

Opgave 1: Evenwicht en Versnellingskrachten

$$m_a := 4 \cdot \text{kg}$$

$$h := 9 \cdot 106 \cdot \text{mm} + 117 \cdot \text{mm} \quad h = 1.071 \text{ m}$$

$$b := 0.193 \cdot \text{m}$$

a) Bereken de versnelling waarbij de stapel begint te kantelen (stabiel evenwicht)

Momentenevenwicht van de horizontale kracht uitgeoefend in het zwaartepunt en de contactkracht vanuit de baan op de stapel.

Horizontale kracht: $F_H = m_a \cdot a$

Vertikale kracht vanuit de baan: $F_V := m_a \cdot g$

Momentenevenwicht: $F_H \cdot \frac{h}{2} = F_V \cdot \frac{b}{2} \quad F_H := F_V \cdot \frac{b}{h} \quad F_H = 7.07 \text{ N}$

Versnelling: $a := \frac{F_H}{m_a} \quad a = 1.77 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

b) De hoek waarbij de stapel net zou gaan omvallen, snelheid nul (labiel evenwicht).

$$\phi := \text{atan} \left(\frac{\frac{b}{2}}{\frac{h}{2}} \right) \quad \phi = 10.22 \text{ deg}$$

c) Beschouw $b/h \ll 1$. De krattenstapel beweegt met snelheid v op het moment dat de krattenstapel wordt neergezet op de baan. Als er geen slip optreedt dan wordt de translatie energie omgezet in rotatie energie. Bereken de hoeksnelheid waarmee de stapel roteert om punt x.

$$E = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot I_x \cdot \omega^2 \quad v := 0.05 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{blz 21 met } \alpha = 90 \text{ deg: } I_x = \frac{1}{3} \cdot m_a \cdot h^2$$

$$E = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot m_a \cdot h^2 \right) \cdot \omega^2 \quad \omega := \sqrt{3} \cdot \frac{v}{h} \quad \omega = 0.081 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Snelheid bovenste kratje: $v_{10} := \omega \cdot h \quad v_{10} = 0.087 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \frac{v_{10}}{v} = 1.73$

$$\frac{v_{10}}{v} = \frac{\sqrt{3} \cdot \frac{v}{h} \cdot h}{v} = \sqrt{3} \quad \text{Dus onafhankelijk van massa, hoogte of bewegingssnelheid } v.$$

Opgave 2: Valbestendigheid

$$m_1 := 1 \cdot \text{kg} \quad m_2 := 0.3 \cdot \text{kg} \quad h := 0.55 \cdot \text{m} \quad k := 3 \cdot 10^4 \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

a) $k' := 2 \cdot k \quad k' = 6 \cdot 10^4 \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad \text{neem voor de volgende vragen: } k' := 4 \cdot 10^4 \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}}$

b) $F := m_1 \cdot g \quad \delta_{\text{stat}} := \frac{m_1 \cdot g}{k'} \quad \delta_{\text{stat}} = 0.245 \text{ mm}$

$$\delta_{\text{max}} := \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot h}{\delta_{\text{stat}}}} \right) \cdot \delta_{\text{stat}} \quad \delta_{\text{max}} = 16.67 \text{ mm}$$

c) $F_{\text{max}} := k' \cdot \delta_{\text{max}} \quad F_{\text{max}} = 667 \text{ N}$

d) $f_0 := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k'}{m_1}} \quad f_0 = 32 \text{ Hz}$

Opgave 3: Bewegingsdraad spindel

a) Trekkraft in spindel. Bij 45 graden is er krachteenevenwicht met P vertikaal = P horizontaal dus:

$$F_i = P_{\text{hef}}$$

b) Tr12x3 $d := 12 \cdot \text{mm}$ $P := 3 \cdot \text{mm}$ $d_2 := d - \frac{P}{2}$ $\beta := 30 \cdot \text{deg}$ $\mu_G := 0.2$ $F_i := 100 \cdot \text{N}$

$$\phi := \text{atan}\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) \quad \phi = 5.197 \text{ deg} \quad \rho' := \text{atan}\left(\frac{\mu_G}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}\right) \quad \rho' = 11.698 \text{ deg} \quad M_G := F_i \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\phi + \rho') \quad M_G = 0.16 \text{ N}\cdot\text{m}$$

c) Rendement (niet gevraagd) $M_{G2} := F_i \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\phi)$ rendement: $\frac{M_{G2}}{M_G} = 29.9\%$ Verliesfactor

$$\frac{M_G - M_{G2}}{M_G} = 70.1\%$$

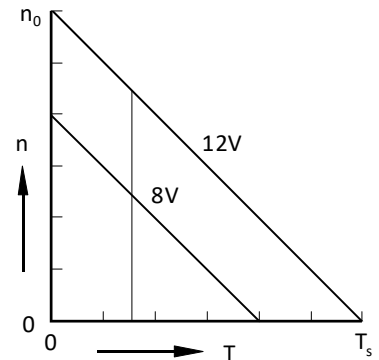
Opgave 4: DC-Motor (E220411)

