

# Wprowadzenie do wytrzymałości materiałów.

## Wytrzymałość materiałów.

Zadaniem wytrzymałości materiałów jest opracowanie metod oceny zachowania spotykanych w praktyce inżynierskiej typowych elementów konstrukcyjnych poddanych działaniu obciążeń (obliczenie wartości i rodzaju naprężeń i odkształceń).

## Czynniki wpływające na naprężenia i odkształcenia:

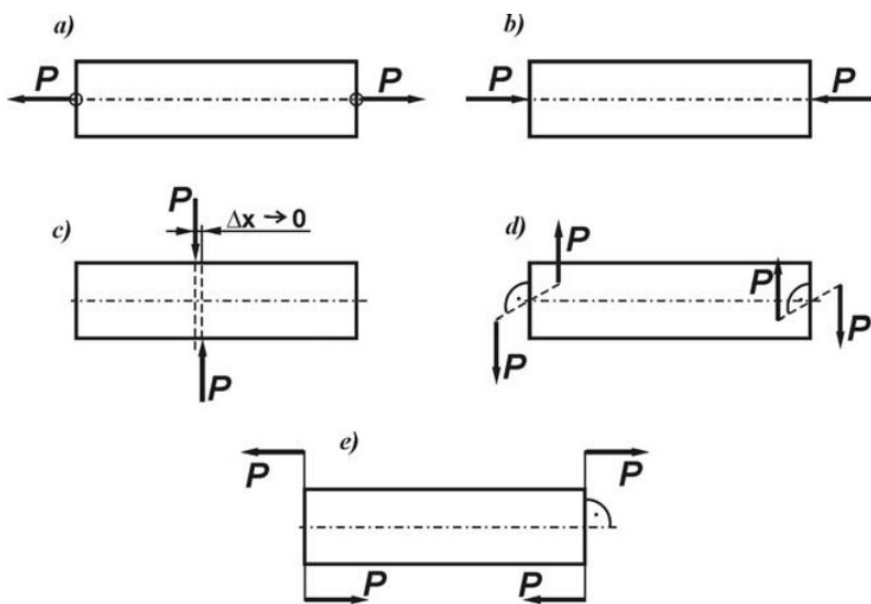
- Rodzaj materiału i jego stan,
- Kształt i wymiary elementu,
- Rodzaj oraz wartości sił obciążających.

## Założenia przy obliczeniach teoretycznych:

- Ciągłość materiału.
- Jednorodność materiału.
- Izotropowość materiału.
- Liniowa sprężystość materiału.

## Rodzaje obciążeń:

- Obciążenia stałe.
- Obciążenia użytkowe (zmiennie, zmęczeniowe, dynamiczne).
- Wpływ otoczenia.
- Obciążenia transportowe i montażowe.



- a) Rozciąganie
- b) Ścisnienie
- c) Ścinanie
- d) Skręcanie
- e) Zginanie

Obciążenia a), b), e) oznaczamy literką  $\sigma$

Pozostałe literką  $\tau$

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq k_r \quad k_r = \frac{R_m}{X_m}$$

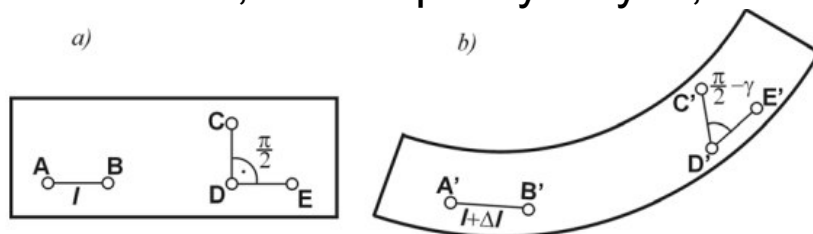
$k_r$  - Naprężenia dopuszczalne  $r$   $k$  w funkcji wartości granicy plastyczności,  $R_e$   $R_m$

## Odształcenie:

nazywamy chwilową lub trwałą zmianę wymiarów całego ciała lub jego części wywołaną przyłożonym do niego obciążeniem.

