

MECHANIKA

**CZASOPISMO TECHNICZNE  
TECHNICAL TRANSACTIONS**

MECHANICS

WYDAWNICTWO

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1-M/2009

ZESZYT 3

ROK 106

ISSUE 3

YEAR 106

PIOTR KOWALEWSKI, WOJCIECH WIELEBA\*

## STANOWISKO DO BADANIA WSPÓŁCZYNNIKA TARCIA STATYCZNEGO PAR TRĄCYCH TYPU: METAL-POLIMER

### EXPERIMENTAL DEVICE FOR STATIC FRICTION MEASUREMENT OF TWO FRICTION COUPLES: METAL-POLYMER

#### Streszczenie

Praca zawiera opis prostego stanowiska do badania tarcia statycznego. Przedstawiona została ogólna zasada działania, opierająca się na równi pochyłej. W artykule opisano zastosowane rozwiązania konstrukcyjne, ograniczające wpływ czynników zewnętrznych na dokładność pomiaru kąta tarcia statycznego  $\rho_0$ . Pokróctce przedstawione zostały zalety stanowiska badawczego.

*Słowa kluczowe: tarcie statyczne, stanowisko badawcze, współczynnik tarcia statycznego, tribologia*

#### Abstract

The paper describes simple experimental device for static friction measurement. It has been characterised main idea of measurement which based on inclined plane. In the article have been described new construction details, which decrease external influences. In a paper also have been mentioned advantages of new tester.

*Keywords: static friction, experimental device, static friction coefficient, tribology*

\* Dr inż. Piotr Kowalewski, dr hab. inż. Wojciech Wieleba, prof. nadzw. PWr., Instytut Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn, Politechnika Wroclawska.

## 1. Wstęp

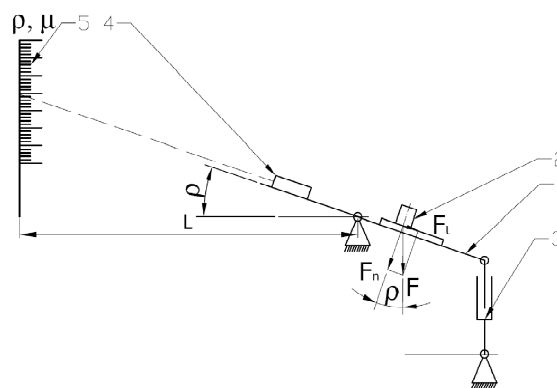
Tarcie statyczne (spoczynkowe) ma ogromne znaczenie w fizyce, eksploatacji maszyn oraz w życiu codziennym. Większość prowadzonych badań trybologicznych skupia się na analizie tarcia kinematycznego. Badacze bardzo często bagatelizują zjawiska występujące w fazie początkowej tarcia. Jest to spowodowane m.in. niedostatkami aparatury służącej do pomiaru tego typu tarcia. Skłonność polimerów do pełzania może być przyczyną znacznego zwiększenia wartości tarcia spoczynkowego [1], co powoduje problemy podczas eksploatacji węzłów tarcia. Niniejsza praca zawiera opis prostego stanowiska badawczego pozwalającego na pomiar współczynnika tarcia statycznego.

## 2. Ogólna zasada działania

Istniejące stanowiska badawcze służące do pomiaru statycznego współczynnika tarcia  $\mu_0$  opierają się głównie na pomiarze siły tarcia statycznego  $F_{t0}$ , a na jego podstawie wyznaczana jest wartość współczynnika  $\mu_0$ . Do pomiarów wykorzystywane są zazwyczaj stanowiska do badań kinematycznych poddane przeróbką lub posiadające fabrycznie taką funkcję (dodatkowo). Nieliczne testery opracowane specjalnie do badań statycznych posiadają zazwyczaj złożoną budowę. Przykładem może być urządzenie „CFA” opracowane przez J. Dunkina i D.Kima [2], wykorzystujące siłę odśrodkową i kamerę video.

Podstawowym kryterium podczas opracowywania koncepcji opisywanego w niniejszej pracy stanowiska była prostota oraz minimalizacja wpływów czynników zewnętrznych.

Ogólna zasada działania stanowiska do badania tarcia statycznego opiera się na pomiarze kąta tarcia  $\rho_0$  [3, 4]. Zgodnie z podstawowymi zależnościami pomiędzy siłami występującymi na równi pochyłej. Kąt pochylenia  $\rho_0$  będący kątem tarcia pozwala w prosty sposób wyznaczyć wartość współczynnika tarcia spoczynkowego  $\mu_0$ . Ogólny schemat urządzenia został przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Schemat ogólny stanowiska do badania współczynnika tarcia statycznego: 1 – wychylne ramię, 2 – para ślizgowa, 3 – siłownik elektryczny, 4 – wskaźnik laserowy, 5 – listwa z podziałką

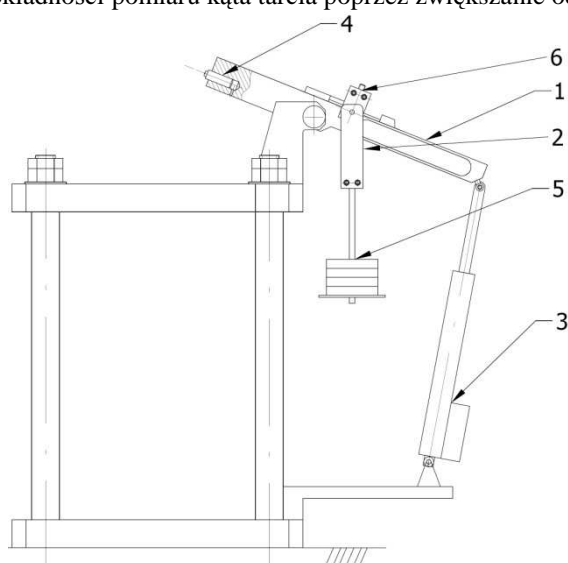
Fig. 1. Main idea chart of static friction experimental device: 1 – tilting bar, 2 – friction couple, 3 – electrical actuator, 4 – laser indicator, 5 – scale

