

Mechanika i Wytrzymałość Materiałów

Projektowanie konstrukcji

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

- 1 Projektowanie konstrukcji
 - Współczynnik bezpieczeństwa
 - Naprężenia dopuszczalne
 - Warunek wytrzymałościowy

Plan prezentacji

- 1 Projektowanie konstrukcji
 - Współczynnik bezpieczeństwa
 - Naprężenia dopuszczalne
 - Warunek wytrzymałościowy

Wytrzymałość materiałów a proces projektowy

- w uproszczeniu, proces projektowy można podzielić na trzy etapy

invention → design → construction

- narzędzia wytrzymałości materiałów pomagają w nadawaniu postaci konstrukcyjnej
- projektowana konstrukcja musi być między innymi bezpieczna

Współczynnik bezpieczeństwa n_e

Rzeczywista wytrzymałość konstrukcji musi być większa niż wytrzymałość wymagana

Współczynnik bezpieczeństwa n_e

$$n_e = \frac{\text{wytrzymałość rzeczywista}}{\text{wytrzymałość wymagana}}$$

- współczynnik bezpieczeństwa jest zatem liczbą większą od jedności
- może przyjmować wartości od 1,1 do 12

Współczynnik bezpieczeństwa n_e

Współczynnik bezpieczeństwa powinien uwzględniać:

- rozbieżność między obciążeniami rzeczywistymi a przyjętymi do obliczeń
wartości sił; cykliczność obciążeń
- nieadekwatność modelu obliczeniowego
uproszczenia przy wyprowadzaniu wzorów
- niejednorodność materiału
wpływ mikro i makro defektów; zmiana właściwości mechanicznych w czasie eksploatacji

Współczynnik bezpieczeństwa n_e

Współczynnik bezpieczeństwa powinien uwzględniać:

- funkcję, jaką element spełnia w konstrukcji
czy uszkodzenie elementu doprowadzi do awarii maszyny lub zagrożenia życia?
- niedokładność wykonania i montażu
wymiary inne niż założone; brak osiowości; zmiana geometrii konstrukcji w czasie eksploatacji

Plan prezentacji

- 1 Projektowanie konstrukcji
 - Współczynnik bezpieczeństwa
 - **Napężenia dopuszczalne**
 - Warunek wytrzymałościowy

Napężenia i obciążenia dopuszczalne

- sposób wyznaczania naprężeń dopuszczalnych zależy od charakteru obciążenia konstrukcji
- w przypadku obciążenia statycznego wyznacza się je jak poniżej

Napężenia dopuszczalne

napężenia dopuszczalne = $\frac{\text{granica plastyczności}}{\text{współczynnik bezpieczeństwa}}$

$$\sigma_{dop} = \frac{R_e}{n_e}$$

Plan prezentacji

- 1 Projektowanie konstrukcji
 - Współczynnik bezpieczeństwa
 - Naprężenia dopuszczalne
 - Warunek wytrzymałościowy

Warunek wytrzymałościowy

Maksymalne naprężenia pojawiające się w konstrukcji muszą być mniejsze od naprężeń dopuszczalnych

Warunek wytrzymałościowy – postać ogólna

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{dop}$$

- σ_{max} – największa wartość naprężeń pojawiająca się w konstrukcji; w ogólnym przypadku naprężenia w elemencie konstrukcyjnym mogą być mocno zróżnicowane
- σ_{dop} – zależne od materiału i rodzaju konstrukcji

Warunek wytrzymałościowy

- w przypadku jednoosiowego rozciągania, warunek wytrzymałościowy przyjmuje postać:

$$\frac{F}{A} \leq \frac{R_e}{n_e}$$

- zakładając, że rozciągany pręt jest okrągły, czyli że $A = (\pi d^2)/4$, możemy zapisać:

$$\frac{4F}{\pi d^2} \leq \frac{R_e}{n_e}$$

- zależność powyższa pozwala analizować różne przypadki zadań konstrukcyjnych, w zależności od dostępnych danych

