi. W większości przypadków dzięki prawidłowej eksploatacji, a także monitorowaniu i diagnostyce stanu łożysk można uniknąć nieprzewidzianych awarii i przestojów. W przypadku łożysk wielkogabarytowych prawidłowa obsługa i nadzór diagnostyczny stanowią istotne wyzwania dla służb utrzymania ruchu.



dr hab. inż. Marek Fidali, Politechnika Śląska, AdEnSo

Absolwent Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej. Zatrudniony na stanowisku profesora nadzwyczajnego Politechniki Śląskiej w Instytucie Podstaw Konstrukcji Maszyn, w którym uzyskał stopień doktora habilitowanego nauk technicznych (2014) w zakresie budowy i eksploatacji maszyn. Podstawowe zainteresowania i kierunki badań dotyczą szeroko pojętych metod diagnostyki technicznej, termografii, metod przetwarzania i analizy sygnałów oraz obrazów, analizy modalnej, systemów pomiarowych, a także wibroakustyki. Jest właścicielem firmy Adapted Engineering Solutions (AdEnSo) oferującej innowacyjne i dopasowane rozwiązania techniczne dla firm.

ŁOŻYSKA WIELKOGABARYTOWE – PODSTAWOWE INFORMACJE

Łożyska wielkogabarytowe stosowane są w maszynach roboczych (np. żurawiach budowlanych i przetadunkowych, w maszynach podstawowych górnictwa odkrywkowego i podziemnego, maszynach budowlanych), sprzęcie wojskowym (np. czołgach, radarach), maszynach stosowanych w energetyce, przemyśle papieriowym i ochronie środowiska (np. siłownie wiatrowe, wentylatory wież chłodniczych, młyny kulowe, piece obrotowe, kruszarki, osuszacze obrotowe, miesadła, oczyszczalniach ścieków), konstrukcjach stosowanych w kosmonautyce (np. systemach transportu rakiet, teleskopach, połączeniach segmentów stacji orbitalnych) i innych [8,11]. Za wielkogabarytowe uważa się takie łożyska, których średnica wewnętrzna jest większa od 300 mm [12]. W maszynach można spotkać dwie klasy łożysk wielkogabarytowych. Są to typowe łożyska toczne o dużych średnicach (dochodzących do 1,5 m) najczęściej działających ze stałą prędkością obrotową o wartościach nieprzekraczających 600 obr./min. W grupie tych łożysk najczęściej spotykanymi są łożyska barytkowe, łożyska stożkowe jednorzędowe i wielorzędowe, łożyska walcowe (rys. 1.), łożyska kulkowe zwykłe, łożyska toroidalne CARB, łożyska barytkowe wzdłużne.

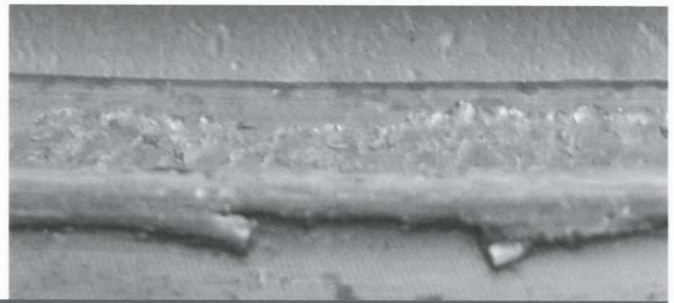
Drugą specyficzną grupą łożysk wielkogabarytowych są łożyska wieńcowe (rys. 1.) [4, 7], stosowane w ustrojach nośnych maszyn jako podpory obrotowe zdolne do przenoszenia obciążeń z jednego członu maszyny na drugi. Łożyska te charakteryzują się tym, iż pierścienie łożyskowe są tak ukształtowane, że pozwalają na mocowanie ich za pomocą śrub bezpośrednio do dwóch części ustroju nośnego maszyny – obrotowej i stałej. Łożyska tego typu bardzo często są wyposażane w wieniec zębaty na pierścieniu zewnętrznym albo wewnętrznym do napędu obrotu (stąd nazwa łożysko wieńcowe). Największe łożyska wieńcowe jednorzędowe, w których elementy toczne nie przenoszą momentów wywracających, określa się też mianem łożyska kulowego. Łożyska wieńcowe działają najczęściej ze zmienną prędkością obrotową nieprzekraczającą 10 obr./min i zmiennym kierunkiem obrotów. Odmienne niż w przypadku konwencjonalnych łożysk dobór łożysk wieńcowych wymaga uwzględnienia nie tylko trwałości L_{10} , określanej jako liczba przetoczeń (cykli obciążenia) do wystąpienia pierwszych uszkodzeń (pittingu), lecz również trwałości użytkowej L_{10u} , określanej liczbą przetoczeń do utraty funkcjonalności łożyska (unieruchomienia). Przykładowo liczba przetoczeń (liczba cykli obciążenia) L dla typowej koparki kotowej o dużym natężeniu pracy, przy założeniu 10 lat eksploatacji łożyska, 4000 godzin pracy rocznie i prędkości obrotowej nadwozia 4 obr./h przy 135 kulach wynosi 10,8 mln cykli [12]. W wolnoobrotowych łożyskach może zachodzić duża rozbieżność pomiędzy trwałością a trwałością użytkową [12].

