

# Ćwiczenie 4

## WYZNACZANIE WARTOŚCI OBLICZENIOWEGO WSPÓŁCZYNNIKA TARCIA W ŁOŻYSKACH TOCZNYCH

### 4.1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie zależności obliczeniowego współczynnika tarcia jako funkcji obciążenia i prędkości obrotowej.

### 4.2. KRÓTKIE OMÓWIENIE ZAGADNIENÍ ZWIĄZANYCH Z TEMATEM ĆWICZENIA

Łożyska toczne znalazły powszechne zastosowanie w budowie maszyn ze względu na szereg zalet. Do głównych spośród nich można zaliczyć: prostą budowę, wysoką trwałość i niezawodność, łatwość montażu, bezobsługową eksploatację, prosty algorytm doboru łożysk dla danych warunków pracy. Łożyska toczne zostały zunifikowane i znormalizowane, co zapewnia pełną ich zamiennność niezależnie od wytwórni.

Uzyskanie w czasie eksploatacji trwałości zgodnej z obliczeniową wymaga prawidłowej zabudowy łożysk w maszynie. Należy przestrzegać podstawowych zasad konstrukcji, tzn. zapewnić właściwy dla danego typu łożyska sposób osadzenia, odpowiednie pasowania bieżni łożyska z czopem i oprawą, prawidłowe wartości luzów, odpowiednią sztywność łożyskowania.

Istotny wpływ na trwałość łożyska ma sposób jego smarowania oraz temperatura pracy. Należy również pamiętać o konieczności zapewnienia możliwości prawidłowego montażu i demontażu łożysk.

Sposób łożyskowania ma duży wpływ na wartość momentu oporowego łożyska, a tym samym i na wartość obliczeniowego współczynnika tarcia. Dlatego też, podając wartość współczynnika tarcia, należy dołączyć omówienie warunków, w jakich został on określony.

Moment oporowy łożyska tocznego powstaje wskutek występowania podczas pracy:

- tarcia przy toczeniu,
- tarcia poślizgowego elementów tocznych wskutek ich odkształceń sprężystych,

- tarcia poślizgowego elementów toczyńnych o koszyk, bieżnie pomocnicze i obrzeża,
- tarcia w uszczelnieniach,
- oporów wyporu smaru,
- oporów wentylacji.

Moment ten zależy więc od rodzaju i wielkości łożyska, obciążenia (zarówno co do wielkości, jak i kierunku), prędkości, konstrukcji łożyskowania, rodzaju oraz ilości smaru, temperatury.

Celem badań jest określenie zależności momentu oporowego i obliczeniowego współczynnika tarcia od obciążenia i prędkości obrotowej.

Badane łożyska powinny być skąpo smarowane. Są one obciążane siłami promieniowymi i wzdłużnymi wywołanymi obciążeniem zewnętrznym. Moment oporowy łożyska  $M_t$  jest mierzony przy określonych parametrach pracy.

Wartość umownego współczynnika tarcia wyznacza się na podstawie zależności:

$$\mu_o = \frac{2M_t}{P_o d_o}, \quad (4.1)$$

gdzie:  $P_o$  – całkowite, poprzeczne obciążenie łożyska,  
 $d_o$  – średnica obliczeniowa,  
 $\mu_o$  – obliczeniowy współczynnik tarcia.

Średnica obliczeniowa jest wyznaczana w zależności od rodzaju łożyska. Dla łożysk poprzecznych i skośnych  $d_o = d$ , natomiast dla łożysk wzdłużnych  $d_o = (D + d)/2$ , gdzie:  $D$  – średnica zewnętrzna łożyska,  $d$  – średnica wewnętrzna łożyska.

