

Opgave 1: Evenwicht en Versnellingskrachten

$$m_i := 0.4 \cdot \text{kg} \quad m_s := 8 \cdot m_i$$

$$h := 9 \cdot 106 \cdot \text{mm} + 117 \cdot \text{mm} \quad h = 1.071 \text{ m} \quad h_s := \frac{h}{10} \cdot 8 \quad h_s = 0.857 \text{ m}$$

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

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: $F_H = m_s \cdot a$ maakt evenwicht met $-F_H$ in het zwaartepunt.

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

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

$$\text{Versnelling:} \quad a := \frac{F_H}{m_s} \quad a = 2.21 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

b) De hoek waarbij de stapel net zou gaan omvallen, snelheid nul (labiel evenwicht). Dit is als het zwaartepunt de horizontale verplaatsing $b/2$ bereikt.

$$\phi := \text{atan} \left(\frac{\frac{b}{2}}{\frac{h_s}{2}} \right) \quad \phi = 12.69 \text{ deg}$$

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.

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

$$E = \frac{1}{2} \cdot m_s \cdot v^2 = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1}{3} \cdot m_s \cdot h_s^2 \right) \cdot \omega^2 \quad \omega := \sqrt{3} \cdot \frac{v}{h_s} \quad \omega = 0.101 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

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

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

Opgave 2: Valbestendigheid

$$m_1 := 1 \cdot \text{kg} \quad m_2 := 0.3 \cdot \text{kg} \quad h := 0.55 \cdot \text{m} \quad \delta_{\text{stat}} := 1 \cdot \text{mm}$$

$$\text{a) } k' := \frac{m_1 \cdot g}{\delta_{\text{stat}}} \quad k' = 0.981 \cdot 10^4 \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$k := \frac{k'}{2} \quad k = 4903 \frac{\text{N}}{\text{m}} \quad k = 4.903 \cdot 10^3 \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

neem voor de volgende vragen:

$$k' := 1 \cdot 10^4 \cdot \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

$$\text{b) } F := m_1 \cdot g \quad \delta_{\text{stat}} := \frac{m_1 \cdot g}{k'} \quad \delta_{\text{stat}} = 0.981 \text{ mm}$$

$$\delta_{\text{max}} := \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot h}{\delta_{\text{stat}}}} \right) \cdot \delta_{\text{stat}} \quad \delta_{\text{max}} = 33.84 \text{ mm} \quad A := \frac{\delta_{\text{max}}}{\delta_{\text{stat}}} \quad A = 34.5$$

$$F_{\text{max}} := A \cdot m_1 \cdot g \quad F_{\text{max}} = 338 \text{ N}$$

$$\text{d) } f_0 := \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k'}{m_1}} \quad f_0 = 16 \text{ Hz}$$

Opgave 3: Bewegingsdraad spindel

a) Trekkraft in spindel. Bij 30 graden is er krachterevenwicht met P vertikaal = P horizontaal dus:

Knikbelasting in hefboomarm bedraagt: $\alpha := 30 \cdot \text{deg}$ $F_k \cdot \sin(\alpha) = \frac{P}{2}$ $F_k = \frac{P}{2 \cdot \sin(\alpha)}$

Trekkraft in spindel: $F_i = (F_k \cdot \cos(\alpha)) \cdot 2$ $\frac{F_i}{P} = \frac{F_k \cdot \cos(\alpha) \cdot 2}{F_k \cdot \sin(\alpha) \cdot 2} = \frac{1}{\tan(\alpha)}$ $\frac{1}{\tan(\alpha)} = 1.732$ $\frac{F_i}{P} = \sqrt{3}$

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

$\phi := \text{atan}\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right)$ $\phi = 10.309 \text{ deg}$ $\rho' := \text{atan}\left(\frac{\mu_G}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}\right)$ $\rho' = 11.698 \text{ deg}$

$M_G = F_i \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\phi + \rho')$ $A := \frac{\tan(\phi + \rho')}{\tan(\phi)}$ $A = 2.222$ rendement: $\eta := \frac{\tan(\phi + \rho') - \tan(\phi)}{\tan(\phi + \rho')}$ $\eta = 0.55$ (niet gevraagd)

Zonder wrijving is het aandrijfkoppel een factor A lager. Helemaal zonder wrijving lukt niet maar met een kogelspindel is de verliesfactor al snel flink kleiner.

