

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki
Katedra Projektowania i Eksploatacji Maszyn

Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotu:

Podstawy nauki o materiałach

Ćwiczenie B2-015(2)

Temat ćwiczenia:

Badanie właściwości tribologicznych polimerów ślizgowych

Miejsce ćwiczenia: pawilon B2 niski parter sala 015

Prowadzący ćwiczenia: dr hab. inż. Sławomir Zimowski, prof. AGH
mgr inż. Mateusz Otto

Kraków 2021/22

1. Cel, zakres ćwiczenia i wymagania

Cel: Porównanie właściwości ślizgowych wybranych polimerów i kompozytów polimerowych.

Zakres: Wyznaczenie współczynnika tarcia statycznego i kinetycznego wybranych kompozytów polimerowych na podstawie eksperymentu, opracowanie wyników testów, raport z ćwiczenia w formie karty pracy.

Wymagania: obecność obowiązkowa, zapoznanie się z instrukcją do ćwiczenia, udzielenie odpowiedzi na zadawane pytania w formie ustnej i pisemnej (sprawdzian) w trakcie zajęć, wypełnienie i oddanie karty pracy (str. 6), kalkulator inżynierski.

2. Wprowadzenie

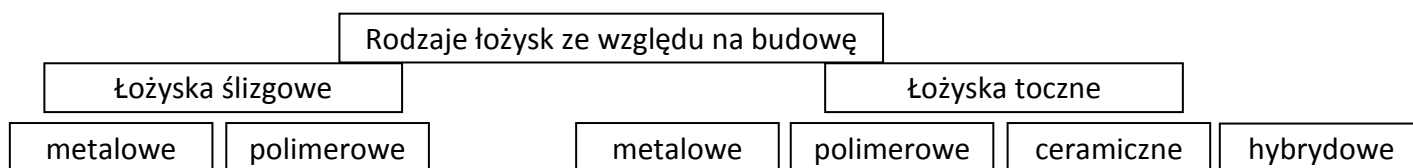
2.1. Wykorzystanie materiałów polimerowych w budowie maszyn

Tworzywa polimerowe dzięki swoim właściwościom, jak m.in. mała gęstość, dielektryczność, dobra wytrzymałość właściwa, mały współczynnik tarcia, łatwość formowania, znajdują zastosowanie w coraz bardziej zaawansowanych konstrukcyjne i odpowiedzialnych elementach maszyn i urządzeń. Ważne zastosowanie polimerów i kompozytów polimerowych jako materiałów na węzły kinematyczne w budowie maszyn obejmują panewki łożysk ślizgowych, koła zębate, prowadnice czy uszczelnienia - wszędzie tam gdzie dochodzi do tarcia ślizgowego. Często polimery charakteryzują się bardzo małymi oporami podczas ruchu zwłaszcza w styku ślizgowym np. politetrafluoroetylen (PTFE), którego cechą charakterystyczną jest tworzenie tzw. warstwy samosmarnej na powierzchni przeciwelementu. Zatem tworzywa sztuczne znajdują zastosowanie przede wszystkim tam, gdzie jest utrudnione lub wręcz niemożliwe smarowanie sposobami konwencjonalnymi. W węzłach kinematycznych z niedostatecznym smarowaniem, bądź też bez smarowania, występuje tarcie mieszane lub suche, a o jakości współpracy elementów decydują wówczas głównie właściwości ślizgowe tworzywa.

2.2. Łożyskowanie w budowie maszyn

Węzły kinematyczne, w tym łożyska, mają zasadniczy wpływ na trwałość i niezawodność eksploatacyjną całej maszyny. W przypadku nieprawidłowego ich funkcjonowania, mogą być one dodatkowo źródłem znacznych strat energii wskutek zachodzącego w nich tarcia. Szczególnie ważne jest to w warunkach tarcia mieszanego i suchego, w których następuje przyspieszony proces zużycia elementów ślizgowych, wzrost wartości współczynnika tarcia i wzrost temperatury w strefie tarcia, które zakłócają prawidłowe funkcjonowanie węzłów ślizgowych. Zatem poprawne działanie węzłów ślizgowych zależy przede wszystkim od charakteru współpracy tworzących je materiałów. W związku z tym istotnym kryterium w doborze materiałów na pary ślizgowe jest znajomość charakterystyki tribologicznej materiału tj. współczynnika tarcia i odporności na zużycie.

