

## 15. TARCIE W TECHNICIE

Cel wykładu

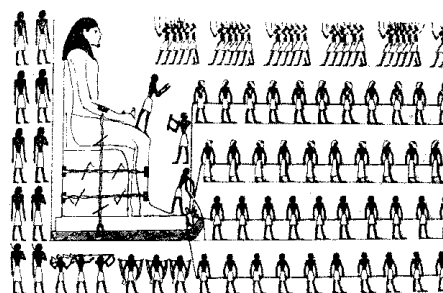


### 15.1. Znaczenie tarcia w przyrodzie i technice

**Tarcie jest to zjawisko powszechne, z którym człowiek spotyka się od zarania swych dziejów.**

Tarcie ma podstawowe znaczenie w przyrodzie i technice. Jest niezbędne do poruszania się istot żywych i pojazdów, umożliwia wykonywanie pracy. Związane jest ono nieomal z każdym zjawiskiem mechanicznym.

Było źródłem ognia i procesem technologicznym przy obróbce narzędzi. Występuje zarówno podczas ruchu ciała, jak i podczas spoczynku. Tarcia zawdzięczamy możliwość chodzenia, pisania, przytrzymywania w ręku różnych przedmiotów. Tarcia zawdzięczamy życie.



**W każdym ruchu tarcie jest siłą, która działa hamująco na ruch ciała.**

#### Pozytywne skutki tarcia

Tarcie towarzyszy nam w niemal wszystkich czynnościach, każdego dnia. Jest niezbędne do poruszania się istot żywych – działa, kiedy przemieszczamy się pozwalając poruszać się do przodu i powstrzymuje upadek. Gdyby nie tarcie, nie byłoby w stanie utrzymać niczego w ręce. Jest ono niezbędne, aby wprowadzić w ruch ciało będące w spoczynku lub zatrzymać to, które jest w ruchu. Dzięki tarcia możemy słuchać też muzyki. Tarcie jest podstawą działania wielu urządzeń technicznych, m.in. przekładni, hamulców, sprzęgieł. Gdyby nie tarcie, wiele rzeczy po prostu nie używałoby się, ale też zarazem niemożliwe byłoby ich wykorzystanie. Tarcie występujące między kołem a jezdnią jest siłą pożyteczną, umożliwiającą ruch, ale jeszcze bardziej pożyteczne, kiedy trzeba wóz gwałtownie zatrzymać.

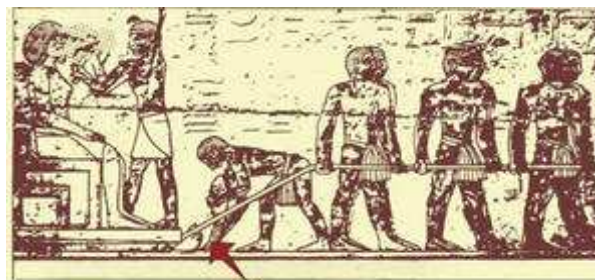


#### Negatywne skutki tarcia

Tarcie jest zjawiskiem niepożądanym, ponieważ powoduje utraty energii na pokonanie oporów oraz niszczenie elementów urządzeń technicznych. Jeśli jesteśmy zainteresowani, aby dany ruch się odbył, to tarcie jest wtedy czynnikiem szkodliwym. Takie będzie ono podczas jazdy samolotu, pociągu, roweru. Tarcie wywołuje zużycie niektórych elementów przemysłowych, klocków hamulcowych w samochodzie, ale także tępienie noży czy nawet wycieranie się gumek ołówkowych. Szkodliwość tarcia polega również i na tym, że powoduje ono niszczenie trących się podczas ruchu elementów maszyn, np. opony samochodu, osi i łożysk.

Tam, gdzie jest ono zjawiskiem niekorzystnym, zmniejsza się je, wprowadzając pomiędzy trące się mechanizmy różnego rodzaju ciecze (np. w przekładniach zębatych i łożyskach).

„Smarujesz biegnie wszystko lepiej” – o tym wiedzieli już starożytni Egipcjanie. Oliwą z oliwek została pokryta podstawa tronu faraona. Dzięki tarcia zaoszczędzono 50 % personelu ciągnącego.



„Jak nie posmarujesz – nie pojedziesz”

**Jakiegokolwiek smarowanie jest zawsze lepsze od braku smarowania.**

## 15. 2. Istota i rodzaje tarcia

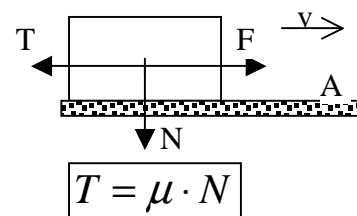
**Tarciem nazywamy zbiór zjawisk występujących w obszarze styku dwóch przemieszczających się względem siebie ciał, w wyniku których powstają opory ruchu.**

*Siła tarcia jest siłą bierną, tzn. pojawia się, kiedy na stykające się ciała zaczynają działać siły równoległe do podłoża.*

**Miarą tarcia** jest opór równoważony wypadkową siłą styczną  $T$  podczas przemieszczania jednego ciała względem drugiego.

