



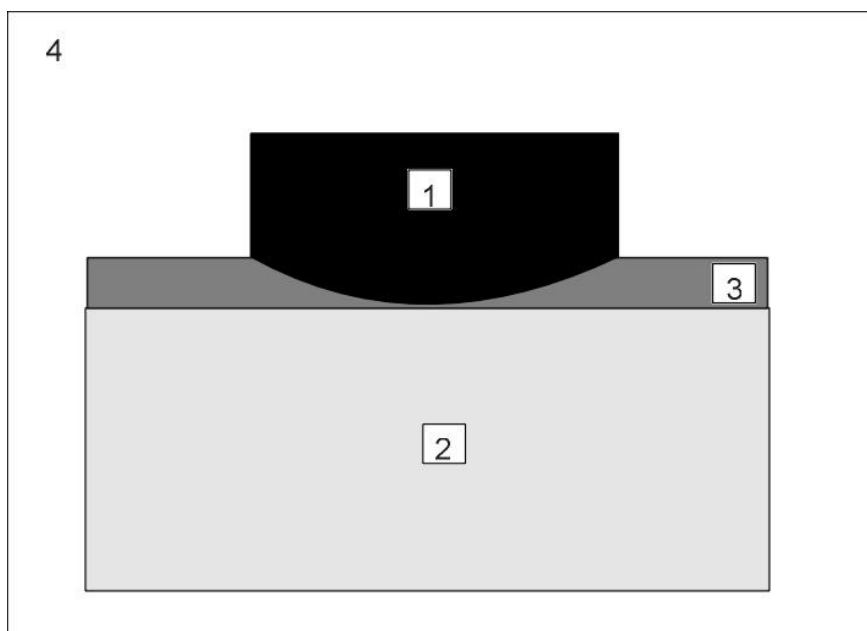
*Temat ćwiczenia:*

**Badanie prędkości zużycia materiałów metalowych**

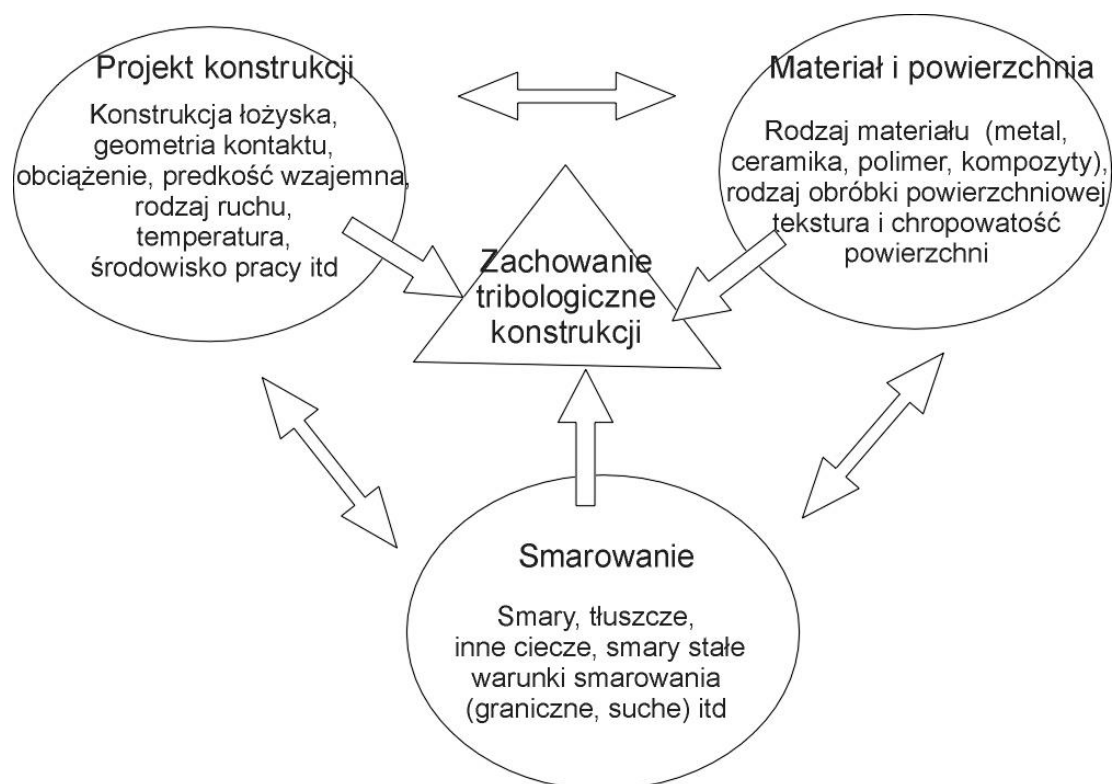
**I. Wstęp**

Zużyciem nazywamy stopniowy ubytek materiału zachodzący w efekcie względnego ruchu powierzchni. Odporność na zużycie jest właściwością eksploatacyjną materiału i zależy nie tylko od jego właściwości potencjalnych (np. twardości) ale również od pozostałych elementów występujących w rzeczywistym układzie tribologicznym w warunkach eksploatacji.

Jako system tribologiczny (rys. 1) należy rozumieć układ złożony z poruszających się wzajemnie dwóch