

PROBLEMY NIEKONWENCJONALNYCH UKŁADÓW ŁOŻYSKOWYCH

Łódź 09-10 maja 1995 roku

Jerzy Łunarski, Jarosław Sęp (*stypendysta*
Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej)
(*Politechnika Rzeszowska*)

UKŁADY ŁOŻYSKOWE Z CZOPEM Z POWIERZCHNIOWAM WARSTWAM DWUSKŁADNIKOWAZ

SŁOWA KLUCZOWE

powierzchniowa warstwa dwuskładnikowa, zużycie tribologiczne, czop łożyskowy, smarowanie, olej zanieczyszczony

STRESZCZENIE

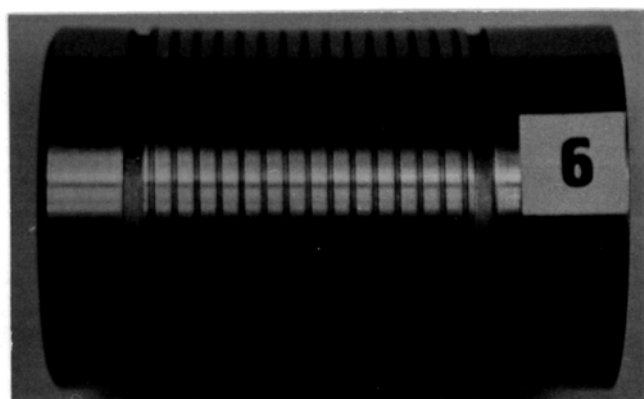
Przedstawiono wyniki badań zużycia tribologicznego modelowych łożysk ślizgowych z czopem z powierzchniową warstwą dwuskładnikową stal 34HNM-miedź przy smarowaniu olejem czystym oraz olejem zanieczyszczonym tlenkiem glinu. Poziom odniesienia stanowiło zużycie elementów łożyska z czopem ze stali 34HNM. Panwie łożyskowe wykonano ze stopu MB50. Przy smarowaniu olejem zanieczyszczonym zużycie czopa z powierzchniową warstwą dwuskładnikową było trzy razy mniejsze niż zużycie czopa ze stali 34HNM. Zużycie czopa modyfikowanego miedzią współpracującego z panwią ze stali 45 było natomiast dziesięć razy mniejsze niż zużycie czopa ze stali 34HNM współpracującego z panwią ze stopu MB50.

WPROWADZENIE

Zwiększenie niezawodności ruchowej układu łożyskowego w całym wymaganym okresie trwałości można osiągnąć dwiema drogami: przez doskonalenie tworzywa lub przez zabiegi konstrukcyjne. Druga droga doprowadziła do powstania łożysk ślizgowych charakteryzujących się nietypową budową warstwy ślizgowej. Ogólna ich idea polega na wykorzystaniu interakcyjnego działania korzystnych właściwości różnych materiałów przy usytuowaniu ich bezpośrednio na powierzchni ślizgowej, a nie w kierunku prostopadłym do niej, jak w łożysku konwencjonalnym. Jednym z takich rozwiązań jest łożysko firmy MIBA o handlowej nazwie "Rillenlager" [1]. W łożysku tym w podłożu nośnym panwi, które stanowi warstwa twardego stopu łożyskowego (45-55 HV) wykonane są drobne rowkowe zagłębienia (mają kierunek obwodowy, tworzą zamknięte pierścienie lub linię śrubową) wypełnione miękkim materiałem łożyskowym (ok. 12 H~. Innym rozwiązaniem tego typu jest łożysko opracowane w ZUT "ZGODA" w Świętochłowicach [2]. W łożysku tym warstwa ślizgowa panwi umieszczona na stalowej taśmie utworzona jest z

conajmniej dwóch materiałów występujących przemiennie na powierzchni ślizgowej. Kolejnym rozwiązaniem tego typu jest łożysko firmy Zollern Stahl und Metall GmbH+Co. Powierzchnia ślizgowa tego łożyska składa się z warstwy nośnej wykonanej ze srebra z wgłębieniami wypełnionymi białym metalem [3]. Prowadzone badania wskazują, że wszystkie trzy opisane powyżej rozwiązania konstrukcyjne zmniejszają zużycie elementów łożyska w przypadku zanieczyszczenia smaru twardymi cząstkami i w takim przypadku mają przewagę na rozwiązaniem klasycznym [3, 4, 5, 6]. Jednakże charakteryzują się również bardziej kosztowną i skomplikowaną technologią niż w przypadku konwencjonalnego łożyska wielowarstwowego.