3. Klasyfikacja łożysk



Istotnym kryterium klasyfikacji łożysk jest sposób smarowania tzn. zapewnienie lub brak smarowania powierzchni ich współpracy. W tym obszarze możemy wyróżnić łożyska: suche, smarowane (olejem lub smarem), hydrostatyczne, hydrodynamiczne, powietrzne.

Przykłady konstrukcyjne łożysk



Łożyska korbowodu

(<https://www.tuningblog.eu/pl/kategorie/tuning-wiki/silnik-%C5%82o%C5%BCyskowy-256259/>)

Polimerowe rozwiązania konstrukcyjne w łożyskach ślizgowych:

- łożyska kołnierzowe,
- tuleje ślizgowe,
- oporowe podkładki, pierścienie uszczelnień czołowych,
- pierścienie tłokowe,
- łożyska ślizgowe typu clip-on (ciskowe),
- powłoki na panewki łożyskowe.

Najczęściej wykorzystywane materiały polimerowe na tuleje ślizgowe (panewki):

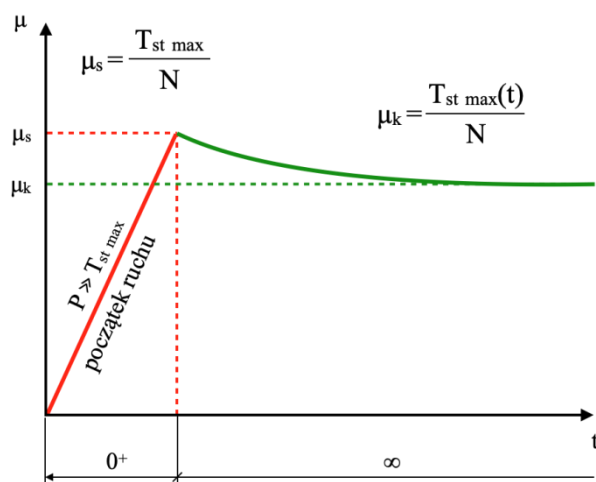
- poliamid (PA),
- polioksymetylen (POM),
- politetrafluoroetylen (PTFE),
- poliacetal (POM),
- polimid (PI).

Zalety stosowania tulei ślizgowych (panewek) wykonanych z tworzyw polimerowych:

- brak smarowania (brak niebezpieczeństwa skażenia, nie wymagają obsługi),
- odporność na korozję,
- niska absorpcja wilgoci,
- odporność na działanie substancji chemicznych, kwasów, alkalicznych środków czyszczących,
- niski poziom hałasu oraz wibracji,
- zmniejszenie ciężaru urządzenia,
- aspekt ekonomiczny (łatwość formowania i przetwarzania).

4. Tarcie ślizgowe statyczne i kinetyczne

Siła tarcia jest to reakcja styczna T_{st} , przeciwstawiająca się przesunięciu ciał względem siebie. Zatem siłę tarcia można zdefiniować jako siłę oporu, zapobiegającą ruchowi, który powstałby, gdyby tarcia nie było.



Przykładowy przebieg współczynnika tarcia w czasie

Stąd współczynnik tarcia ślizgowego statycznego μ_s wyznacza moment utraty przyczepności dwóch ciał (pary tarciowej) w skutek oddziaływania przyłożonej siły, natomiast dalsze jej podtrzymywanie określa współczynnik tarcia ślizgowego kinetycznego μ_k . Z tego powodu współczynnik statycznego tarcia ślizgowego μ_s zależy wyłącznie od rodzaju materiałów pary tarciowej, a kinetycznego μ_k jest zależny od innych parametrów tj.:

- rodzaju materiału pary tarciowej,
- geometrii styku,
- obciążenia,
- względnej prędkości w styku,
- temperatury tarcia,
- chropowatości powierzchni,
- innych właściwości (np. samosmarowność).

