

XIII MIĘDZYNARODOWE KOŁOKWIUM
"MODELE W PROJEKTOWANIU I KONSTRUOWANIU MASZYN"
13th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
"MODELS IN DESIGNING AND CONSTRUCTIONS OF MACHINES"
25-28.04.1989 ZAKOPANE

Michał STYP-REKOWSKI
Tadeusz MIKOŁAJCZYK

Wydział Mechaniczny
Akademia Techniczno-Rolnicza
Bydgoszcz

MODELE SYSTEMOWE SPECJALNYCH ŁOŻYSK TOCZNYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań wpływu wybranych cech konstrukcyjnych specjalnych łożysk tocznych na wewnętrzne opory ruchu. Przedstawiono również systemowe modele umożliwiające racjonalny dobór cech konstrukcyjnych łożysk rowerowych.

1. Wprowadzenie

W obszernej literaturze dotyczącej łożysk tocznych przytoczono wiele równań opisujących zależności pomiędzy ich cechami konstrukcyjnymi (geometrycznymi, tworzywowymi i dynamicznymi) a momentem tarcia. Wszystkie te równania podzielić można na dwie grupy. Jedną z nich powstała w wyniku próby ilościowego opisanie zjawisk fizycznych zachodzących w parze kinematycznej, jaką jest łożysko, jednak wyniki obliczeń uzyskane jako efekt wykorzystania równań z tej grupy różnią się znacznie między sobą (w zależności od tego, które równanie użyto do obliczeń). Przyczyną tego stanu jest złożoność zjawisk tarcia i zużycia występujących w łożyskach tocznych, co z kolei uniemożliwia dokładne ich określenie analityczne. Pomimo tego stan badań teoretycznych nie pozostaje tak zupełnie bez wpływu na wartość formułowanego za pomocą nauki poznania [3].

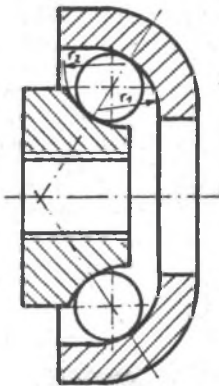
Druga grupa równań - rezultat obserwowanego intensywnego rozwoju

wszelkiego rodzaju badań konstrukcyjnych.

Zarówno pierwsza, jak i druga grupa równań—to zbiór modeli fenomenologicznych umożliwiających badanie właściwości układów stanowiących środki techniczne [2]. Modele te mogą być wykorzystane w procesie projektowo-konstrukcyjnym łożysk tocznych. W przeważającej liczbie przypadków modele te dotyczą typowych łożysk tocznych i gdy zastosowanie takich łożysk nie znajduje uzasadnienia, niemożliwe lub niepewne staje się korzystanie z opracowanych już modeli. Tak więc w przypadku specjalnych łożysk tocznych konieczne jest przeprowadzenie badań w celu opracowania nowych modeli lub weryfikacji już opracowanych.

2. Badany obiekt, cel i zakres badań

Podmiotem badań opisanych w niniejszej pracy są łożyska stosowane w popularnych pojazdach jednośladowych (rowerach). Postać konstrukcyjną takiego łożyska w pewnym uproszczeniu przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Postać konstrukcyjna łożyska pojazdu jednośladowego
Fig. 1. Design shape of a one-track vehicle bearing

Jako czynniki zmienne w prezentowanych badaniach przyjęto promień krzywizny bieżni wewnętrznej r_2 , którego wartości zawarte były w przedziale $\langle 2.4; 2.6 \rangle$ mm oraz wprowadzane w montażu obciążenie wstępne P_x , którego wartości zawarte były w przedziale $\langle 10; 100 \rangle$ N.

Czynniki stałymi w realizowanych badaniach były pozostałe geometryczne cechy konstrukcyjne łożysk oraz warunki badań [4].

Celem badań było opracowanie modeli opisujących zależności pomiędzy cechami konstrukcyjnymi łożysk a oporami ruchu w nich występującymi. W pojazdach napędzanych mięśniami ludzkimi ta właściwość łożysk tocznych wydaje się być jedną z najistotniejszych. Jako miarę oporów ruchu przyjęto wartość umownego momentu tarcia będącego wypadkową wszystkich czynników przeciwdziałających ruchowi [1].

Wszystkie badania przeprowadzono dla trzech rodzajów tworzyw próbek: stali 45 normalizowanej, stali 45 ulepszonej cieplnie do 28 + HRC oraz stali A11 poddanej obróbce cieplno-chemicznej.

