

Exam wb1643B Juni 28, 2021

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

Problem 1: Integriteitsverklaring

Problem 2: Spanninganalyse

$$D := 12 \cdot \text{mm} \quad a := 0.05 \cdot \text{m} \quad m_a := 5 \cdot \text{kg} \quad F := m_a \cdot g \quad E := 210 \cdot \text{GPa} \quad \Delta\sigma_e := 225 \cdot \text{MPa}$$

a) Buigmoment M $M := F \cdot a$ $M = 2.452 \text{ N} \cdot \text{m}$

Weerstandsmoment W_b $W_b := \frac{\pi}{32} \cdot D^3$

Trekspanning σ $\sigma_b := \frac{M}{W_b}$ $\sigma_b = 14.45 \text{ MPa}$ als gevolg van F

Drukspanning σ $\sigma_d := \frac{F}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}$ $\sigma_d = 0.434 \text{ MPa}$ als gevolg van F Dit is de topwaarde van de
zwellbelasting vanaf NUL.

Gecombineerde spanning op de plaats van het rekstrookje $\sigma_{\text{tot}} := \sigma_b - \sigma_d$ $\sigma_{\text{tot}} = 14.02 \text{ MPa}$

Rek op de plaats van het rekstrookje: $\sigma_{\text{tot}} = E \cdot \epsilon$ $\epsilon := \frac{\sigma_{\text{tot}}}{E}$ $\epsilon = 6.675 \times 10^{-5}$

b) De spanning aan de andere zijde bedraagt $\sigma_{d,\text{tot}} := -\sigma_b - \sigma_d$ $\sigma_{d,\text{tot}} = -14.885 \text{ MPa}$ Is topwaarde van de
rek die zwelt vanaf nul.

Deze spanning is echter niet kritisch ten aanzien van de belasting omdat dit een drukspanning is. Bij "plane bending page 74 book" ontstaat de vermoeiingsscheur waar de trekspanning fluctueert.

c) Bij elastische vervorming is de spanning evenredig met de belasting.

Met: $F_i := 100 \cdot \text{N}$ dan $\sigma_i := 30 \cdot \text{MPa}$

De belasting mag dus toenemen tot $\Delta F_{\text{max}} := \frac{\Delta\sigma_e}{\sigma_i} \cdot F_i$ $\Delta F_{\text{max}} = 750 \text{ N}$ dus van nul naar ΔF_{max} .

Problem 3: Safe life Design

a) K_t is gebaseerd op FEM, K_f op basis van experimenteel onderzoek (hier het geval).

b) Bij buiging om de x-as ligt het boorgat op de plaats van de neutrale lijn waar weinig spanningen optreden. Buiging om de y-as is dus kritisch.

c) Het aantal belastingwisselingen tot breuk is evenredig met de spanning tot de macht $1/m$. De spanning is met boorgat K_f maal zo groot als zonder boorgat. Het buigmoment is evenredig met de toelaatbare spanning.

$$\frac{M_2}{M_1} = \frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{K_f \sigma_1}{\sigma_1} \quad \frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{\Delta\sigma_1}{\Delta\sigma_2} \right)^m \quad \frac{N_2}{N_1} = \left(\frac{1}{K_f} \right)^m \quad K_f := 1.5 \quad m := 8 \quad \left(\frac{1}{K_f} \right)^m = 0.039$$

De toelaatbare belasting is teruggebracht tot 4% van de toelaatbare belasting zonder boorgat.

Problem 4: Safe life Design / Palmgren Miner Rule



$$m := 10 \quad N_e = 1 \times 10^6 \quad \Delta\sigma_e := 225 \cdot \text{MPa} \quad N_R = 1 \times 10^4 \quad \Delta\sigma_R = 360 \text{ MPa}$$

a) Vermoeïngsterkte as

$$\Delta\sigma_1 := 200 \cdot \text{MPa}$$

$$K_F \Delta\sigma_1 = 300 \text{ MPa}$$

$$n_1 := 80$$

$$m_1 := 10$$

$$N_1 := N_e \cdot \left(\frac{\Delta\sigma_e}{K_F \Delta\sigma_1} \right)^{m_1} \quad N_1 = 5.631 \times 10^4 \quad N_2 := \infty$$

$$D_1 := \frac{n_1}{N_1} \quad D_1 = 1.4 \times 10^{-3}$$

$$D := D_1 + D_2 + D_3$$

$$\frac{D_1}{D} = 100 \%$$

$$\Delta\sigma_2 := 100 \cdot \text{MPa}$$

$$K_F \Delta\sigma_2 = 150 \text{ MPa}$$

$$n_2 := 200$$

$$m_2 := \infty$$

$$D_2 := \frac{n_2}{N_2} \quad D_2 = 0$$

$$\frac{D_2}{D} = 0$$

$$\Delta\sigma_3 := 50 \cdot \text{MPa}$$

$$K_F \Delta\sigma_3 = 75 \text{ MPa}$$

$$n_3 := 1000$$

$$m_3 := \infty$$

$$N_3 := \infty$$

$$D_3 := \frac{n_3}{N_3} \quad D_3 = 0$$

$$\frac{D_3}{D} = 0 \%$$

$$b) \quad T := 2 \cdot \text{hr} \quad L := \frac{T}{D} \quad L = 1407.8 \text{ hr}$$

c) De N_1 spanningswisselingen van $\Delta\sigma_1$ zijn bepalend voor de levensduur. De overige spanningspieken hoeven in de test niet gesimuleert te worden.



