Wytrzymałość Materiałów I

Naprężenia styczne – czyste ścinanie

opracował:
dr hab. inż. Paweł JASION
e-mail: pawel.jasion@put.poznan.pl
www: pawel.jasion.pracownik.put.poznan.pl

Politechnika Poznańska
Instytut Mechaniki Stosowanej
Zakład Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji

Plan prezentacji

1. Naprężenia tnące – czyste ścinanie
   - Wprowadzenie
   - Przykłady czystego ścinania

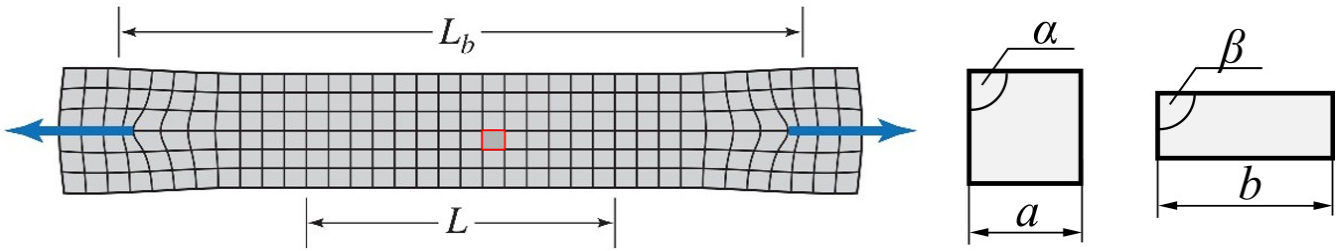
Plan prezentacji

1. Naprężenia tnące – czyste ścinanie
   - Wprowadzenie
   - Przykłady czystego ścinania

Odkształcenie postaciowe [Steif, 2012]

Odkształcenie normalne ε

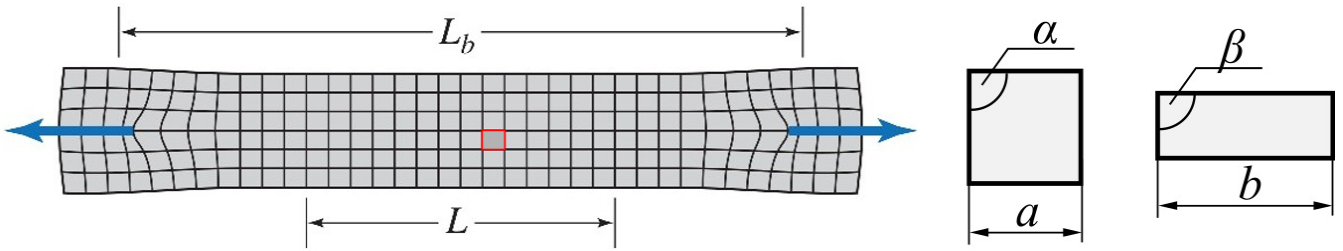
opisuje intensywność deformacji elementu wywołanej wydłużeniem *(zmienia się wymiar, nie postać; $a \neq b; /\alpha = \beta$)*



Odkształcenie postaciowe [Steif, 2012]

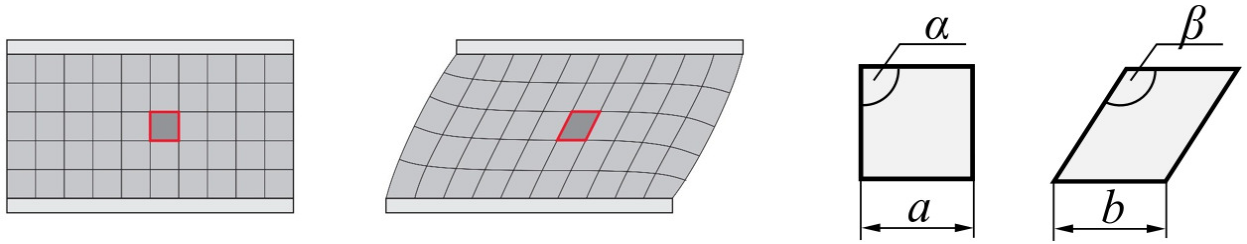
Odkształcenie normalne ε

opisuje intensywność deformacji elementu wywołanej wydłużeniem *(zmienia się wymiar, nie postać; $a \neq b; /\alpha = \beta$)*