Na stanowisku badane są materiały w będące wzajemnie w styku rozłożonym (powierzchnia-powierzchnia). Procedura pomiarowa polega na powolnym jednostajnym pochylaniu pary trącej umiejscowionej na wychylnym ramieniu do momentu, w którym nastąpi ruch. Kąt, przy którym nastąpiło względne przemieszczenie pomiędzy próbką, a przeciwpróbką jest kątem tarcia statycznego  $\rho_0$ .

### 3. Rozwiązania konstrukcyjne

W celu minimalizacji wpływu czynników zewnętrznych takich jak (temperatura, ruchy powietrza itp.) oraz wpływu mas własnych elementów składowych stanowiska na rozmieszczenie sił, zastosowano szereg nowatorskich rozwiązań konstrukcyjnych zaznaczonych na rys. 2.

Na końcu wychylnego ramienia (wykorzystanego z aparatu T-01 prod. Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu) przymocowany jest w płaszczyźnie tarcia prostopadle do osi obrotu wskaźnik laserowy. Znacznik laserowy wskazuje na wartość współczynnika tarcia  $\mu_0$  i kąta tarcia  $\rho_0$  odczytywanych z podziałki. Listwa z podziałką umieszczona jest w stałej odległości  $L$  od osi obrotu wychylnego ramienia. Rozwiązanie takie daje możliwość znacznego zwiększania dokładności pomiaru kąta tarcia poprzez zwiększanie odległości  $L$ .



Rys. 2. Stanowisko do badania tarcia statycznego: 1- wychylne ramię, 2 – obrotowa szalka, 3 – siłownik elektryczny, 4 – wskaźnik laserowy, 5 – odważniki, 6 – uchwyt próbki.

Fig. 2. Static friction experimental device: 1 – Tilting bar, 2 – revolving grip, 3 – electrical actuator, 4 – laser indicator, 5 – weights, 6 – samples holder.

W celu umożliwienia badania tarcia przy różnych wartościach nacisku jednostkowego  $p$  możliwe jest obciążanie badanego węzła tarcia dodatkową siłą (nie będącą jedynie ciężarem próbki). Siła stanowiąca ciężar dodatkowych odważników przyłożona jest poprzez

układ obrotowej szalki. Szalka została skonstruowana tak aby bez względu na kąt pochyle-  
nia, wektor dodatkowej siły obciążającej był zaczepiony na wysokości styku próbka-  
przeciwpróbka.

Maksymalne obciążenie wężła ślizgowego wynosi 50 kg. Co przy próbkach okrągłych  
o średnicy  $\Phi=8$  mm, daje nacisk  $p\approx 10$  MPa. Szalka obciążająca daje możliwość badania  
pary ślizgowej przy pochyleniu  $\rho\leq 45^\circ$  ( $\mu\leq 1$ ).

Napęd wychylnego ramienia stanowi zespół siłownika elektrycznego. Siłownik zbudowa-  
ny jest z silnika prądu stałego oraz przekładni śrubowej. Sterowanie prędkością pochy-  
lenia ramienia odbywa się poprzez zmianę napięcia zasilania silnika siłownika. Układ ste-  
rujący wyposażony został w czujnik zatrzymujący ruch wychylny ramienia w momencie  
wystąpienia ruchu pomiędzy próbka a przeciwpróbka.

W stanowisku wykorzystano próbki oraz uchwyty standartowe, stosowane w badaniach na  
stanowisku tarcza-trzpień (pin-on-disc). Daje to możliwość badania materiałów polimero-  
wych z wytworzoną (podczas długotrwałego tarcia) eksploatacyjną warstwę wierzchnią.  
Całe stanowisko umieszczone zostało na ruchomej podstawie umożliwiającej swobodne  
przemieszczanie Pozwalające na dowolną regulację odległości  $L$ .

#### 4. Podsumowanie

Opisane w pracy stanowisko badawcze mimo swojej prostej budowy daje szerokie moż-  
liwości badawcze. Uniknięcie w konstrukcji urządzenia złożonych torów pomiarowych  
ograniczyło wpływ czynników zewnętrznych na dokładność pomiaru.

Należy zwrócić również uwagę, iż przy odpowiednim opisanii listwy pomiarowej urzą-  
dzenie to jest jednym z nielicznych mierzących współczynnik tarcia  $\mu$  (nie siłę tarcia  $F_t$ ).  
Ze względu na swoją „prymitywną” budowę stanowisko doskonale ilustruje podstawowe  
zagadnienia tribologiczne, znajdując zastosowanie również w pracy dydaktycznej.

#### Literatura

- [1] Bowden F. P. Tabor D., *Wprowadzenie do trybologii*, WNT, Warszawa 1980.
- [2] Dunkin J. E., Kim D. E., *Measurement of static friction coefficient between flat surfaces. Biological Wastewater Treatment, Wear* 193, s 186-192, 1996.
- [3] Hebda M., Wachal A., *Trybologia*, WNT, Warszawa 1980.
- [4] Lawrowski Z., *Tribologia*, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1985.