

Krzysztof FILIPOWICZ, Aleksander KOWAL
Politechnika Śląska, Gliwice

STANOWISKO BADAWCZE DO PORÓWNYWANIA OPORÓW RUCHU W ŁOŻYSKACH SKOŚNYCH I WZDŁUŻNYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono proste stanowisko do badania oporu ruchu łożysk skośnych i wzdłużnych. Stanowisko to pozwala na porównywanie oporu ruchu łożysk po zastosowaniu różnych środków smarowych, różnych prędkości obrotowych oraz różnego obciążenia. Na stanowisku badawczym można prowadzić próby trwałościowe. W opracowaniu pokazano również wstępne wyniki badań momentu tarcia w łożysku stożkowym przy jego pracy na sucho i po zastosowaniu trzech środków smarowych.

THE RESEARCH POST FOR COMPARING MOVEMENT RESISTANCES IN THE OBLIQUE AND THRUST BEARINGS

Summary. In the paper a simple research post for researching the resistance of oblique and thrust bearings movements has been shown. The post allows for comparison of bearing movements resistance after application of various lubricating agents, turning speeds and loads. On the post one can make durability rehearsals. In the paper the initial effects of friction moment in the cone bearing while working dry and after three various lubricating agents' application have been shown as well.

1. Wstęp

Łożyska toczne są powszechnie stosowanymi elementami maszyn i urządzeń. Ich trwałość, w zależności od obciążenia, dobiera się wg katalogów producentów. W katalogach tych nie podaje się informacji dotyczących liczby elementów tocznych i postaci geometrycznej bieżni, a te czynniki oraz rodzaj zastosowanego smarowania mają istotny wpływ na opory ruchu łożyska.

W polskich głębinowych kopalniach węgla kamiennego użytkuje się w krążnikach

przenośników taśmowych ok. 2 mln łożysk tocznych. Wobec powyższego koniecznym staje się przeprowadzenie oceny oporów ruchu stosowanych łożysk tocznych przy określonym ich smarowaniu. Zmniejszenie oporów ruchu, przez zastosowanie odpowiedniego smarowania pozwoli na zmniejszenie zużycia energii potrzebnej do pracy przenośników taśmowych [1, 2, 3, 4].

W Instytucie Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej zbudowano stanowisko do badania oporów ruchu łożyska skośnego i wzdłużnego [7, 8].

Prowadzone badania stanowiskowe pozwalają na pomiar i rejestrację momentu tarcia przy założonej prędkości obrotowej łożyska, założonym obciążeniu osiowym oraz przy zastosowaniu określonego środka smarowego.

Porównanie momentów tarcia w łożysku, przy zastosowaniu różnych środków smarowych [3] oraz założonej prędkości obrotowej i obciążeniu (ciągłe lub chwilowe), pozwoli na dobór optymalnego sposobu smarowania łożyska.

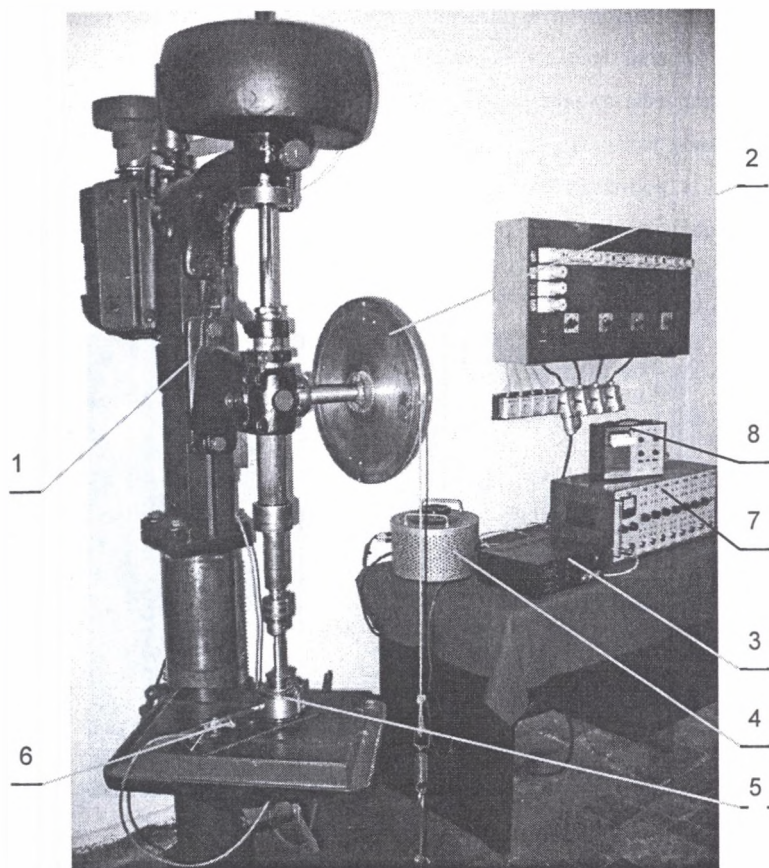
W opracowaniu przedstawiono budowę stanowiska badawczego oraz przykładowe wstępne wyniki pomiarów.