Projektowanie konstrukcji

- **analiza konstrukcji** polega na wyznaczaniu stanu naprężeń i odkształceń w istniejącej konstrukcji
korzystamy z zależności

$$\sigma = \frac{F}{A}; \Delta l = \frac{FL}{EA}$$

- **projektowanie konstrukcji** polega na doborze parametrów geometrycznych konstrukcji tak, aby maksymalne naprężenia nie przekroczyły wartości dopuszczalnej
korzystamy z warunku wytrzymałościowego

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{dop}$$

Projektowanie konstrukcji

- współczynnik bezpieczeństwa należy dobierać z rozwagą
- w skrajnym przypadku naprężenia w konstrukcji są równe dopuszczalnym; mamy więc

$$\sigma = \sigma_{dop} \rightarrow \frac{F}{A} = \frac{R_e}{n_e} \rightarrow A = \frac{Fn_e}{R_e}$$

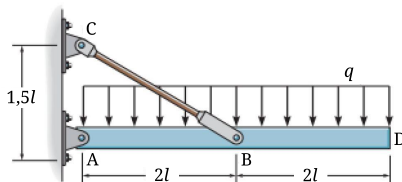
- zatem dwukrotne zwiększenie współczynnika bezpieczeństwa, np. z 2 do 4, powoduje dwukrotne zwiększenie przekroju poprzecznego, a tym samym dwukrotne zwiększenie masy
- zwiększeniem masy skutkuje wzrostem bezwładności elementu, wymiarów, ceny, kosztów transportu, itp.

Projektowanie konstrukcji

Przykład 1

Sztywna belka AD podtrzymywana jest przez okrągły pręt BC wykonany z aluminium ($R_e = 270 \text{ MPa}$) połączony z nią przegubowo.

- a) wyznaczyć minimalną średnicę pręta zakładając $l = 2 \text{ m}$, $q = 300 \text{ N/m}$; współczynnik bezpieczeństwa przyjąć na poziomie $n_e = 2,5$
- b) przyjmując średnicę pręta d równą 15 mm , wyznaczyć maksymalne obciążenie q , jakie może przenieść konstrukcja; założyć $l = 2 \text{ m}$

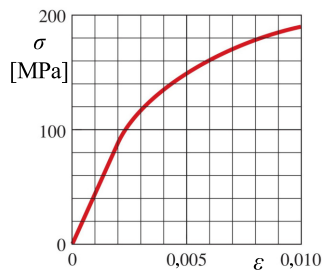


Projektowanie konstrukcji

Przykład 2

Okrągły pręt ze stopu magnezu ma długość 750 mm. Wykres rozciągania przedstawiony jest na rysunku. Pręt obciążono siłą osiową (czyste rozciąganie) do wydłużenia 6 mm i odciążono.

- Jakie jest trwałe wydłużenie pręta?
- Jaką wartość ma granica plastyczności po ponownym obciążeniu?
- Jaką wartość ma umowna granica plastyczności?

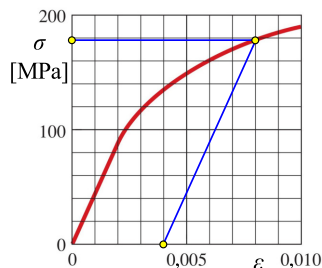


Projektowanie konstrukcji

Przykład 2

Okrągły pręt ze stopu magnezu ma długość 750 mm. Wykres rozciągania przedstawiony jest na rysunku. Pręt obciążono siłą osiową (czyste rozciąganie) do wydłużenia 6 mm i odciążono.

- Jakie jest trwałe wydłużenie pręta?
- Jaką wartość ma granica plastyczności po ponownym obciążeniu?
- Jaką wartość ma umowna granica plastyczności?



Projektowanie konstrukcji

Przykład 2

Okrągły pręt ze stopu magnezu ma długość 750 mm. Wykres rozciągania przedstawiony jest na rysunku. Pręt obciążono siłą osiową (czyste rozciąganie) do wydłużenia 6 mm i odciążono.

- Jakie jest trwałe wydłużenie pręta?
- Jaką wartość ma granica plastyczności po ponownym obciążeniu?
- Jaką wartość ma umowna granica plastyczności?