$$U := 12 \cdot \text{V} \quad T_s := 240 \cdot \text{N}\cdot\text{mm} \quad n_0 := 1200 \cdot \frac{1}{\text{min}} \quad P_{\text{nom}} := 10 \cdot \text{W}$$

a) $T := \frac{T_s}{4}$ $T = 60 \text{ N}\cdot\text{mm}$ $n := \frac{3}{4} \cdot n_0$ $n = 900 \frac{1}{\text{min}}$ $P := T \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$ $P = 5.65 \text{ W}$

b) Het maximaal vermogen wordt geleverd bij $n_{\text{max}}/2$. Zowel koppel als toerental schaaft met 8/12, het max vermogen dat de motor bij lagere spanning nog kan leveren schaaft dan met $(8/12)^2$. Dit is dus bij een 8/12 van het toerental bij 12 V voedingsspanning.

$$P_{8V} = \left(\frac{8}{12}\right)^2 \cdot P_{12V} \quad \left(\frac{8}{12}\right)^2 = 0.444 \quad \left(\frac{8}{12}\right)^2 = 44.4\%$$



Opgave 5: Lagerkeuze DC-Motor (E220411)

a) De toelaatbare radiale belasting op een kogellager type 626 bij incidenteel gebruik is $P_0 = C_0$.

$$C_0 := 0.95 \cdot \text{kN}$$

b) Binnenring roteert t.o.v. de belasting -> vaste passing

Buitenring staat stil t.o.v. de belasting -> losse passing

Met beide ringen een vaste passing is een lager met overmaat speling noodzakelijk C1-sparing.

c) Het lager in de motor ziet maar een klein deel van de radiale belasting is dus licht belast en zou daarom de axiale belasting er bij kunnen hebben. Beide lagers vormgesloten zou een montageprobleem opleveren en bij thermische expansie in extra krachten kunnen resulteren.

Opgave 6: Lasverbinding

De belasting wordt verdeeld over 2 lasplaatsen. Deze samen leveren de sterkte van de **verbinding** tussen de stripjes.

a) Hoeklas $F_{\text{strip}} = t \cdot b \cdot \sigma$

$$\sigma = \frac{F \cdot \sqrt{2}}{a \cdot L} \quad a = \frac{t}{\sqrt{2}} \quad \text{en} \quad L = 2b \quad \sigma = \frac{F_{\text{las}} \cdot \sqrt{2}}{\frac{t}{\sqrt{2}} \cdot 2b} \quad F_{\text{las}} = \sigma \cdot \left(\frac{t}{\sqrt{2}} \cdot 2b\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} \quad F_{\text{las}} = \sigma \cdot t \cdot b \quad \frac{F_{\text{strip}}}{F_{\text{las}}} = 1$$

b) Veel lasprocessen zijn ingedeeld bij smeltlassen. Wrijvingsroerlassen is ingedeeld bij "vaste stof lasprocessen" waarbij geen smelten op treedt. Smelten van staal begint afhankelijk van het koolstofpercentage rond de 1500 graden C.

Opgave 7: Schroefverbinding / Maximum Aanhaalmoment (TTY)

M8 $d := 8 \cdot \text{mm}$ $A_s := 36.6 \cdot \text{mm}^2$ $P := 1.25 \cdot \text{mm}$ $d_2 := 7.188 \cdot \text{mm}$ $d_3 := 6.466 \cdot \text{mm}$ $\beta := 60 \cdot \text{deg}$ $R_m := 800 \cdot \text{MPa}$

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_i^2 + 3 \cdot \tau_i^2} \quad \sigma_i = \frac{F_i}{A_s} \quad \tau_i = \frac{M_G}{W_t} \quad M_G = F_i \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\phi + \rho') \quad \sigma_e = R_{p0.2}$$

$$R_{p0.2} := 0.8 \cdot R_m$$

$$\mu_G := 0.2$$

$$\mu_H := 0.2$$

Formules uit formuleboekje invullen en Fi buiten haakjes halen:

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

$$\phi := \text{atan}\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) \quad \phi = 3.168 \text{ deg} \quad \rho' := \text{atan}\left(\frac{\mu_G}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}\right) \quad \rho' = 13.004 \text{ deg}$$

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_i^2 + 3 \cdot \tau_i^2} \quad \text{stap 1} \\ (1 \text{ punt})$$

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

$$F_i = 14.67 \text{ kN} \quad \text{stap 3} \\ (1 \text{ punt})$$

$$\frac{F_i}{R_{p0.2} \cdot A_s} = 62.6 \% \quad 1 - \frac{F_i}{R_{p0.2} \cdot A_s} = 37.37 \%$$

De torsiespanning maakt dat 37% van de trekspanning niet gebruikt kan worden om klemkracht te realiseren. (dit is niet gevraagd maar zeer interessant).