2. Stanowisko badawcze

Ogólny widok stanowiska do badania oporów ruchu w łożyskach skośnych obciążonych siłą wzdłużną, przedstawia rysunek 1.

Zaprojektowane stanowisko badawcze składa się z następujących elementów [7, 8]:

Wiertarki słupowej (1), której zadaniem jest wywołanie ruchu obrotowego oraz wprowadzenie obciążenia osiowego do badanego łożyska tocznego. Do wywołania odpowiedniej wartości obciążenia służy układ obciążający (2), składający się z masy zawieszonyj na cięgnie, zamocowanej na ramieniu przesuwu wrzeciona wiertarki (układ blokowy – krążek). Średnica zamocowanego na ramieniu posuwu krążka została tak dobrana, aby przełożenie blok-zębatka wrzeciona wynosiło 10 : 1, czyli rzeczywiste obciążenie badanego łożyska jest dziesięciokrotnie większe niż zadany ciężar na szalce przymocowanej do cięgna. Napęd wiertarki, to silnik prądu stałego sterowany poprzez zespół automatyki (3). Do płynnej regulacji prędkości obrotowej wrzeciona wiertarki służy zespół tyrystorowy (4).



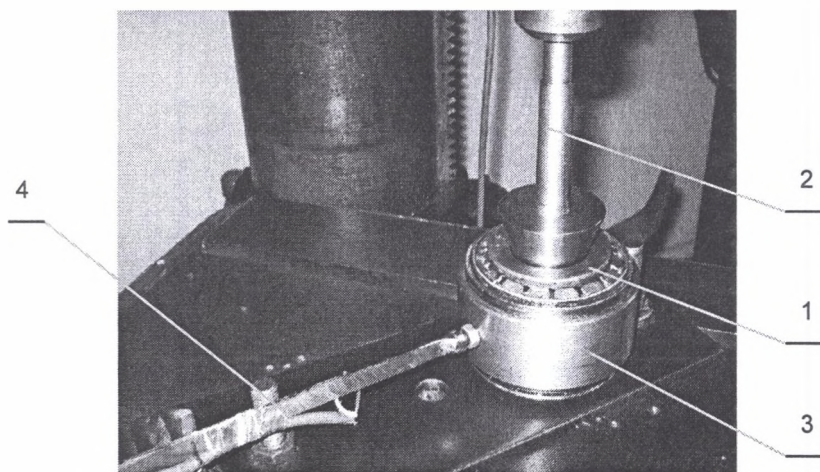
Rys. 1. Widok ogólny stanowiska badawczego, gdzie: 1 – wiertarka słupowa, 2 – układ obciążający łożysko, 3 – zespół automatyki sterowania napędem wiertarki, 4 – zespół sterowania prędkością obrotową wrzeciona wiertarki, 5 – badany układ łożysk tocznych, 6 – zespół tensometrów pomiarowych, 7 – mostek tensometryczny, 8 – rejestrator

Fig. 1. The overall view on a research post, where: 1 – pillar drill, 2 – bearing loading set, 3 – drill transmission system automatic set, 4 – drill turning speed controll of the spindle, 5 – researched rolling bearings set, 6 – research measure tensometer set, 7 – tensometric bridging, 8 – registrator