## Rodzaje odkształceń:

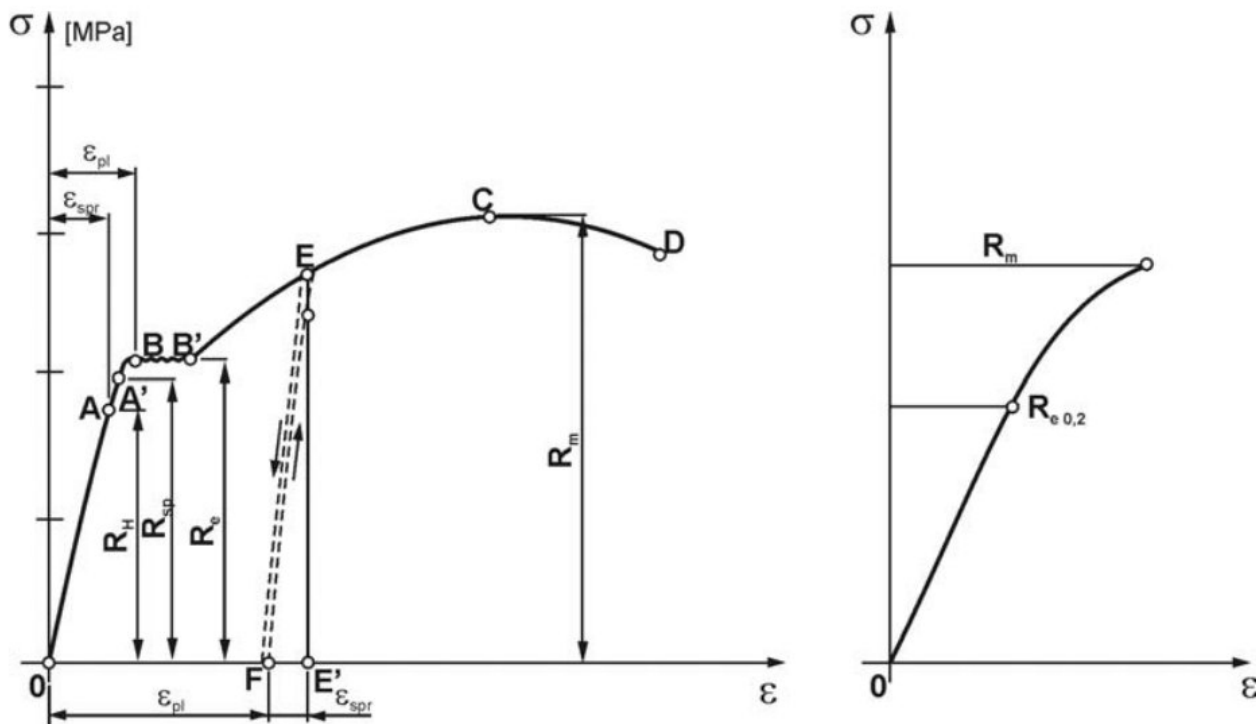
- Odkształcenia sprężyste, ustępujące po usunięciu obciążenia,
- Odkształcenia trwałe, zwane plastycznymi,



Odształcenia a) ciało przed odkształceniem, b) ciało po odkształceniu

## Elementy teorii sprężystości:

Wykresy prób zrywania.



Wykres rozciągania próbki z materiału a) sprężysto-plastycznego, b) sprężysto-krucho

- Granica proporcjonalności **R<sub>H</sub>** (punkt A). Jest to naprężenie, przy którym występuje jeszcze praktycznie liniowość między odkształceniem a naprężeniem.
- Granica sprężystości **R<sub>sp</sub>** (punkt A'). Odpowiada naprężeniom, przy których brak jest liniowości między  $\sigma$  i  $\epsilon$ , ale po odciążeniu próbka wraca do swojego kształtu pierwotnego (brak wyraźnego odkształcenia trwałego).

