

Pressverbindung-Steuerhebel

Ein Steuerhebel aus einer Aluminium-Gußlegierung ist mittels Querpresssitz auf eine Hohlwelle aus S235 befestigt. Die Bohrung im Hebel hat auf jeder Seite eine Fase von $1 \times 45^\circ$. Am Hebel greift eine Kraft $F = 100 \text{ N}$ an (siehe unten stehende Skizze).

Gegeben:

Hebel: $E_A = 0,7 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$

$R_{p0,2} = 100 \text{ N/mm}^2$

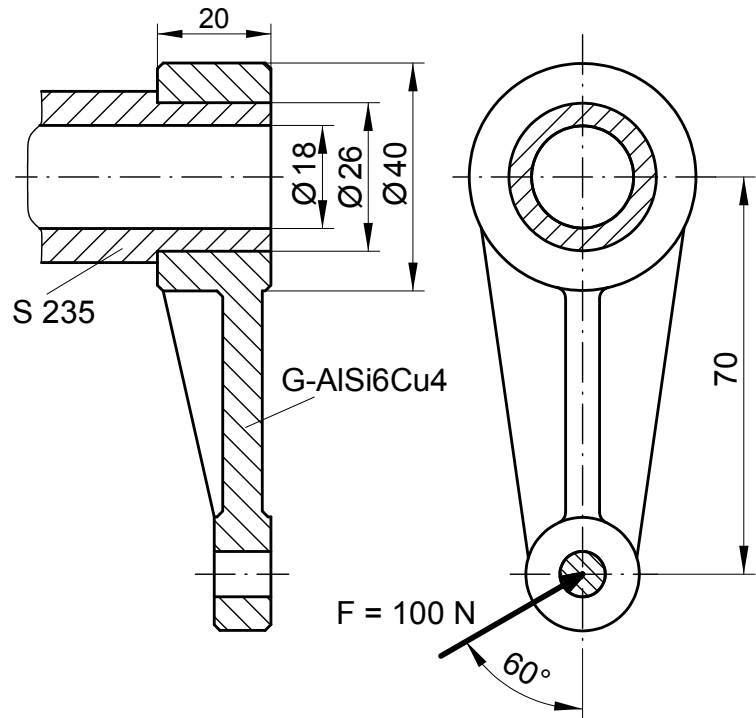
Rz 5

Welle: $E_I = 2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$

$R_{p0,2} = 235 \text{ N/mm}^2$

Rz 3

Reibbeiwert: $\mu = 0,08$



- Legen Sie die Toleranzen für den Wellen- und den Bohrungsdurchmesser der Pressverbindung für eine Rutschsicherheit von $S_R = 2,0$ fest. Für den Hebel ist eine Einheitsbohrung vorzusehen.
- Hebel und Welle werden bei einer Temperatur von 20°C gefertigt und gefügt. Welche Kraft F kann für die von Ihnen gewählte Passung bei einer Betriebstemperatur von 50°C sicher übertragen werden?
- Wird die übertragbare Kraft F für die von Ihnen festgelegten Toleranzen größer oder kleiner, wenn anstatt der Hohlwelle eine Vollwelle verwendet wird? Begründen Sie Ihre Antwort.

Aufgabe 1: Pressverbindung - Musterlösung

a) Toleranzen

Kraft in x-Richtung: $F_x = F \cdot \cos 30^\circ = 100 \cdot \cos 30^\circ = 86,6 \text{ N}$

Drehmoment: $T = F_x \cdot 70 = 86,6 \cdot 70 = 6.062 \text{ Nmm}$

min Pressung: $p_{\min} = \frac{2 \cdot T \cdot K_A}{\mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b} \cdot S_R = \frac{2 \cdot 6.062 \cdot 1}{0,08 \cdot \pi \cdot 26^2 \cdot 18} \cdot 2 = 7,93 \text{ N/mm}^2$

mit $b = 20 - 2 = 18 \text{ mm}$

min Haftmaß: $Z_{\min} = p_{\min} \cdot \xi = 7,93 \cdot 0,001371 = 0,0108 \text{ mm} = 10,8 \text{ } \mu\text{m}$