Opgave 4: DC-Motor (E220411)

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

a) $T := \frac{T_s}{3}$ $T = 80 \text{ N} \cdot \text{mm}$ $n := \frac{2}{3} \cdot n_0$ $n = 800 \frac{1}{\text{min}}$ $P := T \cdot 2 \cdot \pi \cdot n$ $P = 6.7 \text{ W}$

b) $\eta := 0.6$ $P := 5 \cdot \text{W}$ $P_{\text{el}} := \frac{P}{\eta}$ $P_{\text{el}} = 8.333 \text{ W}$ $Q := P_{\text{el}} - P$ $Q = 3.33 \text{ W}$ $I := \frac{P_{\text{el}}}{12 \cdot \text{V}}$ $I = 0.69 \text{ A}$

c) Het maximaal vermogen wordt geleverd bij $n_{\text{max}}/2$. Zowel koppel als toerental schaaft met factor $24/12=2$. Het max vermogen dat de motor bij dubbele spanning kan leveren schaaft dan met $2^2=4$.

Bij 12 Volt: $P_{12\text{V}} := \frac{T_s}{2} \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{n_0}{2}$ $P_{12\text{V}} = 7.54 \text{ W}$ Bij 24 Volt: $P_{24\text{V}} := P_{12\text{V}} \cdot 4$ $P_{24\text{V}} = 30.2 \text{ W}$

Opgave 5: Lagerkeuze DC-Motor (E220411)

a) $n=1$, alle glijringen zijn even zwaar belast en hebben een gelijke wrijving.

b) De toelaatbare radiale belasting op een kogellager type 626 bij incidenteel gebruik is $P_0=C_0$. Bij een zuiver axiale belasting bedraagt deze $P_0=0.5F_a$ waaruit volgt dat $F_a \leq 1.9 \text{ kN}$.

c) Er is geen radiale belasting dus geen kruip en daarom volstaat een losse passing op de binnenring.

d) Goede opties: kogeltaatslager naaldtaatslager, hoekcontactkogellager

Niet goed is de keuze voor taatslager omdat een glijring ook een taatslager is die niet voldoet aan de eis van weinig wrijving.

Opgave 6: Lasverbinding

a) Hoeklas

$\sigma_2 = \frac{F_2 \cdot \sqrt{2}}{a \cdot L}$ $a = \frac{t}{\sqrt{2}}$ en $L = b$ $\sigma_2 = \frac{F_2 \cdot \sqrt{2}}{\frac{t}{\sqrt{2}} \cdot b}$ $F_2 = \sigma_2 \cdot \left(\frac{t}{\sqrt{2}} \cdot b\right) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}$ $F_2 = \frac{\sigma_2 \cdot t \cdot b}{2}$

Strip $F_1 = \sigma_1 \cdot t \cdot b$ $\frac{F_1}{F_2} = 2$ De hoeklas is een factor 2 meer kritisch dan de plaat.

b) Doorsnede 4 is $2/3$ van doorsnede 1 dus de belastbaarheid is meer kritisch in doorsnede 1. $F_3 = \sigma_1 \cdot t \cdot b \cdot \frac{2}{3}$

Doorsnede 5 is net wat groter dan doorsnede 4 maar niet een factor $1/0.58$ groter. Doorsnede 5 zal het meest kritisch zijn.

c) MAG staat voor Metal Active Gas. Antwoord b) is onjuist omdat een edelgas een inert gas is (vaak ARGON bij MIG lassen). Bij MAG lassen is het een active gas vaak koolstofdioxide CO_2 .