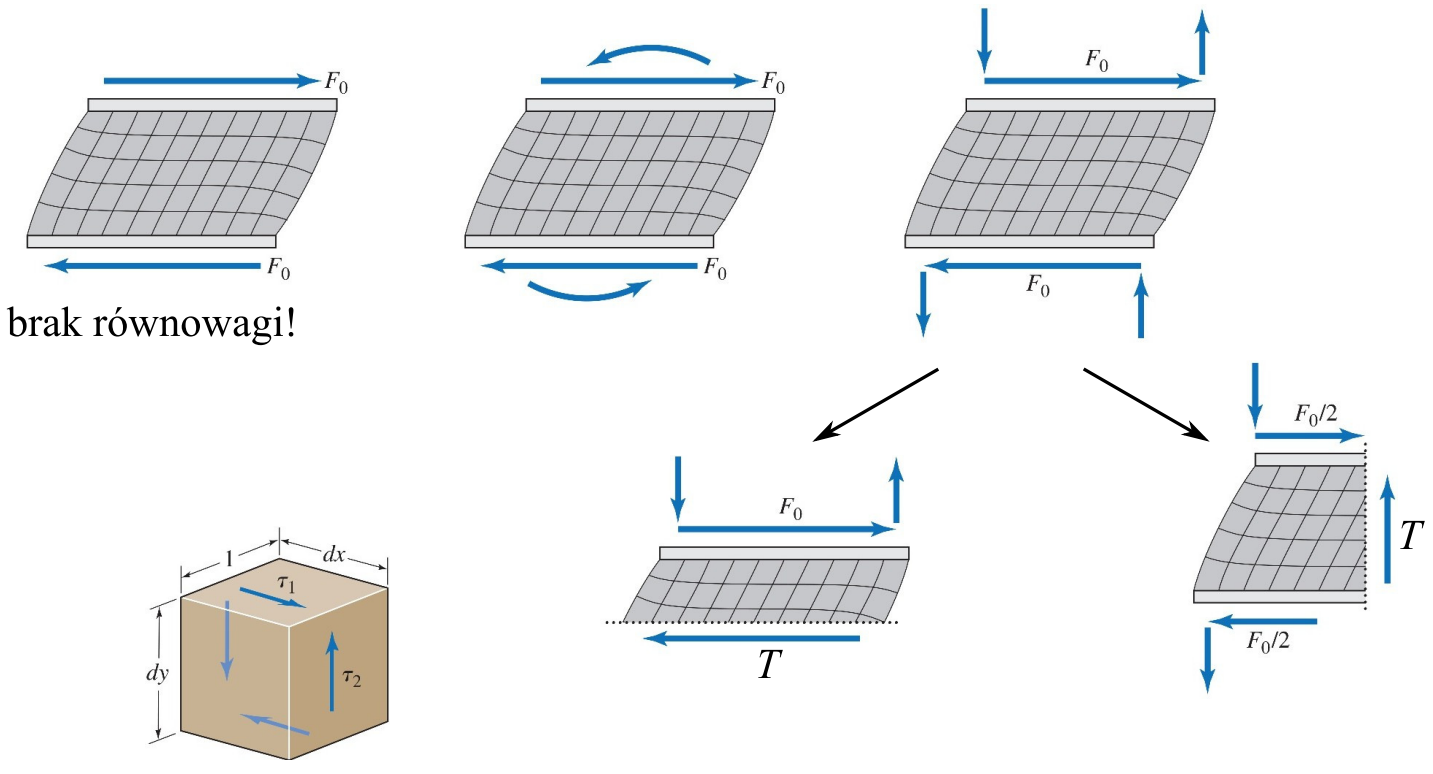
Odkształcenie postaciowe γ

opisuje intensywność deformacji elementu wywołanej zmianą kształtu *(zmienia się postać, nie wymiar; $a = b; /\alpha \neq \beta$)*



Siła styczna (tnąca) T

- o istnieniu wewnętrznej siły stycznej T można się przekonać, analizując równowagę prostokątnego elementu poddanego działaniu obciążeń stycznych F_0

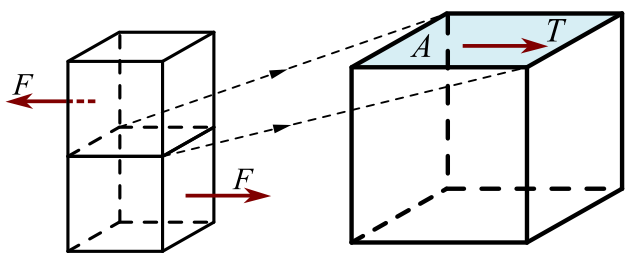


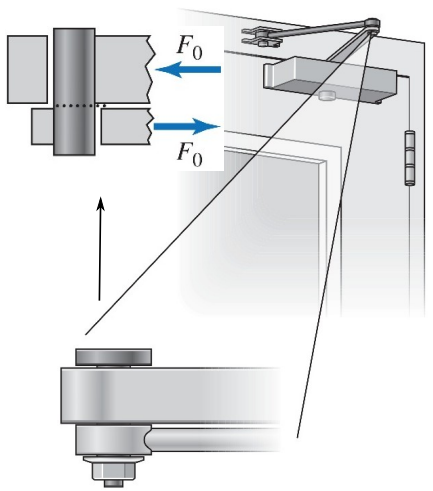
Naprężenia styczne (ścinające) τ

Naprężenia styczne τ

- miara intensywność wewnętrznych sił stycznych
- definiuje się jako siłę styczną, wywoływaną przez dwa sąsiednie elementy, podzieloną prze pole powierzchni, na której ta siła działa