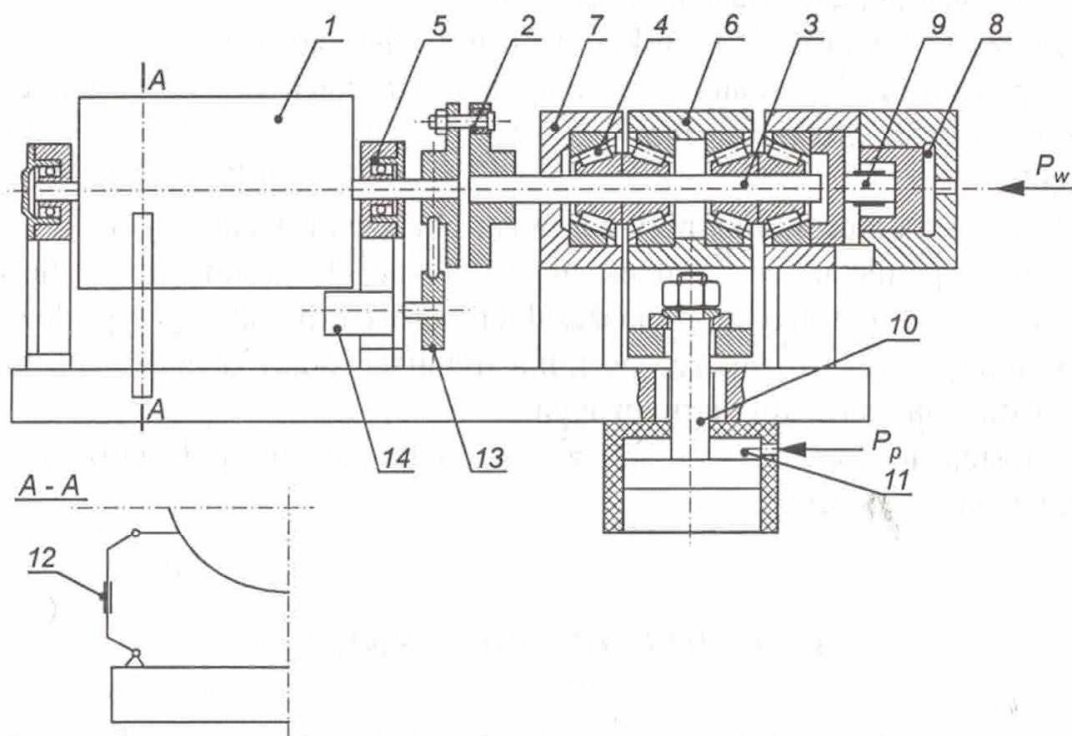
### 4.3. STANOWISKO BADAWCZE

Na rys. 4.1 przedstawiono budowę i zasadę działania stanowiska, na którym można mierzyć moment oporowy  $M_t$  łożysk, przy różnych wartościach siły wzdłużnej i promieniowej oraz różnych prędkościach obrotowych.

Silnik elektryczny prądu stałego (1), poprzez podatne sprzęgło palcowe (2), napędza wałek (3), na którym osadzone są cztery łożyska badane (4). Silnik jest sterowany zespołem tyrystorowym. Zastosowany tyrystorowy zespół napędowy umożliwia płynną regulację obrotów silnika w zakresie od 50 do 3000 obr/min.

Na stanowisku zamontowane są łożyska stożkowe 30308, ale istnieje również możliwość zamontowania innych łożysk, np. kulkowych lub walcowych. Dwa łożyska zewnętrzne osadzone są w korpusie stanowiska (7), natomiast wewnętrzne – w gnieździe jarzma (6). Wywołując w cylindrze siłownika (11) obciążenia poprzeczne ciśnieniem  $p_p$ , powoduje się wystąpienie jednakowej siły promieniowej na każdym z czterech badanych łożysk.

Wartość siły promieniowej określa się mierząc odkształcenia tłoczyska (10) siłownika, na którym naklejone są tensometry. Oszacowanie jej możliwe jest również na podstawie pomiaru ciśnienia oleju w cylindrze siłownika.



Rys. 4.1. Schemat stanowiska badawczego

Jednakowe obciążenie wzdłużne każdego z łożysk uzyskuje się wywołując ciśnienie w cylindrze siłownika (8). Wartość tego obciążenia ustala się analogicznie, jak w przypadku obciążenia poprzecznego, tj. na podstawie pomiaru odkształceń elementu (9) lub pomiaru ciśnienia w siłowniku. Określając obciążenia na podstawie pomiaru ciśnienia należy uwzględnić opory ruchu tłoka w siłowniku, wywołane tarciem uszczelnień o powierzchnię wewnętrzną cylindra.

Wałek silnika (1) osadzony jest w łożyskach kulkowych (5). Stojan silnika związany jest z korpusem stanowiska za pomocą odpowiednio wyskalowanej ramki tensometrycznej (12), która umożliwia pomiar momentu oporowego łożysk.

Do pomiaru prędkości obrotowej zastosowano indukcyjny czujnik obrotów OT-01A (14), sprzężony z wałem za pomocą przekładni pasowej (13) o przełożeniu równym 1.

#### 4.4. KOLEJNOŚĆ CZYNNOŚCI PODCZAS WYKONYWANIA ĆWICZENIA

1. Sprawdzić czy w obu siłownikach jest ciśnienie zerowe.
2. Wyzerować mostek tensometryczny
3. Wywołać ciśnienie  $0,2 \text{ MN/m}^2$  w siłowniku obciążenia wzdłużnego.

