

Opgave 1: Schokbestendig ontwerpen

a) massapunt verplaatsing statisch

$$m_a := 2 \cdot \text{kg} \quad L := 0.3 \cdot \text{m} \quad a := \frac{L}{2} \quad E := 70 \cdot \text{GPa} \quad h := 0.75 \cdot \text{m} \quad d := 10 \cdot \text{mm}$$

$$f_2 = \frac{1}{6} \cdot \left(2 + 3 \cdot \frac{L}{a} \right) \cdot \frac{M \cdot a^2}{E \cdot I}$$

$$I := \frac{\pi}{64} \cdot d^4 \quad P := m_a \cdot \frac{g}{4} \quad M := P \cdot a \quad f_2 := \frac{1}{6} \cdot \left(2 + 3 \cdot \frac{L}{a} \right) \cdot \frac{M \cdot a^2}{E \cdot I} \quad f_2 = 0.642 \text{ mm} \quad (2 \text{ punten})$$

b) energievergelijking

(2 punten)

(1 punt extra indien meer compleet)

$$m \cdot g \cdot (h + \delta) = \frac{F \cdot \delta}{2} \quad \text{waarin} \quad F = k \cdot \delta \quad \text{dit levert} \quad m \cdot g \cdot (h + \delta) = \frac{k \cdot \delta^2}{2} \quad \text{nu } \delta \text{ oplossen met abc formule}$$

c) dynamic amplification factor

(2 punten)

$$\delta_{\text{stat}} := 2 \cdot \text{mm} \quad A := \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot h}{\delta_{\text{stat}}}} \right) \quad A = 28.4 \quad \delta_{\text{max}} := A \cdot \delta_{\text{stat}} \quad \delta_{\text{max}} = 56.8 \text{ mm}$$

zo lang de vervorming lineair elastisch is, is de verhouding tussen de doorbuiging gelijk aan die voor de spanning. Dus de buigspanning neemt tijdens vallen toe met A.

Opgave 2: Lagerkeuze

- a) diepgroefkogellagers met puntcontacten zijn minder geschikt bij stootbelasting.
- b) massief bronzen lager is zeer stootbestendig en hoog belastbaar, moet periodiek gesmeerd worden.
- c) polyamide lager stoot bestendig vanwege groot contactvlak, hoeft niet gesmeerd te worden, is goedkoop.
- d) sinterbrons is minder geschikt bij stootbelasting omdat de porieën dicht gaan door deformatie.

Antwoord c) is de beste keuze (2 punten), **antwoord b)** is een 2e keus (1 punt).**Opgave 3: Lagerkeuze**

a) bij face to face is doorbuiging beter mogelijk wat ook gewenst is in deze toepassing.

Opgave 4: Groefkogellager equivalente lagerbelasting P en levensduur L_{na}

$$a) \quad F_a := 0.2 \cdot \text{kN} \quad F_r := 0.5 \cdot \text{kN} \quad f_0 := 12 \quad C_0 := 1.37 \cdot \text{kN} \quad f_0 \cdot \frac{F_a}{C_0} = 1.752 \quad \frac{F_a}{F_r} = 0.4$$

$$X := 0.56 \quad Y := 1.38 \quad \text{De waarde van Y moet iets lager zijn dan 1.31 (1.31 is schatting)}$$

$$P := X \cdot F_r + Y \cdot F_a \quad P = 556 \text{ N} \quad (2 \text{ punten})$$

$$b) \quad n := 1400 \cdot \frac{1}{\text{min}} \quad a_1 := 0.21 \quad C := 3.45 \cdot \text{kN} \quad p := 3 \quad (1 \text{ punt voor } a_1=0.21) \quad L_1 := a_1 \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p \cdot 10^6$$

$$L_{1h} := a_1 \cdot \left(\frac{C}{P} \right)^p \cdot \frac{10^6}{n} \quad L_{1h} = 597 \text{ hr} \quad (\text{extra punt voor levensduur in uren}) \quad L_1 = 5.017 \times 10^7$$

Opgave 5: Lagerinbouw / passingkeuze

De ring die roteert t.o.v. de belasting moet als perspassing worden gekozen om kruip tussen as en ring te voorkomen. In deze toepassing moeten beide binnenringen als perspassing worden gekozen.