$$\tau = \frac{T}{A}$$

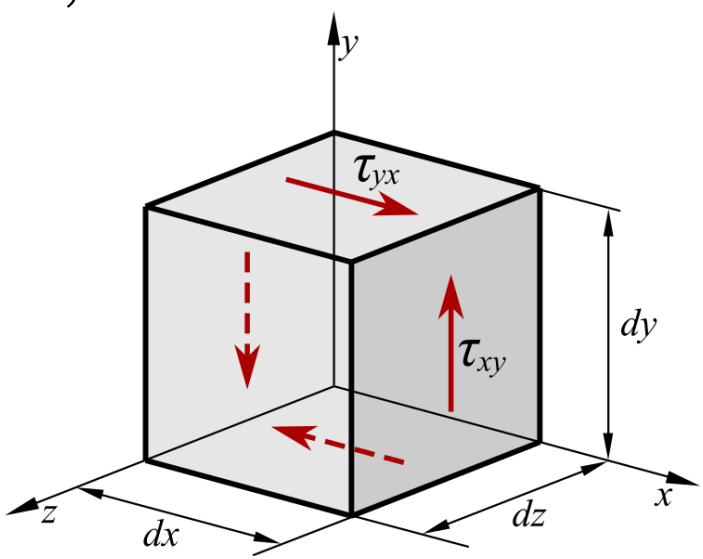




Naprężenia styczne – kierunki i znaki

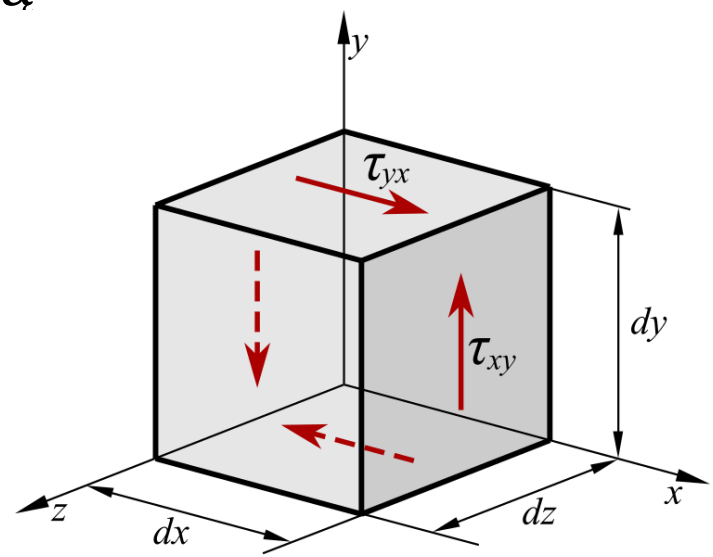
Wartości naprężeń na poszczególnych ściankach elementu:

- na ściankach sześcianu o wymiarach $dxdydz$, w płaszczyźnie xy, pojawiają się naprężenia styczne
- przyjmujemy następujący sposób oznaczania naprężeń działających na poszczególnych ściankach
- pierwszy indeks wskazuje na kierunek osi normalnej do płaszczyzny działania naprężenia, a indeks drugi kierunek, w którym działa naprężenie



Naprężenia styczne – kierunki i znaki

- wartości naprężeń określimy rozważając równowagę sześcianu; możemy zapisać sumę rzutów sił na oś x i y oraz sumę momentów względem osi z
- pamiętamy, że siła jest równa iloczynowi naprężeń i powierzchni, na której działają
- z sumy rzutów sił widać, że naprężenia na przeciwnych ściankach muszą być sobie równe i skierowane przeciwnie