Właściwości ślizgowe wybranych materiałów

skojarzenie (para tarciowa)	rodzaj tarcia	współczynnik tarcia ślizgowego	
		statycznego μ_s	kinetycznego μ_k
stal - stal	suche	0.74 - 0.80	0.42 - 0.60
	smarowane (olej)	0.16	0.09
stal - brąz	suche	0.18	0.16
	smarowane (olej)	0.10	0.01
stal - polioksymetylen (POM)	suche	0.14	0.21
stal - politetrafluoroetylen (PTFE)	suche	0.04 - 0.20	0.014 - 0.11
stal - poliamid (PA)	suche	0.10	0.05
stal - polieteroeteroketon (PEEK)	suche	0.20 - 0.50	0.25 - 0.33
stal - guma	suche	0.68	0.25
	smarowane (olej)	0.25	0.12

5. Przebieg ćwiczenia

5.1. Przeprowadzenie eksperymentu

Wykonanie testu tarcowego w parze tribologicznej:

1) **stal - "PTFE+15% Grafit"**

(stal C45 w styku z kompozytem: politetrafluoroetylen + 15% u. mas. mikrocząstek grafitu)

2) **stal - "PTFE+40% Brąz"**

(stal C45 w styku z kompozytem: politetrafluoroetylen + 40% u.mas. mikrocząstek brązu)

Test tarcowy w styku ślizgowym rozłożonym płaskim

a) statycznie:

- obciążenie: ... N
- liczba pomiarów: 5

b) kinetyczne:

- obciążenie: ... N
- droga: ... m
- prędkość: ... rpm
- liczba pomiarów: 1

5.2. Wypełnienie karty pracy

Wyznaczenie współczynnika tarcia ślizgowego badanych materiałów polimerowych:

a) statycznego

- średnia arytmetyczna wartości

$$\bar{\mu}_s = \frac{\mu_{s1} + \mu_{s2} + \mu_{s3} + \dots + \mu_{s5}}{5}$$

- odchylenie standardowe wartości

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\mu_{s1} - \bar{\mu}_s)^2 + (\mu_{s2} - \bar{\mu}_s)^2 + (\mu_{s3} - \bar{\mu}_s)^2 + \dots + (\mu_{s5} - \bar{\mu}_s)^2}{5}}$$

b) kinetycznego

- zakres zmian wartości po ustaleniu parametrów testu

5.3. Dyskusja wyników

- wyznaczyć procentową różnicę otrzymanych współczynników tarcia ślizgowego statycznego i kinetycznego dla każdego z badanych materiałów,
- wyjaśnić dlaczego uzyskane współczynniki tarcia ślizgowego statycznego i kinematycznego badanych materiałów są od siebie różne,
- ocenić wpływ napelnacza na właściwości ślizgowe kompozytu polimerowego.

Wybrane właściwości polimerów kompozytowych na osnowie z politetrafluoroetylen (PTFE)

materiał	moduł sprężystości (E) [GPa]	Twardość Vickers'a (Hv) [MPa]	wskaźnik zużycia objętościowego K [10 ⁻⁴ mm ³ /Nm]
PTFE	0.77	57.90	9.51
PTFE + 15% Grafit	1.23	54.48	1.14
PTFE + 40% Brąz	3.17	73.91	1.70

5.4. Sprawdzian

Odpowiedź pisemna na dwa pytania związane z tematyką ćwiczenia laboratoryjnego.

Data:

.....
Nazwisko i imię, grupa

Temat ćwiczenia :
.....

Cel ćwiczenia: Wyznaczenie współczynnika tarcia statycznego i kinetycznego wybranych kompozytów polimerowych

1) Badane materiały:

a) oznaczenie:

Osnowa:, Napelniacz:

Forma: Wymiary kształtki:

b) oznaczenie:

Osnowa:, Napelniacz:

Forma: Wymiary kształtki:

2) Metodyka badań

a) Typ eksperymentu:

b) Materiał przeciwelementu:

c) Parametry testu:

rodzaj styku:, obciążenie:

3) Wyniki badań

Para tarciova	Współczynnik tarcia statycznego							Współczynnik tarcia kinetycznego
	Numer pomiaru					średnia	odchylenie	
	1	2	3	4	5			

Graficzne przedstawienie wyników

4) Wnioski

.....
.....
.....
.....