

2.4 Reibschlussverbindungen

2.4.2 Kegelsitz

Kegelverhältnis: $C = \frac{d_1 - d_2}{l}$

- $C = 1:5$ leichtlösbare Verbindung
- $C = 1:10$ schwerlösbare Verbindung
- $C = 1:20$ Werkzeugaufnahme für Wendelbohrer (Morsekegel)

Kegelwinkel: $\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{d_1 - d_2}{2 \cdot l} = \frac{C}{2}$

Selbsthemmung: $\frac{\alpha}{2} \leq \rho_a = \arctan \mu_a$ (μ_a : Reibbeiwert in axialer Richtung)

Übertragbares Drehmoment (wenn p gegeben ist):

$$T_R = \frac{l}{2} \mu_U p \pi d_m^2 \quad (\mu_U: \text{Reibbeiwert in Umfangsrichtung})$$

Übertragbares Drehmoment (wenn axiale Einpresskraft F_a gegeben ist):

$$T_R \leq \frac{F_a \cdot \mu_U \cdot d_m}{2 \cdot \left(\sin \frac{\alpha}{2} + \mu_a \cos \frac{\alpha}{2} \right)} \approx \frac{F_a \cdot \mu_U \cdot d_m}{2 \cdot \tan \left(\frac{\alpha}{2} + \rho_a \right)}$$

Erforderliche axiale Einpresskraft (wenn zu übertragendes Drehmoment T gegeben ist):

$$F_a \geq \frac{2 T}{\mu_U d_m} \left(\sin \frac{\alpha}{2} + \mu_a \cos \frac{\alpha}{2} \right) \approx \frac{2 T}{\mu_U d_m} \tan \left(\frac{\alpha}{2} + \rho_a \right)$$

(mit dem Reibwinkel $\rho_a = \arctan \mu_a$)

Erforderliche axiale Lösekraft (wenn vorhandene Flächenpressung p_{vorh} gegeben ist):

$$F_{Löse} = p_{vorh} \cdot \pi \cdot d_m \cdot l \left(\sin \frac{\alpha}{2} - \mu_a \cos \frac{\alpha}{2} \right)$$

Erforderliche Flächenpressung (wenn zu übertragendes Drehmoment T gegeben ist):

$$p_{erf} \geq \frac{2 \cdot K_A \cdot T_{nenn}}{\mu_U \cdot \pi \cdot d_m^2 \cdot l} \cdot S_R \quad (S_R: \text{Rutschsicherheit})$$

Vorhandene Flächenpressung (wenn axiale Einpresskraft F_a gegeben ist):

$$p_{vorh} = \frac{F_a}{\left(\sin \frac{\alpha}{2} + \mu_a \cos \frac{\alpha}{2} \right) \pi d_m l} \approx \frac{F_a}{\tan \left(\frac{\alpha}{2} + \rho_a \right) \pi d_m l}$$

Größte zulässige Flächenpressung:

$$p_{\max} = \frac{1-Q^2}{\sqrt{3}} \sigma_{zul}$$

$$\text{mit } Q = d_m / D_a$$

$$\text{und } \sigma_{zul} = R_e / S_F \quad \text{bzw.} \quad \sigma_{zul} = R_m / S_B$$

$$\text{und } S_F \geq 1,3 \quad \text{bzw.} \quad S_B \geq 2$$

Es muss gelten:

$$p_{\max} \geq p_{vorh} \geq p_{erf}$$

2.4.5 Pressverbindungen

- Elastische Auslegung zylindrischer Preßverbindungen

I) **Passung festlegen**

- wenn Belastung gegeben ist (nach Abb. 2.52)

1. Erforderliches Mindestübermaß ermitteln

Kleinste erforderliche Flächenpressung

a) zur Übertragung eines Drehmomentes:

$$p_{\min} = \frac{2 \cdot K_A \cdot T_{\text{nenn}}}{\mu \cdot \pi \cdot D_F^2 \cdot b} \cdot S_R \quad (\text{Gl. 2.10})$$

b) zur Übertragung einer Axialkraft:

$$p_{\min} = \frac{K_A \cdot F_{a,\text{nenn}}}{\mu \cdot \pi \cdot D_F \cdot b} \cdot S_R \quad (\text{Gl. 2.11})$$

c) zur Übertragung eines Drehmomentes und gleichzeitig einer Axialkraft:

$$p_{\min} = \frac{\sqrt{F_{a,\text{nenn}}^2 + \frac{4 \cdot T_{\text{nenn}}^2}{D_F^2}}}{\mu \cdot \pi \cdot D_F \cdot b} \cdot K_A \cdot S_R \quad (\text{Gl. 2.12})$$

mit D_F = Fügedurchmesser

K_A = Anwendungsfaktor

S_R = Rutschsicherheit

Mindesthaftmaß (für kleinste erforderliche Flächenpressung):

$$Z_{\min} = p_{\min} D_F \left[\frac{1}{E_I} \left(\frac{1 + Q_I^2}{1 - Q_I^2} - \nu_I \right) + \frac{1}{E_A} \left(\frac{1 + Q_A^2}{1 - Q_A^2} + \nu_A \right) \right] \quad (\text{Gl. 2.16})$$

