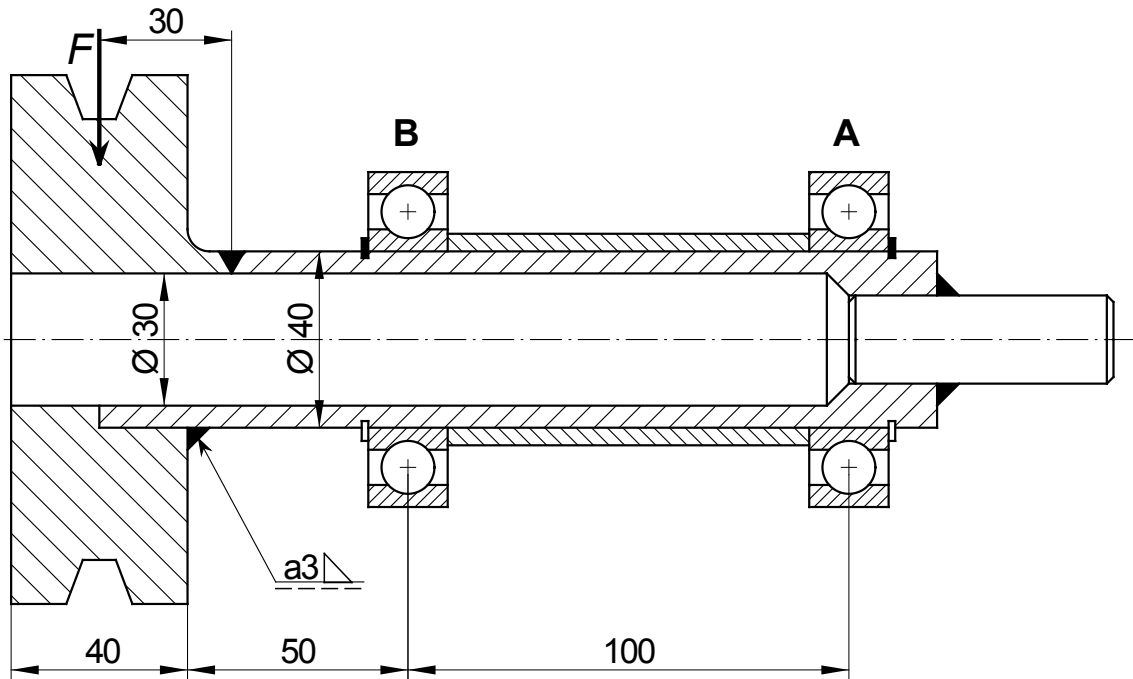


Hohlwelle

Die Abbildung zeigt eine fliegend gelagerte Hohlwelle mit einer Riemenscheibe aus S355J. Sie überträgt ein statisches Torsionsmoment von $T = 125 \text{ Nm}$ bei einer Drehzahl von $n = 500 \text{ min}^{-1}$. Durch die Riemenvorspannung wirkt in der Mitte der Riemenscheibe die Vertikalkraft $F = 2000 \text{ N}$.



Fragen:

- In oben stehender Abbildung sind zwei Varianten (Kehlnaht und Stumpfnah) für die Verbindung der Riemenscheibe mit der Hohlwelle angegeben. Begründen Sie mit einem rechnerischen Nachweis, welche der beiden Varianten bezüglich der Tragfähigkeit günstiger ist.
- Die Nuten der Sicherungsringe bei den Lagern A und B verursachen infolge der Kerbwirkung Spannungsspitzen. Welche der beiden Nuten hat einen größeren Einfluss auf die Tragfähigkeit der Welle? Begründen Sie Ihre Antwort.
- Wie kann durch eine Änderung der Wellengestaltung die Kerbwirkung reduziert werden? Skizzieren Sie Ihren Lösungsvorschlag auf das Beiblatt zu Aufgabe 2. Die Lagerabmessungen, der Innendurchmesser der Welle und die Abstände zwischen den Lagern und der Riemenscheibe dürfen dabei nicht verändert werden.