5a) vast 5b) los 5c) vast 5d) los

Opgave 6: TTY maximaal aanhaalmoment

Input parameters M6-8.8

$$d := 6 \cdot \text{mm} \quad d_2 := 5.35 \cdot \text{mm} \quad d_3 := 4.773 \cdot \text{mm} \quad P := 1 \cdot \text{mm} \quad \mu_G := 0.3 \quad \mu_H := 0.3 \quad \beta := 60 \cdot \text{deg} \quad R_{p0.2} := 640 \cdot \text{MPa}$$

De equivalente spanning σ_e wordt berekend met:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2} < R_{p0.2} \quad (1 \text{ punt})$$

Hierin is: $\sigma = \frac{F_i}{A_t}$ en $\tau = \frac{M_G}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3}$ en $M_G = F_i \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\phi + \rho')$

Voor de berekening van de effectieve wrijvingshoek ρ' is de tophoek van de schroefdraad β nodig en de wrijvingscoëfficiënt in de schroefdraad. De wrijvingscoëfficiënt in de schroefdraad zal zonder smering worden aangenomen als $\mu_G = 0.3$, met een teflon olie $\mu_G = 0.15$

$$\phi := \text{atan}\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) \quad \rho' := \text{atan}\left(\frac{\mu_G}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}\right) \quad \rho' = 19.11 \text{ deg} \quad d_0 := \frac{d_2 + d_3}{2} \quad A_t := \frac{\pi}{4} \cdot d_0^2$$

Invullen van σ en τ in de vergelijking voor σ_e levert een vergelijking waaruit F_i kan worden opgelost:

$$\sigma_e = \sqrt{\left(\frac{F_i}{A_t}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{F_i \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\phi + \rho')}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3}\right)^2} < R_{p0.2} \quad \frac{R_{p0.2}}{F_i} = \sqrt{\left(\frac{1}{A_t}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\frac{d_2}{2} \cdot \tan(\phi + \rho')}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3}\right)^2}$$

Herschrijven :

(1 punt)

$$F_i := \frac{R_{p0.2}}{\sqrt{\left(\frac{1}{A_t}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\frac{d_2}{2} \cdot \tan(\phi + \rho')}{\frac{\pi}{16} \cdot d_3^3}\right)^2}}$$

$$F_i = 6.23 \text{ kN} \quad (1 \text{ punt})$$

$$F_{0.2} := R_{p0.2} \cdot A_t \quad F_{0.2} = 12.88 \text{ kN}$$

$$\frac{F_i}{F_{0.2}} = 48.4 \%$$

conclusie : De maximale klemkracht is minder dan 50% van de treksterkte van de schroef.

b) veronderstel een klemkracht van 5 kN, het aanhaalmoment is net wat kleiner gekozen dan de TTY. zie verder berekening van klembus pagina 10 onderaan.

$$F_i := 5 \cdot \text{kN} \quad d_{as} := 20 \cdot \text{mm} \quad L := 20 \cdot \text{mm} \quad \mu_{as} := 0.3 \quad p := \frac{2 \cdot F_i}{d_{as} \cdot L} \quad F_f := p \cdot \pi \cdot d_{as} \cdot L \cdot \mu_{as} \quad F_f = 9.4 \text{ kN} \quad (1 \text{ punt})$$

Opgave 7: Kracht Rek Diagram

Input : $d := 6 \cdot \text{mm} \quad d_2 := 5.35 \cdot \text{mm} \quad d_3 := 4.773 \cdot \text{mm} \quad A_t = 20.121 \text{ mm}^2 \quad R_{p0.2} := 640 \cdot \text{MPa}$

$$F_i := 0.6 \cdot R_{p0.2} \cdot A_t \quad F_{0.2} := R_{p0.2} \cdot A_t \quad F_{0.2} = 12.88 \text{ kN} \quad k' = \frac{k_b}{k_m} \quad k' := \frac{1}{5} \quad C_m := \frac{1}{6}$$

a) De klemkracht gaat verloren als $P_m := F_i \quad P_b := \frac{1}{5} \cdot P_m \quad P := P_m + P_b \quad P = 9.27 \text{ kN} \quad \text{per schroef}$

Dit is kleiner dan P dus de bout gaat niet plastisch.

De kracht die via de 4 schroefverbindingen kan worden doorgeleid

$$P_{\text{tot}} := 4 \cdot P \quad P_{\text{tot}} = 37.09 \text{ kN}$$

Conclusie : De wrijvingskracht in de klemverbinding van de as, berekend in opgave 3, is lager. De as zal eerder uit de klemming schuiven dan dat de klemkracht F_m verloren zal gaan.

Opgave 8: Aanhaalmoment schroef met verzonken kop

$$d = 6 \text{ mm} \quad d_k := \frac{d + 2 \cdot d}{2} \cdot \sqrt{2} \quad d_k = 12.728 \text{ mm} \quad 2 \text{ punten}$$

Uitleg : tijdens aandraaien is de wrijving tegengesteld aan de bewegingsrichting en dus in de richting van rotatie. De trekkracht in de schroef wordt daarom ontbonden in een kracht loodrecht op het vlak en een kracht loodrecht op de voorspankracht (net als bij de schroefdraadflank).

Opgave 9: Warmtebehandelingen

1. Zachtgloeien: omdat het staal in de juiste vorm moet worden gesmeed is een zachte toestand het beste, er is weinig kracht nodig om te vervormen en het voorkomt gereedschapslijtage.
2. Harden (austeniteren en afschrikken): na het harden is de sterkte aanzienlijk verhoogd door martensietvorming, de sterkte is vereist voor de toepassing van de bout. Na het harden is het materiaal echter bros, daarom stap 3.
3. Veredelen (hoog ontlaten): veredelen is een ontlaattap toegepast voor hooggelegeerd staal om complexe carbide-uitscheiding te krijgen. Hierbij verminderen de interne spanningen en neemt de taaiheid toe. De sterkte wordt echter iets lager.

