E240202_wb1642 Uitwerking tentamen

$MPa := 10^6 \cdot Pa$ $GPa := 10^9 \cdot Pa$

1: Massatraagheid $h := 0.85 \cdot m$

a) $m_a \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2$ $v := \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ $v = 4.083 \frac{m}{s}$

$E_p = mgh = 10{,}0062\,J \approx 10{,}0\,J$

b) $d_1 := 76 \cdot mm$ $d_2 := 50 \cdot mm$ $b := 15 \cdot mm$ $\rho := 1300 \cdot \frac{kg}{m^3}$ $m_1 := \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \cdot b \cdot \rho$ $m_2 := \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \cdot b \cdot \rho$ $m_{wiel} := m_1 - m_2$

$m_{wiel} = 0.05\,kg$

$I_1 := \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \left(\frac{d_1}{2}\right)^2$ $I_2 := \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot \left(\frac{d_2}{2}\right)^2$ $I_{wiel} := I_1 - I_2$ $I_{wiel} = 5.19 \times 10^{-5}\,kg\,m^2$

c) $m_a \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2 + 4 \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot I_{wiel} \cdot \omega^2\right)$ $m_a := 1.2 \cdot kg$ $\omega := \frac{v}{\frac{d_1}{2}}$

$m_a \cdot g \cdot h = \frac{1}{2} \cdot m_a \cdot v^2 + 4 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot I_{wiel} \cdot \left(\frac{v}{\frac{d_1}{2}}\right)^2\right]$

$h = 0{,}85$

$I_{wiel} := 10 \cdot 10^{-5} \cdot kg \cdot m^2$

$m_a \cdot g \cdot h = v^2 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot m_a + 2 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot I_{wiel} \cdot \left(\frac{2}{d_1}\right)^2\right]\right]$ $v := \sqrt{\frac{m_a \cdot g \cdot h}{\frac{1}{2} \cdot m_a + 2 \cdot \left[\frac{1}{2} \cdot I_{wiel} \cdot \left(\frac{2}{d_1}\right)^2\right]}}$ $v = 3.866 \frac{m}{s}$

$3{,}68\,m/s$

d) Op horizontaal vlak: $F_a := 1 \cdot N$ $C_r := \frac{F_a}{m_a \cdot g}$ $C_r = 0.085$

weerstandskracht gericht langs baan: $F_f := C_r \cdot m_a \cdot g \cdot \cos(10 \cdot deg)$ $F_f = 0.985\,N$

afgelegde weg: $s_a := \frac{h}{\sin(10 \cdot deg)}$ $E_{rol} := C_r \cdot m_a \cdot g \cdot \frac{h}{\tan(10 \cdot deg)}$ $E_{rol} = 4.821\,J$

Niet helemaal goed maar bij een kleine helling levert dit een kleine afwijking: $C_r \cdot m_a \cdot g \cdot s_a = 4.895\,J$

2: Ontwerpberekening aandrijflijn $d_{as} := 6 \cdot mm$ $d_{wiel} := 76 \cdot mm$ $m_a := 1.2 \cdot kg$ $\mu := 0.5$

a) $F_{f.baan} := \mu \cdot \frac{m_a}{2} \cdot g$ $F_{f.baan} \cdot \frac{d_{wiel}}{2} = F_i \cdot \frac{d_{as}}{2}$ $F_i := F_{f.baan} \cdot \frac{d_{wiel}}{d_{as}}$ $F_i = 37.27\,N$

b) $F_0 := 14 \cdot N$ $F_n := 87 \cdot N$ $f_n := 251 \cdot mm$ $F_i := 50 \cdot N$

Stijfheid van de veer: $k := \frac{F_n - F_0}{f_n}$ $f_i := \frac{F_i - F_0}{k}$ $f_i = 123.78\,mm$

c) $f_i := 100 \cdot mm$ $s_a := f_i \cdot \frac{d_{wiel}}{d_{as}}$ $s_a = 1.27\,m$

d) $f_i := 100 \cdot mm$ $F_i := F_0 + k \cdot f_i$ $F_i = 43.1\,N$ $F_{gem} := \frac{F_0 + F_i}{2}$ $E_v := F_{gem} \cdot f_i$ $E_v = 2.9\,J$

e) $E_v := 3 \cdot J$ $E_v = m_a \cdot g \cdot \Delta h$ $\Delta h := \frac{E_v}{m_a \cdot g}$ $\Delta h = 0.25\,m$

3: Draag- en aandrijfassen / Ontwerp en dimensionering

a) De as wordt niet belast op torsie dus is het geen aandrijfas maar een draagas.

b) Askoppel $z_1 := 30$ $z_2 := 10$ $m := 1 \cdot mm$ $d_t := 12 \cdot mm$ $F_k := 100 \cdot N$ $T_{as} := F_k \cdot \frac{d_t}{2} \cdot \frac{z_2}{z_1}$ $T_{as} = 200\,N \cdot m$

$m = 0{,}2\,Nm$

c) Tandkrachten $F_t := F_k \cdot \frac{d_t}{m \cdot z_1}$ $F_t = 40\,N$ $F_r := F_t \cdot \tan(20 \cdot deg)$ $F_r = 14.559\,N$

d) a) onjuist, want de as met trommel is niet belast op torsie. Dus het askoppel is in de dunne wielas groter.
b) is correct, de buigbelasting in de as met de trommel is een gevolg van tandkrachten en Ft.
c) onjuist, de as met de trommel is niet belast op gecombineerd buiging + torsie.

e) c) juist, de wielaslagers zijn lager belast, de as met de trommel is immers belast met de tandkracht en F_k.

