fkm

May 12, 2024

0.1 Die Kritische Stelle:

Die Kritische Stelle befindet sich ,wo das maximale Biegemoment auftrett bzw. auf dem pinkt wo der Festlager sitzt

Dies hat folgende Korrdinaten:

L=1.4 m , D(Durchmesser)=440 mm

An diesem Punkt tretten folgende kräft / Momente auf:

$$Q_{b.y_{max}} = -8000000\ N$$

$$Q_{b.y_{min}} = 615385\ N$$

$$N_{x_{max}} = 10000\ N$$

$$N_{x_{min}} = 0\ N$$

$$M_t = 1760000000.0\ Nmm$$

1 Statischer Festigkeitnachweis der Welle:

1.1 Nennspannungen:

1.1.1 Für die Minimal- und Maximalspannungen ergibt sich:

$$S_{\mathrm{min}b_x} = \frac{32 \cdot (M_{\mathrm{bx\_B.min}})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (0\ Nmm)}{\pi \cdot (440\ mm)^3} = 0.000\,Mpa$$

$$S_{\mathrm{max}b_x} = \frac{32 \cdot (M_{\mathrm{bx\_B.max}})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (0\ Nmm)}{\pi \cdot (440\ mm)^3} = 0.000\,Mpa$$

$$S_{\mathrm{min}b_y} = \frac{32 \cdot (M_{\mathrm{by\_B.min}})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (0\ Nmm)}{\pi \cdot (440\ mm)^3} = 0.000\,Mpa$$

$$S_{\mathrm{max}b_y} = \frac{32 \cdot (M_{\mathrm{by\_B.max}})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (800000000\ Nmm)}{\pi \cdot (440\ mm)^3} = 95.660\,Mpa$$

$$S_{\mathrm{min}b_z} = \frac{32 \cdot (M_{\mathrm{bz\_B.min}})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (0\ Nmm)}{\pi \cdot (440\ mm)^3} = 0.000\,Mpa$$

$$S_{\mathrm{max}b_z} = \frac{32 \cdot (M_{\mathrm{bz\_B.max}})}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot (0\ Nmm)}{\pi \cdot (440\ mm)^3} = 0.000\,Mpa$$

$$S_{\mathrm{max}_x zd} = \frac{4 \cdot (N_{\mathrm{max\_x}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (10000\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.066\,Mpa$$

$$S_{\mathrm{min}_x zd} = \frac{4 \cdot (N_{\mathrm{min\_x}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.000\,Mpa$$

$$S_{\mathrm{max}_y zd} = \frac{4 \cdot (N_{\mathrm{max\_y}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.000\,Mpa$$

$$S_{\mathrm{min}_y zd} = \frac{4 \cdot (-N_{\mathrm{min\_y}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.000\,Mpa$$

$$S_{\mathrm{max}_z zd} = \frac{4 \cdot (N_{\mathrm{max\_z}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.000\,Mpa$$

$$S_{\mathrm{min}_z zd} = \frac{4 \cdot (N_{\mathrm{min\_z}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.000\,Mpa$$

$$T_{\max_s x} = \frac{4 \cdot (Q_{\_\text{x.max}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.000\,Mpa$$

$$T_{\min_s x} = \frac{4 \cdot (Q_{\_\text{x.min}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.000\,Mpa$$

$$T_{\max_s y} = \frac{4 \cdot (Q_{\_\text{y.max}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (-8000000\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = -52.613\,Mpa$$

$$T_{\min_s y} = \frac{4 \cdot (Q_{\_\text{y.min}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (615385\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 4.047\,Mpa$$

$$T_{\max_s z} = \frac{4 \cdot (Q_{\_\text{z.max}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.000\,Mpa$$

$$T_{\min_s z} = \frac{4 \cdot (Q_{\_\text{z.min}})}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot (0\ N)}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.000\,Mpa$$

1.2 Gesamtpannungen:

$$S_{\min_b} = -\sqrt{S^2_{\min_b x} + S^2_{\min_b y} + S^2_{\min_b z}} = -\sqrt{(0.000\ \ Mpa)^2 + (0.000\ \ Mpa)^2 + (0.000\ \ Mpa)^2} = -0.000\, Mpa$$

$$S_{\max_b} = \sqrt{S^2_{\max_b x} + S^2_{\max_b y} + S^2_{\max_b z}} = \sqrt{(0.000\ \ Mpa)^2 + (95.660\ \ Mpa)^2 + (0.000\ \ Mpa)^2} = 95.660\, Mpa$$