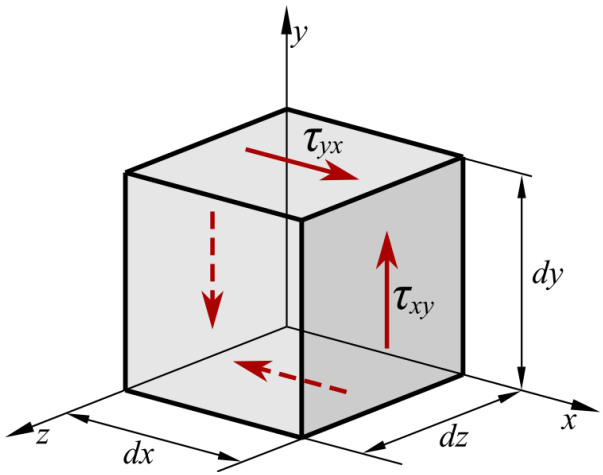
Naprężenia styczne – kierunki i znaki

- z sumy momentów względem osi z mamy

$$\sum M_z = -\tau_{xy} dxdydz + \tau_{yx} dydxdz = 0$$

- zatem

$$\tau_{xy} = \tau_{yx}$$

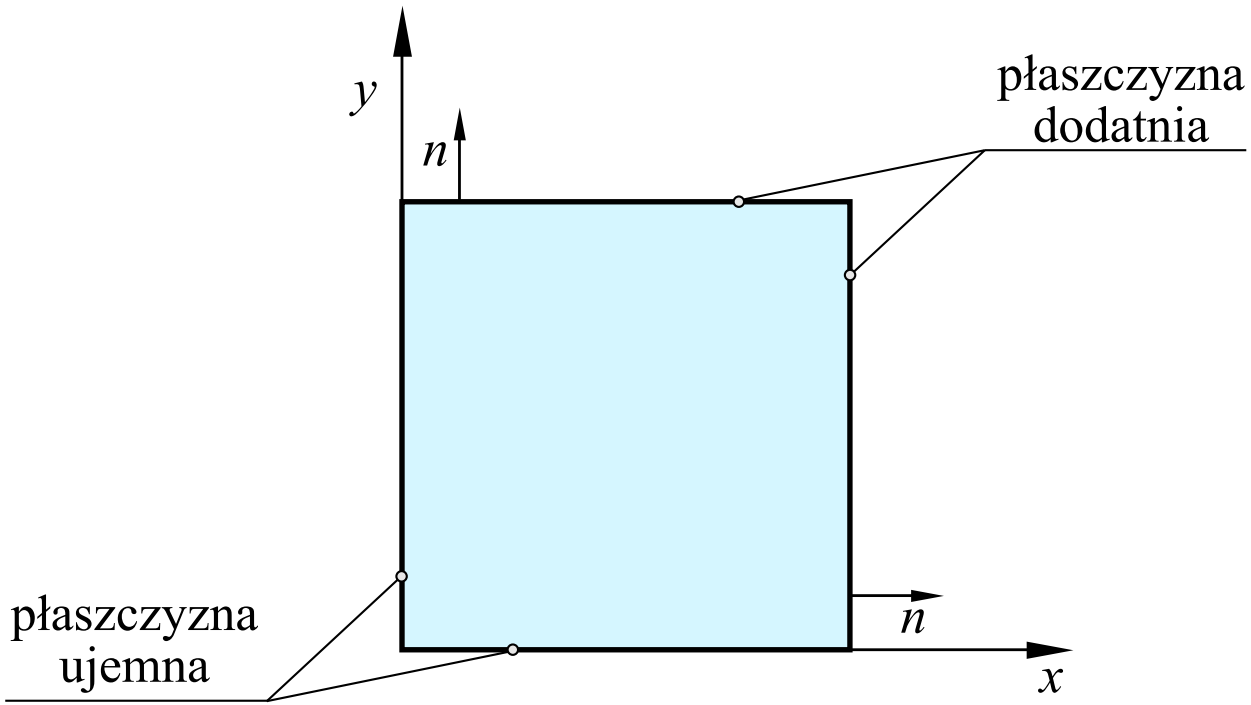


- podsumowując
  - naprężenia styczne na ściankach przeciwnych mają taką samą wartość, ale przeciwny kierunek
  - naprężenia styczne na ściankach przyległych mają taką samą wartość i skierowane są do lub od krawędzi przecięcia ścianek, na których działają

Naprężenia styczne – kierunki i znaki

Znak płaszczyzn

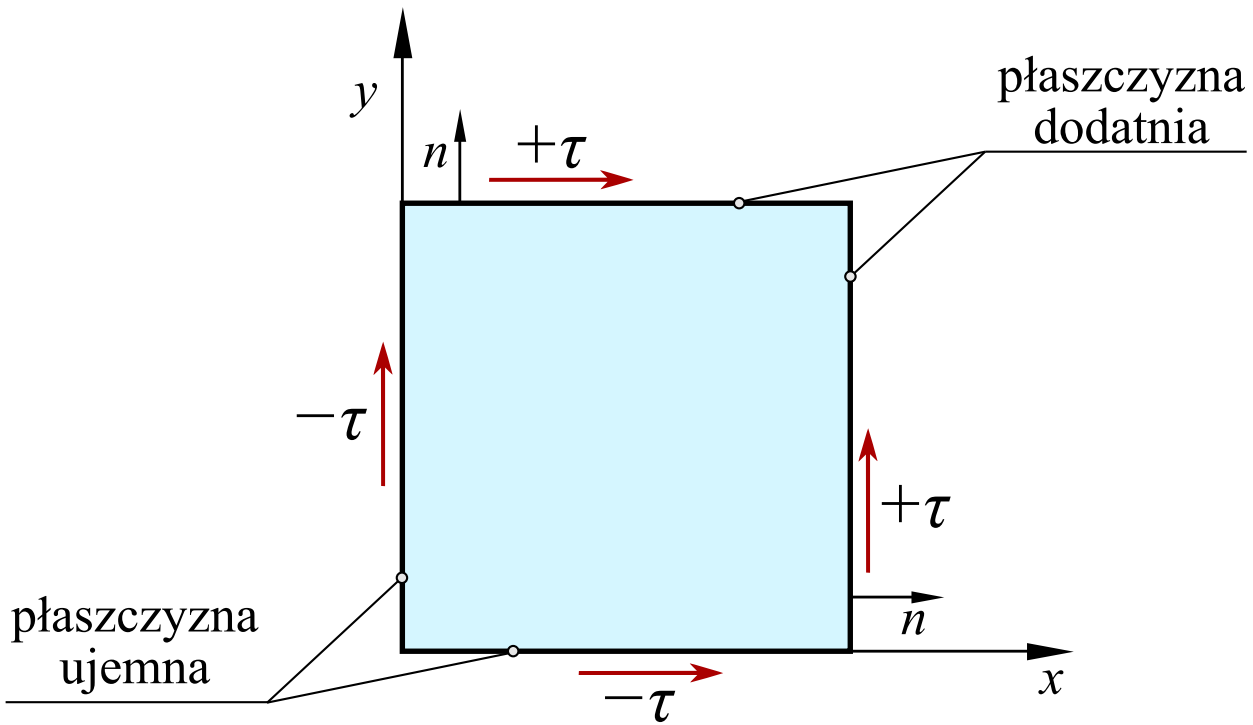
- płaszczyzny skierowane zgodnie z dodatnim zwrotem osi są dodatnie; kierunek płaszczyzny określony jest przez wektor normalny do niej



