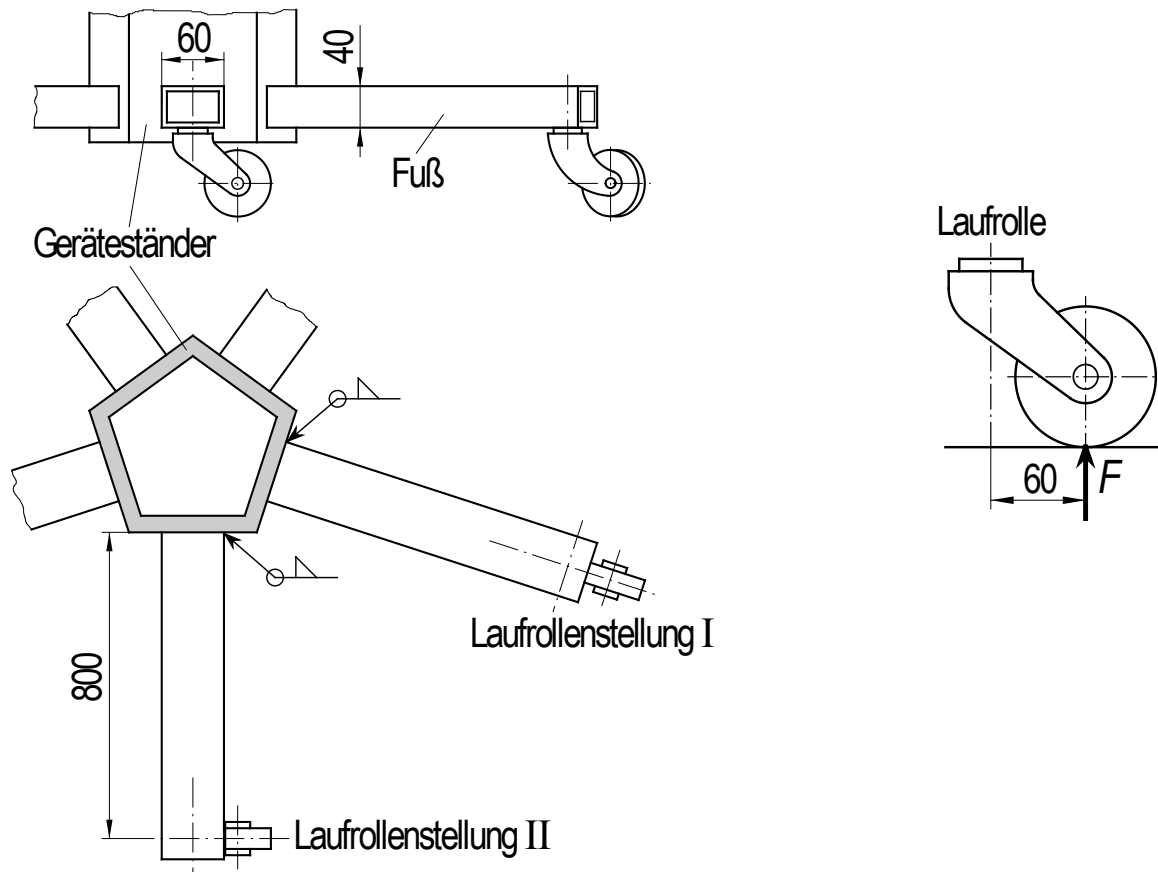


Laufrollen

An einen Geräteständer werden 5 Füße (mit drehbaren Laufrollen) mit einer umlaufenden Kehlnaht, $a = 3 \text{ mm}$, angeschweißt. An jeder Laufrolle wirkt eine ruhende Mittellast von $F_m = 750 \text{ N}$ und eine überlagerte Wechselkraft mit der Amplitude $F_a = 250 \text{ N}$. Auftretende Belastungsstöße erhöhen diese Amplitude um den Faktor $K_A = 1,5$.



- Wie werden die Schweißnähte in den beiden Laufrollenstellungen beansprucht?
- Sind die Schweißnähte in beiden Laufrollenstellungen dauerhaft, wenn sowohl der Geräteständer als auch die Füße aus S235 sind?
- Durch welche Maßnahme kann die Festigkeit der Schweißverbindung verbessert werden, wenn Werkstoff und Abmessungen der einzelnen Bauteile nicht verändert werden dürfen?