ciał stałych (1 i 2), środka smarnego (3) i środowiska (4). Dlatego właściwości każdego ze składników systemu wpływają na zużycie współpracujących powierzchni (rys. 2.).



Rys. 1. Schemat budowy systemu tribologicznego. 1 i 2 – poruszające się ciała stałe, 3 – ciecz smarująca, 4 - otoczenie

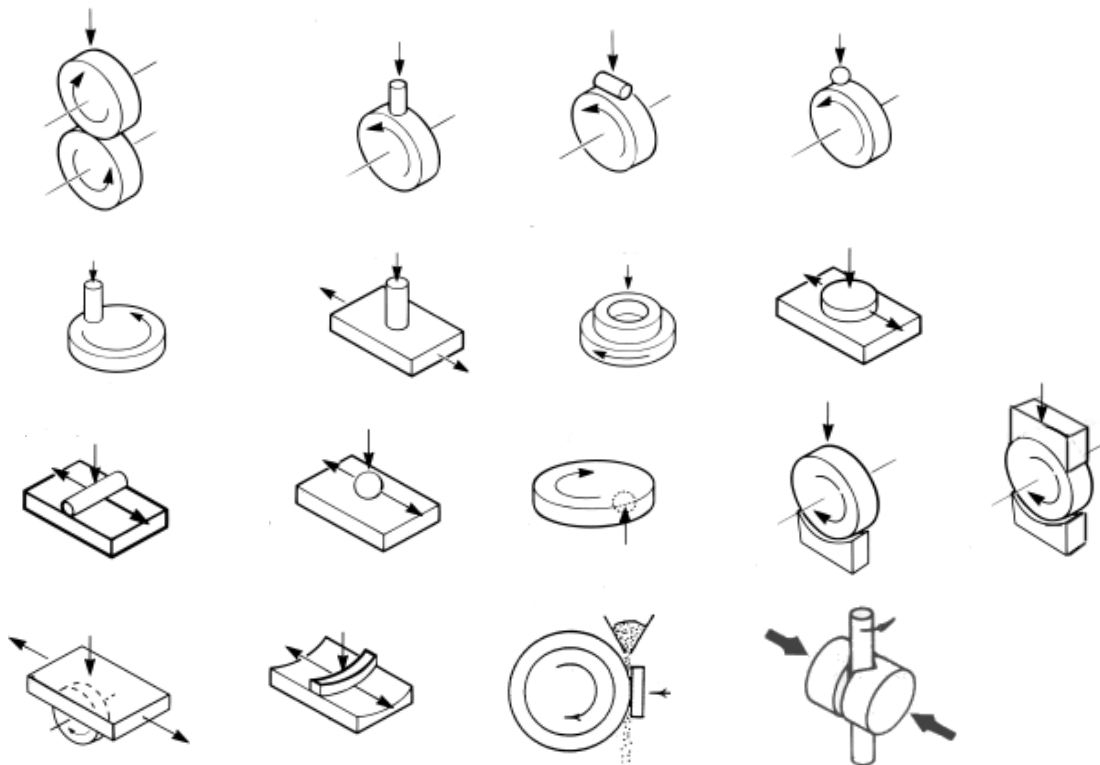


Rys. 2. Czynniki wpływające na zachowanie tribologiczne układu mechanicznego

Badania tribologiczne przeprowadza się na urządzeniach zwanych tribometrami. Warunki testu powinny być dobrane do przewidywanych warunków eksploatacji materiałów. Dlatego definiuje się takie czynniki jak:

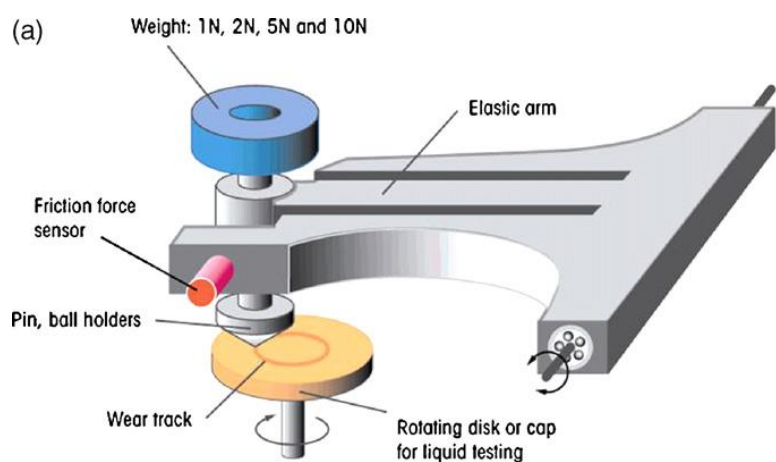
- a) rodzaj ruchu wzajemnego (np. toczenie, ślizganie, uderzenie, wibracje)
- b) powtarzalność ruchu
- c) długość powtarzalnego odcinka ruchu
- d) obciążenie i prędkość ruchu;
- e) środowisko, w którym przeprowadzamy badania (powietrze, środek smarny, luźne cząstki, temperatura, wilgotność)
- f) geometria kontaktu; ze względu na geometrię kontaktu można wyróżnić różnego rodzaju testy tribologiczne (rys. 3)

Dobór obciążenia uwarunkowany jest właściwościami mechanicznymi współpracujących materiałów. Maksymalne naprężenie ścinające wytwarzane w materiale (występujące na pewnej głębokości pod miejscem kontaktu wg teorii Hertza) nie może przekroczyć granicy plastyczności materiału.



Rys. 3. Przykłady różnych geometrii kontaktu w testach tribologicznych

Jedną z metod wyznaczania charakterystyk tribologicznych jest metoda kulka – tarcza (pin-on-disk), której zasada pokazana jest na rysunku 4.



Rys. 4. Zasada działania tribometru metodą kulka – tarcza.

## Obliczenia

Po zakończeniu testu, rzeczywistą szybkość zużycia próbki i przeciw próbki można obliczyć na dwa sposoby: po pierwsze, można użyć profilometru do pomiaru profilu zużycia i obliczyć pole powierzchni przekroju śladu zużycia. Następnie należy wyznaczyć długość wytartego śladu zużycia i objętość usuniętego materiału. Znając objętość zużycia można określić szybkość zużycia (zwykle podawaną w  $\text{mm}^3 / \text{Nm}$ ).

Druga metoda polega na zważeniu próbki przed i po badaniu za pomocą bardzo dokładnej wagi. Sposób ten jest bardziej problematyczny, ponieważ pozostałości wytwarzane podczas badania muszą zostać całkowicie usunięte, aby zapobiec popełnieniu błędu.

## Szybkość zużycia wyrażana parametrem K

$$K = \frac{V}{F_N \cdot S}$$

gdzie:

V – objętość zużycia [ $\text{m}^3$ ]

$F_N$  – obciążenie normalne [N]

S – całkowita droga ruchu [m]

### 1. Metoda objętościowa

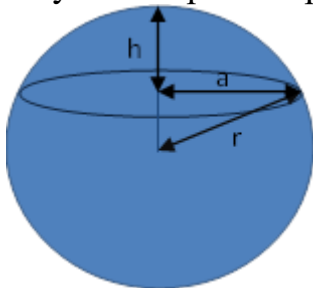
1a) Objętość przeciwpróbki (pin albo kulka)

Gdy kształt przeciwpróbki to walec (pin):

$$V = \frac{\pi d^2 (h_0 - h_1)}{4}$$

d – średnica przeciwpróbki;  $h_0$ ,  $h_1$  – wysokość przed i po teście

Gdy kształt przeciwpróbki to kulka:



$$V = \frac{\pi h^2}{3} (3r - h)$$

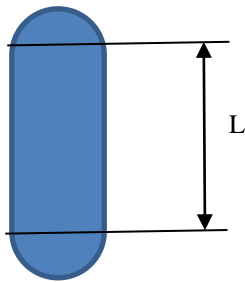
$$h = r - \sqrt{r^2 - a^2}$$

r – promień kuli [m]; a – promień po zużyciu wyznaczony przy pomocy mikroskopu

## 1b) Objętość śladu wytarcia

Wyznaczenie objętości śladu wytarcia na badanej płaskiej próbce.