$$T_{\min_t} = \frac{16 \cdot M_{\text{t.min}}}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot (0.000\ \ Nmm)}{\pi \cdot 440^3} = 0.000\, Mpa$$

$$T_{\max_t} = \frac{16 \cdot M_{\text{t.max}}}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot (1760000000.000\ \ Nmm)}{\pi \cdot 440^3} = 105.226\, Mpa$$

$$S_{\min_{zd}} = -\sqrt{S^2_{\min_x d} + S^2_{\min_y d} + S^2_{\min_z d}} = \sqrt{(0.000\ \ Mpa)^2 + (0.000\ \ Mpa)^2 + (0.000\ \ Mpa)^2} = -0.000\, Mpa$$

$$S_{\max_{zd}} = \sqrt{S^2_{\max_x d} + S^2_{\max_y d} + S^2_{\max_z d}} = \sqrt{(0.066\ \ Mpa)^2 + (0.000\ \ Mpa)^2 + (0.000\ \ Mpa)^2} = 0.066\, Mpa$$

$$T_{\min_s} = \sqrt{T^2_{\min_x s} + T^2_{\min_y s} + T^2_{\min_z s}} = \sqrt{(0.000\ \ Mpa)^2 + (4.047\ \ Mpa)^2 + (0.000\ \ Mpa)^2} = 4.047\, Mpa$$

$$T_{\max_s} = \sqrt{T^2_{\max_x s} + T^2_{\max_y s} + T^2_{\max_z s}} = \sqrt{(0.000\ \ Mpa)^2 + (-52.613\ \ Mpa)^2 + (0.000\ \ Mpa)^2} = 52.613\, Mpa$$

2 Statische Festigkeitswerte und Festigkeitsnachweis

2.1 Werkstoffnormwerte

Für die Welle wurde den Werkstoff 42CrMo4 ausgewählt aufgrund von seiner hohen Norm-Zugfestigkeit und Streckgrenze

Für den Werkstoff 42CrMo4 ergeben sich aus der Tabelle die Norm-Zugfestigkeit und Streckgrenze:

- Norm-Zugfestigkeit ($R_{\mathbf{m.N}}$): 1100 MPa

- Norm-Streckgrenze ($R_{\mathbf{p.N}}$): 900 MPa

- j = 4.5 (Hoch da wir grosse Belastung an der Welle haben)

$$\sigma_{W_{soll}} = \frac{R_{P.N}}{j_{min}} = \frac{900.00\ MPa}{1} = 900.00\ Mpa$$

Wobei $ j_{min} $ und $ J $ sind Sicherheitsfaktor

$$d_{eff} = \left(\frac{32 \cdot M_{max_b} \cdot j}{\pi \cdot \sigma_{W_{soll}}}\right)^{\frac{1}{3}} = \left(\frac{32 \cdot 800000000.00\ N - mm \cdot 3}{\pi \cdot 900.00\ Mpa}\right)^{\frac{1}{3}} = 300.60$$

Der effektive Durchmesser ($d_{\mathbf{eff}}$) beträgt 300.60 mm.

Die Druchmesser der Proben , an dennen die Festigekitswerte ermittelt wurde sidn für vergüteten Vergütungsthal:

$$d_{eff.N.m} = 16\ mm d_{eff.N.p} = 16\ mm$$

Zur Berechnung werden außerdem folgende Faktoren benötigt:

- ($a_{d.m}$) = 0.3

- ($a_{d.p}$) = 0.4

2.1.1 Bestimmung der Technolgischen Größenfaktoren:

2.1.2 Die Formel für den technologischen Größenfaktor Kd_m lautet:

2.2 Zugfestigekeit

$$Kd_m = \begin{cases} 1 & \text{für } d_{\text{eff}} \leq d_{\text{eff\_Nm}} \\ \frac{1-0.7686\times ad_m\times\log_{10}(\frac{d_{\text{eff}}}{7.5})}{1-0.7686\times ad_m\times\log_{10}(\frac{d_{\text{eff\_Nm}}}{7.5})} & \text{für } d_{\text{eff}} < 250 \text{ und } d_{\text{eff\_Nm}} < d_{\text{eff}} \\ \frac{1-1.17\times ad_m}{1-0.7686\times ad_m\times\log_{10}(\frac{d_{\text{eff\_Nm}}}{7.5})} & \text{für } d_{\text{eff}} > 250 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Für $d_{\text{eff}} > 250 :\ Kd_m = \frac{1-1.17\times0.3}{1-0.7686\times0.3\times\log_{10}(\frac{16\ mm}{7.5})} = 0.70$

