

Exam wb1643B Juli 21, 2023

$$\text{kN} := 1000 \cdot \text{N} \quad \text{MPa} := 10^6 \cdot \text{Pa} \quad \text{GPa} := 10^9 \cdot \text{Pa}$$

Problem 1: Palmgren Miner

a) Materiaalspanning in de las als gevolg van contactkracht

$$F := 100 \cdot \text{N} \quad L := 100 \cdot \text{mm} \quad b := 20 \cdot \text{mm} \quad h := b \quad t := 1 \cdot \text{mm} \quad h_{\text{las}} := \frac{t}{2}$$

Er zijn twee lasnaden met elk een lengte b en hoogte $t/2$. Als gevolg van een buigmoment wordt de bovenste lasnaad wordt op trek belast, terwijl de onderste op druk belast wordt. De kritische doorsnede van de las is $A = b \cdot h_{\text{las}}$. De trekkracht F volgt uit momentenevenwicht. Het buigmoment is $M = F \cdot L$ en maakt evenwicht met $M = F_{\text{las}} \cdot h$. De trekspanning volgt uit $\sigma = F_{\text{las}} / A$. Conclusie: Momentenevenwicht levert:

$$F \cdot L = \Delta \sigma \cdot b \cdot h_{\text{las}} \cdot h \quad \Delta \sigma := \frac{F \cdot L}{b \cdot h_{\text{las}} \cdot h} \quad \Delta \sigma = 50 \text{ MPa} \quad \text{Het buigmoment werkt 1 kant op (niet wisselend maar een zuivere zwelbelasting volgens blz 4 formuleboekje editie 8)}$$

b) Spanningen in tabel zijn gegeven.

$$\text{Detail categorie 40} \quad \Delta \sigma_C := 40 \cdot \text{MPa} \quad \Delta \sigma_D := \left(\frac{2}{5}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta \sigma_C \quad \Delta \sigma_D = 29.5 \text{ MPa} \quad \Delta \sigma_L := \left(\frac{5}{100}\right)^{\frac{1}{5}} \cdot \Delta \sigma_D$$
$$\Delta \sigma_1 := 25 \cdot \text{MPa} \quad \Delta \sigma_2 := 50 \cdot \text{MPa} \quad \Delta \sigma_3 := 75 \cdot \text{MPa} \quad \Delta \sigma_L = 16.2 \text{ MPa}$$

$$\text{Dit levert:} \quad m_1 := 5 \quad m_2 := 3 \quad m_3 := 3$$

$$\text{Aantal wisselingen tot breuk:} \quad N_1 := \left(\frac{\Delta \sigma_D}{\Delta \sigma_1}\right)^{m_1} \cdot 5 \cdot 10^6 \quad N_2 := \left(\frac{\Delta \sigma_D}{\Delta \sigma_2}\right)^{m_2} \cdot 5 \cdot 10^6 \quad N_3 := \left(\frac{\Delta \sigma_D}{\Delta \sigma_3}\right)^{m_3} \cdot 5 \cdot 10^6$$
$$N_1 = 11.4 \cdot 10^6 \quad N_2 = 1.024 \times 10^6 \quad N_3 = 0.3 \cdot 10^6$$

$$\text{Damage fraction 1 werpset:} \quad D_1 := \frac{3}{N_1} \quad D_2 := \frac{3}{N_2} \quad D_3 := \frac{3}{N_3}$$
$$D_1 = 0.26 \cdot 10^{-6} \quad D_2 = 2.93 \times 10^{-6} \quad D_3 = 9.89 \times 10^{-6}$$

Damage fraction als gevolg van het werpen van een set van 9 schijven:

$$\text{Aantal werpsets tot breuk:} \quad N_a := \frac{1}{D} \quad N_a = 76 \cdot 10^3 \quad D := D_1 + D_2 + D_3$$

Problem 2: Stress Concentrations

a) Zie pagina 85 van Hoofdstuk 3

1) Afronding in combinatie met undercut

2) Stress relief groove links dichtbij de dikte-overgang in het juist deel van de as.

3) Afronding in combinatie met afstandsring.

b) Zie blz 71 van Hoofdstuk 3

De scheurinitiatie is onder 45 graden met de dwarsdoorsnede (fase 1),

daarna scheurgroei in de dwarsdoorsnede (fase 2)

De scheurgroei in fase 1 hangt af van de kristal grootte van het materiaal.

$$\text{c Bereken } M_s/M_d. \quad M_s = \frac{\pi}{32} \cdot d_k^3 \cdot R_{p0.2} \quad M_d = \frac{\pi}{32} \cdot d_k^3 \cdot \frac{\sigma_e}{K_f} \quad \frac{M_s}{M_d} = \frac{R_{p0.2}}{\frac{\sigma_e}{K_f}} = \frac{0.6 \cdot R_m}{\frac{1}{3} \cdot \frac{R_m}{K_f}} = 0.6 \cdot 3 \cdot K_f = 3.6$$

Problem 3: Vermoeiingssterkte van een schroefverbinding

3a) De staalkwaliteit van de schroef is hoger dan de minimaal vereiste sterkte volgens ISO.

3b) Voorspankracht $F_i/F_{0.2} = 7.5$ vakjes hoog.

$C_m = 1/5$ betekent (rek:compressie=4:1).

Vermoeiingssterkte schroef is 1.57 vakjes hoger dan $F_i / F_{0.2}$

Lijn naar beneden trekken levert klemkracht kleiner dan $0.3 F_{0.2}$.

Conclusie, faalmechanisme is niet vermoeiing maar te lage klemkracht.