Problem 5: Ontwerpverbetering / Stress & Strength

Stress verminderen (2 maatregelen gevraagd)

a1) Met de spanrol aan de andere kant van de riem wordt de omtrekshoek (wrap angle betha) groter en kan de voorspankracht kleiner gemaakt kan worden (let op, in de vergelijking voor de lagerbelasting zou betha=0 optimaal zijn, maar dan kan je geen koppel doorleiden dus een kleine betha gaat de verkeerde kant op).

a2) Afstand spanrol tot motor verkleinen

a3) Extra lager aan de andere kant van de schijf om het buigmoment te verkleinen.

a4) Spankracht verkleinen als ruim voldoende koppel kan worden doorgeleid zonder slip.

0.5 punt als 1 van de juiste maatregelen is genoemd.

0 punten als hier toch strength verbeteringsmaatregelen worden genoemd.

Strength verbeteren (1 maatregel gevraagd)

b1) Grotere radius toepassen in dikte overgang van de as, in combinatie met een afstandsring om het lager te positioneren (slide 17).

b2) Stress relief groove in het dikke gedeelte van de as, direct voorbij het lager (slide 17)

*** 0.5 punt als het onderstreepte niet tegelijk is genoemd.

Problem 6: Breukanalyse

a) Kerfslagproef of Charpy proef.

b) Vooraftgaande plastische vervorming

c) Hydrogen Embrittlement of Waterstofbroosheid.

d) SCC Stress Corrosion Cracking.

Problem 7: Dynamische belaste schroefverbinding

$$d := 12 \cdot \text{mm} \quad L_m := d \quad A_t := 84.3 \cdot \text{mm}^2 \quad R_{p0.2} := 640 \cdot \text{MPa} \quad X := 0.8 \quad \sigma_i := X \cdot R_{p0.2}$$

a) Hoe groot is de initiële voorspankracht F_i ? $F_i := A_t \cdot \sigma_i$ $F_i = 43.2 \text{ kN}$

b) Plastische vervorming zal optreden direct boven de bovenste moer bij: $F_{0.2} := A_t \cdot R_{p0.2}$ $F_{0.2} = 54 \text{ kN}$

In het voorgespannen gedeelte ontstaat plastische vervorming bij een externe belasting P of F_{gem}

$$P_b := (1 - X) \cdot F_{0.2} \quad \text{Joint Stiffness Factor } C_m \quad C_m := \left(\frac{1}{1.5 + 0.289 \cdot \frac{L_m}{d}} \right)^2 \quad C_m = 0.312$$
$$P_b = C_m \cdot P \quad P := \frac{P_b}{C_m} \quad P = 34.5 \text{ kN} \quad F_{\text{gem}} = P$$

Conclusie : Plastische vervorming zal het eerst optreden in de schroef tussen de moeren.

c) Hoe groot is de klemkracht F_m op het moment dat de schroef plastisch begint te vervormen? $P := 10 \cdot \text{kN}$

$$P_b := C_m \cdot P \quad P_m := P - P_b \quad P_m = 6.9 \text{ kN} \quad F_m := F_i - P_m \quad F_m = 36.3 \text{ kN}$$

d) $\sigma_a := 0.75 \cdot \left(\frac{180}{12} + 52 \right) \cdot \text{MPa} \quad P_b := 2 \cdot \sigma_a \cdot A_t \quad P_b = 8.5 \text{ kN} \quad \Delta F = P_b$

Problem 8) Corrosie 1

b) C-stalen spijkers is de beste keuze. Zink is onedeler en gaat in oplossing. Dit is een groot anodisch oppervlak. De kathode is relatief klein. De zink oxides slaan neer op het oppervlak van de C-stalen spijkers waardoor deze beschermt worden.

Problem 9) Corrosie 2

b) is onjuist want de spleet/overlap wordt juist verarmd in zuurstof tijdens het proces.

Problem 10) Lasprocessen

a) korrelverfijning ontstaat door het optreden van vaste stof fase transformaties. Tijdens de transformatie bij het opwarmen worden in iedere korrel kiemen van de nieuwe fase gevormd. De kiemen groeien uit. Bij het afkoelen gebeurt nogmaals hetzelfde. In de al kleinere korrels worden weer nieuwe kiemen gevormd.

b) korrelgrenzen belemmeren de doorgang van dislocaties. Meer korrelgrenzen resulteren in een hogere sterkte (Hall Petch relatie), waarbij de taaierheid gehandhaafd blijft.

Problem 11) Microstructuur van metalen

a) de afkoelsnelheid. de afkoelsnelheid is hoger bij het gieten in een stalen mal.

b) bij een hogere afkoelsnelheid, is de drijvende kracht voor stolling hoger, er worden meer kiemen gevormd. Er ontstaat een fijnere structuur aan de wand van de mal. Deze kiemen groeien uit in de richting van de maximale temperatuurgradient. Door het vrijkomen van stollingswarmte zal de stollingsnelheid afnemen en ontstaat een structuur met gelijkvormige korrels (equiaxed). Bij de lagere afkoelsnelheid worden minder kiemen gevormd en komt de stollingswarmte meer geleidelijk vrij.