- Umocnienie materiału (punkt **B'**). Punkt, w którym tworzenie się poślizgów doznaje pewnego zahamowania
- Wytrzymałość doraźna **R<sub>m</sub>** (punkt C). Jest punktem stanu, przy którym naprężenia przestają być jednorodne.

Własności mechaniczne wybranych materiałów konstrukcyjnych.

| Material               | $E \cdot 10^5$<br>[MPa] | $G \cdot 10^5$<br>[MPa] | $\nu$<br>[-] | $R_e$<br>[MPa] | Wytrzymałość      |                   | $A_5$<br>[%] |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------|--------------|
|                        |                         |                         |              |                | $R_{mr}$<br>[MPa] | $R_{mc}$<br>[MPa] |              |
| Stal St 3S             | 2,06                    | 0,80                    | 0,29         | 235            | 370-460           | 370-460           | 25           |
| Stal sprężynowa 60SGH  | 2,08                    | 0,80                    | 0,30         | ~1250          | ~1400             | ~1400             | 7            |
| Żeliwo zwykłe          | 1,20                    | 0,47                    | 0,27         | 80-100         | 120-200           | 700-850           | 5            |
| Aluminium              | 0,72                    | 0,27                    | 0,34         | 50             | 90-100            | 90-100            | 8-13         |
| Cyna                   | 0,55                    | 0,21                    | 0,33         | 40             | 20-40             | -                 | 40           |
| Cynk                   | 1,30                    | 0,49                    | 0,33         | 100            | 110-150           | -                 | 5-20         |
| Miedź                  | 1,15                    | 0,43                    | 0,34         | 70             | 220               | -                 | 60           |
| Ołów                   | 0,17                    | 0,06                    | 0,42         | 5              | 20                | 20                | 50           |
| Wolfram                | 4,20                    | 1,80                    | 0,17         | 750            | ~1300             | -                 | -            |
| Stop Al-Cu D16         | 0,70                    | 0,26                    | 0,34         | 320            | 460               | 460               | 17           |
| Stop Cu-Sn (brąz)      | 1,05                    | 0,40                    | 0,32         | 350            | 480               | 480               | 11           |
| Sosna (wzdłuż włókien) | 0,10                    | -                       | 0,05         | -              | 80                | 45                | -            |
| Dąb (wzdłuż włókien)   | 0,15                    | -                       | 0,05         | -              | 96                | 55                | -            |
| Beton                  | 0,30                    | 0,13                    | 0,17         | -              | 2-3               | 20-40             | -            |
| Szkło potasowe         | 0,62                    | 0,25                    | 0,24         | -              | 2-3               | 70-90             | ~0           |
| Bakelit                | 0,04                    | 0,01                    | 0,37         | -              | -                 | 80                | -            |
| Kauczuk miękki         | $4 \cdot 10^{-5}$       | $1,3 \cdot 10^{-5}$     | 0,49         | -              | 20                | -                 | (>200)       |

### Przykład obliczeń siły zrywającej:



Źródło: Siuta W. Mechanika techniczna WSiP Warszawa 2004 str. 187

- Pole przekroju obciążonego elementu:  $S = a^2$
- naprężenie dopuszczalne na rozciąganie:  $k_r = \frac{R_m}{n}$
- z warunku wytrzymałości na rozciąganie należy wyznaczyć siłę  $F$ :

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq k_r$$

$$F \leq k_r \cdot S$$

$$F \leq \frac{R_m}{n} \cdot a^2$$

$$F \leq \frac{800 \text{ MPa}}{4} \cdot 0.02^2 \text{ m}^2$$

$$F \leq 200 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2 \cdot 0.0004 \text{ m}^2$$

$$F \leq 80000 \text{ N}$$

$$F \leq 80 \text{ kN}$$

Odp. Największa bezpieczna siła wynosi 80 kN.

***Zadanie do samodzielnego wykonania:***

Oblicz największy ciężar, jaki możemy zawiesić na pręcie stalowym St3S o średnicy 5mm przy założeniu że współczynnik bezpieczeństwa  $n=2$ .