Dus vanuit $F_m/F_{0.2} = 0.3$ een lijn omhoog tekenen en laten snijden met de rek van de bout.

Uitlezen levert $P_m = F_i - F_m$, $P = (F_i - F_m) \cdot 5/4 \cdot F_{0.2} = (0.75 - 0.3) \cdot 5/4 \cdot F_{0.2} = 0.563 \cdot F_{0.2}$

$$(0.75 - 0.3) \cdot \frac{5}{4} = 0.563$$

$$5 \cdot 0.157 = 0.785$$

Als vermoeiing het kritische faalmechanisme zou zijn dan:
 $P_b = 0.157 F_0.2$ en $P = 5P_b = 0.785 F_0.2$ (maar vermoeiing is dus niet kritisch).

3c)

- i) buigspanning door pelbelasting
- ii) schroefdraad loopt door tot schroefkop
- iii) Afronding onder schroefkop niet volgens ISO

d) De vermoeiingssterkte van de schroefverbinding zal hierdoor afnemen (kleinere L_m/d waardoor C_m toeneemt).
 De vermoeiingssterkte van de schroef zelf is geen functie van de lengte.

Problem 4: Thermal fatigue

$$R_{p0.2} := 0.8 \cdot 600 \cdot \text{MPa}$$

$$d := 4 \cdot \text{mm} \quad L_m := 120 \cdot \text{mm} \quad E_{st} := 210 \cdot \text{GPa}$$

$$D := 70 \cdot \text{mm} \quad t := 3 \cdot \text{mm} \quad E_{al} := 70 \cdot \text{GPa}$$

$$\alpha_{al} := 23 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{K} \quad \alpha_{st} := 12 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{K} \quad dT := 100 \cdot K$$

Stijfheid trekstang: $A_{st} := \frac{\pi}{4} \cdot d^2$ $k_{st} := \frac{A_{st} \cdot E_{st}}{L_m}$ $k_{st} = 22 \cdot 10^6 \cdot \frac{N}{m}$

Stijfheid bus: $A_{bus} := \frac{\pi}{4} \cdot [D^2 - (D - 2t)^2]$ $k_{bus} := \frac{A_{bus} \cdot E_{al}}{L_m}$ $k_{bus} = 368 \cdot 10^6 \cdot \frac{N}{m}$

Ga verder uit van: $k_{st} := 20 \cdot 10^6 \cdot \frac{N}{m}$ $k_{bus} := 400 \cdot 10^6 \cdot \frac{N}{m}$

Bereken de krachttoename in de draadstang, begin met de basisvergelijkingen (is vereist):

$$dL = L_m \cdot \alpha_{st} \cdot dT + \frac{dF}{k_{st}} \quad dL = L_m \cdot \alpha_{al} \cdot dT - \frac{2 \cdot dF}{k_{al}} \quad \text{Let op de factor 2 voor 2 draadstangen.}$$

Samenvoegen levert: $L_m \cdot \alpha_{st} \cdot dT + \frac{dF}{k_{st}} = L_m \cdot \alpha_{al} \cdot dT - \frac{2 \cdot dF}{k_{bus}}$ $L_m \cdot (\alpha_{al} - \alpha_{st}) \cdot dT = dF \cdot \left(\frac{2}{k_{bus}} + \frac{1}{k_{st}} \right)$

Herschrijven levert:

$$dF := \frac{L_m \cdot (\alpha_{al} - \alpha_{st}) \cdot dT}{\frac{2}{k_{bus}} + \frac{1}{k_{st}}} \quad dF = 2.4 \text{ kN} \quad A_t := 8.78 \cdot \text{mm}^2 \quad d\sigma := \frac{dF}{A_t} \quad d\sigma = 273 \text{ MPa} \quad \frac{d\sigma}{R_{p0.2}} = 0.569$$

(Let op, tijdens tentamens moeten de basisvergelijkingen gegeven worden)

Problem 5) Corrosie

- a) Het minst edele van de twee metalen gaat oxideren, dit is hier het aluminium.
 De aluminium flens is de anode die in oplossing gaat (oxideren = waarbij electronen vrij komen).
- b) Crivice corrosion treedt typisch op in spleetjes. Omdat de toetreding van zuurstof belemmerd wordt zal verzuring optreden waardoor het corrosieproces in het spleetje nog zal versnellen.
- c) Een failure mode heeft betrekking op functieverlies; het niet losneembaar worden. Het faalmechanisme is de fysica (cause of the failure); Door corrosie ontstaat een corrosieproduct (oxide) die een groter volume inneemt wat resulteert in de failure mode.
- d) Filiform corrosie.

Problem 6) Invloed van lassen op materiaaleigenschappen

Niet waar: De warmte-beïnvloede zone beperkt zich tot het lasmetaal dat vanuit de smeltfase gestold is.

Problem 7) Invloed van vervaardigingstechnieken op materiaaleigenschappen

- a) De wielband zal pas later stollen waardoor een residuele trekspanning in de wielband ontstaat, een drukspanning in de spaken.

Problem 8) Lasdefecten en detectie

8a) Krimpscheuren ontstaan niet in de overgang van vloeibaar naar vast, stolscheuren wel.

Krimpscheuren kunnen worden voorkomen door de onderdelen vooraf te verhitten waardoor temperatuurgradiënten tijdens het lassen kleiner zijn.

8b) a) Radiografisch onderzoek het meest geschikt voor dichtheidsverschillen, b) Ultrasoon het meest geschikt voor scheurtjes, c) Penetrant onderzoek geschikt voor scheurtjes aan het oppervlak.