Opracowana w Zakładzie Technologii Maszyn i Organizacji Produkcji Politechniki Rzeszowskiej technologia wytwarzania powierzchniowych warstw dwuskładnikowych umożliwia wykonanie na przedmiocie obrabianym warstwy powierzchniowej składającej się z materiału podstawowego i pasmowo ułożonego w nim materiału modyfikującego [7]. Przy wykorzystaniu tej metody można zatem również konstituować powierzchnie ślizgowe składające się z ułożonych obok siebie różnych materiałów, posiadające właściwości jakich nie ma żaden z materiałów osobno. Odpowiednio dobrany materiał modyfikujący powinien zapewnić warstwie powierzchniowej zwiększoną odporność na zużycie tribologiczne w stosunku do materiału podstawowego. Proces konstituowania powierzchniowej warstwy dwuskładnikowej przedstawiono między innymi w pracach [7, 8], a na rys.1 przedstawiono fotografię czopa ze stali 34HNM z materiałem modyfikującym w postaci drutu miedzianego (czopy wykorzystano w badaniach modelowych łożysk ślizgowych).



Rys. 1. Czop łożyskowy z powierzchniową warstwą dwuskładnikową stal 34HNM-miedź

Zaletą opisywanej technologii jest także prostota i mały koszt realizacji. Proces konstituowania powierzchniowych warstw dwuskładnikowych jest realizowany na obrabiarkach uniwersalnych z wykorzystaniem tradycyjnych narzędzi do obróbki skrawaniem i nagniatania.

Dla oceny możliwości zmniejszania zużycia tribologicznego par ślizgowych przy wykorzystaniu opisywanej metody technologicznej przeprowadzono badania doświadczalne modelowych łożysk ślizgowych z czopem z powierzchniową warstwą dwuskładnikową.

METODYKA BADAŃ

Celem badań było wyznaczenie metodą doświadczalną odporności zużyciowej łożyska ślizgowego z czopem z powierzchniową warstwą dwuskładnikową i porównanie jej z odpowiednią charakterystyką zużyciową łożyska z klasycznym czopem stalowym. Czop z powierzchniową warstwą dwuskładnikową wykonany był ze stali 34HNM ulepszonej do twardości 34HRC, materiałem modyfikującym była miedź. Jako poziom odniesienia przyjęto charakterystykę zużyciową łożyska z klasycznym czopem ze stali 34HNM ulepszonej

do twardości 34HRC. Badane czopy współpracowały z panwiami bimetalowymi z materiału MB50. Czopy z powierzchniową warstwą dwuskładnikową badano dodatkowo również w zestawieniu z tuleją ze stali 45. Badania obejmowały standardowy test zużyciowy przy smarowaniu łożysk olejem czystym oraz test przy smarowaniu olejem zanieczyszczonym twardym proszkiem tlenku glinu. Dla każdej kombinacji materiałów i warunków tarcia przebadano po trzy łożyska.

Badania przeprowadzono w Politechnice Gdańskiej na stanowisku badawczym ZAN [9]. Wskaźnik oceny badanego wariantu łożyska stanowiła wartość objętościowego zużycia panwi i czopa obliczona na podstawie pomiarów wagowych (panew ze stopu MB50) oraz profilogramów (czop oraz tuleja ze stali 45).

Przyjęto następujące parametry testu badawczego:

- prędkość ślizgania czopa $v = 1,65$ m/s (prędkość obrotowa czopa $n = 600$ obr/min), -
- naciski nominalne na powierzchni dolnej półpanwi $p = 1,57$ MPa,
- naciski nominalne na powierzchni górnej półpanwi (podczas ociążenia półpanwi dolnej) $p = 0,80$ MPa,
- cykl obciążenia dolnej części łożyska $t = 180$ s, -
- cykl obciążenia górnej części łożyska $t = 20$ s,
- całkowity czas trwania testu 20 h, podzielony na etapy 5, 10 i 20 h co odpowiada liczbie obrotów czopa odpowiednio 180000, 360000 i 720000,
- czynnik smarujący: olej Marinol CD SAE 40,
- zanieczyszczenia: proszek A1203 o średniej średnicy ziaren 21 mm, -
- stężenie zanieczyszczeń w oleju: 0,5 g/l.

Na każdym z etapów testów wyznaczano procentową zmianę zużycia czopa DZC w odniesieniu do zużycia klasycznego czopa ze stali 34HNM oraz procentową zmianę zużycia panwi DZP w odniesieniu do zużycia panwi współpracującej z czopem klasycznym. Przeprowadzono także analizę wariancji wartości zużycia poszczególnych elementów badanych łożysk przy założeniu poziomu istotności testu F-Snedecora równego $\alpha = 0,05$. Wartości DZC i DZP umieszczono w tabelach tylko w przypadku, gdy różnice pomiędzy badanymi wielkościami były statystycznie istotne.

WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Wyniki badań przedstawiono w tabelach 1 i 2. Analiza wyników badań zawartych w tabeli 1 wskazuje, że w przypadku smarowania olejem czystym zastosowanie czopa z powierzchniową warstwą dwuskładnikową nie poprawia odporności elementów łożyska na zużycie. Jest to spowodowane najprawdopodobniej gorszymi niż w przypadku czopa klasycznego warunkami do tworzenia filmu smarnego rozdzielającego współpracujące powierzchnie.

Wyniki zawarte w tabeli 2 wskazują, że w przypadku smarowania olejem zanieczyszczonym zastosowanie czopa z powierzchniową warstwą dwuskładnikową w skojarzeniu z panwią z materiału łożyskowego w istotny sposób zmniejsza zużycie czopa łożyskowego. Zużycie czopa z powierzchniową warstwą dwuskładnikową stal 34HNM-miedź było 0 64,4 do 73,4% mniejsze niż zużycie czopa ze stali 34HNM. Nie stwierdzono natomiast w tym przypadku istotnych zmian co do obrazu zużycia panwi łożyskowej.

Interesujące wyniki otrzymano również w przypadku skojarzenia czopa z powierzchniową warstwą dwuskładnikową z panwią ze stali 45 przy smarowaniu olejem zanieczyszczonym. Stwierdzono wówczas zmniejszenie zużycia czopa o 89,7 do 91,0% w odniesieniu do czopa ze stali 34HNM. Skojarzenie stal-stal nie jest skojarzeniem, które należałoby stosować w łożyskach ślizgowych. Wynik ten wskazuje, że w przypadku silnego zanieczyszczenia smaru wydatne zmniejszenia zużycia można uzyskać kojarząc czop z powierzchniową warstwą dwuskładnikową oraz twardy materiał łożyskowy.

Tablica 1. Wyniki badań zużycia tribologicznego pyry smarowaniu olejem czystym

Czas testu	Material czopa	Zużycie czopa mm ³			Material panwi	Zużycie panwi mm ³		
		średnia	błąd standardowy	DZC [%]		średnia	błąd standardowy	DZP
5h	stal	6,73	0,3	-		4,07	0,7	-
10h	34HNM	11,03	0,1	-	MB50	7,29	0,6	-
20h		17,12	0,5	-		16,28	1,3	-
5h	stal	12,91	4,4	-		10,15	0,1	149,4
10h	34HNM-	19,87	6,9	-	MB50	24,18	1,5	231,7
20h	miedź	32,90	9,6	-		40,00	3,7	145,7

Tablica 2. Wyniki badań zużycia tribologicznego przy smarowaniu olejem zanieczyszczonym

Czas testu	Material czopa	Zużycie czopa mm ³			Material panwi	Zużycie panwi mm ³		
		średnia	błąd standardowy	DZC [%]		średnia	błąd standardowy	DZP [%]
5h	stal	328,43	24,4	-		53,39	1,02	-
10h	34HNM	407,77	22,4	-	MB50	93,07	2,37	-
20h		660,63	32,8	-		189,48	6,69	-
5h	stal	93,44	32,8	-71,5		61,96	6,5	-
10h	34HNM-	145,0	49,7	-64,4	MB50	99,74	9,2	-
20h	miedź	175,86	59,6	-73,4		148,90	16,39	-
5h	stal	33,81	3,9	-89,7		10,44	3,3	-83,2
10h	34HNM-	40,02	4,6	-90,2	sta145	-*	-	-
20h	miedź	59,74	11,2	-91,0		-*	-	-

* - nastąpiło całkowite zużycie sztucznej bary uniemożliwiający wyznaczenie zużycia metodą profilografometrii

Znaczne obniżenie zużycia w przypadku smarowania czynnikiem zanieczyszczonym w wyniku zastosowania czopa z powierzchniową warstwą jest najprawdopodobniej skutkiem efektywnego usuwania zanieczyszczeń oraz produktów zużycia ze strefy styku tarcowego. Dane literaturowe [10] wskazują, że usuwanie produktów zużycia ze strefy styku tarcowego może wydatnie zmniejszyć intensywność zużycia.