Głowicy pomiarowej, składającej się z badanego układu łożysk tocznych (5) oraz zespołu oporowych tensometrów pomiarowych, służącego do pomiaru przebiegu momentu tarcia M_T (6). Tensometry te zostały naklejone na ramieniu pomiarowym tulei, w której umieszczone jest badane łożysko. Widok głowicy badawczej przedstawia rysunek 2. Natomiast na rysunku 3 pokazano schemat głowicy badawczej przy badaniu łożyska tocznego stożkowego.

Przedstawiona na rysunku 3 głowica badawcza zbudowana jest z podstawy (1) bezpośrednio przymocowanej do stołu wiertarki. Badane łożysko toczne stożkowe (2) umieszczone jest w specjalnie wykonanej tulei (3), do której jest przymocowane ramię

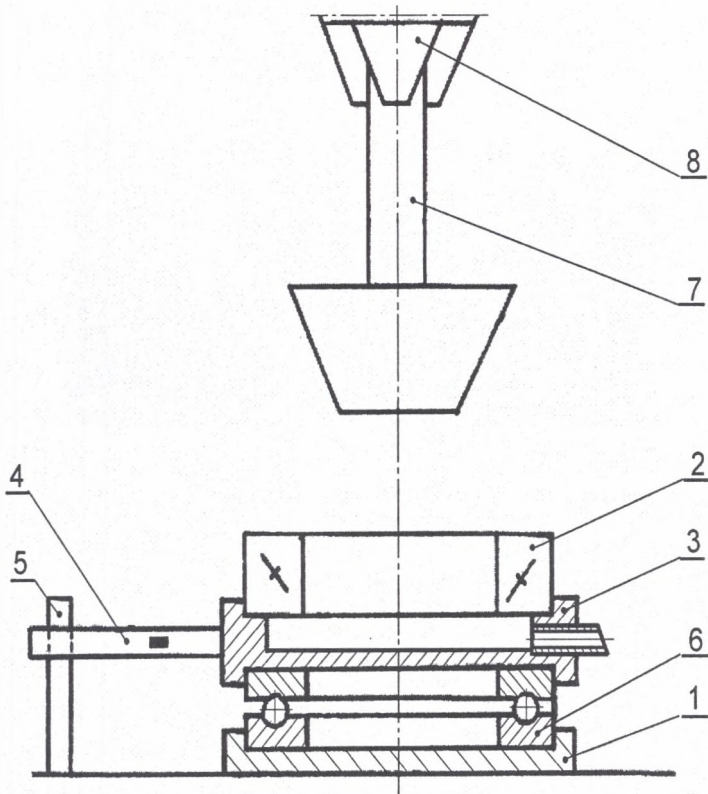
pomiarowe (4) z naklejonymi tensometrami oporowymi, służącymi do pomiaru momentu obrotowego – momentu tarcia M_T . Tuleja jest zamknięta od spodu, a wykonane w niej otwory pozwalają na usunięcia ewentualnego nadmiaru środka smarowego. Ramię pomiarowe jest wsparte o blokadę ramienia (5). Całość spoczywa na łożysku kulkowym wzdłużnym (6) posadowionym w podstawie głowicy. Przeniesienie napędu z wiertarki na łożysko oraz wywołanie zadanego obciążenia, odbywa się za pośrednictwem wałka zakończonego stożkiem ściętym (7) umocowanego w uchwycie wiertarki (8).