4. Uruchomić silnik i ustawić żadaną prędkość obrotową.
5. Ustalić wymagane obciążenie wzdłużne pamiętając, aby podczas wykonywania tej czynności obciążenie poprzeczne było równe zero.
6. Ustawić żadane obciążenie poprzeczne.
7. Odczytać i zapisać w protokole wartości mierzonych parametrów.
8. Przeprowadzić pomiary przy innych wartościach prędkości i obciążeń, wskazanych przez prowadzącego.

#### UWAGA!

1. Nie uruchamiać silnika przy zerowym obciążeniu wzdłużnym.
2. Należy pamiętać, że stosunek siły wzdłużnej do promieniowej nie może być mniejszy od minimalnej, dopuszczalnej wartości dla danego typu łożysk.
3. Pomiary należy rozpocząć po kilku minutach pracy obciążonych łożysk, w celu ustalenia warunków termicznych.
4. Mostek tensometryczny włączyć co najmniej na pół godziny przed rozpoczęciem pomiarów.

### 4.5. OPRACOWANIE WYNIKÓW

Każde łożysko toczne ma ściśle określony kąt działania. Jeżeli obciążymy łożysko skośne siłą wzdłużną  $P_w$ , to wywoła ona na bieżniach obciążenie promieniowe równomiernie rozłożone na obwodzie. Sumę tego obciążenia określoną na podstawie zależności (4.2) możemy traktować jako składową promieniową wywołaną obciążeniem wzdłużnym:

$$P_p = P_w \operatorname{ctg} \alpha. \quad (4.2)$$

Analogicznie, jeżeli zabudowane łożysko nie ma luzu wzdłużnego, to siła promieniowa wywoła siłę wzdłużną.

Zgodnie z katalogiem [3]:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,4}{Y}. \quad (4.3)$$

Stąd:

$$P_o = 2,5 Y P_w + \frac{1}{2} P_p \quad (4.4)$$

Wzór na obliczeniowy współczynnik tarcia ma postać:

$$\mu_o = \frac{2M_t}{d_o P_o i} = \frac{M_t}{2d_o P_o}, \quad M_t = 2\mu_o d_o P_o \quad (4.5)$$

gdzie  $i$  – oznacza liczbę badanych łożysk ( $i = 4$ ).

$$* P_o = \sqrt{P_w^2 + P_p^2}$$

Wartość  $M_t$  należy określić na podstawie wykresu skalowania ramki tenso-  
metrycznej i wskazań  $W_M$  mostka.

#### 4.6. UWAGI DOTYCZĄCE SPRAWOZDANIA

Wyniki badań należy zamieścić w sprawozdaniu z ćwiczenia. Należy wy-  
pełnić tablicę, wpisując wyniki pomiarów i obliczeń oraz wykonać wykresy:

$$M_t \text{ i } \mu_o = f(P_o) \text{ przy } P_w/P_p = \text{const i } \omega = \text{const,}$$

$$M_t \text{ i } \mu_o = f(P_w/P_p) \text{ przy } P_o = \text{const i } \omega = \text{const,}$$

$$M_t \text{ i } \mu_o = f(\omega) \text{ przy } P_w/P_p = \text{const i } P_o = \text{const.}$$

W sprawozdaniu należy również zamieścić wnioski, które powinny obej-  
mować następujące zagadnienia:

- a) zależność  $\mu_o$  i  $M_t$  od prędkości,
- b) zależność  $\mu_o$  i  $M_t$  od obciążenia,
- c) ocenę dokładności otrzymanych wyników, z uwzględnieniem przydatności  
uzyskanych informacji,
- d) ocenę metody pomiaru,
- e) uzasadnienie otrzymanych przebiegów badanych wielkości,
- f) własne spostrzeżenia.

#### 4.7. OBOWIĄZUJĄCY ZAKRES WIADOMOŚCI DO ZALICZENIA ĆWICZENIA

1. Znajomość budowy stanowiska pomiarowego.
2. Zjawisko tarcia tocznego.
3. Pojęcie obliczeniowego współczynnika tarcia.
4. Wpływ doboru łożysk i konstrukcji łożyskowania na wartość momentu  
oporowego.
5. Wpływ warunków pracy łożyska na wartość momentu oporowego.
6. Budowa i rodzaje łożysk tocznych.
7. Rodzaje zużyc i uszkodzeń łożysk tocznych oraz przyczyny ich występo-  
wania.

#### LITERATURA

- [1] Osiński Z., Bajon W., Szucki T.: Podstawy konstrukcji maszyn. PWN, Warszawa 1986.
- [2] Krzemiński-Freda H.: Łożyska toczne. PWN, Warszawa 1985.
- [3] Łożyska toczne. Katalog – informator. WPM „WEMA”, Warszawa 1989.