

Zylindrische Pressverbindung

Eine Riemenscheibe soll mit einem zylindrischen Pressverband mit der Welle verbunden werden. Im Betrieb tritt keine Axiallast auf.

Die Passung ist gegeben: $\varnothing 50 \text{ H8/u8}$

Werkstoff für Welle und Nabe: S355J

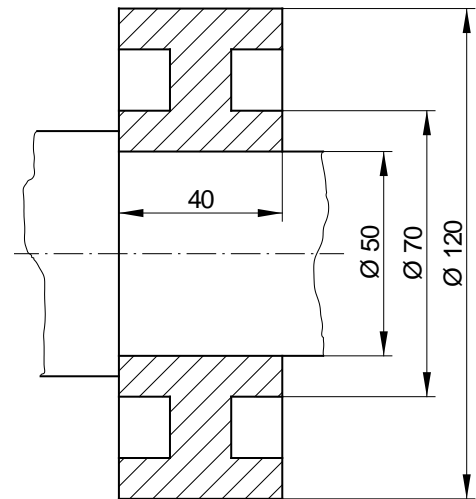
Anwendungsfaktor: $K_A = 1,2$

Sicherheit gegen Rutschen: $S_R = 1,5$

Oberflächenrauheit Welle: $R_{zI} = 10 \text{ } \mu\text{m}$

Bohrung: $R_{zA} = 16 \text{ } \mu\text{m}$

Reibbeiwert in der Trennfuge: $\mu = 0,12$



Fragen:

- a) Welches Drehmoment kann mit der Pressverbindung mindestens übertragen werden?
- b) Welche Sicherheit hat die Verbindung gegen Fließen?
- c) Welche Temperaturen sind für eine kräftefreie Montage erforderlich, wenn entweder die Nabe erwärmt oder die Welle abgekühlt wird?
- d) Wie groß ist die erforderliche Einpresskraft, wenn die Riemenscheibe zuvor auf 200°C erwärmt wurde?
- e) Werkstoff, Reibbeiwert, Anwendungsfaktor, Rutschsicherheit sowie die Nennmaße dürfen nicht verändert werden.
 - e1) Durch welche Maßnahmen kann das übertragbare Drehmoment erhöht werden? Berechnen Sie das neue Drehmoment.
 - e2) Durch welche Maßnahmen kann die Sicherheit gegen Fließen erhöht werden? Berechnen Sie die Sicherheit für diesen Fall.

Musterlösung:

Problem:

Wegen der Aussparungen in der Riemenscheibe ist die Pressung entlang der Trennfuge nicht konstant. In der Mitte wird die Pressung größer sein als links und rechts davon (unterschiedliches Q_A). Da für die Aussparung keine Abmessungen gegeben sind, wird mit den Extremwerten gerechnet. Das heißt,

- für das übertragbare Drehmoment wird die kleinste auftretende Pressung angenommen ($Q_A = 50/70$),
- hingegen wird für die Bauteilsicherheit die größte auftretende Pressung angenommen ($Q_A = 50/120$).

Annahme: Fasen und Freistriche in Welle und Nabe werden nicht berücksichtigt.

a) Übertragbares Drehmoment

$$\left. \begin{array}{l} \text{Übermaße: Nabe: } \varnothing 50^{+0,039}_0 \\ \text{Welle: } \varnothing 50^{+0,109}_{+0,070} \end{array} \right\} \begin{array}{l} U_k = 0,031 \text{ mm} \\ U_g = 0,109 \text{ mm} \end{array}$$

$$\text{Kleinstes Haftmaß: } Z_k = U_k - G = 0,031 - 0,8 \cdot (10 + 16) \cdot 10^{-3} = 0,010 \text{ mm}$$

$$\text{Durchmesserverhältnisse: } Q_A = \frac{D_F}{D_{Ai}} = \frac{50}{70} = 0,714$$

$$Q_I = \frac{D_{Ii}}{D_F} = \frac{0}{50} = 0$$

$$\begin{aligned} \text{Kleinste Pressung: } p_k &= \frac{Z_k}{D_F \cdot \frac{1}{E} \left[\left(\frac{1+Q_I^2}{1-Q_I^2} - \nu_I \right) + \left(\frac{1+Q_A^2}{1-Q_A^2} + \nu_A \right) \right]} \\ p_k &= \frac{0,010}{50 \cdot \frac{1}{210000} \left[(1-0,3) + \left(\frac{1+0,714^2}{1-0,714^2} + 0,3 \right) \right]} = 10,3 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Übertragbares Drehmoment:

$$T = \frac{1}{2} \cdot p_k \cdot \mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b = \frac{1}{2} \cdot 10,3 \cdot 0,12 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 40 = 194.150 \text{ Nmm}$$

Mit Berücksichtigung des Anwendungsfaktors und der Rutschsicherheit:

$$T = \frac{p_k \cdot \mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b}{2 \cdot K_A \cdot S_F} = \frac{10,3 \cdot 0,12 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1,2 \cdot 1,5} = \underline{\underline{107,86 \text{ Nm}}}$$

b) Bauteilsicherheit

Größtes Haftmaß: $Z_g = U_g - G = 0,109 - 0,8 \cdot (10 + 16) \cdot 10^{-3} = 0,088 \text{ mm}$