2.3 Fließgrenze:

Die Formel für den technologischen Größenfaktor Kd_p lautet:

$$Kd_p = \begin{cases} 1 & \text{für } d_{\text{eff}} \leq d_{\text{eff\_Np}} \\ \frac{1-0.7686\times ad_p\times\log_{10}(\frac{d_{\text{eff}}}{7.5})}{1-0.7686\times ad_p\times\log_{10}(\frac{d_{\text{eff\_Np}}}{7.5})} & \text{für } d_{\text{eff}} < 250 \text{ und } d_{\text{eff\_Np}} < d_{\text{eff}} \\ \frac{1-1.17\times ad_p}{1-0.7686\times ad_p\times\log_{10}(\frac{d_{\text{eff\_Np}}}{7.5})} & \text{für } d_{\text{eff}} > 250 \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

Für $d_{\text{eff}} > 250 :\ Kd_p = \frac{1-1.17\times0.4}{1-0.7686\times0.4\times\log_{10}(\frac{300.600440476487\ mm}{7.5})} = 0.59$

2.4 Anisotropiefaktor

Da Schubspannungen und Kerbe vorliegen, definieren wir den Anisotropiefaktor:

$$KA = 1$$

Zugfestigkeit und Fließgrenze des Werkstoffs im Bauteil:

$$R_m = K_{d.m} \times K_A \times R_{m.N} = 0.70 \times 1 \times 1100\ Mpa = 772.51\ Mpa$$

$$R_p = K_{d.p} \times K_A \times R_{p.N} = 0.59 \times 1 \times 900\ Mpa = 532.69\ Mpa$$

2.5 Bauteilfestigkeit

Plastische Stützwirkungen werden nur bei den Belastungsarten mit Spannungsgefälle berücksichtigt,

wie Biegung und Torsion.

Die Plastische Formzahl für einen kreis-Querschnitt beträgt:

$$K_{p.b} = 1.7$$

$$K_{p.t} = 1.33$$

Damit kann die Stützzahl ermittelt werden.

2.5.1 Berechnung der plastischen Formzahl

Die plastische Formzahl für die Biegung für $ R__p $ <= 1050 Mpa (npl_b) **und Torsion** (npl_t) **wird wie folgt berechnet:**

$$npl_b = \min\left(\sqrt{\frac{1050\ Mpa}{Rp}}, Kpb\right) \quad \text{falls } Rp < 1050 = \min\left(\sqrt{\frac{1050\ Mpa}{532.69\ Mpa}}, 1.7\right) \quad = 1.40$$

$$npl_t = \min\left(\sqrt{\frac{1050\ Mpa}{Rp}}, Kpt\right) \quad \text{falls } Rp < 1050 = \min\left(\sqrt{\frac{1050\ Mpa}{532.69\ Mpa}}, 1.33\right) \quad = 1.33$$

Wenn R_p größer oder gleich 1050 ist, beträgt die plastische Formzahl für beide Belastungsarten 1.

2.6 Konstruktionsfaktoren

Die Konstruktionsfaktoren K_{Sk} berechnen sich folgendermaßen:

$$K_{SK\_zd} = 1$$

$$K_{SK\_b} = \frac{1}{npl_b} = 0.71$$

$$K_{SK\_s} = 1$$

$$K_{SK\_t} = \frac{1}{npl_t} = 0.75$$

Die Konstruktionsfaktoren gelten immer nur für einen Kerbquerschnitt, d.h., es müssen ggf. mehrere Querschnitte berechnet werden.

2.7 Bauteilfestigkeit

Die Festigkeitswerte des Bauteils können wie folgt berechnet werden:

$$S_{SK\_zd} = \frac{R_m}{K_{SK\_zd}} = \frac{772.51\ Mpa}{1} = 772.514\ Mpa$$

$$S_{SK\_b} = \frac{R_m}{K_{SK\_b}} = \frac{772.51\ Mpa}{0.71} = 1084.585\ Mpa$$

$$T_{SK\_s} = f_t \times \frac{R_m}{K_{SK\_s}} = 0.577 \times \frac{772.51\ Mpa}{1.00} = 445.741\ Mpa$$

$$T_{SK\_t} = f_t \times \frac{R_m}{K_{SK\_t}} = 0.577 \times \frac{772.51\ Mpa}{0.75} = 592.835\ Mpa$$

2.7.1 Die Erklärung:

Der Faktor $f_t = 0.577$ korrigiert die Zugfestigkeit R_m und die Fließgrenze R_p, sodass sich die Schubfestigkeitswerte ergeben.