Łożyska wielkogabarytowe należą do podzespołów maszyn, które ze względu na swój rozmiar i cenę nie są chętnie przechowywane



Rys. 1.

Przykłady łożysk wielkogabarytowych (Źródło: materiały prasowe firmy Schaeffler. <http://www.schaeffler.de>)



Rys. 2. Przykład dużych uszkodzeń bieźni i rozwalcowania jej krawędzi [9]

w magazynie części zamiennych służb utrzymania ruchu. Z drugiej strony, czas oczekiwania na dostawę łożyska wielkogabarytowego jest długi i może dochodzić do 6 miesięcy. Fakty te wskazują, że najkorzystniejszym rozwiązaniem dla przedsiębiorstwa jest zapewnienie bezawaryjnego działania łożysk, co można osiągnąć poprzez ich prawidłową eksploatację i diagnostykę.

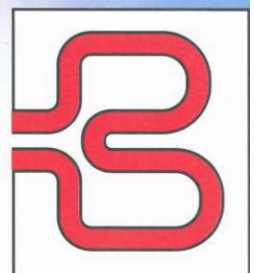
USZKODZENIA ŁOŻYSK WIELKOGABARYTOWYCH

Uszkodzenia łożysk wielkogabarytowych są wypadkową trzech podstawowych grup czynników: konstrukcyjnych, technologicznych i eksploatacyjnych. Błędy konstrukcyjne, takie jak nieprawidłowo zidentyfikowane obciążenia, nieprawidłowo dobrane cechy geometryczne, materiałowe i konstrukcyjne, jak np. luzy czy niewłaściwy dobór własności środka smarnego, w decydujący sposób wpływają na trwałość łożyska. W przypadku czynników technologicznych można mówić o niedokładności wykonania i nieprawidłowej obróbce cieplnej podzespołów łożyska i podpory łożyskowej oraz nieprawidłowym montażu. Najczęściej jednak na stan łożyska mają wpływ czynniki eksploatacyjne wynikające z nieprawidłowego smarowania, przeciążeń mechanicznych i termodynamicznych oraz zanieczyszczeń przedostających się do węzła łożyskowego. Wszystkie wymienione czynniki wpływają na przyspieszone zużycie łożysk (zarówno trybologiczne, jak i zmęczeniowe) oraz na powstawanie uszkodzeń, takich jak pęknięcia korpusów i elementów łożysk, zatarcia i przegrzania elementów łożysk, degradację mechaniczną itp. Nie należy również zapominać o często popełnianych błędach montażowych przekładających się często na

deformację mechaniczną elementów łożyska, co z kolei wpływa na szybsze jego zużycie. Uszkodzenia mogą także powstać podczas transportu maszyny z zamontowanymi łożyskami. W przypadku łożysk wieńcowych podczas ich działania występuje cykliczne obciążenie bieźni przez przetaczające się elementy toczne. Powoduje to powstawanie typowych dla łożysk tocznych, kół zębatych i innych węzłów tocznych uszkodzeń, jak pitting materiału bieźni lub elementów tocznych polegający na odpajaniu płatów bieźni; fretting powstający w wyniku poślizgów (bez toczenia) na styku element toczny – bieźnia powodowanych zmianą obciążenia. W przypadku łożysk wieńcowych typowe defekty, jak pitting, nie wpływają przez długi okres na płynność i dokładność działania węzła łożyskowego. Problemy eksploatacyjne zaczynają się w chwili, gdy zużycie bieźni staje się tak duże, że powoduje gwałtowny wzrost momentu oporu ruchu łożyska [8, 9, 11]. W takim przypadku łożysko osiąga granicę trwałości użytkowej, która dla łożysk wieńcowych z bieźniami hartowanymi powinna wynosić co najmniej $L_u = 5 \times 10^6$ cykli [9]. W przypadku łożysk z bieźniami nieutwardzonymi trwałość użytkowa przy identycznych obciążeniach będzie ok. 2-krotnie większa i może wynosić nawet $L_u = (10 \div 12) 10^6$ cykli [9]. Wynika to z faktu umacniania (zawalcowywania) nieutwardzonych powierzchni bieźni na skutek zgniotu wywołanego przez przetaczające się elementy toczne. Zjawisko to w naturalny sposób zabezpiecza powierzchnię bieźni przed powstawaniem większych wykruszeń. Wynika z tego, że w przypadku łożysk wieńcowych, których bieźnie są hartowane powierzchniowo, trwałość użytkowa jest mniejsza i w przypadku wystąpieniu pierwszych oznak pittingu pojawia się konieczność