Musterlösung:

a) Schweißnahtberechnung

Kehlnaht (\Rightarrow nur statische Torsionsbeanspruchung):

1. Belastungsgrößen (in der Schweißnaht)

Biegemoment: $M_b = 0$ (Biegung wird formschlüssig übertragen)

Querkraft: $F_Q = 0$ (Querkraft wird formschlüssig übertragen)

Torsionsmoment: $T = 125 \text{ Nm}$

2. Geometrische Größen

Widerstandsmoment: $W_t = \frac{\pi}{2} \cdot (d_a + a)^2 \cdot a = \frac{\pi}{2} \cdot (40 + 3)^2 \cdot 3 = 8.713,2 \text{ mm}^3$

3. Nennspannung

Torsionsspannung: $\tau_{w,t} = \tau_{||} = \frac{T}{W_t} = \frac{125.000}{8.713,2} = 14,3 \text{ N/mm}^2$

4. Zulässige Spannung

Nach Tabelle 2.8 gilt: $\tau_{||,zul} = 170 \text{ N/mm}^2$

5. Vergleich

$\tau_{||,zul} = 170 \text{ N/mm}^2 \gg \tau_{w,s max} = 14,3 \text{ N/mm}^2$

Stumpfnah (\Rightarrow dynamische Beanspruchung infolge Umlaufbiegung):

1. Belastungsgrößen (in der Schweißnaht)

Biegung: $M_{b,max} = F \cdot 50 = 2000 \cdot 30 = 60 \text{ Nm}$

Torsion: $T = 125 \text{ Nm}$

Querkraft: $F_Q = 2000 \text{ N}$

2. Geometrische Größen

Das Schweißnahtmodell für die Stumpfnah ist in diesem Falle eine ringförmige Schweißnahtfläche, analog zu den Widerstandsmomenten in Tab. 2.7.

Widerstandsmoment gegen Biegung:

$$I_b = \frac{\pi \cdot \left[(d + 2 \cdot a)^4 - d^4 \right]}{64} = \frac{\pi \cdot \left[(30 + 2 \cdot 5)^4 - 30^4 \right]}{64} = 85.903 \text{ mm}^4$$

$$e_{\max} = \frac{d}{2} + a = \frac{30}{2} + 5 = 20 \text{ mm}$$

$$W_b = \frac{I_b}{e_{\max}} = \frac{85.903}{20} = 4.295 \text{ mm}^3$$

Widerstandsmoment gegen Torsion:

$$W_t = \frac{\pi}{16} \cdot \left(\frac{d_a^4 - d_i^4}{d_a} \right) = \frac{\pi}{16} \cdot \left(\frac{40^4 - 30^4}{40} \right) = 8.590 \text{ mm}^3$$

oder

$$W_t = \frac{\pi}{2} \cdot (d + a)^2 \cdot a = \frac{\pi}{2} \cdot (30 + 5)^2 \cdot 5 = 9.621 \text{ mm}^3 \text{ (bei kleinen Durchmessern ungenau)}$$

Schweißnahtfläche für Scherbeanspruchung:

$$A_{wS} = 0,5 \cdot \pi \cdot d_a \cdot a = 0,5 \cdot \pi \cdot 30 \cdot 5 = 235,6 \text{ mm}^2$$

3. Nennspannungen

Biegespannung: $\sigma_{\perp} = \sigma_{w,b \max} = \frac{M_{b,\max}}{W_b} = \frac{60 \cdot 10^3}{4.295} = 14 \text{ N/mm}^2$

Torsionsspannung: $\tau_{\parallel} = \tau_{w,t} = \frac{T}{W_t} = \frac{125 \cdot 10^3}{8.590} = 14,5 \text{ N/mm}^2$

Scherspannung: $\tau_{w,s} = \tau_{\perp} = \frac{F_Q}{A_{wS}} = \frac{2000}{235,6} = 8,5 \text{ N/mm}^2$

Max. Schubspannung: $\tau_{w,s \max} = \tau_{w,t} + \tau_{w,s} = 14,5 + 8,5 = 23 \text{ N/mm}^2$

Vergleichsspannung: $\sigma_{w,V} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 2 \cdot \tau_{\parallel}^2} = \sqrt{14^2 + 2 \cdot 23^2} = 35,4 \text{ N/mm}^2$

4. Zulässige Spannungen

Grenzspannungsverhältnis: $\kappa = -1$ (wechselnd)

Kerbfall E1

Zulässige Spannung: $\sigma_{w,zul} = 90 \text{ N/mm}^2$

5. Vergleich

$$\sigma_{w,zul} = 90 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{w,V} = 35,4 \text{ N/mm}^2$$

Die Verbindung mit Kehlnaht ist viel besser als mit Stumpfnaht, da die vorhandene Spannung kleiner und die zulässige Spannung größer ist.
Die Kehlnaht wird nur auf statische Torsion, die Stumpfnaht jedoch auf Umlaufbiegung und statische Torsion belastet.

b) Einfluss der Nuten

Nut an Lager B reduziert die Tragfähigkeit stärker!

Begründung:

Lager A \Rightarrow wird nur auf Torsion belastet bei größerem Querschnitt

Lager B \Rightarrow Überlagerung von Torsion und dynamischer Biegung bei kleinerem Querschnitt

c) Kerbwirkung reduzieren

- Wellenabsatz an Lager B

- Nutmutter an Lager A (teuer)

