Maschinenlehre I, WiSe 18/19 A1 Querpressverband

Aufgabe a)

Berechnung des maximal auftretenden Momentes

Gegeben:

$$n := 100 \cdot \frac{1}{min} \qquad P := 3.3\ kW$$

Anzuwendende Formel:

$$M_{tmax} := \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot n} \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{3.3\ kW}{2 \cdot \pi \cdot 100 \cdot \frac{1}{min}} = 315.13\ N \cdot m$$

Aufgabe b)

Berechnung des nötigen Passfugendrucks zur Übertragung des Momentes sowie der Axialkraft

Gegeben:

$$j_R := 2 \qquad D_i := 40\ mm \qquad L_F := 38\ mm \qquad \mu_H := 0.1$$

$$F_{ax} := 1000\ N \qquad M_{tmax} = 315.127\ N \cdot m$$

Anzuwendende Formel:

$$p_{erf} := \frac{j_R}{\pi \cdot D_i \cdot L_F \cdot \mu_H} \cdot \sqrt{\left(\frac{2 \cdot M_{tmax}}{D_i}\right)^2 + {F_{ax}}^2} = 66.125\ MPa$$

$$p_{erf} := \frac{2}{\pi \cdot 40\ mm \cdot 38\ mm \cdot 0.1} \cdot \sqrt{\left(\frac{2 \cdot 315.127 \cdot N \cdot m}{40\ mm}\right)^2 + (1000\ N)^2} = 66.125\ MPa$$

Berechnung der zulässigen Spannung

Gegeben:

$$R_{p0.2N} := 600\ MPa \qquad j_F := 1.2$$

Anzuwendende Formel:

$$\sigma_{zul} := \frac{R_{p0.2N}}{j_F} \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{600\ MPa}{1.2} = 500\ MPa$$

Berechnung des zulässigen Passfugendrucks

Gegeben:

$D_i := 40\ mm$ $\quad D_a := 80\ mm$ $\quad j_F := 1.2$ $\quad \sigma_{zul} = 500\ MPa$

Anzuwendende Formel:

$$Q_a := \frac{D_i}{D_a} \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{40\ mm}{80\ mm}$$

$$p_{F.zul} := \frac{\sigma_{zul} \cdot \left(1 - {Q_a}^2\right)}{2} \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{500 \cdot MPa \cdot \left(1 - \left(\frac{40\ mm}{80\ mm}\right)^2\right)}{2} = 187.5\ MPa$$

Aufgabe c)

Berechnung des Glättungswerts

Gegeben:

$R_{z.i} := 4\ \mu m$ $\quad R_{z.a} := 2\ \mu m$

Anzuwendende Formel:

$$G := 0.4 \cdot \left(R_{z.i} + R_{z.a}\right) \xrightarrow{explicit, ALL} 0.4 \cdot (4\ \mu m + 2\ \mu m) = 2.4\ \mu m$$

Berechnung des mindest und maximalen Übermaß

Gegeben:

$p_{erf} = 66.125\ MPa$ $\quad p_{max} := p_{F.zul} = 187.5\ MPa$ $\quad E_i := 210000\ MPa$ $\quad D_i = 40\ mm$

$E_a := E_i = 210000\ MPa$ $\quad Q_a = 0.5$ $\quad Q_i := 0$ $\quad \nu_i := 0.3$ $\quad \nu_a := \nu_i = 0.3$ $\quad G = 2.4\ \mu m$

Anzuwendende Formel:

$$P_{min} := p_{erf} \cdot D_i \cdot \left(\frac{1}{E_a} \cdot \left(\frac{1 + {Q_a}^2}{1 - {Q_a}^2} + \nu_a\right) + \frac{1}{E_i} \cdot \left(\frac{1 + {Q_i}^2}{1 - {Q_i}^2} - \nu_i\right)\right) + G = 35.987\ \mu m$$

$$P_{min} := 66.125\ MPa \cdot 40\ mm \cdot \left(\frac{1}{210\ GPa} \cdot \left(\frac{1 + 0.5^2}{1 - 0.5^2} + 0.3\right) + \frac{1}{210\ GPa} \cdot (1 - 0.3)\right) + 2.4\ \mu m$$

$$P_{min} = 35.987\ \mu m$$

$$P_{max} := p_{max} \cdot D_i \cdot \left(\frac{1}{E_a} \cdot \left(\frac{1 + {Q_a}^2}{1 - {Q_a}^2} + \nu_a\right) + \frac{1}{E_i} \cdot \left(\frac{1 + {Q_i}^2}{1 - {Q_i}^2} - \nu_i\right)\right) = 95.238\ \mu m$$

$$P_{max} := 187.5\ MPa \cdot 40\ mm \cdot \left(\frac{1}{210\ GPa} \cdot \left(\frac{1 + 0.5^2}{1 - 0.5^2} + 0.3\right) + \frac{1}{210\ GPa} \cdot (1 - 0.3)\right) = 95.238\ \mu m$$