3. Wyniki badań

Rezultatem przeprowadzonych badań są modele fenomenologiczne ujmujące zależności pomiędzy oporami ruchu w łożyskach tocznych a ich cechami konstrukcyjnymi. Przedstawiono je w dwóch grupach:

- ujmujących zależność oporów ruchu od poszczególnych cech konstrukcyjnych,
- ujmujących łącznie zależność oporów ruchu od badanych cech konstrukcyjnych.

W pierwszej grupie modeli zależność pomiędzy umownym momentem

tarcia M_t^1 a promieniem krzywizny bieżni r_2 , opisano za pomocą funkcji potęgowej, która wykazywała najlepsze dopasowanie do rzeczywistego rozkładu wyników ze zbioru funkcji: parabolicznej, potęgowej, wykładniczej i liniowej. Modele te mają postać:

- dla stali 45 normalizowanej

$$\begin{aligned} M_t^1 &= 74,95 r_2^{-0,7213} && \text{dla } P_x = 100 \text{ N} \\ M_t^1 &= 93,24 r_2^{-1,1191} && \text{dla } P_x = 50 \text{ N} \\ M_t^1 &= 70,87 r_2^{-0,9943} && \text{dla } P_x = 10 \text{ N} \end{aligned} \quad (1)$$

- dla stali 45 ulepszonej cieplnie (oznaczanej dalej 45u)

$$\begin{aligned} M_t^1 &= 54,59 r_2^{-0,5546} && \text{dla } P_x = 100 \text{ N} \\ M_t^1 &= 52,47 r_2^{-0,6282} && \text{dla } P_x = 50 \text{ N} \\ M_t^1 &= 70,51 r_2^{-1,1899} && \text{dla } P_x = 10 \text{ N} \end{aligned} \quad (2)$$

- dla stali A11 po obróbce cieplno-chemicznej

$$\begin{aligned} M_t^1 &= 93,81 r_2^{-0,9721} && \text{dla } P_x = 100 \text{ N} \\ M_t^1 &= 80,43 r_2^{-1,0429} && \text{dla } P_x = 50 \text{ N} \\ M_t^1 &= 65,67 r_2^{-0,8154} && \text{dla } P_x = 10 \text{ N} \end{aligned} \quad (3)$$

Pełne zestawienie opracowanych modeli, a także ich postać graficzna zawarta jest w pracy [4].

Modele ujmujące łączny wpływ obu zmiennych czynników mają postać:

- dla stali 45 normalizowanej

$$\begin{aligned} M_t^1 &= 33,6600 - 0,9850\check{r}_2 + 2,4861\check{P}_x + 0,2598\check{r}_2^2 + \\ &- 0,2295\check{P}_x^2 + 0,0050\check{r}_2\check{P}_x \end{aligned} \quad (4)$$

- dla stali 45 ulepszonej cieplnie

$$\begin{aligned} M_t^1 &= 29,8600 - 0,6611\check{r}_2 + 3,1624\check{P}_x + 0,0564\check{r}_2^2 + \\ &- 0,7948\check{P}_x^2 + 0,0306\check{r}_2\check{P}_x \end{aligned} \quad (5)$$

