

**Tablica 1.** Przeciętne wartości ogólnego współczynnika bezpieczeństwa

Rodzaj materiału	Wartość współczynnika bezpieczeństwa dla obciążeń		
	statycznych		zmiennych
	$x_e$	$x_m$	$x_z$
Stale	2.0 ÷ 2.5	---	3.5 ÷ 4.0
Staliwa			
Żeliwo ciągliwe			
Żeliwo szare	---	3.5	3.0
Mosiądze	3.0	---	5.0
Brązy	3.5	---	4.5
Spize	3.6	---	5.0
Brązale	3.6	---	5.5
Stopy aluminium	3.9	---	6.0
Stopy magnezu	3.9	---	6.0

Przybliżone wartości naprężeń dopuszczalnych dla określonych warunków wytrzymałościowych i charakteru zmienności obciążenia wyznacza się na podstawie granicy plastyczności  $R_{e0}$  i granicy zmęczenia  $Z_0$ , których wartości można obliczyć według przybliżonych zależności przedstawionych w tablicy 2. Wartości obliczane są na podstawie parametrów uzyskanych podczas próby statycznego rozciągania tj.  $R_e$  i  $R_m$ .

**Tablica 2.** Przybliżone wartości granicy plastyczności  $R_{e0}$  i granicy zmęczenia  $Z_0$  dla określonych warunków wytrzymałościowych

Rodzaj materiału	Wartości granicy plastyczności $R_{e0}$ i granicy zmęczenia $Z_0$ materiału dla naprężeń										
	Rozciągających			ściskających		zginających			skręcających i ścinających		
	$R_{e(r)}$	$Z_{rj}$	$Z_{rc}$	$R_{e(c)}$	$Z_{cj}$	$R_{e(g)}$	$Z_{gj}$	$Z_{go}$	$R_{e(s)}$	$Z_{sj}$	$Z_{so}$
Stale	$R_e$	0.56 $R_m$	0.31 $R_m$	$R_e$	0.56 $R_m$	1.19 $R_e$	0.76 $R_m$	0.42 $R_m$	0.62 $R_e$	0.50 $R_m$	0.25 $R_m$
Staliwa	$R_e$	0.52 $R_m$	0.31 $R_m$	$R_e$	0.52 $R_m$	1.10 $R_e$	0.66 $R_m$	0.42 $R_m$	0.60 $R_e$	0.46 $R_m$	0.25 $R_m$
Staliwa węglowe	$R_e$	0.50 $R_m$	0.30 $R_m$	1.35 $R_e$	0.68 $R_m$	1.15 $R_e$	0.60 $R_m$	0.34 $R_m$	0.60 $R_e$	0.40 $R_m$	0.24 $R_m$
Żeliwo szare	0.6 $R_m$	0.44 $R_m$	0.30 $R_m$	1.80 $R_m$	1.20 $R_m$	1.20 $R_m$	0.80 $R_m$	0.50 $R_m$	0.60 $R_m$	0.46 $R_m$	0.35 $R_m$
Żeliwo ciągliwe	$R_e$	0.50 $R_m$	0.30 $R_m$	1.30 $R_e$	0.64 $R_m$	1.10 $R_e$	0.56 $R_m$	0.33 $R_m$	0.70 $R_e$	0.36 $R_m$	0.21 $R_m$
Mosiądze	0.60 $R_m$	0.50 $R_m$	0.31 $R_m$	0.60 $R_m$	0.50 $R_m$	0.65 $R_m$	0.62 $R_m$	0.36 $R_m$	0.40 $R_m$	0.36 $R_m$	0.21 $R_m$
Brązy, spiże	0.60 $R_m$	0.44 $R_m$	0.26 $R_m$	0.60 $R_m$	0.44 $R_m$	0.50 $R_m$	0.54 $R_m$	0.31 $R_m$	0.34 $R_m$	0.30 $R_m$	0.17 $R_m$
Brązale	0.60 $R_m$	0.52 $R_m$	0.31 $R_m$	0.60 $R_m$	0.52 $R_m$	0.58 $R_m$	0.64 $R_m$	0.38 $R_m$	0.42 $R_m$	0.38 $R_m$	0.22 $R_m$
Stopy aluminium	0.60 $R_m$	0.48 $R_m$	0.29 $R_m$	0.60 $R_m$	0.48 $R_m$	0.64 $R_m$	0.60 $R_m$	0.34 $R_m$	0.40 $R_m$	0.36 $R_m$	0.20 $R_m$
Stopy magnezu	0.60 $R_m$	0.52 $R_m$	0.31 $R_m$	0.60 $R_m$	0.52 $R_m$	0.68 $R_m$	0.64 $R_m$	0.38 $R_m$	0.42 $R_m$	0.38 $R_m$	0.22 $R_m$

**Zadanie 1**

Wyznaczyć wartość naprężeń dopuszczalnych rozciągających, zginających i skręcających dla obciążeń o charakterze statycznym i zmiennym dla stali węglowej wyższej jakości ogólnego przeznaczenia C45 po obróbce hartowania i odpuszczania, której właściwości mechaniczne wyznaczone podczas próby osiowego rozciągania wynoszą:  $R_e = 460$  MPa,  $R_m = 720$  MPa. Wartość współczynnika bezpieczeństwa wynosi: przy obciążeniu statycznym  $x_e = 2.0$ , a przy obciążeniu zmiennym  $x_z = 3.5$ .