W typowych sytuacjach tarcia posuwistego stosunek siły tarcia  $T$  do nacisku trących powierzchni  $N$  jest stały. Jego wartość nazywana jest **współczynnikiem tarcia**  $\mu$ .

Wartość współczynnika tarcia  $\mu$  zależy w sposób zasadniczy od rodzaju i stanu  $A$  powierzchni trących oraz ich pokrycia (suche, mokre), natomiast **nie zależy** od ich nominalnej wielkości.



**Wzór Amontonsa  
1699 r.**

### RODZAJE TARCIA

*Ze względu na rodzaj ruchu*

- ◊ **Styczne (spoczynkowe)**  $\implies$  Kiedy zaczynamy ruch (przesuw lub obrót).
- ◊ **Kinetyczne (ruchowe)**  $\implies$  Kiedy ciało jest już w ruchu (suwliwym lub obrotowym).

*Ze względu na kształt stykających się powierzchni*

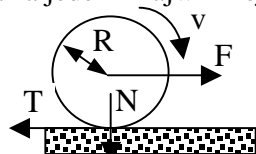
- ◊ **Ślizgowe (suwliwe)**  $\implies$  Obszarem styku jest powierzchnia płaska.
- ◊ **Kinetyczne (toczne)**  $\implies$  Obszarem styku jest powierzchnia zakrzywiona, np. kula.

*Ze względu na lokalizację*

- ◊ **Zewnętrzne**  $\implies$  Pomiędzy dwiema różnymi powierzchniami ciał stałych.
- ◊ **Wewnętrzne**  $\implies$  Pomiędzy atomami ciał stałych, cieczy i gazów.

Z przypadkiem tarcia statycznego mamy do czynienia wtedy, gdy zaczynamy przesuwac (ruszamy z miejsca) stykające się ciała. W odróżnieniu do niego tarcie kinetyczne zachodzi już podczas ruchu. Ponieważ trudniej jest ruszyć ciało z miejsca, niż później podtrzymać jego prędkość, to w większości przypadków tarcie statyczne jest większe od dynamicznego.

Tarcie toczne występuje dla sytuacji, w których mamy do czynienia z kulą, kołem lub walcem toczonym po jakiejś powierzchni. Ponieważ toczenie jest zazwyczaj łatwiejsze niż suwliwe przesuwanie ciał, to siła tarcia tocznego jest wyraźnie mniejsza od siły tarcia posuwistego. Nie na darmo wynalazek koła uważany jest za jeden z najważniejszych w historii ludzkości!



$$T = \frac{\mu_T \cdot N}{R}$$

Ponieważ promień koła  $R$  występuje w mianowniku, to im większe koło, tym mniejszy opór tarcia  $T$  i łatwiejszy ruch takiego ciała.

Wprowadzenie między powierzchnie trące substancji smarowej powoduje zmianę tarcia suchego (zewnętrznego) na tarcie wewnętrzne w substancji smarowej. Mamy wtedy do czynienia z tarciem płynnym. Jest to tarcie, w którym powierzchnie ciał oddzielone są warstwą środka smarowego o takiej grubości, że w czasie trwania tego procesu nie występuje stykanie się występow mikronierówności obu powierzchni. W tarcu płynnym powierzchnie są idealnie rozdzielone warstwą środka smarowego. Występuje wtedy tylko tarcie wewnętrzne środka smarowego. Opór tarcia płynnego zależy od grubości warstwy środka smarowego i jego lepkości oraz obciążenia.

Jeśli objętość środka smarowego jest niewystarczająca, aby oddzielić całkowicie od siebie nierówności powierzchni warstwą środka smarowego, to występuje w tych warstwach tarcie graniczne. Jest ono wówczas, gdy: lepkość środka smarowego jest zbyt niska, duża chropowatość powierzchni, względnie niekorzystna geometria styku. Zużycie powierzchni jest wtedy dużo większe.

W rzeczywistych węzłach tarcia najczęściej mamy do czynienia z tarciem mieszanym, tj. takim, w którym występują oba typy tarcia (graniczne i płynne). Tarcie to ma miejsce zwłaszcza przy małych prędkościach względnych, dużych naciskach oraz nieustalonych stanach pracy węzła tarcia.