Naprężenia styczne – kierunki i znaki

Znak naprężeń

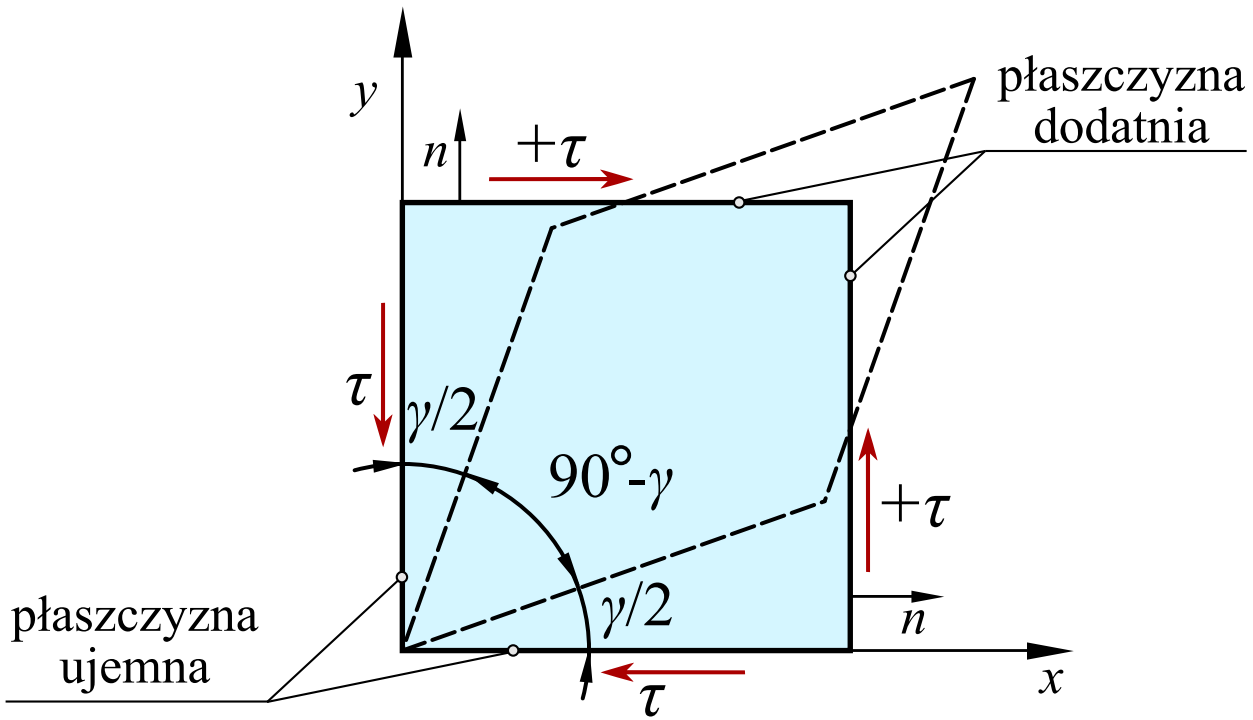
- naprężenia działające na płaszczyźnie dodatniej są dodatnie, jeśli skierowane są zgodnie z dodatnim zwrotem osi



Naprężenia styczne – kierunki i znaki

Znak odkształceń

- odkształcenia są dodatnie, jeśli kąt między dwoma dodatnimi lub ujemnymi płaszczyznami zmniejsza się



Moduł Kirchhoffa (moduł styczny)

Dla materiałów liniowo-sprężystych odkształcenia poprzeczne zanikają po ustaniu obciążenia i są proporcjonalne to naprężeń stycznych

Moduł Kirchhoffa (moduł styczny)

współczynnik proporcjonalności pomiędzy naprężeniami stycznymi a odkształceniem postaciowym