Rys. 2. Widok ogólny głowicy badawczej stanowiska, gdzie: 1 – badane łożysko stożkowe, 2 – wrzeciono z końcówką stożkową do obciążania łożysk, 3 – tuleja z ramieniem pomiarowym, 4 – czujniki oporowe tensometryczne

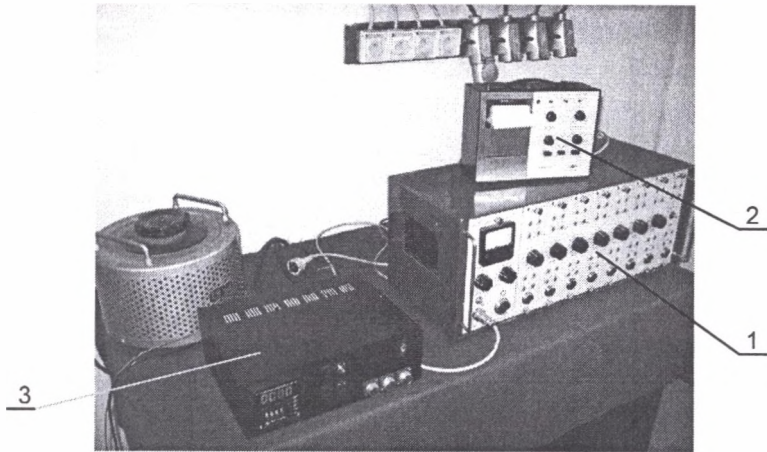
Fig. 2. Overall view of a research head, where: 1 – researched cone bearing, 2 – spindle with a cone ending for loading the bearings, 3 – sleeve with the measure arm, 4 – tensometric resistance sensor

Aparatury pomiarowo-rejestrującej, którą stanowił mostek tensometryczny typu AT 970 oraz rejestrator Brüel & Kjær typ 2317. Zastosowany mostek tensometryczny pozwala na uzyskanie sygnału wyjściowego o napięciu proporcjonalnym do przebiegu momentu obrotowego. Natomiast użyty rejestrator pozwala na graficzny zapis momentu poprzez przetworzenie sygnału uzyskiwanego z mostka tensometrycznego. Dodatkowo, przy pomiarach wykorzystywano także tachometr Elbro DT 2236 do kontroli prędkości obrotowej wrzeciona wiertarki. Na rysunku 4 przedstawiono zastosowaną aparaturę pomiarowo-rejestrującą.



Rys. 3. Schemat głowicy badawczej, gdzie: 1 – podstawa głowicy, 2 – badane łożysko stożkowe, 3 – tuleja, 4 – ramię pomiarowe z naklejonymi tensometrami pomiarowymi, 5 – blokada ramienia pomiarowego, 6 – łożysko kulkowe wzdłużne, 7 – wałek napędzająco-obciążający zakończony stożkiem ściętym, 8 – uchwyt wiertarki

Fig. 3. Scheme of research head, where: 1 – head base, 2 – researched cone bearing, 3 – sleeve, 4 – measure arm with sticked measure tensometers, 5 – arm block, 6 – thrust ball bearing, 7 – driving-loading shaft ended with a cut cone, 8 – drill handle



Rys. 4. Widok ogólny aparatury pomiarowo - rejestrującej, gdzie: 1 – mostek tensometryczny, 2 – rejestrator, 3 – zespół automatyki sterowania napędem wiertarki
 Fig. 4. Overall view of measuring-registering apparatus, where: 1 – tensometric bridging, 2 – registrator, 3 – automatic drill drive steering set

3. Badania wstępne momentu tarcia łożysk

3.1. Przedmiot i procedura prowadzonych badań

Na podstawie schematu przedstawiającego budowę głowicy badawczej (rys. 3) można wysunąć wniosek, że mierzony podczas prób moment tarcia M_T jest momentem sumarycznym, pochodzącym od oporów ruchu łożysk (2) i (6). Przy określonym obciążeniu, łożysko (6) wykazuje określoną stałą wartość momentu obrotowego M_6 . W celu wyznaczenia wpływu środka smarowego na moment tarcia łożyska badanego M_2 założyć można, że jest on zmienny i przy stałym obciążeniu osiowym jego wartość zmienia się w zależności od zastosowanego środka smarowego tzn. $M_2 = f(\text{środku smarowego})$.

Mierzony całkowity moment tarcia M_T jest sumą momentu M_2 (zmiennego) i M_6 (stałego przy określonym obciążeniu, ponieważ jest smarowane zawsze tym samym środkiem smarowym).

$$M_T = M_2 + M_6 \quad (1)$$

W związku z tym, bezpośredni pomiar momentu tarcia nie wnosi dokładnych informacji o wpływie zastosowanego środka smarowego przy określonej prędkości obrotowej i obciążeniu w głównej osi symetrii łożyska skośnego, na jego opory ruchu.

