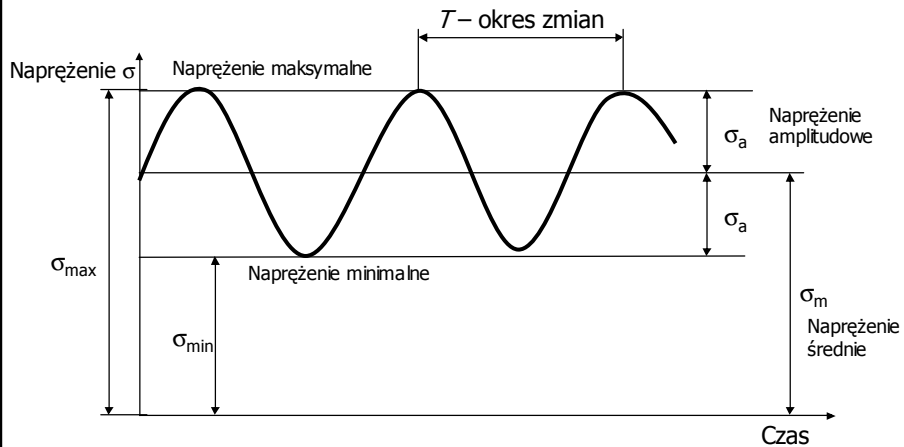


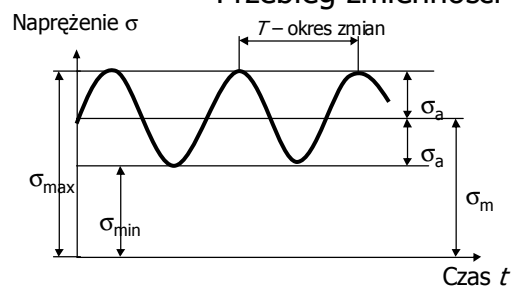
Zmienność obciążenia

Przebieg zmienności obciążenia



Zmienność obciążenia

Przebieg zmienności obciążenia



$$\sigma(t) = \sigma_m + \sigma_a \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a$$

$$\sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_a$$

Współczynniki charakteryzujące zmienność cyklu

Do opisu zmienności cyklu (jego asymetrii) stosuje się zamiennie dwa współczynniki

Współczynnik amplitudy cyklu

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

Współczynnik stałości obciążenia

$$\kappa = \frac{\sigma_m}{\sigma_a}$$

Współczynniki charakteryzujące zmienność cyklu

Współczynniki te są względem siebie przekształcalne

Współczynnik amplitudy cyklu

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

Współczynnik stałości obciążenia

$$\kappa = \frac{\sigma_m}{\sigma_a}$$

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}} = \frac{\sigma_m - \sigma_a}{\sigma_m + \sigma_a} = \frac{\frac{\sigma_m}{\sigma_a} - 1}{\frac{\sigma_m}{\sigma_a} + 1} = \frac{\kappa - 1}{\kappa + 1}$$

$$\kappa = \frac{\sigma_m}{\sigma_a} = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}} = \frac{1 + \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}}{1 - \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}} = \frac{1 + R}{1 - R}$$



Wytrzymałość zmęczeniowa

Czynniki wpływające na wytrzymałość zmęczeniową elementu:

- 1. Materiał elementu**
- 2. Zmienność obciążenia**
- 3. Kształt przedmiotu**
- 4. Stan powierzchni**
- 5. Wielkość przedmiotu**
- 6. Agresywne działanie środowiska**
- 7. Temperatura pracy**



Wytrzymałość zmęczeniowa

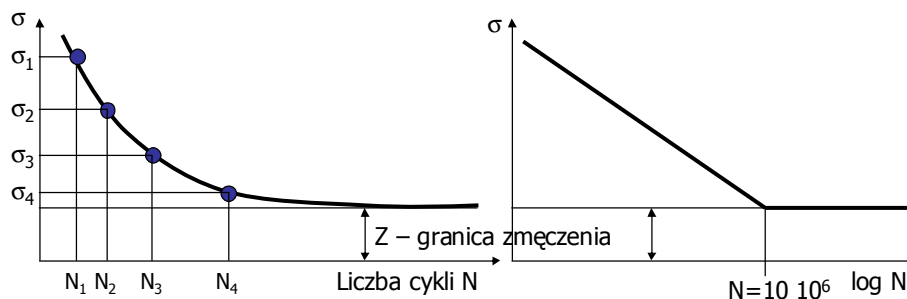
Czynniki wpływające na wytrzymałość zmęczeniową elementu:

- 1. Materiał elementu**
- 2. Zmienność obciążenia**

Badania nad wytrzymałością przy obciążeniach zmiennych przeprowadził Wöhler (druga połowa XIX wieku)

Wytrzymałość zmęczeniowa – wykres Wöhlera

Przeprowadził badania dla próbki wzorcowej przy danym typie obciążenia, przy zmiennej amplitudzie a stałym współczynniku amplitudy cyklu R . Celem badań było określenie ilości cykli obciążenia jakie wytrzyma próbka przy danym obciążeniu



Granica zmęczenia

Granica zmęczenia (wytrzymałość zmęczeniowa) Z – największe naprężenie, przy którym próbka nie ulegnie zniszczeniu po osiągnięciu umownej granicy liczby cykli N (bazowa liczba cykli)

Bazowa liczba cykli wynosi:

- dla stali $N = 10 \cdot 10^6$
- dla stopów metali nieżelaznych $N = 100 \cdot 10^6$
- w badaniach porównawczych $N = 2 \cdot 10^6, 5 \cdot 10^6, 20 \cdot 10^6$

Badania prowadzi się najczęściej dla dwóch charakterystycznych cykli:

- odzerowo-tętniącego
- wahadłowego.



Wytrzymałość zmęczeniowa

Czynniki wpływające na wytrzymałość zmęczeniową elementu:

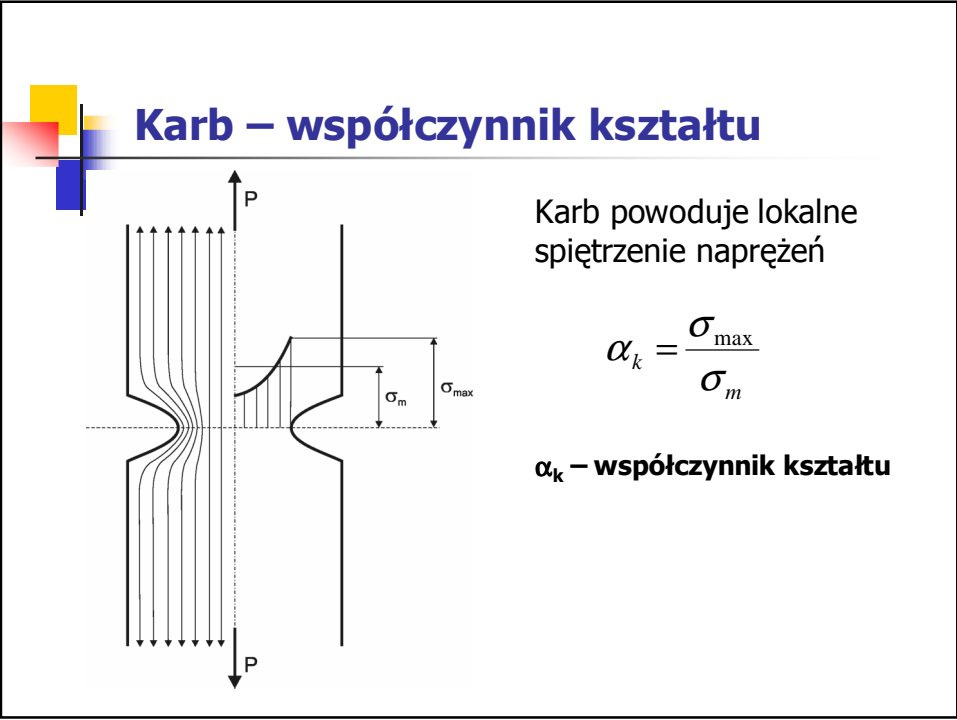
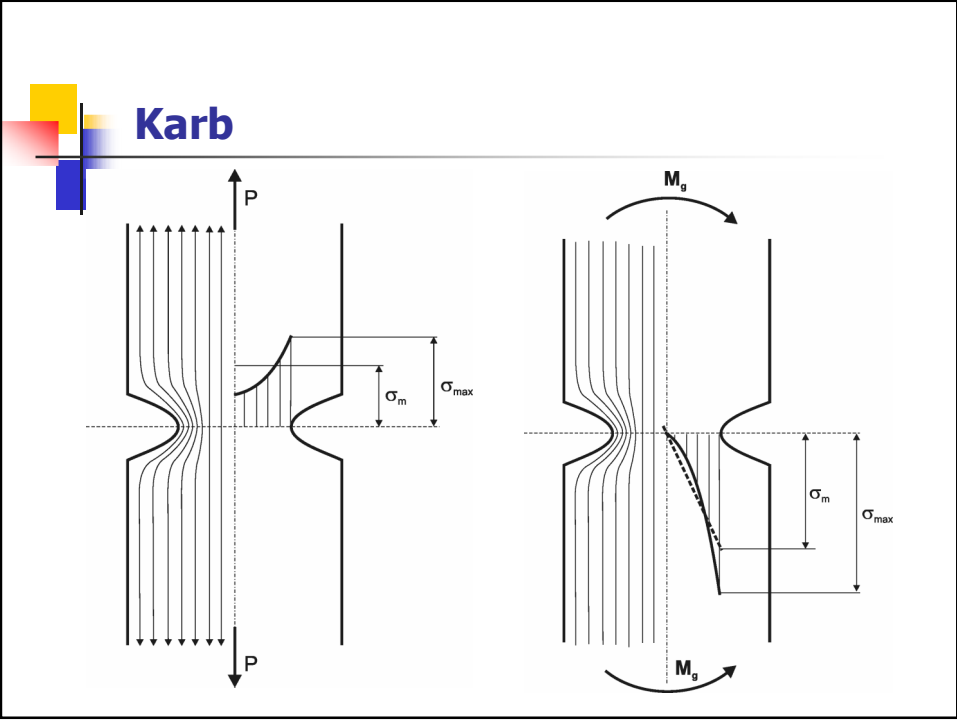
1. **Materiał elementu**
2. **Zmienność obciążenia**
3. **Kształt przedmiotu**
4. **Stan powierzchni**
5. **Wielkość przedmiotu**
6. **Agresywne działanie środowiska**
7. **Temperatura pracy**



Karb

Karb – miejsce zmian poprzecznych przekrojów elementów lub zmian krzywizny powierzchni ograniczających przedmiot:

- odsadzenia
- rowki
- wycięcia
- gwinty
- otwory
- itp...





Wytrzymałość zmęczeniowa

Czynniki wpływające na wytrzymałość zmęczeniową elementu:

- 1. Materiał elementu**
- 2. Zmienność obciążenia**
- 3. Kształt przedmiotu**
- 4. Stan powierzchni**
- 5. Wielkość przedmiotu**
- 6. Agresywne działanie środowiska**
- 7. Temperatura pracy**



Współczynnik stanu powierzchni

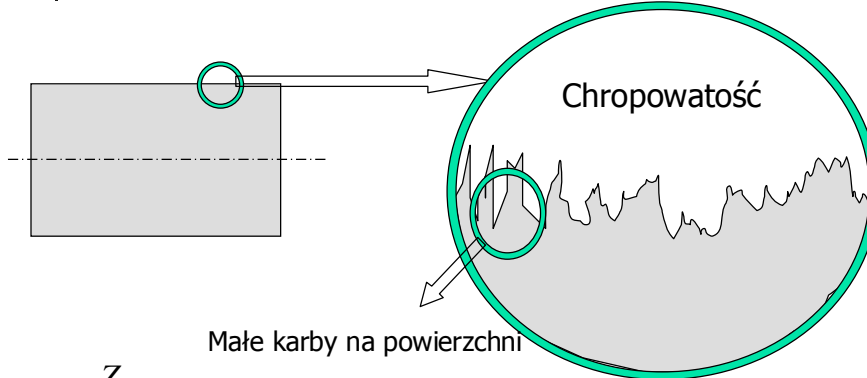
Każdy rodzaj obróbki powierzchni wpływa na wytrzymałość zmęczeniową elementu. Wynika to z:

Geometrii powierzchni

Nieciągłości parametrów
wytrzymałościowych
przekroju

Współczynnik stanu powierzchni

Geometria powierzchni



$$\beta_p = \frac{Z_{pol}}{Z_{obr}}$$

Z_{pol} – granica zmęczenia próbki polerowanej

Z_{obr} – granica zmęczenia próbki poddanej innej obróbce

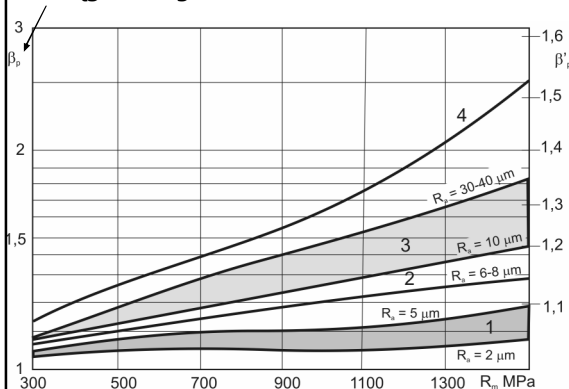
Współczynnik stanu powierzchni

Geometria powierzchni

$$\beta_p = f(R_m, \text{rodzaj obróbki})$$

Rozciąganie i zginanie

Skrcenie i scinanie



- 1 – szlifowanie
- 2 – toczenie, frezowanie dokładne
- 3 – toczenie, frezowanie zgrubne
- 4 – odlewanie, kucie ...

Współczynnik stanu powierzchni

Nieciągłości parametrów wytrzymałościowych przekroju wynikająca z:

Utwardzania powierzchniowego (młotkowanie itp.)

Obróbki chemicznej powierzchniowej:

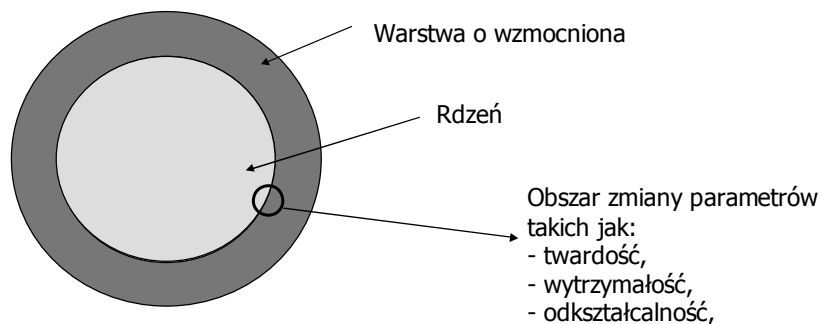
- nawęglanie,
- azotowanie ...

Obróbki cieplnej powierzchniowej:

- hartowanie powierzchniowe,
- ...

Współczynnik stanu powierzchni

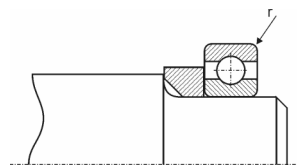
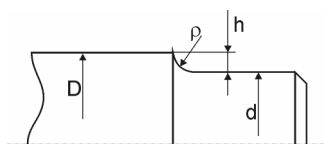
Nieciągłości parametrów wytrzymałościowych przekroju



Zalecenia konstrukcyjne

Aby uniknąć nadmiernego osłabienia wytrzymałości elementu w wyniku karbu należy:

Zmiany kształtu prowadzić możliwe łagodnie



$$\frac{D}{d} \leq 1,2$$

Zalecenia konstrukcyjne

Aby uniknąć nadmiernego osłabienia wytrzymałości elementu w wyniku karbu należy:

Jeżeli nie można uniknąć nagłych zmian kształtu to należy wprowadzać karby konstrukcyjne