Auswahl der Passung und Überprüfung der Passungswahl

Aus Tabelle:

H7/v7 für Durchmesser über 30 bis 40

Anzuwendende Formel:

$P_{P.min} := 68\ \mu m - 25\ \mu m = 43\ \mu m$ $\qquad P_{P.min} > P_{min} = 1$

$P_{P.max} := 93\ \mu m - 0\ \mu m = 93\ \mu m$ $\qquad P_{P.max} < P_{max} = 1$

H7/v7 ist eine geeignete Passung

Aufgabe d)

Berechnung der einzelnen Spannungskompenenten in der Passungsfuge mit dem maximalen Übermaß

Gegeben für die Maximalspannung in der Passfuge:

$P_{P.max} = 93\ \mu m \quad E_i := 210000\ MPa \quad D_i = 40\ mm \quad E_a := E_i = 210000\ MPa$

$Q_a = 0.5 \quad Q_i := 0 \quad \nu_i := 0.3 \quad \nu_a := \nu_i = 0.3$

Anzuwendende Formel:

$$p_{F.max} := \frac{P_{P.max}}{D_i \cdot \left(\frac{1}{E_a} \cdot \left(\frac{1+{Q_a}^2}{1-{Q_a}^2} + \nu_a \right) + \frac{1}{E_i} \cdot \left(\frac{1+{Q_i}^2}{1-{Q_i}^2} - \nu_i \right) \right)} = 183.094\ MPa$$

$$P_{F.max} := \frac{93\ \mu m}{40\ mm \cdot \left(\frac{1}{210\ GPa} \cdot \left(\frac{1+0.5^2}{1-0.5^2} + 0.3 \right) + \frac{1}{210\ GPa} \cdot (1-0.3) \right)} = 183.094\ MPa$$

Berechnung der einzelnen Spannungskomponenten in der Passfuge ausschließlich für Nabe (kritisches Bauteil für gleiche Werkstoffe) und einsetzen in die GEH

Gegeben:

$Q_a = 0.5$ $\quad Q_i := 0$ $\quad p_{F.max} = 183.094\ MPa$ $\quad M_{tmax} = 315.127\ N \cdot m$

$D_i = 40\ mm$ $\quad D_a = 80\ mm$

Anzuwendende Formel:

$S_{ria} := -p_{F.max} = -183.094\ MPa$

$$S_{\varphi ia} := \frac{Q_a^{\ 2} + 1}{1 - Q_a^{\ 2}} \cdot p_{F.max} \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{\left(\frac{40\ mm}{80\ mm}\right)^2 + 1}{1 - \left(\frac{40\ mm}{80\ mm}\right)^2} \cdot 183.09375 \cdot MPa = 305.156\ MPa$$

Vergleichsspannung nach GEH

wenn Schubspannung aus Drehmoment nicht vernachlässigt:

$I_t := \frac{\pi \cdot D_a^{\ 4}}{32} = 4021238.597\ mm^4$ $\quad T_t := \frac{M_{tmax}}{I_t} \cdot \frac{D_i}{2} = 1.567\ MPa$

$$S_{via} := \sqrt{S_{\varphi ia}^{\ 2} + S_{ria}^{\ 2} - S_{\varphi ia} \cdot S_{ria} + 3 \cdot T_t^{\ 2}} = 427.227\ MPa$$

sonst:

$$S_{via} := \sqrt{S_{\varphi ia}^{\ 2} + S_{ria}^{\ 2} - S_{\varphi ia} \cdot S_{ria}} = 427.219\ MPa$$

$$S_{via} := \sqrt{(305.156\ MPa)^2 + (-183.094\ MPa)^2 - 305.156\ MPa \cdot -183.094\ MPa} = 427.219\ MPa$$

Berechnung der Sicherheit gegen Fließen

Gegeben:

$S_{via} = 427.22\ MPa$ $\quad R_{p0.2N} = 600\ MPa$ $\quad j_F = 1.2$

Anzuwendende Formel:

$$j_a := \frac{R_{p0.2N}}{S_{via}} \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{600\ MPa}{427.22 \cdot MPa} = 1.404 \qquad j_a > j_F = 1$$