4: Parametrisch ontwerpen / Schalen

a) De stijfheid is omgekeerd evenredig met het oppervlaktetraagheidsmoment. Dus met de diameter tot de vierde macht. Twee maal dikkere as is dus 2^4=16 maal hogere stijfheid.

b) Met de kracht in het midden van de as: $\delta_1 = \frac{\frac{F}{2}\cdot\left(\frac{L}{2}\right)^3}{3\cdot E\cdot I}$ Met de kracht uit het midden: $\delta_2 = \frac{F\cdot a^2\cdot b^2}{3\cdot E\cdot I\cdot L}$

Stijfheidsverhouding is: $\frac{k_1}{k_2} = \frac{3\cdot E\cdot I}{\frac{1}{2}\cdot\left(\frac{L}{2}\right)^3}\cdot\frac{\left(\frac{2}{3}L\right)^2\cdot\left(\frac{1}{3}\cdot L\right)^2}{3\cdot E\cdot I\cdot L} = \frac{64}{81}$

Dus met de **kracht in het midden** levert een wat kleinere stijfheid op (21%).

$\frac{64}{81} = 0.79$

5) As-Naaf / ISO / **type 626**

Asdiameter 6h8 $d_{as.min} := 5.978\cdot mm$ $d_{as.max} := 6.000\cdot mm$

Lagerdiameter (nominaal tot -2µm van 6j5) $d_{ring.min} := 5.998\cdot mm$ $d_{ring.max} := 6.00\cdot mm$

Speling : $\delta_{max} := -0.002\cdot mm$ $\delta_{min} := 0.022\cdot mm$ negatief is perspassing

vraag a) Overgangspassing levert 1 punt op.
vraag b) De juiste speling, levert ook 1 punt op.

Een mogelijke fout die gemaakt wordt is: (is fout dus)

Lagerdiameter (nominaal tot -2µm van 6j5) $d_{ring.min} := 5.998\cdot mm$ $d_{ring.max} := 6.003\cdot mm$

Oppersmaat : $\delta_{max} := -0.002\cdot mm$ $\delta_{min} := 0.025\cdot mm$ negatief is perspassing

Dit levert nog steeds een punt op bij vraag a) maar geen punt bij vraag b).

6) Materiaalkunde / Materiaalindex / Buigbalk eenzijdig ingeklemd.
Beschouw een eenzijdig ingeklemde bladveer (buigbalk met rechthoekige doorsnede).
Energiedichtheid is maximale hoeveelheid energie per eenheid van massa.

1) $E_p = \frac{F_{max}\cdot\delta_{max}}{2}$ 2) $M_b = F_{max}\cdot L = W_b\cdot\sigma_{max}$ 3) $\delta_{max} = \frac{F_{max}\cdot L^3}{3\cdot E\cdot I}$ 4) $m_a := b\cdot h\cdot L\cdot\rho$

Deze vergelijkingen zodanig combineren dat F_{max} en δ_{max} kunnen worden geelimineerd.

Substitutie van 3) in 1) : $E_p = \frac{F_{max}^2\cdot L^3}{6\cdot E\cdot I}$ Substitutie van 2) : $E_p = \frac{\left(\frac{W_b\cdot\sigma_{max}}{L}\right)^2\cdot L^3}{6\cdot E\cdot I}$

Substitutie van $W_b = \frac{1}{6}\cdot b\cdot h^2$ $I = \frac{1}{12}\cdot b\cdot h^3$ en m_a

Levert : $\frac{E_p}{m_a} = \frac{1}{18}\cdot\frac{R_{p0.2}^2}{\rho\cdot E}$ $\eta = \frac{1}{18}$ η wordt wel de efficientiefactor genoemd, bij een trekstaaf waar overal de maximale spanning in het materiaal ontstaat is η=1.

b) Bij een optimalisatie naar minimale afmetingen vervalt de dichtheid: $\frac{E_p}{V} = \frac{1}{18}\cdot\frac{R_{p0.2}^2}{E}$

Opgave 7) MK / Fasediagram 2% bij 1300C TEKENEN !

Austeniet, kubisch vlakken gecentreerd $\frac{2.8-2}{2.8-1.3} = 53.3\,\%$

Vloeibaar ~~$\frac{0.15}{3.8-1.85}$~~ 46,7 %

$L \rightarrow \frac{B}{A+B} = \frac{0,8}{1,5} = 0,533$

$L \rightarrow \frac{A}{A+B} = \frac{0,7}{1,5} = 0,467$

Opgave 8) Knik $b := 0.012\cdot m$ $h := 0.002\cdot m$ $L := 0.1\cdot m$ $E := 210\cdot GPa$

Knik modes $\frac{F\cdot L^2}{E\cdot I} = 4\cdot\pi^2$ $I := \frac{1}{12}\cdot b\cdot h^3$ $I = 0\,m^4$ $F := 4\cdot\pi^2\cdot\frac{E\cdot I}{L^2}$ $F = 6.63\times10^{-3}\,N$ $P := 2\cdot F$