mit $\xi = D_F \left[\frac{1}{E_I} \left(\frac{1+Q_I^2}{1-Q_I^2} - \nu_I \right) + \frac{1}{E_A} \left(\frac{1+Q_A^2}{1-Q_A^2} + \nu_A \right) \right]$

$$\xi = 26 \left[\frac{1}{2 \cdot 10^5} \left(\frac{1+0,692^2}{1-0,692^2} - 0,3 \right) + \frac{1}{0,7 \cdot 10^5} \left(\frac{1+0,65^2}{1-0,65^2} + 0,34 \right) \right] = 0,001371$$

und $Q_I = \frac{D_{Ii}}{D_{Ia}} = \frac{18}{26} = 0,692$

$$Q_A = \frac{D_{Ai}}{D_{Aa}} = \frac{26}{40} = 0,65$$

min Übermaß: $U_{\min} = Z_{\min} + 0,8(Rz_I + Rz_A) = 10,8 + 0,8(3 + 5) = 17,2 \text{ } \mu\text{m}$

max Pressung (Nabe): $p_{\max} = \frac{1-Q_A^2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{R_e}{S_F} = \frac{1-0,65^2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{100}{1,2} = 27,78 \text{ N/mm}^2$

max Haftmaß: $Z_{\max} = p_{\max} \cdot \xi = 27,78 \cdot 0,001371 = 0,038 \text{ mm} = 38 \text{ } \mu\text{m}$

max Übermaß: $U_{\max} = Z_{\max} + 0,8(Rz_I + Rz_A) = 38 + 0,8(3 + 5) = 44,4 \text{ } \mu\text{m}$

Einheitsbohrung: **H**

$\varnothing 26 \text{ H7/s6} \Rightarrow \begin{matrix} U_k = 14 \text{ } \mu\text{m} \\ U_g = 48 \text{ } \mu\text{m} \end{matrix}$ nicht möglich da $U_k < U_{\min}$ und $U_g > U_{\max}$

$\varnothing 26 \text{ H6/s5} \Rightarrow \begin{matrix} U_k = 22 \text{ } \mu\text{m} \\ U_g = 44 \text{ } \mu\text{m} \end{matrix}$ möglich da $U_k > U_{\min}$ und $U_g \leq U_{\max}$

b) Übertragbare Kraft

Bei Erwärmung dehnen sich Bohrungs- und Wellendurchmesser unterschiedlich aus (unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten)

Ausdehnung Hebel: $\Delta U_H = \Delta t \cdot \alpha_H \cdot D_F = 30 \cdot 23 \cdot 10^{-6} \cdot 26 = 18 \text{ } \mu\text{m}$

Ausdehnung Welle: $\Delta U_W = \Delta t \cdot \alpha_W \cdot D_F = 30 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot 26 = 8,6 \text{ } \mu\text{m}$

Übermaßdifferenz $\Delta U = \Delta U_W - \Delta U_B = 8,6 - 18 = -9,4 \text{ } \mu\text{m}$
(minus, da Dehnung Bohrung größer als Welle)

Kleinste vorhandene Pressung:

$$p'_k = \frac{Z_k}{\xi} = \frac{(U_k - \Delta U) - 0,8(Rz_I - Rz_A)}{\xi} = \frac{(22 - 9,4) - 0,8(3 + 5)}{0,001371} = 4,5 \text{ N/mm}^2$$

Übertragbares Drehmoment:

$$T' = \frac{\mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b \cdot p'_k}{2 \cdot S_R} = \frac{0,08 \cdot \pi \cdot 26^2 \cdot 18 \cdot 4,5}{2 \cdot 2} = 3.440 \text{ Nmm}$$

Übertragbare Kraft:

$$F' = \frac{T'}{70 \cdot \sin 60^\circ} = \frac{3.440}{70 \cdot \sin 60^\circ} = \underline{\underline{56,7 \text{ N}}}$$

c) Vollwelle anstatt Hohlwelle

Mit $Q_I = 0$ wird ξ kleiner. Dadurch wird die vorhandene kleinste Pressung p_k größer!

$$p_k = \frac{U_k - 0,8(Rz_I - Rz_A)}{\xi}$$

Mit der kleinsten vorhandenen Pressung wird auch das minimal übertragbare Drehmoment **größer**.