W celu określenia wpływu rodzaju środka smarowego na opory ruchu w łożysku

skośnym należałoby, dla określonego obciążenia i różnych środków smarowych przyjąć, że istotną informacją mogą być bądź różnice zmierzonych momentów tarcia przy różnym smarowaniu, bądź też wartość ich ilorazów, i w takim przypadku możliwe jest względne oszacowanie, np. w procentach, wpływu „doboru” środka smarowego na opory ruchu łożyska skośnego obciążonego siłą osiową, przy założonej prędkości obrotowej.

W niniejszym opracowaniu mierzono i rejestrowano całkowity moment tarcia, traktując te pomiary jako wstępne, służące jedynie do sprawdzenia przydatności skonstruowanego stanowiska badawczego.

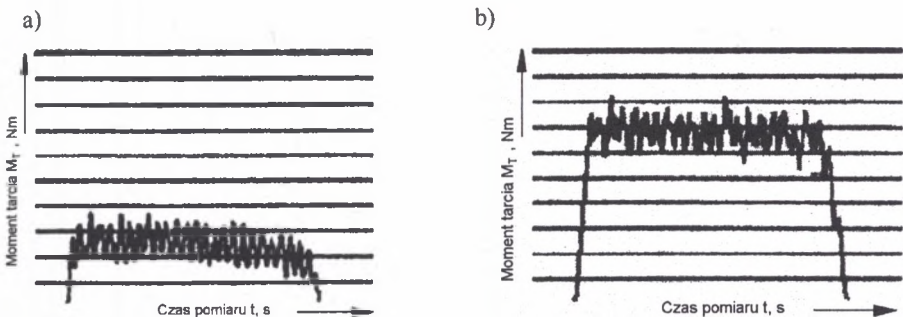
Przedmiotem badań było łożysko stożkowe o symbolu 32307 o 18 elementach tocznych [5, 6].

Próby wykonywane były w trzech różnych mediach smarowych i jednej próbie przy pracy łożyska na sucho. Po zmianie środka smarowego, łożysko było każdorazowo dokładnie czyszczone za pomocą płuczki ultradźwiękowej w benzynie ekstrakcyjnej i suszone.

Podczas badań zmieniano wartości obciążenia łożyska. Dla każdego rodzaju zastosowanego środka smarowego przewidziano po sześć prób z różną wartością obciążenia, umieszczanego na szalce obciążającej. Prędkość obrotową łożyska założono jako stałą dla całego cyklu badań i wynosiła ona 225 min^{-1} . Podczas próby mierzono i rejestrowano wartość momentu obrotowego M_T . Czas jednego pomiaru wynosił ok. 10 s.

3.2. Wyniki przeprowadzonych badań wstępnych

Przykładowe zarejestrowane przebiegi momentu tarcia M_T w łożyskach pokazano na rysunku 5.



Rys. 5. Przykłady zarejestrowanych przebiegów momentu tarcia M_T w łożyskach, gdzie: a – przy obciążeniu 430 N, b – przy obciążeniu 930 N

Fig. 5. Sample usage of registered friction moments in bearings where: a – with load 430N, b – with load 930N

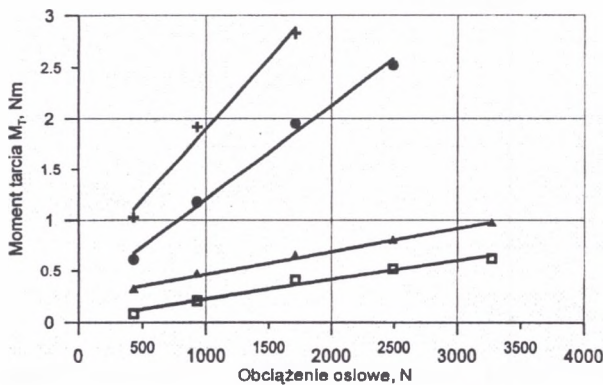
W tabelicy 1 przedstawiono uzyskane wyniki pomiarów momentu tarcia M_T w łożyskach dla różnych środków smarowych.