Maschinenlehre I, WiSe 18/19 A2 Wellenberechnung

a) Nennspannungen

$d := 45\ mm$

$M_b := 400\ N \cdot m$

$M_t := 200\ N \cdot m$

$$W_b := \frac{\pi}{32} \cdot d^3 \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{\pi}{32} \cdot (45\ mm)^3 = (8.946 \cdot 10^3)\ mm^3$$

$$W_t := \frac{\pi}{16} \cdot d^3 \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{\pi}{16} \cdot (45\ mm)^3 = (1.789 \cdot 10^4)\ mm^3$$

$$\sigma_b := \frac{M_b}{W_b} \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{400\ N \cdot m}{8946.175954949058 \cdot mm^3} = 44.712\ MPa$$

$$\tau_t := \frac{M_t}{W_t} \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{200\ N \cdot m}{17892.351909898116 \cdot mm^3} = 11.178\ MPa$$

b) Vergleichsmittel- und Vergleichsausschlagspannung

Torsion ist statisch -> Vergleichsmittelspannung

$\sigma_m := 0\ MPa$ $\qquad \alpha_{kt} := 1$ $\qquad$ weil fließfähiger Werkstoff!

$$\sigma_{vm1} := \alpha_{kt} \cdot \sqrt[2]{\sigma_m^{\ 2} + 3 \cdot \tau_t^{\ 2}} \xrightarrow{explicit, ALL} \sqrt[2]{(0\ MPa)^2 + 3 \cdot (11.18 \cdot MPa)^2} = 19.364\ MPa$$

Alternativ: mit alpha_kt $\qquad \alpha_{kt} := 2.5$

$$\sigma_{vm2} := \alpha_{kt} \cdot \sqrt[2]{\sigma_m^{\ 2} + 3 \cdot \tau_t^{\ 2}} \xrightarrow{explicit, ALL} 2.5 \cdot \sqrt[2]{(0\ MPa)^2 + 3 \cdot (11.18 \cdot MPa)^2} = 48.411\ MPa$$

Biegung ist dynamisch -> Vergleichsausschlagsspannung

$\tau_S := 0\ MPa$

$\alpha_{kb} := 3$ $\qquad \beta_{k\_}\alpha_k := 0.745$

$$\beta_{kb} := \beta_{k\_}\alpha_k \cdot \alpha_{kb} \xrightarrow{explicit, ALL} 0.745 \cdot 3 = 2.235$$

$$\sigma_{bmax} := \beta_{kb} \cdot \sigma_b \xrightarrow{explicit, ALL} 2.235 \cdot 44.71 \cdot MPa = 99.927\ MPa$$

$$\sigma_{va} := \sqrt[2]{\sigma_{bmax}^{\ 2} + 3 \cdot \tau_S^{\ 2}} \xrightarrow{explicit, ALL} \sqrt[2]{(99.93 \cdot MPa)^2 + 3 \cdot (0\ MPa)^2} = 99.93\ MPa$$

c) Auslastung im Querschnitt

Aus Smithdiagramm (ungefähr):

$\sigma_A := 400\ MPa$ $\nu := 2$

$\sigma_{zul} := \frac{\sigma_A}{\nu} \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{400\ MPa}{2} = 200\ MPa$

$A := \frac{\sigma_{va}}{\sigma_{zul}} \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{99.93 \cdot MPa}{200 \cdot MPa} = 0.5$

Alternativ mit alph_kt: Aus Smithdiagramm (ungefähr):

$\sigma_a := 400\ MPa$ ggf. etwas weniger. Ergebnisse ähnlich wie oben.

d) Auslastung mit wechselndem Torsionsmoment

$\sigma_{vm} := 0\ MPa$ $\sigma_A := 400\ MPa$

$\alpha_{kt} := 2.5$

$\beta_{kt} := \beta_{k\_}\alpha_k \cdot \alpha_{kt} \xrightarrow{explicit, ALL} 0.745 \cdot 2.5 = 1.863$

$\tau_{tmax} := \beta_{kt} \cdot \tau_t \xrightarrow{explicit, ALL} 1.8625 \cdot 11.18 \cdot MPa = 20.823\ MPa$

$\sigma_{va} := \sqrt[2]{\sigma_{bmax}^{\ 2} + 3 \cdot \tau_{tmax}^{\ 2}} \xrightarrow{explicit, ALL} \sqrt[2]{(99.93 \cdot MPa)^2 + 3 \cdot (20.82 \cdot MPa)^2} = 106.238\ MPa$

$A := \frac{\sigma_{va}}{\sigma_{zul}} \xrightarrow{explicit, ALL} \frac{106.24 \cdot MPa}{200 \cdot MPa} = 0.531$