W przypadku rozważanego czopa na usuwanie zanieczyszczeń i produktów zużycia ze strefy styku tarcowego wpływ mają: utworzenie powierzchni ślizgowej z ułożonych obok siebie materiałów o różnych właściwościach, śrubowa linia rowka w którym ułożony jest materiał modyfikujący oraz wgłębienia w strefie styku materiału modyfikującego z podstawowym. Podczas pracy pod wpływem ciśnienia i ciepła generowanego w filmie olejowym według pracy [6] powierzchnia składająca się z ułożonych obok siebie materiałów o różnych właściwościach staje się falista. Daje to w efekcie korzystny rozkład ciśnienia oleju. Piki ciśnienia występujące na grzbietach fal powodują spychanie zanieczyszczeń i produktów zużycia w stronę dolin powierzchni falistej. Śrubowa linia rowka podczas

ruchu obrotowego czopa będzie intensyfikowała przepływ środka smarowego wzdłuż łożyska zwiększając wypłukiwanie zanieczyszczeń. Ponadto, część produktów zużycia i zanieczyszczeń będzie się lokowała się we wgłębieniach (zostało to potwierdzone badaniami na mikrosondzie). Znajdująca się w rowku miękka miedź będzie ułatwiała ich kotwiczenie i w ten sposób będą one usuwane ze strefy styku tarcowego.

WNIOSKI

1. Przy smarowaniu olejem zanieczyszczonym ziarnami A1203 zużycie czopów z powierzchniową warstwą dwuskładnikową stal 34HNM-miedź było średnio trzykrotnie mniejsze niż zużycie czopów ze stali 34HNM.
2. Czop z powierzchniową warstwą dwuskładnikową stal 34HNM-miedź przy smarowaniu olejem czystym nie poprawia odporności elementów łożyska na zużycie.
3. Zastosowanie czopa z powierzchniową warstwą dwuskładnikową może mieć wymierne korzyści w warunkach silnego zanieczyszczenia smaru twardymi cząstkami (np. proszkami metali lub pyłem kwarcowym).

BEARING SYSTEMS WITH TWO COMPONENT SURFACE LAYER ON THE BEARING JOURNAL.

SUMMARY

The paper presents results of the tests concerning tribological wear in model slide bearing, having journal with two-component surface layer, 34HNM steel-copper, lubricated both with clean oil and with oil contaminated by alumina. Wear of the bearing provided with plain journal, made from 34HNM steel has been accepted as reference level. Bearing sleeves have been made from MB50 alloy. In the case of lubrication with contaminated oil, wear in bearing journal with two-component surface layer was three times lower than wear of the plain journal made from 34HNM steel. Wear of the bearing journal which surface layer has been modified with copper, in mating with the sleeve made from 45 steel was ten times lower than wear of the journal made from 34HNM steel in mating with sleeve made from MBSO alloy.

LITERATURA

1. Ehrentant U.: Hochbelastetes Gleitlager. Osterreichisches Patent 369145. Europ. Patent Anmeldung EU-A-0057808.
2. Malicki M. i in.: Łożysko ślizgowe wielowarstwowe. Patent PRL nr 141002.
3. Kozłowiecki H.: Łożyska tłokowych silników spalinowych. WKiŁ, Warszawa 1982. 4. Ederer U.: Neue Lagerbauarten fur gestelgerte Anforderungen. MIBA 1983.
5. Sikora J.: Analiza i wstępna ocena łożysk ślizgowych o "rowkowej" i "pasmowej" budowie warstwy ślizgowej. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn z. 2(78), 1989.

6. Sikora J.: Badanie wpływu konstrukcji warstwy ślizgowej łożyska na zużycie w warunkach smarowania olejem zanieczyszczonym. W.: Materiały XVII Szkoły Tribologicznej. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 82, Mechanika z.28, Rzeszów 1991.
7. Sęp J., Zielecki W.: Modyfikowanie właściwości warstwy wierzchniej i zużycia tribologicznego metodą wytwarzania powierzchniowych warstw kompozytowych. W.: Materiały XVII Szkoły Tribologicznej. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej nr 82, Mechanika z.28, Rzeszów 1991.
8. Sęp J.: Właściwości tribologiczne elementów ślizgowych z powierzchniową warstwą dwuskładnikową. Rozprawa doktorska, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 1995.
9. Neyman A., Olszewski O., Sikora J.: Stanowiska do badań łożysk ślizgowych poprzecznych czynnikiem zawierającym zanieczyszczenia. Zagadnienia Eksploatacji Maszyn z. 1(33), 1978.
10. Zinoviev E., Cicinadze A.W.: Fizyko-chemiceskaja mechanika trienia i ocenka azbofrikcionnych materiallov. Izd. Nauka, Moskwa 1978.

Recenzja: prof. dr hab. inż. Jan Burcan