$$\tau = G\gamma$$

prawo Hooke'a dla ścinania

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

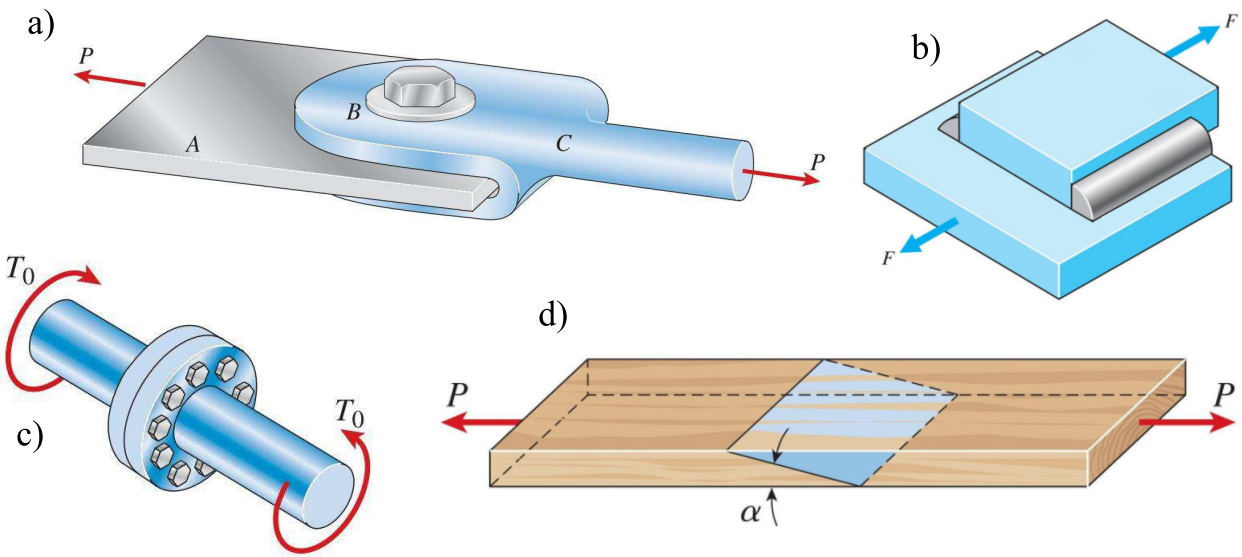
Plan prezentacji

1. Naprężenia tnące – czyste ścinanie
   - Wprowadzenie
   - Przykłady czystego ścinania

Czyste ścinanie

Obciążenie w postaci czystego ścinania pojawia się:

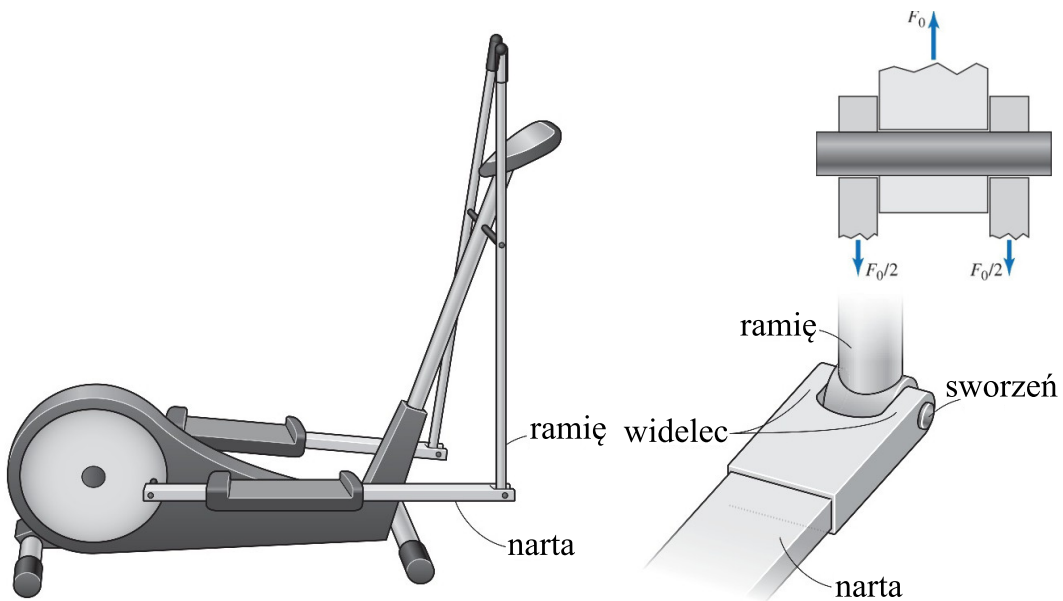
- w połączeniach części maszyn
  - śruby, nity, sworznie, połączenia klejone i spawane, połączenia kształtowe (np. wpusty)
- podczas procesu wytłaczania



Połączenie sworzniowe

[Steif (2012)]