2.8 Sicherheitsfaktoren

Die Sicherheitsfaktoren werden entsprechend der Schadensfolge und der Wahrscheinlichkeit des Auftretens der angenommenen Spannungen und hohe Belastungen wie folgt ausgewählt .

Daraus ergibt sich der Gesamtsicherheitsfaktor

$$j_m = 2$$

$$j_p = 1.5$$

$$j_{ges}:$$

$$j_{ges} = \max(j_m, j_p \times \frac{R_m}{R_p}) = \max(2, 1.5 \times \frac{772.51\ Mpa}{532.69\ Mpa}) = 2.18$$

3 Nachweis der statischen Festigkeit

3.1 Auslastungen für die einzelnen Spannungsarten

$$a_{SK\_b} = \frac{\max(|S_{\mathrm{max\_b}}|, |S_{\mathrm{min\_b}}|) \times j_{\mathrm{ges}}}{S_{\mathrm{SK\_b}}} = \frac{\max(|95.66\ \ Mpa|, |0.00\ \ Mpa|) \times 2.18}{1084.59\ \ Mpa} = 0.19$$

$$a_{SK\_zd} = \frac{\max(|S_{\mathrm{max\_zd}}|, |S_{\mathrm{min\_zd}}|) \times j_{\mathrm{ges}}}{S_{\mathrm{SK\_zd}}} = \frac{\max(|0.00\ \ Mpa|, |0.00\ \ Mpa|) \times 2.18}{772.51\ \ Mpa} = 0.00$$

$$a_{SK\_s} = \frac{\max(|T_{\mathrm{max\_s}}|, |T_{\mathrm{min\_s}}|) \times j_{\mathrm{ges}}}{T_{\mathrm{SK\_s}}} = \frac{\max(|52.61\ \ Mpa|, |4.05\ \ Mpa|) \times 2.18}{445.74\ \ Mpa} = 0.26$$

$$a_{SK\_t} = \frac{\max(|T_{\mathrm{max\_t}}|, |T_{\mathrm{min\_t}}|) \times j_{\mathrm{ges}}}{T_{\mathrm{SK\_t}}} = \frac{\max(|105.23\ \ Mpa|, |0.00\ \ Mpa|) \times 2.18}{592.83\ \ Mpa} = 0.39$$

Da alle Einzelauslastungen kleiner als 1 sind, sind die Einzelnachweise erbracht.

3.2 Auslastung für zusammengesetzte Spannungsarten

Die Auslastung für zusammengesetzte Spannungsarten wird wie folgt berechnet:

$$a_{SK\_Sv} = \sqrt{(a_{SK\_zd} + a_{SK\_b})^2 + (a_{SK\_s} + a_{SK\_t})^2} = \sqrt{(0.00 + 0.19)^2 + (0.26 + 0.39)^2} = 0.6710$$

Damit ist der statische Festigkeitsnachweis erbracht. Das Bauteil wird von den angegebenen Belastungen zu 67.10% biem Durchmesser von d=440 mm ausgelastet.

4 Spanungen für den Dauerfestigkeit (Dynamischer Festigkeitnachweis der Welle)

5 Dynamische Festigkeitswerte und Festigkeitsnachweis

5.1 Spannungen für Dauerfestigkeitsnachweis:

$$N_m = \frac{N_{max_x} + N_{min_x}}{2} = \frac{10000\ \ N + 0\ \ N}{2} = 5000.000\ \ N$$

$$N_a = \frac{N_{max_x} - N_{min_x}}{2} = \frac{10000\ \ N - 0\ \ N}{2} = 5000.000\ \ N$$

$$Q_a = \frac{Q_{max_y} - Q_{min_y}}{2} = \frac{-8000000\ \ N - 615385\ \ N}{2} = -4307692.500\ \ N$$

$$Q_m = \frac{Q_{max_y} + Q_{min_y}}{2} = \frac{-8000000\ \ N + 615385\ \ N}{2} = -3692307.500\ \ N$$

$$M_{b_m} = \frac{M_{by_{max}} + M_{by_{min}}}{2} = \frac{800000000\ \ Nmm + 0\ \ Nmm}{2} = 400000000.000\ \ Nmm$$

$$M_{b_a} = \frac{M_{by_{max}} - M_{by_{min}}}{2} = \frac{800000000\ \ Nmm - 0\ \ Nmm}{2} = 400000000.000\ \ Nmm$$

$$M_{t_m} = \frac{M_{t_{max}} + M_{t_{min}}}{2} = \frac{1760000000.0\ Nmm + 0\ Nmm}{2} = 880000000.000\ Nmm$$