Dane:

$R_e = 460$  MPa  
 $R_m = 720$  MPa  
 $x_e = 2.0$   
 $x_m = 3.5$

Szukane:

$k_r, k_{rj}, k_{rc} = ?$   
 $k_g, k_{gj}, k_{go} = ?$   
 $k_s, k_{sj}, k_{so} = ?$

Rozwiązanie:

**1. Dopuszczalne naprężenia rozciągające**

a. przy obciążeniu statycznym  $k_r$

Granica plastyczności dla naprężeń rozciągających

$$R_{e(r)} = R_e = 460 \text{ MPa}$$

Wartość naprężeń dopuszczalnych

$$k_r = \frac{R_{e(r)}}{x_e} = \frac{460}{2.0} = 230 \text{ MPa}$$

b. przy obciążeniu jednostronnie zmiennym  $k_{rj}$

Granica zmęczenia dla naprężeń rozciągających

$$Z_{rj} = 0.56 \cdot R_m = 0.56 \cdot 720 = 403.2 \text{ MPa}$$

Wartość naprężeń dopuszczalnych

$$k_{rj} = \frac{Z_{rj}}{x_z} = \frac{403.2}{3.5} = 115.2 \text{ MPa}$$

c. przy obciążeniu obustronnie zmiennym  $k_{rc}$

Granica zmęczenia dla naprężeń rozciągających

$$Z_{rc} = 0.31 \cdot R_m = 0.31 \cdot 720 = 223.2 \text{ MPa}$$

Wartość naprężeń dopuszczalnych

$$k_{rc} = \frac{Z_{rc}}{x_z} = \frac{223.2}{3.5} = 63.8 \text{ MPa}$$

**2. Dopuszczalne naprężenia zginające**

a. przy obciążeniu statycznym  $k_g$

Granica plastyczności dla naprężeń zginających

$$R_{e(g)} = 1.19 \cdot R_e = 1.19 \cdot 460 = 547.4 \text{ MPa}$$

Wartość naprężeń dopuszczalnych

$$k_g = \frac{R_{e(g)}}{x_e} = \frac{547.4}{2.0} = 273.7 \text{ MPa}$$

b. przy obciążeniu jednostronnie zmiennym  $k_{gj}$

Granica zmęczenia dla naprężeń zginających

$$Z_{gj} = 0.76 \cdot R_m = 0.76 \cdot 720 = 547.2 \text{ MPa}$$

Wartość naprężeń dopuszczalnych

$$k_{gj} = \frac{Z_{gj}}{x_z} = \frac{547.2}{3.5} = 156.3 \text{ MPa}$$

c. przy obciążeniu obustronnie zmiennym  $k_{go}$

Granica zmęczenia dla naprężeń zginających

$$Z_{go} = 0.42 \cdot R_m = 0.42 \cdot 720 = 302.4 \text{ MPa}$$

Wartość naprężeń dopuszczalnych

$$k_{go} = \frac{Z_{go}}{x_z} = \frac{302.4}{3.5} = 86.4 \text{ MPa}$$

### 3. Dopuszczalne naprężenia skręcające

#### a. przy obciążeniu statycznym $k_s$

Granica plastyczności dla naprężeń skręcających

$$R_{e(s)} = 0.62 \cdot R_e = 0.62 \cdot 460 = 285.2 \text{ MPa}$$

Wartość naprężeń dopuszczalnych

$$k_s = \frac{R_{e(s)}}{x_e} = \frac{285.2}{2.0} = 142.6 \text{ MPa}$$

#### b. przy obciążeniu jednostronnie zmiennym $k_{sj}$

Granica zmęczenia dla naprężeń skręcających

$$Z_{sj} = 0.50 \cdot R_m = 0.50 \cdot 720 = 360 \text{ MPa}$$

Wartość naprężeń dopuszczalnych

$$k_{sj} = \frac{Z_{sj}}{x_z} = \frac{360}{3.5} = 102.9 \text{ MPa}$$

#### c. przy obciążeniu obustronnie zmiennym $k_{so}$

Granica zmęczenia dla naprężeń skręcających

$$Z_{so} = 0.25 \cdot R_m = 0.25 \cdot 720 = 180 \text{ MPa}$$

Wartość naprężeń dopuszczalnych

$$k_{so} = \frac{Z_{so}}{x_z} = \frac{180}{3.5} = 51.4 \text{ MPa}$$

**Odpowiedź:** W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano następujące wartości naprężeń dopuszczalnych:

- |                  |                             |                                |                               |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| - rozciągających | $k_r = 230.0 \text{ MPa}$ , | $k_{rj} = 115.2 \text{ MPa}$ , | $k_{rc} = 63.8 \text{ MPa}$ , |
| - zginających    | $k_g = 273.7 \text{ MPa}$ , | $k_{gj} = 156.3 \text{ MPa}$ , | $k_{go} = 86.4 \text{ MPa}$ , |
| - skręcających   | $k_s = 142.6 \text{ MPa}$ , | $k_{sj} = 102.9 \text{ MPa}$ , | $k_{so} = 51.4 \text{ MPa}$ . |