Met F_i kan vervolgens $M_A = M_G + M_{WD}$ berekend worden.

b) Het aandeel van de wrijvingskracht in het aanhaalmoment wordt kleiner waardoor minder torsiespanning en dus meer beschikbaar voor trekspanning.

c) De 10.9 en hogere kwaliteit is van gelegeerd staal, een 8.8 van medium carbon steel (beide QT Quenched Tempered), zie slide 9 van MK college C6 MK-Bouten 2023-2024. Zie ook slide 4 van C7a_Schroefverbindingen.

Opgave 8: MK-Lijmen

a) antwoord d, profiel 4) De afschuifgradient is rechts het grootst. Niet uniform aflopend vanwege het dikteverschil tussen de platen. De meeste kracht wordt direct al doorgeleid.

b) antwoord b) 2K Epoxylijm. Vanwege een grote afschuifgradient is het belangrijk een dikke lijmspleet te kiezen met een relatief flexibele lijn. De 2K lijn is meer flexibel. Een acrylaatlijm zal zelfs nog beter kunnen presteren. De 1K epoxy zal het best presteren bij twee stijve strippen waarbij de afschuifgradient meer uniform over de lijnnaadlengte verdeeld is.

Opgave 9: Statisch en dynamisch Balanceren.

9a) Niet waar

9b) Waar

Opgave 10: Dynamische stabiliteit.

De massa traagheid van translatie- en rotatie energie wordt toegerekend aan een effectieve waarde voor het massa traagheidsmoment voor rotatie.

$$\text{rpm} := \frac{1}{\text{min}}$$

$$E_{\text{tot}} = 4 \cdot \left[\left(\frac{1}{2} \right) \cdot I_w \cdot \omega^2 \right] + \frac{1}{2} \cdot m_k \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \omega^2 \quad v = \omega \cdot r \quad I_w = \frac{1}{2} \cdot m_w \cdot r^2$$

$$E_{\text{tot}} = 4 \cdot \left[\left(\frac{1}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot m_w \cdot r^2 \right) \cdot \omega^2 \right] + \frac{1}{2} \cdot m_k \cdot (\omega \cdot r)^2 = \frac{1}{2} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \omega^2$$

$$E_{\text{tot}} = \left(m_w \cdot r^2 + \frac{1}{2} \cdot m_k \cdot r^2 \right) \cdot \omega^2 = \frac{1}{2} \cdot I_{\text{eff}} \cdot \omega^2 \quad \text{Hieruit volgt: } I_{\text{eff}} = 2 \cdot m_w \cdot r^2 + m_k \cdot r^2$$

Input: $m_w := 0.2 \cdot \text{kg}$ $m_k := 2 \cdot \text{kg}$ $r := 0.03 \cdot \text{m}$ (1 punt voor formule of getalwaarde)

$$\text{Levert: } I_{\text{eff}} := 2 \cdot m_w \cdot r^2 + m_k \cdot r^2 \quad I_{\text{eff}} = 2.16 \times 10^{-3} \text{ kg m}^2$$

Discretiseren met de volgende formule:

$$\Delta t_i = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot I \cdot \frac{\Delta n}{T_i} \quad \text{Met } \Delta n \text{ in omw/sec wordt dit: } \Delta t_i = 2 \cdot \pi \cdot I \cdot \frac{\Delta n}{T_i}$$

$$\text{Discretiseren van } n \text{ in 3 stappen: } n_0 := 4500 \cdot \text{rpm} \quad \Delta n := \frac{n_0}{3} \quad \Delta n = 25 \frac{1}{s}$$

$$T_s := 0.007 \cdot N \cdot m$$

$$T_1 := T_s \quad T_1 = 0.007 \text{ N} \cdot m \quad \Delta t_1 := 2 \cdot \pi \cdot I_{\text{eff}} \cdot \frac{\Delta n}{T_1} \quad \Delta t_1 = 48.47 \text{ s}$$

$$T_2 := \frac{2}{3} \cdot T_s \quad T_2 = 0.005 \text{ N} \cdot m \quad \Delta t_2 := 2 \cdot \pi \cdot I_{\text{eff}} \cdot \frac{\Delta n}{T_2} \quad \Delta t_2 = 72.705 \text{ s}$$

$$T_3 := \frac{1}{3} \cdot T_s \quad T_3 = 0.002 \text{ N} \cdot m \quad \Delta t_3 := 2 \cdot \pi \cdot I_{\text{eff}} \cdot \frac{\Delta n}{T_3} \quad \Delta t_3 = 145.411 \text{ s}$$

$$\text{Tijd nodig om te versnellen: } T_{\text{tot}} := \sum_{i=1}^3 \Delta t_i \quad T_{\text{tot}} = 266.587 \text{ s} \quad (1 \text{ punt})$$