$$M_{t_a} = \frac{M_{t_{max}} - M_{t_{min}}}{2} = \frac{1760000000.0\ Nmm - 0\ Nmm}{2} = 880000000.000\ Nmm$$

$$S_{m_zd} = \frac{4 \cdot N_m}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 5000.0\ N}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.033\ Mpa$$

$$S_{a_zd} = \frac{4 \cdot N_a}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 5000.0\ N}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = 0.033\ Mpa$$

$$S_{m_b} = \frac{32 \cdot M_{b_m}}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 400000000.000\ Nmm}{\pi \cdot (440\ mm)^3} = 47.830\ Mpa$$

$$S_{a_b} = \frac{32 \cdot M_{b_a}}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 400000000.000\ Nmm}{\pi \cdot (440\ mm)^3} = 47.830\ Mpa$$

$$T_{a_q} = \frac{4 \cdot Q_a}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot -4307692.5\ N}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = -28.330\ Mpa$$

$$T_{m_q} = \frac{4 \cdot Q_m}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot -3692307.5\ N}{\pi \cdot (440\ mm)^2} = -24.283\ Mpa$$

$$T_{m_t} = \frac{16 \cdot M_{t_m}}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 880000000.000\ Nmm}{\pi \cdot (440\ mm)^3} = 52.613\ Mpa$$

$$T_{a_t} = \frac{16 \cdot M_{t_a}}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 880000000.000\ Nmm}{\pi \cdot (440\ mm)^3} = 52.613\ Mpa$$

5.2 Werkstoff-Normwerte und Festigkeitskennwerte für den Werkstoff im Bauteil:

- Normwert für axiale Spannungen ($\sigma_{W\_zd\_N}$)**: 480 Mpa**

- Normwert für Schubspannungen ($\tau_{W\_s\_N}$)**: 180 Mpa**

5.2.1 Festigkeitskennwerte des Werkstoffs im Bauteil:

- Berechneter Wert für axiale Spannungen $(_{W_zd}) $

$$\sigma_{W_zd} = K_dm \cdot K_a \cdot \sigma_{W\_zd\_N} = 0.70 \cdot 1 \cdot 480\ Mpa = 337.097 Mpa$$

- Berechneter Wert für Schubspannungen $(_{W_s}) $

$$\tau_{W_z d} = K_d m \cdot K_a \cdot \tau_{W\_s\_N} = 0.70 \cdot 1 \cdot 180\ Mpa = 126.411\ Mpa$$

$$t = \frac{D-d}{2} = 5.0\ mm\ \ r = 4.0$$

5.3 Formzhalen

$$K_{t.t} = 1 + \frac{1}{\sqrt{3.4\frac{r}{t} + \frac{38}{d} r \left(1 + 2\frac{r}{d}\right)^2 + 1.0 \left(\frac{r}{t}\right)^3 \frac{d}{D}}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{3.4\frac{4.0\ mm}{5.0\ mm} + \frac{38}{440\ mm} 4.0\ mm \left(1 + 2\frac{4.0\ mm}{440\ mm}\right)^2 + 1.0 \left(\frac{4.0\ mm}{5.0\ mm}\right.}}$$

Werkstoffegruppe	$ {a_g} $	$ {b_g} $
Nichtrostender Stahl	0.4	2400
Anderer Stahl	0.50	2700

$$\Theta = \frac{1}{4 \cdot \sqrt{\frac{5.0}{4.0} + 2}} = 0.14$$

5.3.1 Damit sind die bezogenen Spannungsgefälle für die Kerbe:

$$G_\sigma(r) = \frac{2.3}{r} \cdot (1 + \theta) = \frac{2.3}{4.0} \cdot (1 + 0.14) = 0.65 \quad \frac{1}{mm}$$

$$G_\tau(r) = \frac{1.15}{r} = \frac{1.15}{4.0} = 0.29 \quad \frac{1}{mm}$$

5.3.2 und für die Spannungsart:

$$G_\sigma(d) = \frac{2}{d} = \frac{2}{440} = 0.00 \quad \frac{1}{mm}$$

$$G_\tau(d) = \frac{2}{d} = \frac{2}{440} = 0.00 \quad \frac{1}{mm}$$

5.3.3 Für die Werkstoff ergeben sich die Konstanten:

$$a_g = 0.5$$

$$b_g = 2700$$

5.4 Die Stützzahlen für die Spannungsart:

$$n_\sigma(r) = 1 + \sqrt{G_\sigma(r) \cdot mm} \cdot 10^{\left(-(ag+(\frac{Rm}{bg\frac{N}{mm^2}}))\right)} = 1 + \sqrt{0.65 \cdot mm} \cdot 10^{\left(-(0.5+(\frac{772.51}{2700.00\frac{N}{mm^2}}))\right)} = 1.13$$