Na rysunku 6 przedstawiono, w postaci graficznej, otrzymane wyniki z pomiarów momentu tarcia w układzie łożysk pokazanym na rysunku 3.

Tabela 1

Wyniki pomiarów momentu tarcia M_T w łożyskach

Lp.	Rodzaj środka smarowego	Obciążenie łożyska, N	Moment tarcia M_T Nm
1.	Łożysko bez smarowania – praca na sucho	430	1,030
		930	1,912
		1710	2,831
		2490	zacieranie się łożyska
2.	Łożysko smarowane wodą	430	0,612
		930	1,173
		1710	1,946
		2490	2,519
3.	Łożysko smarowane natryskowo olejem przekładniowym HIPOL 15F	430	0,306
		930	0,459
		1710	0,646
		2490	0,793
		3270	0,966
4.	Łożysko posmarowane jednorazowo smarem ŁT4S3	430	0,085
		930	0,204
		1710	0,408
		2490	0,517
		3270	0,621



Rys. 6. Graficzna ilustracja otrzymanych wyników pomiarów momentu tarcia łożysk, gdzie: + – praca na sucho, ● – smarowane wodą, ▲ – smarowane olejem HIPOL 15F, □ – smarowane smarem ŁT4S3

Fig. 6. Graphic illustration of the measurement effects of bearing friction moment, where: + – dry work, ● – water lubrication, ▲ – HIPOL 15F oil lubrication, □ – LT4S3 smear lubrication

4. Podsumowanie

Przeprowadzone wstępne pomiary momentu tarcia w układzie: łożysko skośne (stożkowe), przy jego prędkości obrotowej 225 min^{-1} i łożysko wzdłużne (oporowe), bez jego znaczącego ruchu obrotowego pozwala stwierdzić, że proponowane stanowisko do badania momentu tarcia, o tak prostej budowie, może być przydatne do doboru odpowiedniego środka smarowego dla określonej konstrukcji i zadania węzła łożyskowego, a także na określenie wpływu tego środka na opory ruchu.

Stanowisko badawcze pozwala na płynną regulację prędkości obrotowej łożyska skośnego oraz obciążenia wzdłużnego, co pozwala na duże możliwości modelowania pracy łożysk.

Prostota konstrukcji i bezpośredni dostęp do badanych łożysk, pozwala dodatkowo pozyskiwać inne parametry wyjściowe z badań, np. mierzyć temperaturę w czasie pracy za pomocą pirometru uzyskując dodatkowe, cenne informacje z prowadzonych badań.

LITERATURA

1. Antoniak J.: Zabiegi techniczne zmniejszające energochłonność odstawy urobku przenośnikami taśmowymi w kopalniach węgla kamiennego. Efektywne i bezpieczne systemy transportowe z zakładach górniczych. T.1, KOMTECH, Szczyrk 2001.
2. Beitz W., Kütner K. H.: Taschenbuch für den Maschinenbau. Dubbel, 16 Auflage, Springer-Verlag, Berlin, New York, London, Paris, Tokyo 1987.
3. Kowal A.: Badania oporu ruchu tocznego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, z. 246, Gliwice 2000.
4. Koczy A.: Badania własności statycznych i dynamicznych krążników do przenośników taśmowych. Praca dyplomowa inżynierska. Politechnika Śląska, Instytut Mechanizacji Górnictwa, Gliwice 2000.
5. FAG Łożyska toczne. Katalog WL 41 520/2 PLA.
6. Poradnik FAG. Publikacja Nr WL 81115 – Smarowanie łożysk tocznych.
7. Teodorowicz M.: Stanowisko do badania momentu tarcia łożysk tocznych. Praca dyplomowa inżynierska. Politechnika Śląska, Instytut Mechanizacji Górnictwa, Gliwice 2005.
8. Filipowicz K.: Zintegrowana metoda wyznaczania odporności na zużycie ściernie i pękanie materiałów stosowanych na ostrza narzędzi górniczych do małośrednicowego wiercenia obrotowego bez przepłuczki. Praca doktorska, Gliwice 1998.