REKLAMA

Największy w Polsce producent grzałek elektrycznych



Backer OBR Sp. z o.o. | ul. Głowackiego 39 | 74-200 Pyrzyce | tel. +48 91 4819 900 | fax +48 91 4819 916 | www.backerobr.pl





Rys. 3.

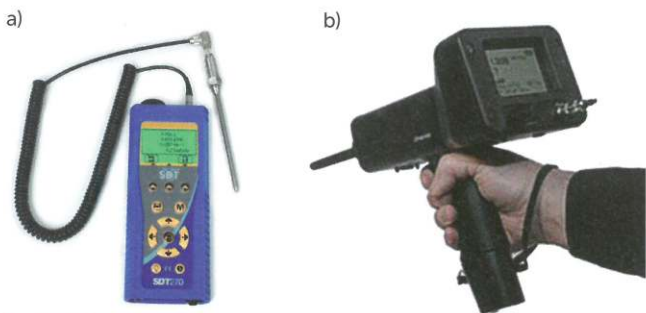
Przykład kontroli stopnia zużycia łożyska wieńcowego (Źródło: strona internetowa: <http://www.flsmidth.com/en-us/eHighlights/Archive/Minerals/2012/April/Think+service+and+inspection+for+plant+efficiency>)

wymiany łożyska, ponieważ na rozległych odcinkach bieżni bardzo szybko rozprzestrzeniają się duże wykruszenia warstwy zahartowanej (rys. 2.) [9].

Innym typem uszkodzenia występującym w łożyskach wieńcowych kulkowych jednorzędowych o rozmiarach małych i średnich (średnica toczna do 2500 mm) jest rozwalcowywanie krawędzi bieżni. Defekt ten stanowi efekt występowania dużych luzów łożyskowych, które powodują dodatkowy wzrost kąta działania, powodującego takie przemieszczenie kulki, że jej pole styku z bieżnią obejmuje krawędź pierścienia łożyska. Przykład takiego rozwalcowywania krawędzi bieżni pokazano na rys. 2. Problem rozwalcowywania krawędzi nie występuje w łożyskach kulkowych dwurzędowych, ze względu na inną geometrię bieżni współpracujących z elementami tocznymi [9].

EKSPLOATACJA ŁOŻYSK WIELKOGABARYTOWYCH

Łożyska wielkogabarytowe wymagają stosowania podstawowych zabiegów obsługowych głównie polegających na kontroli jakości smarowania, uszczelnień oraz kierunku i wartości działających obciążeń. W przypadku łożysk wieńcowych dodatkowo należy sprawdzać moment dokręcenia śrub montażowych, luz osiowy, stan uzębienia. Według zaleceń niektórych producentów łożysk pierwszą kontrolę momentu dokręcenia należy przeprowadzić najpóźniej po upływie 100 godzin pracy, a kolejne po każdych 500 godzinach pracy lub co 3 miesiące [7]. W maszynach, w których występują silne drgania, kontrole momentu dokręcenia śrub należy prowadzić w krótszych okresach. Ocenę zużycia układu tocznego prowadzi się poprzez okresowe pomiary odległości płaszczyzn pierścieni łożyska (rys. 3.) i odnośnienie ich do pomiaru bazowego wykonanego na początku eksploatacji nowego (albo wyremontowanego) węzła łożyskowego.



Rys. 4.