Mindestübermaß

$$U_{\min} = Z_{\min} + 0,8 (R_{zI} + R_{zA}) \quad (\text{Gl. 2.18})$$

2. Zulässiges maximale Übermaß ermitteln

Größte zulässige Flächenpressung

a) für die Nabe (Bohrung):

$$p_{\max} = \frac{1 - Q_A^2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_{zul} \quad \text{mit} \quad Q_A = \frac{D_F}{D_{Aa}} \quad (\text{Gl. 2.13})$$

b) für die Hohlwelle (Bohrung):

$$p_{\max} = \frac{1 - Q_I^2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_{zul} \quad \text{mit} \quad Q_I = \frac{D_{fi}}{D_F} \quad (\text{Gl. 2.14})$$

c) für die Vollwelle:

$$p_{\max} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sigma_{zul} \quad \text{mit} \quad \sigma_{zul} = \frac{R_e}{S_F} \quad \text{bzw.} \quad \sigma_{zul} = \frac{R_m}{S_B} \quad (\text{Gl. 2.15})$$

und $S_F \geq 1,2$ bzw. $S_B \geq 2$

Maximale Haftmaß (für die größte Flächenpressung):

$$Z_{\max} = p_{\max} D_F \left[\frac{1}{E_I} \left(\frac{1 + Q_I^2}{1 - Q_I^2} - \nu_I \right) + \frac{1}{E_A} \left(\frac{1 + Q_A^2}{1 - Q_A^2} + \nu_A \right) \right] \quad (\text{Gl. 2.17})$$

Maximale Übermaß

$$U_{\max} = Z_{\max} + 0,8(R_{zI} + R_{zA}) \quad (\text{Gl. 2.19})$$

3. Passung festlegen (nach Abb. 2.53)

Passung wählen, die folgende Bedingungen erfüllt:

$$U_k \geq U_{\min} \quad \text{und} \quad U_g \leq U_{\max}$$

Übertragbare Belastung und Bauteilsicherheit berechnen - wenn Passung gegeben ist (nach Abb. 2.53)

1. Übertragbare Belastung ermitteln

Vorhandene Übermaße (Seite 47 ff)

$$\text{kleinstes Übermaß: } U_k = P_O = A_{uW} - A_{oB}$$

$$\text{größtes Übermaß: } U_g = P_U = A_{oW} - A_{uB}$$

mit: A_{uW} bzw. A_{uB} : unteres Abmaß Welle bzw. Bohrung

A_{oW} bzw. A_{oB} : oberes Abmaß Welle bzw. Bohrung

Kleinste vorhandene Haftmaß

$$Z_k = U_k - 0,8 (R_{zI} + R_{zA})$$

Kleinste vorhandene Pressung

$$p_k = \frac{Z_k}{D_F \left[\frac{I}{E_I} \left(\frac{I + Q_I^2}{I - Q_I^2} - \nu_I \right) + \frac{I}{E_A} \left(\frac{I + Q_A^2}{I - Q_A^2} + \nu_A \right) \right]}$$

Übertragbare Belastung

a) nur Drehmoment T :

$$T = \frac{I}{2} p_k \mu \pi D_F^2 b$$

b) nur Axialkraft F_a :

$$F_a = p_k \mu \pi D_F b$$

c1) Drehmoment T , wenn Axialkraft F_a gegeben:

$$T = \frac{D_F}{2} \sqrt{(p_k \mu \pi D_F b)^2 - F_a^2}$$

c2) Axialkraft F_a , wenn Drehmoment T gegeben:

$$F_a = \sqrt{(p_k \mu \pi D_F b)^2 - \frac{4 T^2}{D_F^2}}$$

2. Bauteilsicherheit ermittelnGrößte vorhandene Haftmaß

$$Z_g = U_g - 0,8 (R_{zI} + R_{zA})$$

Größte vorhandene Pressung

$$p_g = \frac{Z_g}{D_F \left[\frac{I}{E_I} \left(\frac{I+Q_I^2}{I-Q_I^2} - \nu_I \right) + \frac{I}{E_A} \left(\frac{I+Q_A^2}{I-Q_A^2} + \nu_A \right) \right]}$$

Bauteilsicherheit

a) Nabe:

$$S_F = \frac{R_e}{\sigma_{zul}} = \frac{I-Q_A^2}{\sqrt{3} \cdot p_g} R_e \quad \text{bzw.} \quad S_B = \frac{R_m}{\sigma_{zul}} = \frac{I-Q_A^2}{\sqrt{3} \cdot p_g} R_m$$

b) Hohlwelle:

$$S_F = \frac{R_e}{\sigma_{zul}} = \frac{I-Q_I^2}{\sqrt{3} \cdot p_g} R_e \quad \text{bzw.} \quad S_B = \frac{R_m}{\sigma_{zul}} = \frac{I-Q_I^2}{\sqrt{3} \cdot p_g} R_m$$

c) Vollwelle:

$$S_F = \frac{R_e}{\sigma_{zul}} = \frac{2}{\sqrt{3} \cdot p_g} R_e \quad \text{bzw.} \quad S_B = \frac{R_m}{\sigma_{zul}} = \frac{2}{\sqrt{3} \cdot p_g} R_m$$

Fügekräfte und -temperaturen

Einpresskraft bei Längspresssitz

$$F_e = p_g \cdot \mu \cdot \pi \cdot D_F \cdot b \quad (\text{Gl. 2.20})$$

Fügetemperatur bei Schrumpfsitz

$$t_A = t_U + \frac{U_g + \Delta D}{\alpha_A \cdot D_F}$$

Fügetemperatur bei Dehsitz

$$t_A = t_U - \frac{U_g + \Delta D}{|\alpha_I| \cdot D_F}$$

mit t_U = Umgebungstemperatur

$\Delta D = 0,001 \cdot D_F$ = Fügespiel

$|\alpha|$ = Wärmeausdehnungskoeffizient (nach Tab. 2.54)