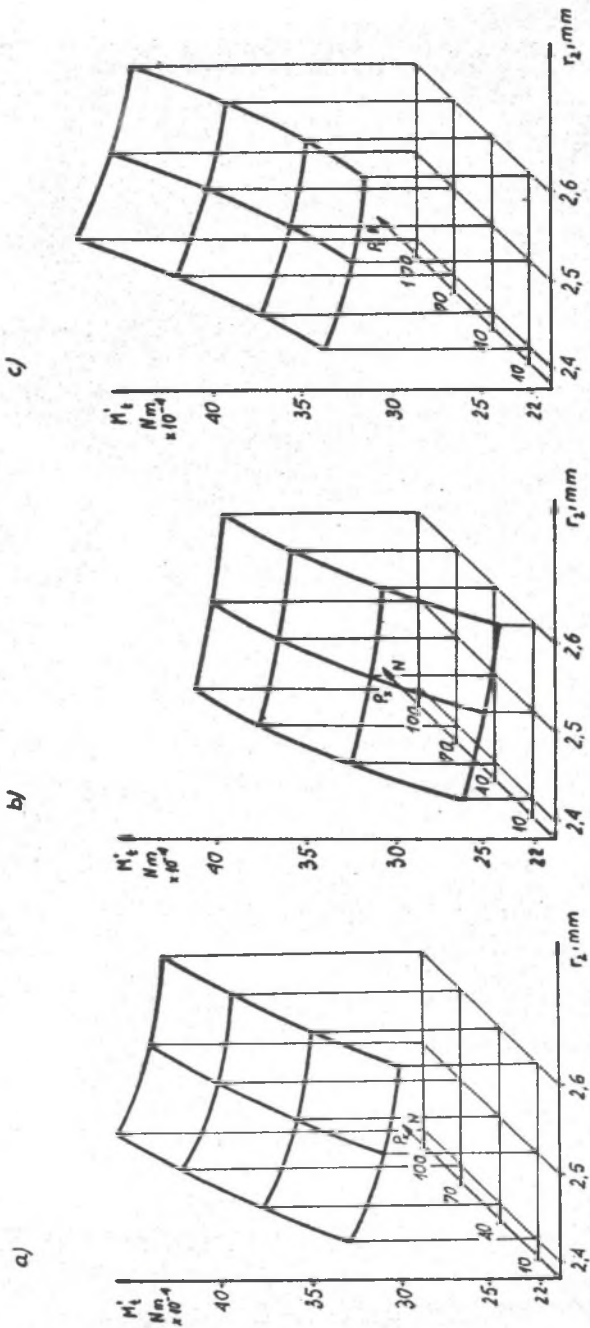
- dla stali A11

$$\begin{aligned} M_t^1 &= 33,5200 - 0,9541\check{r}_2 + 2,6029\check{P}_x + 0,1811\check{r}_2^2 + \\ &+ 0,5942\check{P}_x^2 - 0,1125\check{r}_2\check{P}_x \end{aligned} \quad (6)$$

gdzie: \check{r}_2 , \check{P}_x - standaryzowane wartości zmiennych niezależnych.

Zmienne wejściowe poddano standaryzacji w celu ułatwienia obróbki statystycznej wyników obliczeń.

W postaci graficznej modele tej grupy przedstawiono na rys. 2. Przeprowadzone badania wykazały, że badane czynniki zmienne po-



Rys. 2. Zależność momentu tarcia M_f od promienia krzywizny r_2 i obciążenia wstępnego P_x :

a) stal 45 normalizowana, b) stal 45u, c) stal A11

Fig. 2. Dependence of the moment of friction M_f on radius of curvature r_2 and initial load P_x :

a) steel 45, b) steel 45u, c) steel A11

siadają istotny wpływ na poziom oporów ruchu w łożyskach, a opracowane modele pozwalają na racjonalny dobór cech konstrukcyjnych łożysk stosowanych w rowerach.

4. Podsumowanie

Celowość podjęcia badań prezentowanych w niniejszej pracy potwierdziła praktyka, czego dowodem może być częściowe wykorzystywanie wyników badań w procesie projektowo-konstrukcyjnym łożysk dla nowych odmian rowerów.

LITERATURA

- [1] A.F. BUDZYŃSKI, M. STYP-REKOWSKI: Wewnętrzne opory ruchu oraz trwałość specjalnych łożysk tocznych. Trybologia nr 4-5/1986.
- [2] J. DIETRICH: Model - faktyczna konieczność. Materiały XXV Sympozjonu "Modelowanie w mechanice", Gliwice-Kudowa 1986.
- [3] Z. JASKÓŁA: Metodologia projektowania i konstruowania. Materiały XIII Sympozjonu PKM, Szczecin-Świnoujście 1987.
- [4] M. STYP-REKOWSKI: Wpływ wybranych cech konstrukcyjnych specjalnych łożysk tocznych na wewnętrzne opory ruchu w pojazdach jednośladowych. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 1985.

SYSTEMS MODELS OF SPECIAL ROLLING BEARINGS

Summary

In this paper results of research of influence some constructional features of special rolling bearings on inner resistance to motion are described. Systems models making rational choice of bicycle bearings constructional features possible are presented.

СИСТЕМНЫЕ МОДЕЛИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Резюме

В работе представлены результаты исследований влияния некоторых конструктивных параметров специальных подшипников качения на внутренние сопротивления движению. Приведены тоже системные модели которые создают возможность рационального подбора конструктивных параметров велосипедных подшипников.

Recenzent: doc. dr inż. Z. Jaskóła

Wpłynęło do Redakcji 15.XII.1988 r.