Durchmesserverhältnisse: $Q_A = \frac{D_F}{D_{Ai}} = \frac{50}{120} = 0,417$

$$Q_I = \frac{D_{Ii}}{D_F} = \frac{0}{50} = 0$$

Größte Pressung:
$$p_g = \frac{Z_g}{D_F \cdot \frac{1}{E} \left[\left(\frac{1+Q_I^2}{1-Q_I^2} - \nu_I \right) + \left(\frac{1+Q_A^2}{1-Q_A^2} + \nu_A \right) \right]}$$

$$p_k = \frac{0,088}{50 \cdot \frac{1}{210000} \left[(1-0,3) + \left(\frac{1+0,417^2}{1-0,417^2} + 0,3 \right) \right]} = 152,7 \text{ N/mm}^2$$

Sicherheit gegen Fließen in der Nabe:

$$S_F = \frac{1-Q_A^2}{\sqrt{3} \cdot p_g} \cdot R_e = \frac{1-0,417^2}{\sqrt{3} \cdot 152,7} \cdot 355 = \underline{\underline{1,1}}$$

c) Temperaturen

Erwärmung der Nabe:

$$t_A = t_U + \frac{U_g + \Delta D}{\alpha_A \cdot D_F} = 20 + \frac{0,109 + 0,050}{11 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = \underline{\underline{309^\circ\text{C}}}$$

Abkühlung der Welle:

$$t_I = t_U - \frac{U_g + \Delta D}{|\alpha_I| \cdot D_F} = 20 - \frac{0,109 + 0,050}{8,5 \cdot 10^{-6} \cdot 50} = \underline{\underline{-354^\circ\text{C}}} \quad \text{nicht möglich!!!}$$

d) Einpresskraft

Durchmesserergrößerung bei 200°C:

$$\Delta d_A = D_F \cdot \alpha_A \cdot \Delta t_A = 50 \cdot 11 \cdot 10^{-6} \cdot (200 - 20) = 0,099 \text{ mm}$$

Verbleibendes Übermaß:

$$U_{g,rest} = U_g - \Delta d_A = 0,109 - 0,099 = 0,010 \text{ mm}$$

Das verbleibende Übermaß ist kleiner als die Glättung. Das heißt, die erforderliche Einpresskraft wird für die Glättung der Oberflächen benötigt und diese kann nicht berechnet werden.

e1) Drehmoment erhöhen

$$\begin{array}{l} \text{H8 in H7 ändern} \Rightarrow \text{Übermaße: Nabe: } \varnothing 50_{0}^{+0,025} \\ \text{Welle: } \varnothing 50_{+0,070}^{+0,109} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{H8 in H7 ändern} \end{array}} \right\} U_k = 0,045 \text{ mm}$$

$$\begin{array}{l} \text{Kleinere Rautiefe} \Rightarrow R_{zI} = 6,3 \text{ } \mu\text{m} \\ R_{zA} = 10,0 \text{ } \mu\text{m} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Kleinere Rautiefe} \end{array}} \right\} G = 0,013 \text{ mm}$$

$$\text{Kleinstes Haftmaß: } Z_k = U_k - G = 0,045 - 0,013 = 0,032 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Kleinste Pressung: } p_k &= \frac{Z_k}{D_F \cdot \frac{1}{E} \left[\left(\frac{1+Q_I^2}{1-Q_I^2} - \nu_I \right) + \left(\frac{1+Q_A^2}{1-Q_A^2} + \nu_A \right) \right]} \\ p_k &= \frac{0,032}{50 \cdot \frac{1}{210000} \left[(1-0,3) + \left(\frac{1+0,714^2}{1-0,714^2} + 0,3 \right) \right]} = 32,9 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Übertragbares Drehmoment (mit Berücksichtigung von K_A und S_R):

$$T = \frac{p_k \cdot \mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b}{2 \cdot K_A \cdot S_F} = \frac{32,9 \cdot 0,12 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1,2 \cdot 1,5} = \underline{\underline{344,5 \text{ Nm}}}$$

e2) Bauteilsicherheit erhöhen

$$\begin{array}{l} \text{u8 in u6 ändern} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \text{Übermaße: Nabe: } \varnothing 50^{+0,025}_0 \\ \text{Welle: } \varnothing 50^{+0,086}_{+0,070} \end{array} \right\} \boxed{U_g = 0,086 \text{ mm}} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Größere Rautiefe} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} R_{zI} = 16 \text{ } \mu\text{m} \\ R_{zA} = 16 \text{ } \mu\text{m} \end{array} \right\} \boxed{G = 0,025 \text{ mm}} \end{array}$$

$$\text{Größtes Haftmaß: } Z_g = U_g - G = 0,086 - 0,025 = 0,061 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Größte Pressung: } p_g &= \frac{Z_g}{D_F \cdot \frac{1}{E} \left[\left(\frac{1+Q_I^2}{1-Q_I^2} - \nu_I \right) + \left(\frac{1+Q_A^2}{1-Q_A^2} + \nu_A \right) \right]} \\ p_g &= \frac{0,061}{50 \cdot \frac{1}{210000} \left[(1-0,3) + \left(\frac{1+0,417^2}{1-0,417^2} + 0,3 \right) \right]} = 105,8 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Sicherheit gegen Fließen in der Nabe:

$$S_F = \frac{1-Q_A^2}{\sqrt{3} \cdot p_g} \cdot R_e = \frac{1-0,417^2}{\sqrt{3} \cdot 105,8} \cdot 355 = \underline{\underline{1,6}}$$