**Tarcie powoduje straty energii, wzrost temperatury i zużywanie się powierzchni.**

### 15. 3. Metody badania tarcia

**Nauka, która zajmuje się badaniem tarcia i zużycia i smarowania nazywa się tribologią.**

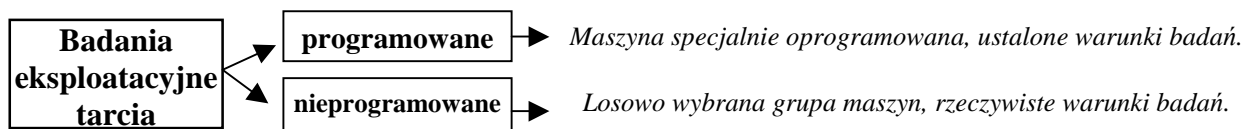
Tribologia jest nauką o tarcu i procesach towarzyszących tarcu. Nazwa wywodzi się od greckich słów *tribos* – tarcie, *logos* – nauka. Podstawy tkwią w przedmiotach ogólnych, takich jak: mechanika, wytrzymałość, inżynieria materiałów. Jej technicznym zastosowaniem zajmuje się tribotechnika. (Zagadnienia z tego zakresu można znaleźć np. w: Hebda, M. Wachal A.: *Tribologia*. WNT, Warszawa 1980, Lawrowski Z.: *Tribologia, tarcie, zużycie i smarowanie*. PWN Warszawa 1993).

#### Cel badań tarcia

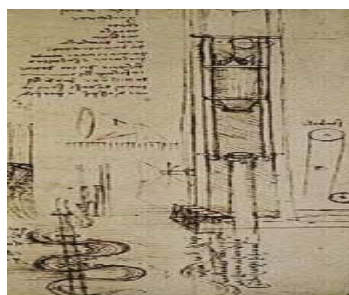
Metody badań tarcia powinny umożliwiać pomiar oporów tarcia w funkcji obciążenia, czasu współpracy pary trącej, temperatury powierzchni tarcia, prędkości itp. Wyniki badania siły tarcia i intensywności zużywania się badanych materiałów powinny być wykorzystywane przy konstruowaniu maszyn oraz w ich eksploatacji. Niezależnie od rodzaju badań należy prowadzić pomiary intensywności zużywania się i pomiary ilościowe oporów tarcia (siła, moment tarcia).

#### Rodzaje badań

Badania tarcia możemy prowadzić w warunkach laboratoryjnych lub eksploatacyjnych. Zazwyczaj w badaniach laboratoryjnych staramy się modelować rzeczywiste warunki pracy skojarzenia tarcowego. Na podstawie badań laboratoryjnych można wnosić o zachowaniu się skojarzenia w rzeczywistych warunkach eksploatacji maszyny. Modeluje się geometrię styku, kinematykę i dynamikę obciążenia, prędkość ruchu, naciski jednostkowe, smarowanie.

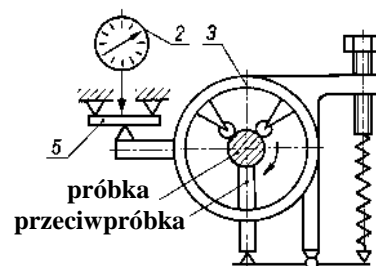


#### Metody badań tarcia



Jednym z pierwszych uczonych którzy podjęli studia nad tarcem, był **Leonardo da Vinci**, intuicyjnie czując jego wagę dla działania maszyn. Ponadto studiował tarcie osi i eksperymentował z tarcem, chcąc je ująć jako funkcję natury i kształtu kontaktujących się materiałów. Badał też te cechy z zastosowaniem smarów. Jego szkic (obok) zawiera rysunki trzech walców do badania tarcia.

Istnieje wiele różnych metod mierzenia parametrów tarcia. **Najczęściej stosowaną metodą** jest metoda oparta na zasadzie wprawienia w ruch pod działaniem siły tarcia „nieruchomej próbki”. Przemieszczenie próbki jest proporcjonalne do siły lub momentu tarcia w badanym skojarzeniu, które to wielkości mierzone są za pomocą dynamometrów o różnej konstrukcji. Obecnie w większości maszyn do badania tarcia stosuje się czujniki zmieniające odkształcenie elementu sprężystego na sygnał elektryczny. Do najczęściej stosowanych należą czujniki tensometryczne, piezoelektryczne i indukcyjne.



*Przykład pomiaru siły tarcia na stanowisku KE-4;*

Współcześnie badania tarcia przeprowadza się przy użyciu **maszyn tribologicznych**. Istnieje wiele różnych maszyn do tego badań, dotychczas jednak nie ma w tej dziedzinie ustalonych norm dotyczących pomiaru tarcia i zużycia, kształtów i wymiarów próbek i przeciwpróbek. Kryterium klasyfikacji maszyn badawczych jest cel badań, uwzględniający warunki eksploatacji. Ze względu na ten cel rozróżnia się ich trzy grupy pracujące: 1) wg programowanych warunków, 2) w warunkach zbliżonych do rzeczywistych, 3) w dowolnych warunkach.

**Badania tarcia i zużycia są ściśle związane z nauką budowy maszyn.**