$$n_\tau(r) = 1 + \sqrt{G_\tau(r) \cdot mm} \cdot 10^{\left(-(ag+(\frac{0.577 \cdot Rm}{bg\frac{N}{mm^2}}))\right)} = 1 + \sqrt{0.29 \cdot mm} \cdot 10^{\left(-(0.5+(\frac{0.577 \cdot 772.51}{2700.00\frac{N}{mm^2}}))\right)} = 1.12$$

5.5 Die Stützzahlen für die Spannungsart:

$$da\ \ G_\sigma(d)\ \ <\ \ 0.1\ \ gilt:$$

$$n_\sigma(d) = 1 + G_\sigma(d) \cdot mm \cdot 10^{\left(-(ag-0.5+(\frac{Rm}{bg\frac{N}{mm^2}}))\right)} = 1 + 0.00 \cdot mm \cdot 10^{\left(-(0.5-0.5+(\frac{772.51}{2700.00\frac{N}{mm^2}}))\right)} = 1.00$$

$$da\ \ G_\tau(d)\ \ <\ \ 0.1\ \ gilt:$$

$$n_\tau(d) = 1 + G_\tau(d) \cdot mm \cdot 10^{\left(-(ag-0.5+(\frac{0.577 \cdot Rm}{bg\frac{N}{mm^2}}))\right)} = 1 + 0.00 \cdot mm \cdot 10^{\left(-(0.5-0.5+(\frac{0.577 \cdot 772.51}{2700.00\frac{N}{mm^2}}))\right)} = 1.00$$

5.6 Kerbwirkungszahlen:

$$K_{f.b} = \max(\frac{K_{t.b}}{n_{\sigma(d)} \cdot n_{\sigma(r)}}, \frac{1}{n_{\sigma(d)}}) = \max(\frac{2.19}{1.00 \cdot 1.13}, \frac{1}{1.00}) = 1.93$$

$$K_{f.t} = \max(\frac{K_{t.t}}{n_{\tau(d)} \cdot n_{\tau(r)}}, \frac{1}{n_{\tau(d)}}) = \max(\frac{1.53}{1.00 \cdot 1.12}, \frac{1}{1.00}) = 1.37$$

$$K_{f.zd} = \max(\frac{K_{t.zd}}{n_{\sigma(r)}}, 1) = \max(\frac{2.33}{1.13}, 1) = 2.06$$

$$K_{f.s} = \max(\frac{K_{t.s}}{n_{\tau(r)}}, 1) = \max(\frac{1.60}{1.12}, 1) = 1.43$$

5.7 Rauheitsfaktor

Rauheitsfaktor des Bauteils

$$R_z = 50\ \ \mu m$$

$$K_\sigma = 1 - 0.22 \cdot \log_{10}(\frac{R_z}{\mu m}) \cdot \log_{10}\left(\frac{2 \cdot R_m}{400 MPa}\right) = 1 - 0.22 \cdot \log_{10}(\frac{50 \mu m}{\mu m}) \cdot \log_{10}\left(\frac{2 \cdot 772.51\ \ Mpa}{400 MPa}\right) = 0.78$$

$$K_\tau = 1 - 0.577 \cdot 0.22 \cdot \log_{10}(\frac{R_z}{\mu m}) \cdot \log_{10}\left(\frac{2 \cdot R_m}{400 MPa}\right) = 1 - 0.577 \cdot 0.22 \cdot \log_{10}(\frac{50 \mu m}{\mu m}) \cdot \log_{10}\left(\frac{2 \cdot 772.51\ \ Mpa}{400 MPa}\right) = 0.87$$

5.8 Randschichtfaktor

Der Randschichtfaktor

Für Bauteile ohne Randschichtverfestigung gilt:

$$K_v = 1$$

5.9 Konstrukstrionsfaktoren

$$K_{WK_b} = \left(K_{f.b} + \frac{1}{K_{r.\sigma}} - 1\right) \cdot \frac{1}{K_v} = \left(2.88 + \frac{1}{0.78} - 1\right) \cdot \frac{1}{1.00} = 3.16$$

$$K_{WK_t} = \left(K_{f.t} + \frac{1}{K_{r.\tau}} - 1\right) \cdot \frac{1}{K_v} = \left(1.92 + \frac{1}{0.87} - 1\right) \cdot \frac{1}{1.00} = 2.06$$

$$K_{WK_zd} = \left(K_{f.zd} + \frac{1}{K_{r.\sigma}} - 1\right) \cdot \frac{1}{K_v} = \left(2.06 + \frac{1}{0.78} - 1\right) \cdot \frac{1}{1.00} = 2.34$$

$$K_{WK_s} = \left(K_{f.s} + \frac{1}{K_{r.\tau}} - 1\right) \cdot \frac{1}{K_v} = \left(1.43 + \frac{1}{0.87} - 1\right) \cdot \frac{1}{1.00} = 1.58$$