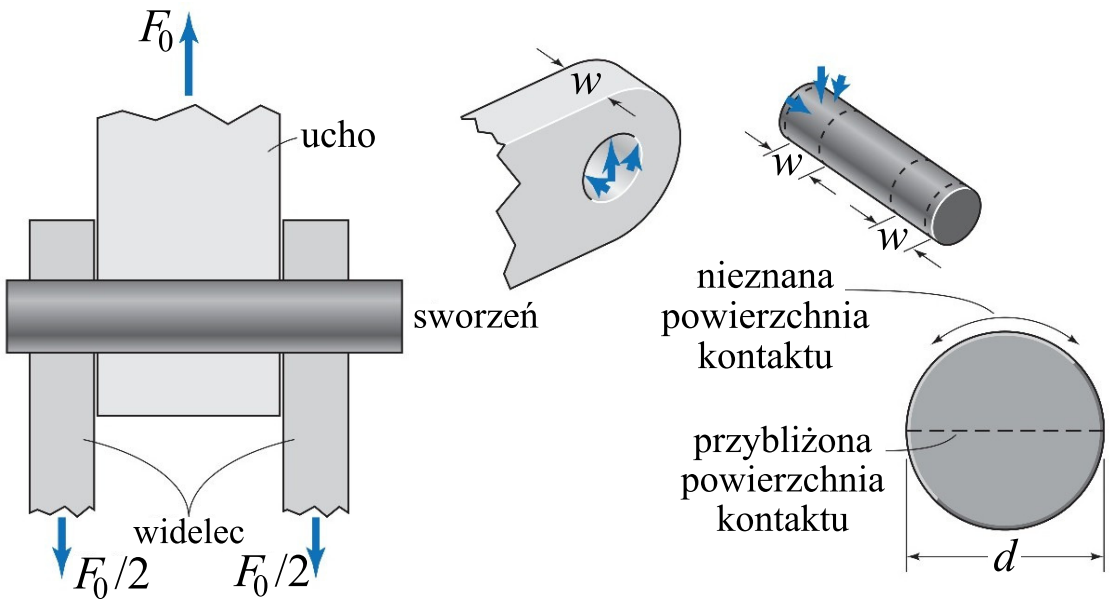
- sworznie łączą dwa lub więcej elementów pozwalając im na wzajemny obrót
- siły pomiędzy łączonymi elementami a sworzniem działają zwykle w kierunku prostopadłym do osi sworznia



Połączenie sworzniowe

[Steif (2012)]

- elementy łączone i sworzeń stykają się ze sobą na powierzchni cylindrycznej
- pomiędzy naciskającymi na siebie elementami pojawia się nacisk powierzchniowy $p = F/A$



Połączenie sworzniowe

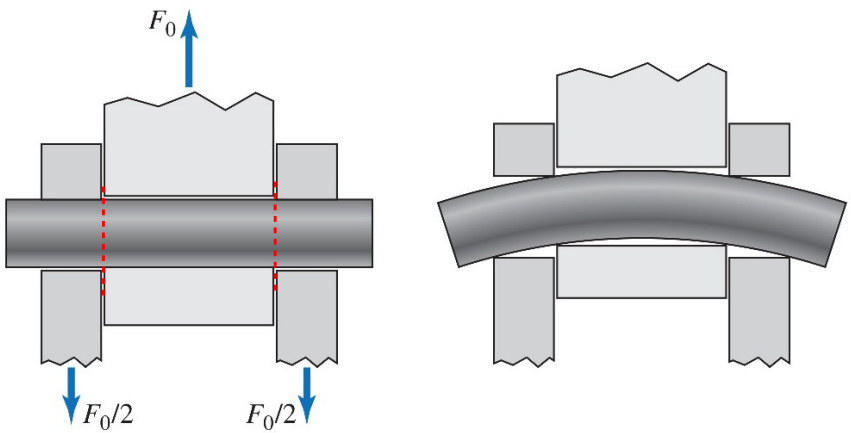
[Steif (2012)]

Aby wyznaczyć naprężenia styczne należy:

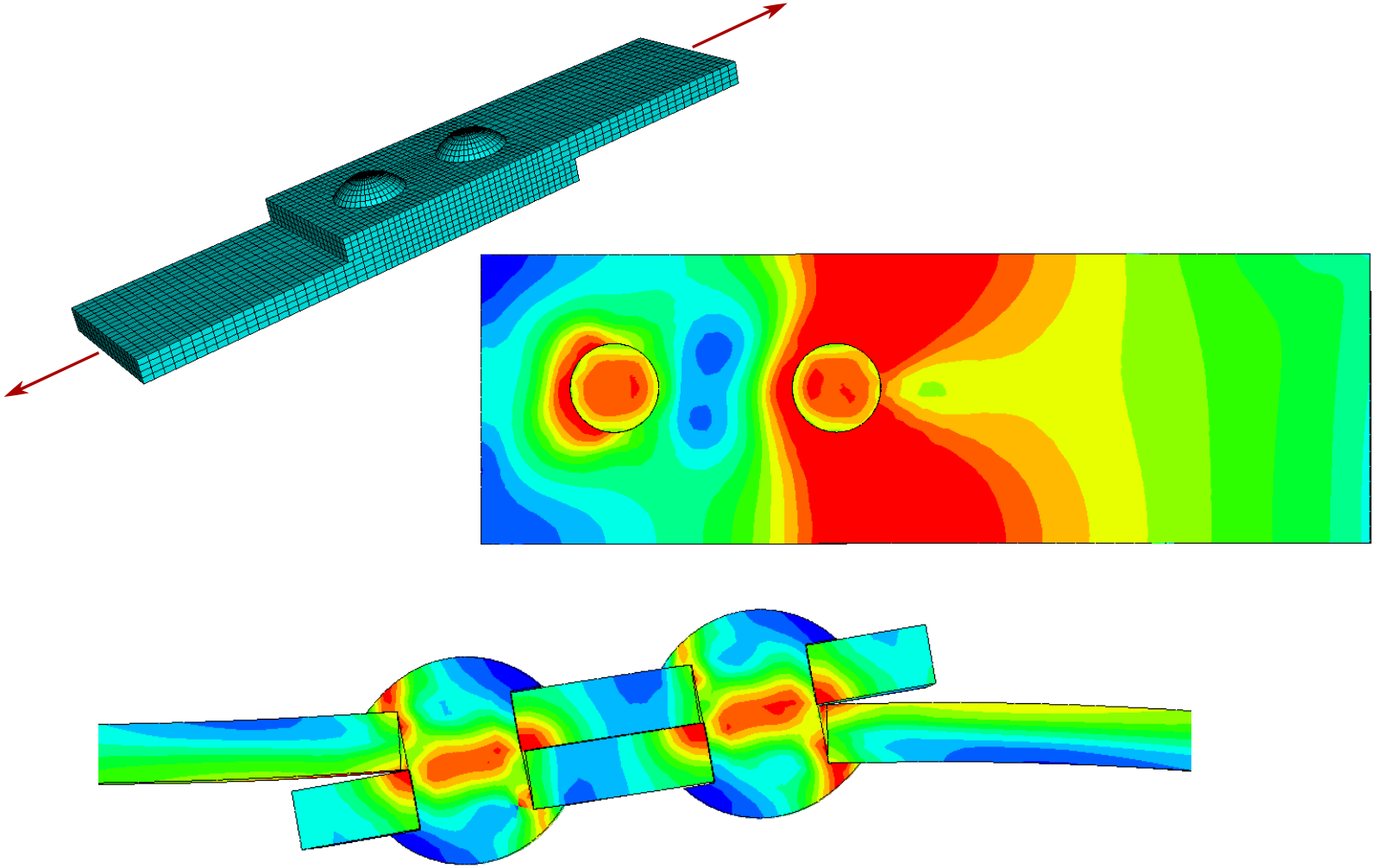
- zdefiniować siłę styczną
- określić liczbę ścinanych przekrojów

Dla przypadku przedstawionego poniżej:

$$\tau = \frac{T}{A} = \frac{F_0}{2\left(\frac{\pi d^2}{4}\right)}$$



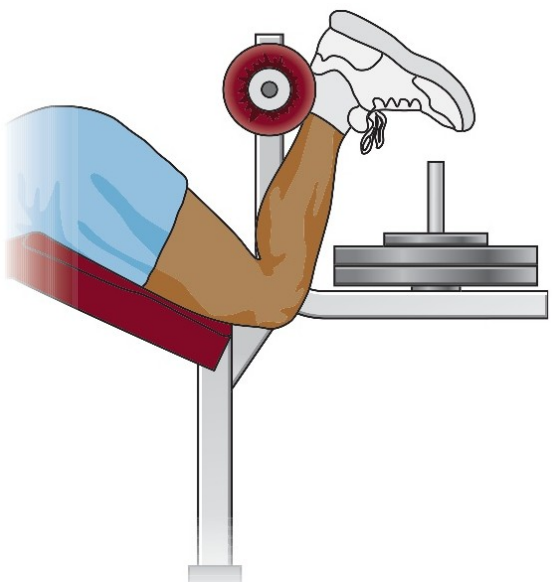
Rozkład naprężeń w połączeniu nitowym

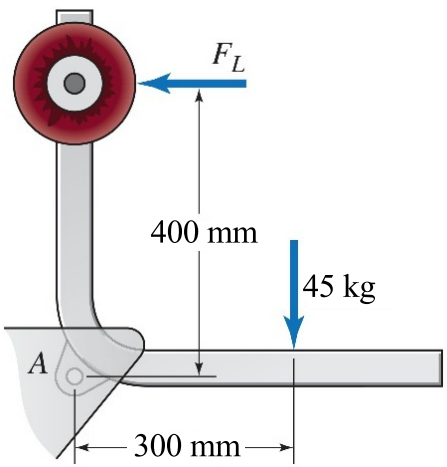


Połączenie sworzniowe

Przykład [Steif (2012)]

Na przyrządzie do ćwiczenia nóg obciążone ramie podnosi się do pozycji przedstawionej na rysunku. Sworzeń w postaci śruby M6 pozwala na obrót ramienia wokół punktu A. Podnoszony ciężar to 45 kg a nogi, ustawione pionowo, wywierają siłę F_L skierowaną poziomo. Wyznaczyć naprężenia tnące w śrubie w punkcie A.





Ścinane połączenia śrubowe

Przykład [Gere, Goodno (2009)]

Wspornik kątowy o grubości $t = 20$ mm przymocowany jest do kolumny dwoma śrubami M16. Równomiernie rozłożone obciążenie od podłogi, równe ciśnieniu $p = 2$ MPa, działa na górną powierzchnię wspornika A. Górna powierzchnia wspornika ma długość $L = 200$ mm i szerokość $b = 75$ mm. Określić średnie naciski powierzchniowe p pomiędzy wspornikiem kątowym a śrubami oraz średnie naprężenia styczne τ_{sr} w śrubach.