Musterlösung

a) Beanspruchung

Laufrollenstellung I: Biegung
Scherung

Laufrollenstellung II: Biegung
Scherung
Torsion

b) Dauerfestigkeit der Schweißnähte

Kräfte:

$$F_m = 750 \text{ N}$$

$$F_a = 250 \text{ N}$$

$$F_{\min} = F_m - K_A \cdot F_a = 750 - 1,5 \cdot 250 = 375 \text{ N}$$

$$F_{\max} = F_m + K_A \cdot F_a = 750 + 1,5 \cdot 250 = 1125 \text{ N}$$

Belastungen in Laufrollenstellung I:

$$M_{b,m} = F_m \cdot l_1 = 750 \cdot 860 \cdot 10^{-3} = 645 \text{ Nm}$$

$$M_{b,a} = K_A \cdot F_a \cdot l_1 = 1,5 \cdot 250 \cdot 860 \cdot 10^{-3} = 322,5 \text{ Nm}$$

$$M_{b,\max} = M_{b,m} + M_{b,a} = 645 + 322,5 = 967,5 \text{ Nm}$$

Belastungen in Laufrollenstellung II:

$$M_{b,m} = F_m \cdot l_1 = 750 \cdot 800 \cdot 10^{-3} = 600 \text{ Nm}$$

$$M_{b,a} = K_A \cdot F_a \cdot l_1 = 1,5 \cdot 250 \cdot 800 \cdot 10^{-3} = 300 \text{ Nm}$$

$$M_{b,\max} = M_{b,m} + M_{b,a} = 600 + 300 = 900 \text{ Nm}$$

$$T_m = F_m \cdot l_2 = 750 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 45 \text{ Nm}$$

$$T_a = K_A \cdot F_a \cdot l_2 = 1,5 \cdot 250 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 22,5 \text{ Nm}$$

$$T_{\max} = T_m + T_a = 45 + 22,5 = 67,5 \text{ Nm}$$

Beanspruchung in Stellung I größer als in Stellung II, da die Torsionsbeanspruchung sehr viel kleiner als die Biegebeanspruchung ist (Nachweis siehe unten).

Geometrische Größen: (b = 60 mm und h = 40 mm)

Biegung:

$$I_b = 2 \left[\frac{b \cdot a^3}{12} + b \cdot a \left(\frac{h+a}{2} \right)^2 + \frac{a \cdot h^3}{12} \right] = 2 \left[\frac{60 \cdot 3^3}{12} + 60 \cdot 3 \left(\frac{40+3}{2} \right)^2 + \frac{3 \cdot 40^3}{12} \right] = 198.680 \text{ mm}^4$$

$$W_b = \frac{I_b}{e_{\max}} = \frac{I_b}{h/2 + a} = \frac{198.680}{40/2 + 3} = 8.638,26 \text{ mm}^3$$

Scherung:

$$A_{w,s} = 2 \cdot a \cdot h = 2 \cdot 3 \cdot 40 = 240 \text{ mm}^2$$

Torsion:

$$W_t = 2(h+a)(b+a)a = 2(40+3)(60+3)3 = 16.254 \text{ mm}^3$$

Nennspannungen:

$$\sigma_{b,I} = \sigma_{\perp} = \frac{M_{b,\max}}{W_b} = \frac{967,5}{8.638,26} = 112 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Laufrollenstellung I})$$

$$\sigma_{b,II} = \sigma_{\perp} = \frac{M_{b,\max}}{W_b} = \frac{900}{8.638,26} = 104,18 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Laufrollenstellung II})$$

$$\tau_{w,s} = \tau_{\parallel} = \frac{F_{\max}}{A_{w,s}} = \frac{1125}{2 \cdot 3 \cdot 40} = 4,67 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{w,t} = \tau_{\parallel} = \frac{T_{\max}}{W_t} = \frac{67,5}{16.254} = 4,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{w,\max} = \tau_{\parallel} = \tau_{w,s} + \tau_{t,s} = 4,67 + 4,15 = 8,82 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{V,I} = \sqrt{\sigma_{b,I}^2 + 2 \cdot \tau_{w,s}^2} = \sqrt{112^2 + 2 \cdot 4,67^2} = 112,2 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Laufrollenstellung I})$$

$$\sigma_{V,II} = \sqrt{\sigma_{b,II}^2 + 2 \cdot \tau_{w,\max}^2} = \sqrt{104,18^2 + 2 \cdot (4,67 + 4,15)^2} = 104,9 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{Laufrollenstellung II})$$

Festigkeitsnachweis für Schweißnaht in kritischer Laufrollenstellung I:

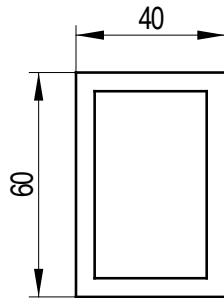
$$\kappa = \frac{F_{\min}}{F_{\max}} = \frac{375}{1125} = 0,333$$

$$\text{Kerbfall F: } \Rightarrow \sigma_{w,zul} = 70 \text{ N/mm}^2$$

Da $\sigma_V > \sigma_{w,zul}$ sind die Schweißnähte nicht dauerfest!

c) Maßnahme

Hohlprofil hochkant anordnen, d.h. um 90° drehen!



Dadurch wird das Widerstandsmoment gegen Biegung größer

$$\Rightarrow W_b = 10.494,5 \text{ mm}^3$$

und die Biegespannung in der Schweißnaht wird dadurch geringer

$$\Rightarrow \sigma_b = \frac{967,5}{10.494,5} = 92,2 \text{ N/mm}^2 .$$