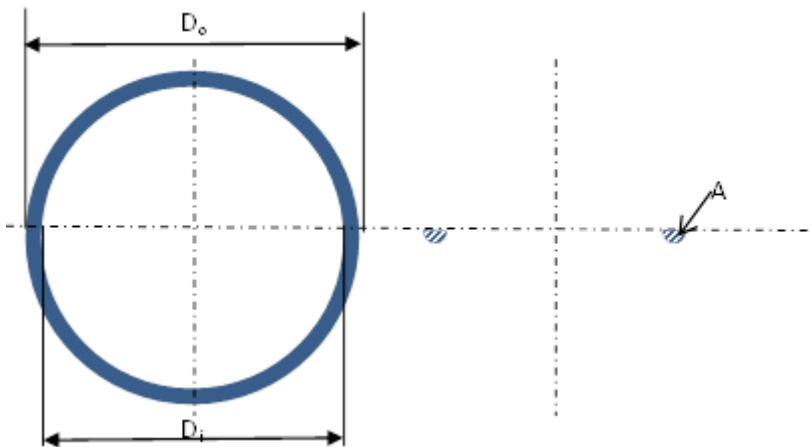
Objętość zużycia przy badaniu w ruchu posuwisto-zwrotnym:



$$V = L_{\text{śr}} A + \frac{\pi h^2}{3} (3r - h)$$

$L_{\text{śr}}$  – średnia długość śladu wytarcia [m];  $A$  – pole powierzchni śladu wytarcia wyznaczone na profilometrze [m<sup>2</sup>];  $h$  – głębokość śladu wytarcia [m];  $r$  – średnica kulki (przeciwpróbki) użytej podczas testu [m].

Objętość zużycia przy badaniu w ruchu obrotowym:



$$D_{\text{śr}} = (D_z + D_w)/2$$

$D_w$  – średnica wewnętrzna [m];  $D_z$  – średnica zewnętrzna [m]

$$V = D_{\text{śr}} A \pi$$

$D_{\text{śr}}$  – średnia średnica śladu wytarcia [m];  $A$  - pole powierzchni śladu wytarcia wyznaczone na profilometrze [m<sup>2</sup>]

## 2. Metoda wagowa

$$\Delta m = m_0 - m_1$$

$m_0$  – masa próbki przed testem,  $m_1$  – masa próbki po teście

$$V = \Delta m / \rho \text{ [m}^3\text{]}$$

$\rho$  – gęstość materiału [g/m<sup>3</sup>]

## II. Część praktyczna

### Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie zużycia wybranych materiałów metalowych metodą kulka - tarcza.

### Przebieg ćwiczenia:

1. Dobrać parametry testu dla metody kulka-tarcza dla układu: kulka ceramiczna ( $Al_2O_3$ ) w parze z próbką płaską wykonaną z: ..... oraz .....oraz zmierzyć ich twardość.
2. Przeprowadzić próbę zużycia i dokonać pomiaru współczynnika tarcia za pomocą tribometru CSM.
3. Określić wielkość zużycia materiału próbki za pomocą profilometru Dektak6M oraz pomiarów mikroskopowych.
4. Wykonać dokumentację mikroskopową zużycia na badanym materiale i kulce.
5. Dokonać analizy wyników i przygotować raport z badań wyników.

### Literatura:

1. T. Burakowski, T. Wierzchoń: Inżynieria powierzchni metali WNT 1995
2. Z. Lawrowski: „Tribologia - tarcie, zużycie, smarowanie” Wydawnictwo. Naukowe PWN, Warszawa 1993r
3. A.Gierek: Zużycie tribologiczne, Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2005.
4. J.Senatorski: Podnoszenie tribologicznych właściwości materiałów przez obróbkę cieplną i powierzchniową, Warszawa: Inst. Mechaniki Precyzyjnej, 2003.
5. <http://www.tribology-abc.com/>