Opgave 10: Warmtebehandelingen

1. Oppervlakteharden: Medium koolstofstaal zeer snel opwarmen d.m.v. bijvoorbeeld inductie verhitten. De binnenoppervlak van de schaal wordt austenitisch en kan door snel afkoelen gehard worden. De kern van het materiaal krijgt niet de kans tot in het austenietgebied op te warmen, de microstructuur en eigenschappen van het oorspronkelijke materiaal blijven gehandhaafd, i.e. taai.
2. Een laag koolstofstaal aan het oppervlakte verrijken met koolstof, carboneren. Vervolgens harden en ontlaten. De indringdiepte van het koolstof en dus de hardingsdiepte, is afhankelijk van temperatuur en tijd.

MK Lassen

Opgave 11: Elektromagnetische krachten

Opgave 12: Hardheid en fasen die vormen tijdens afkoelen Opgave 13: Austeniet

Statisch en dynamisch balanceren

Opgave 14:

Kruis aan welke van onderstaande beweringen juist zijn (meerdere mogelijk).

- Een statisch gebalanceerd systeem is inherent ook dynamisch gebalanceerd.

NIET JUIST:

Dat zou wel het geval zijn wanneer statisch balanceren met alleen massa's gerealiseerd wordt, maar bijvoorbeeld niet bij het gebruik van veren.

- Als het massamiddelpunt van een roterend object samenvalt met de rotatie-as, dan is het systeem dynamisch gebalanceerd voor schudkrachten en schudmomenten.

NIET JUIST:

Wel voor schudkrachten maar niet voor schudmomenten.

- Men past statisch balanceren toe om aandrijfkraften te verminderen en dynamisch balanceren om schudden te verminderen.

JUIST

- Een statisch gebalanceerd systeem heeft een constante potentiële energie in elke stand en een dynamisch gebalanceerd systeem heeft een constante kinetische energie bij elke snelheid.

NIET JUIST.

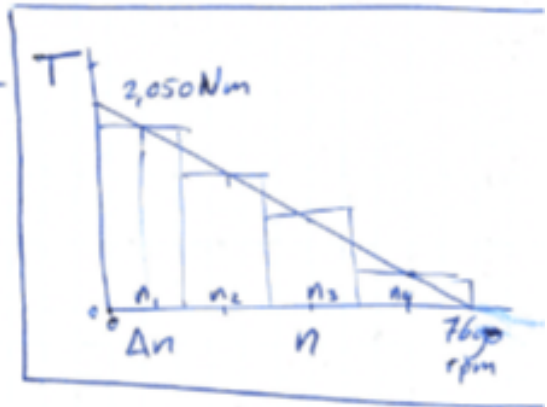
De eerste bewering is juist, maar de tweede bewering is volstrekt onjuist.

Dynamisch gedrag van een aandrijving
Opgave 15:

Uit de gegevens:

$$J = 0,005 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \quad (\text{Jreter is verwaarloosbaar})$$

$$T(n) = 2,050 \text{ Nm} - \frac{2,050 \text{ Nm}}{7690 \text{ rpm}} \cdot n$$



Eerst bepaal ik de toerentallen:

$$n_1 = \Delta n \cdot \frac{1}{4} = 961,25 \text{ rpm}$$

$$n_2 = \Delta n \cdot \frac{2}{4} = 2883,75 \text{ rpm}$$

$$n_3 = \Delta n \cdot \frac{3}{4} = 4806,25 \text{ rpm}$$

$$n_4 = \Delta n \cdot \frac{4}{4} = 7690,75 \text{ rpm}$$

$$\Delta n = \frac{7690 \text{ rpm}}{4}$$

Wan, de daarbijhorende momenten; door $T(n)$ in te vullen:

$$T_1 = 1,794 \text{ Nm}; \quad T_2 = 1,281 \text{ Nm}; \quad T_3 = 0,769 \text{ Nm}; \quad T_4 = 0,256 \text{ Nm}$$

Vervolgens bepaal ik de tijds intervallen door $\Delta t = \frac{\pi}{30} \cdot J \cdot \frac{\Delta n}{T}$

in te vullen:

$$\Delta t_1 = 0,561 \text{ s}$$

$$\Delta t_2 = 0,786 \text{ s}$$

$$\Delta t_3 = 1,309 \text{ s}$$

$$\Delta t_4 = 3,928 \text{ s}$$

De som is verstreken tijd

$$t_{\text{eind}} = 6,584 \text{ s}$$

Niet alles moet verplicht in het antwoordvel staan, maar deze procedure moet er wel uit blijken.