5.10 Bauteilwechselfestigkeit:

Die ertragbaren Nennwerte der Bauteil-Wechselfestigkeit sind:

$$S_{WK.b} = \frac{\sigma_{W_{zd}}}{K_{WK.b}} = \frac{337.10}{2.06} = 106.65 \quad Mpa$$

$$S_{WK.zd} = \frac{\sigma_{W_{zd}}}{K_{WK.zd}} = \frac{337.10}{2.34} = 143.93 \quad Mpa$$

$$T_{WK.t} = \frac{\tau_{W.s}}{K_{WK.t}} = \frac{126.41}{2.06} = 61.35 \quad Mpa$$

$$T_{WK.s} = \frac{\tau_{W.s}}{K_{WK.s}} = \frac{126.41}{1.58} = 80.07 \quad Mpa$$

5.11 Mittelspannungsempfindlichkeit

Die Mittelspannungsempfindlichkeit ist ein Maß dafür, wie stark die Ausschlagspannung mit wachsender Mittelspannung abfällt

$$M_\sigma = 0.000035 + \frac{R_m}{MPa} - 0.1 = 0.00035 \cdot \frac{772.51}{MPa} - 0.1 = 0.1704$$

$$M_\tau = 0.577 \cdot M_\sigma = 0.577 \cdot 0.1704 = 0.098$$

5.12 Vergleichspanung

$$S_{m.v} = \sqrt{3 \cdot (T_{m.t} + T_{m.s})^2 + (S_{m.b} + S_{m.zd})^2} = \sqrt{3 \cdot (52.61 + -24.28)^2 + (47.830186 + 0.032883)^2} = 68.55\ Mpa$$