Przykładowe mierniki ultradźwiękowe pozwalające diagnozować ocenian m.in. stan techniczny wielkogabarytowych łożysk tocznych a) miernik SDT270 firmy SDT [14]; b) miernik Ultraprobe 10,000 firmy UE Systems [16]

Najważniejszą czynnością obsługową łożysk wielkogabarytowych, wpływającą na ich trwałość, jest prawidłowe smarowanie [5]. Smarowanie łożysk zmniejsza tarcie, uszczelnia i chroni przed korozją. Ponadto ze względu na nierównomierność obciążenia łożysk wieńcowych warstewka smaru znajdująca się między elementami tocznymi a bieżnią stanowi istotny czynnik wpływający na amortyzację uderzeń i tłumienie drgań oddziałujących na łożysko. Należy tu stwierdzić, że środek smarny spełnia swoje zadania w łożysku tylko wtedy, gdy w obszarze styku tarcowego znajduje się jego dostateczna ilość. Ze względu na małą prędkość obrotową łożysk wielkogabarytowych przestrzeń między pierścieniem ruchomym i stałym łożyska powinna być wypelniona całkowicie smarem, a rodzaj środka smarowego oraz częstotliwość dosmarowywania powinny być dobierane indywidualnie ze względu na warunki działania łożyska. W łożyskach wieńcowych smarowaniu podlegają bieżnie i zęby. Bieżnie smaruje się poprzez wprowadzenie smaru smarowniczkami do wnętrza łożyska tak długo, póki wokół obydwóch uszczelnień nie utworzy się warstwa świeżego smaru na całym obwodzie. Prawidłowe smarowanie powoduje wydalenie z wnętrza łożyska substancji niepożądanych, jak kurz, pył, woda. W trakcie zabiegu smarowania bieżni łożysko wieńcowe powinno być w sposób ciągły wolno obracane, celem równomiernego rozprzeczania smaru na całym obwodzie. Pierwsze smarowanie łożyska należy przeprowadzić bezpośrednio po zamontowaniu. Przykładowo bieżnie łożysk wieńcowych eksploatowane w trudnych warunkach otoczenia lub narażone na agresywne czynniki otoczenia (maszyny budowlane i górnicze, urządzenia stalownicze, dźwigi okrętowe itp.) powinny być smarowane po każdych 50 godzinach pracy [7, 12]. Jak pokazują badania i doświadczenia praktyczne, dobre smarowanie nie powinno być utożsamiane ze smarowaniem obfitym. Do realizacji czynności smarowniczych mogą być wykorzystane nowoczesne systemy automatycznego lub centralnego smarowania [5] lub smarownice zintegrowane z miernikami ultradźwiękowymi pozwalającymi na precyzyjne dawkowanie ilości środka smarnego [16].

OCENA STANU TECHNICZNEGO ŁOŻYSK WIELKOGABARYTOWYCH

Diagnozowanie stanu technicznego łożysk wielkogabarytowych nie jest praktyką powszechną. Wynika to z przeświadczenia, że ze względu na niskie prędkości obrotowe nie powinna wystąpić awaria katastrofalna w skutkach. Wydaje się, że w przypadku łożysk wielkogabarytowych awarię można przewidzieć na podstawie symptomów dostrzegalnych przez zmysły operatora maszyny lub personelu służb utrzymania ruchu. Jest to z reguły prawda, o ile personel ma ciągły dostęp do łożyska. Istnieją jednak takie maszyny (np. sitownie wiatrowe), gdzie metody organoleptyczne nie sprawdzają się zupełnie. W takich przypadkach konieczne jest stosowanie bardziej skutecznych metod monitorowania i diagnostyki stanu łożysk pozwalających na wykrycie uszkodzenia na tyle wcześniej, aby możliwe było podjęcie działań korygujących, mogących zapewnić bezawaryjną realizację produkcji do chwili planowanego remontu. Diagnostyka łożysk wielkogabarytowych może być prowadzona na podstawie ilościowej i jakościowej analizy sygnałów pozyskiwanych w wyniku pomiarów wielkości fizycznych w trakcie działania łożyska z zastosowaniem obiektywnych metod, do których można zaliczyć [13]:

- metody wibroakustyczne bazujące na sygnałach drgań, ultradźwiękach i emisji akustycznej,
- metody trybologiczne głównie bazujące na badaniach środków smarnych i wykrywające w nich produkty zużycia,
- metody termiczne wykorzystujące kontaktowe i bezkontaktowe pomiary temperatury, w tym obserwacje za pomocą kamer termograficznych,