Opgave 7: Schroefverbinding / Maximum Aanhaalmoment (TTY)

$$M6 \quad d := 6 \cdot \text{mm} \quad A_s := 20.1 \cdot \text{mm}^2 \quad P := 1 \cdot \text{mm} \quad d_2 := 5.35 \cdot \text{mm} \quad d_3 := 4.773 \cdot \text{mm} \quad \beta := 60 \cdot \text{deg}$$

$$R_m := 800 \cdot \text{MPa}$$

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

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

$$\mu_G := 0.2$$

$$\mu_H := 0.2$$

Formules uit formuleboekje invullen en Fi buiten haakjes halen:

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

$$\phi := \text{atan}\left(\frac{P}{\pi \cdot d_2}\right) \quad \phi = 3.405 \cdot \text{deg} \quad \rho' := \text{atan}\left(\frac{\mu_G}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}\right) \quad \rho' = 13.004 \cdot \text{deg}$$

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

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

$$F_i = 7.9 \text{ kN} \quad \text{stap 3} \quad (1 \text{ punt})$$

$$\frac{F_i}{R_{p0.2} \cdot A_s} = 61.43 \% \quad 1 - \frac{F_i}{R_{p0.2} \cdot A_s} = 38.57 \%$$

De torsiespanning maakt dat 38% van de trekspanning niet gebruikt kan worden om klemkracht te realiseren. (dit is niet gevraagd maar zeer interessant).

b) $F = F_i \cdot \mu \cdot 2$ Factor 2 voor 2 wrijvingsvlakken. Met $\mu=0.2$ is gegeven. Dit levert de factor $A = 2 \times 0.2 = 0.4$

Opgave 8: MK-Lijmen

a) antwoord b, profiel 2) De afschuifgradient is door de dikke stijve strippen uniform verdeeld.

b) antwoord a) 1K Epoxylijm. Vanwege de uniform verdeelde schuifspanning kan de sterkte lijm worden gekozen. De flexibiliteit van de lijm is nu niet vereist omdat de schuifspanning uniform verdeeld is.

Opgave 9: Statisch en dynamisch Balanceren.

9d) Systeem is dynamisch gebalanceerd voor schudmomenten en alleen de horizontale schudkrachten

Opgave 10: Dynamica van aandrijvingen.

Bereken de tijd die nodig is om een schijf op snelheid te brengen.

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

Input: Motorkarakteristiek: $T_s := 0.02 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$ $n_0 := 4800 \cdot \text{rpm}$

Lastkoppel: $T_a := 0.005 \cdot \text{N} \cdot \text{m}$

Massatraagheid: $m_w := 2 \cdot \text{kg}$ $r := 0.1 \cdot \text{m}$ $I_{\text{eff}} := \frac{1}{2} \cdot m_w \cdot r^2$

Lastkoppel is $1/4 T_s$, dus stationair toerental is $3/4 n_0$ $n_a := \frac{3}{4} \cdot n_0$ $n_a = 3600 \text{ rpm}$

Discretiseren van n in 3 stappen: $\Delta n := \frac{n_a}{3}$ $\Delta n = 20 \frac{1}{s}$

Discretiseren met de volgende formule:

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

motorkoppel T_m

aandrijfkoppel T_i

$n_1 := 0 \cdot \text{rpm}$	$T_{m1} := T_s$	$T_1 := T_{m1} - T_a$	$T_1 = 0.015 \text{ N} \cdot \text{m}$	$\Delta t_1 := 2 \cdot \pi \cdot I_{\text{eff}} \cdot \frac{\Delta n}{T_1}$	$\Delta t_1 = 83.8 \text{ s}$
$n_2 := \frac{n_a}{3}$	$T_{m2} := T_s - \frac{1}{3} \cdot (T_s - T_a)$	$T_2 := T_{m2} - T_a$	$T_2 = 0.01 \text{ N} \cdot \text{m}$	$\Delta t_2 := 2 \cdot \pi \cdot I_{\text{eff}} \cdot \frac{\Delta n}{T_2}$	$\Delta t_2 = 125.7 \text{ s}$
$n_3 := n_a \cdot \frac{2}{3}$	$T_{m3} := T_s - \frac{2}{3} \cdot (T_s - T_a)$	$T_3 := T_{m3} - T_a$	$T_3 = 0.005 \text{ N} \cdot \text{m}$	$\Delta t_3 := 2 \cdot \pi \cdot I_{\text{eff}} \cdot \frac{\Delta n}{T_3}$	$\Delta t_3 = 251.3 \text{ s}$

$$n_4 := n_a \quad T_{m4} := T_s - (T_s - T_a)$$

Tijd nodig om te versnellen:

$$T_{\text{tot}} := \sum_{i=1}^3 \Delta t_i \quad T_{\text{tot}} = 460.8 \text{ s}$$