$$T_{m.v} = 0.577 \cdot S_{m.v} = 0.577 \cdot 68.55 = 39.55\ \ Mpa$$

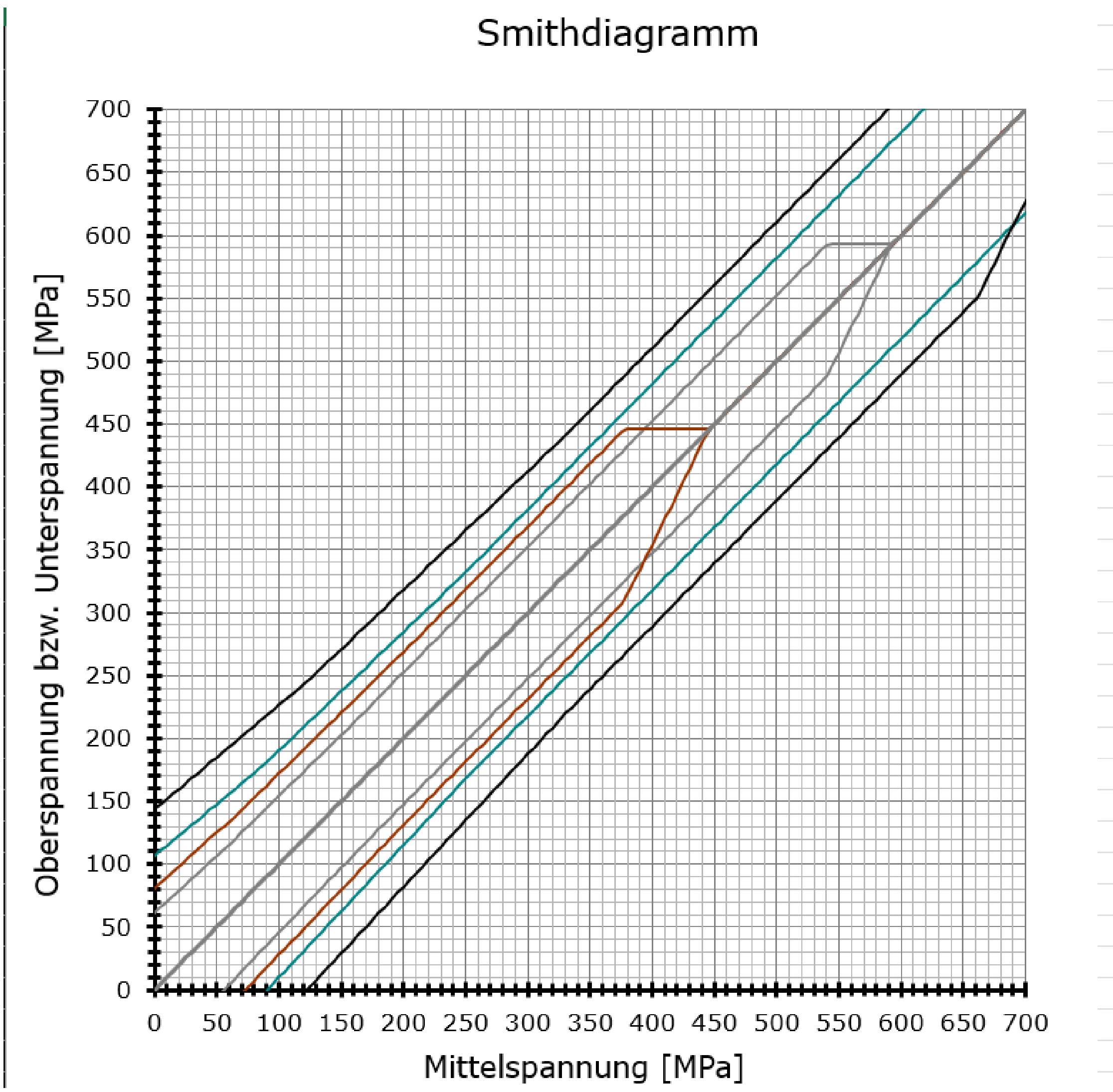
5.13 Bauteil-Ausschalgfestigkeit

$M_\sigma = 0.17 M_\tau = 0.098309 S_{SK_{zd}} = 772.51 S_{SK_b} = 1084.59 T_{SK_s} = 445.74 T_{SK_t} = 592.83 S_{WK_{zd}} = 143.93 S_{WK_b} = 106$

5.14 Aus dem Smith-Diagramm lassen sich folgende Werten ablesen:

Daraus ergeben sich nachfolgende Bauteilauschlagsapnnungen:

$S_{o_{zd}} = S_{Ak_{zd}} = 147.550\ Mpa S_{o_b} = S_{AK_b} = 102.150\ Mpa T_{o_s} = T_{Ak_s} = 84.580\ Mpa T_{o_t} = T_{AK_t} = 65.840\ Mpa$



5.15 Sicherheitsfaktoren

Da die Schadenfolge hoch sind und regelmässig Inseption nicht durchgefährt wird , ist die Sicherheitsfaktor gleich

$$J_d = 1.5$$

5.16 Nachweis der Dauerfestigkeit

Auslastungen für einzelne Spannungsarten

$$a_{AK.b} = \frac{S_{a.b} \cdot J_d}{\min(S_{Ak.b}, 0.75 \cdot R_p \cdot K_{p.b})} = \frac{47.83 \cdot 1.5}{\min(102.15, 0.75 \cdot 532.69)} = 0.7024$$

$$a_{AK.t} = \frac{T_{a.t} \cdot J_d}{\min(T_{Ak.t}, 0.75 \cdot 0.577 \cdot R_p)} = \frac{52.61 \cdot 1.5}{\min(65.84, 0.75 \cdot 532.69)} = 1.1987$$

$$a_{AK.zd} = \frac{S_{a.zd} \cdot J_d}{\min(S_{Ak.zd}, 0.75 \cdot R_p)} = \frac{0.03 \cdot 1.5}{\min(147.55, 0.75 \cdot 532.69)} = 0.0003$$

$$a_{AK.s} = \frac{T_{a.s} \cdot J_d}{\min(T_{Ak.s}, 0.75 \cdot 0.577 \cdot R_p)} = \frac{-28.33 \cdot 1.5}{\min(84.58, 0.75 \cdot 0.577 \cdot 532.69)} = -0.5024$$

5.17 Auslastungen für zusammengestzte Spannungsarten:

$$a_{AK.Sv} = \sqrt{(a_{AK.b} + a_{AK.zd})^2 + (a_{AK.t} + a_{AK.s})^2} = \sqrt{(0.70 + 0.0003)^2 + (1.20 + -0.5024)^2} = 0.9892$$

Die Einzelauslatungen sind kleiner 1 , die Gesamteauslastung bei D=440 mm ist 98.92 %