ans*

WOP2 Tentamen jan 2022

Exercises

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

0	9	0	3	5	9	1
1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9
0	0	0	0	0	0	0

Surname, First name

E.A. Frikkee

WOP2 (wb1642T1)
Tentamen

Datum en Tijd toevoegen 27-01-2022

Uitwerking A

Toelichting:

- Er zijn 9 vragen en daarmee zijn 25 punten te behalen.

Aanbevolen hulpmiddelen:

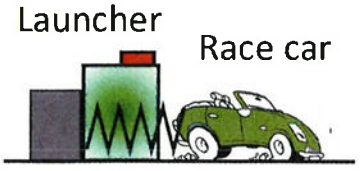
- Wb-formuleboekje
- Boek en vraagstukkenbundel Cool onbeschreven
- (Grafische) rekenmachine
- Geodriehoek/liniaal
- Kladpapier (voor eigen gebruik, wordt niet ingeleverd).

Beantwoording van vragen:

- **Laat altijd zien hoe je aan een antwoord komt door middel van de gebruikte formules.**
- **Een getal zonder dimensie heeft geen betekenis en is fout.** Vb. Bereken de kracht F (in N) levert, met een antwoord F=100, een halve punt aftrek omdat bij beantwoording altijd de dimensie nodig is. Overigens zonder de berekening (gebruikte formules) levert dit antwoord helemaal geen punten op ook al is de getalwaarde goed.
- Probeer de beantwoording **duidelijk leesbaar binnen het kader** bij het vraagstuk te schrijven. Het is toegestaan om net buiten het kader te schrijven. Bij grote correcties kan het antwoord gegeven worden op de laatste pagina van dit tentamenboekje.
- Bij een **meerkeuze vraag** selecteer je de juiste keuze door het bijbehorende vakje in te kleuren. Deze keuze kan je ongedaan maken met een kruis door het ingekleurde vakje.

Energiebalans / Massatraagheid

Een karretje wordt met een mechanische veer gelanceerd. De massa van het karretje inclusief 4 wielen is m_c. De 4 wielen van het karretje hebben samen een massa m_w. De wielen zijn op te vatten als massieve schijven. Ga uit van $m_w = 0.8\ m_c$.



1p **1a** Bereken de verhouding tussen E_w/E_c (met 1 decimaal) waarin E_w de benodigde energie is voor het in rotatie brengen van de 4 wielen en E_c de benodigde energie is om het karretje met wielen in translatie te brengen.

m_c = massa car + 4 wielen m_w = massa 4 wielen samen

$E_c = \frac{1}{2} m_c v^2$ Joule E_w is 4x rotatie-energie van het wiel

en $v = \omega . r$ per wiel $E = \frac{1}{2} I_w \omega^2$ met $I_w = \frac{1}{2}(\frac{1}{4} m_w) r^2$

$E_w = 4 . \frac{1}{2} I_w \omega^2 = 4 . \frac{1}{2}(\frac{1}{8} m_w r^2) . \frac{v^2}{r^2} = \frac{1}{4} m_w v^2$ Joule

$\frac{E_w}{E_c} = \frac{\frac{1}{4} m_w v^2}{\frac{1}{2} m_c v^2} = \frac{1}{2} \frac{m_w}{m_c} = \frac{1}{2} . 0{,}8 = 0{,}4$

De gewenste snelheid na lanceren bedraagt v=2.5 m/s. De massa van het karretje (inclusief wielen) bedraagt m_c=1.2 kg. De massa van de 4 wielen samen is $m_w = 0.8\ m_c$.

1p **1b** Bereken de benodigde energie E_p (in Joule met twee decimalen) die de veer hiervoor moet leveren.

$E_p = E_k = \frac{1}{2} m_c v^2 + \frac{1}{4} m_w v^2$ met $m_c = 1{,}2$ kg

$m_w = 0{,}8\ m_c = 0{,}96$ kg

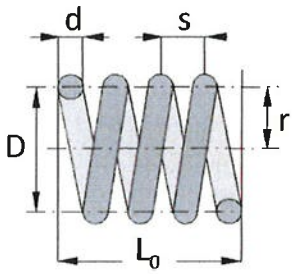
invullen van $v = 2{,}5$ m/s levert:

$E_p = v^2 (\frac{1}{2} m_c + \frac{1}{4} m_w) = v^2 (0{,}6 + 0{,}24) = 0{,}84\ v^2$

$\Rightarrow E_p = 0{,}84 (2{,}5)^2 = 0{,}84 . 6{,}25 = 5{,}25$ Joule

Stijfheid en Sterkte / Veerberekening / Schalen

Beschouw een drukveer met een ronde draaddoorsnede d=3 mm. Verder is gegeven dat de steekcirkeldiameter van de veer D=2r=40mm bedraagt. De steekafstand tussen de windingen is zonder belasting op de veer gelijk aan s=3d. De veer heeft n=20 windingen. De 0.2% rekgrens van de stalen veer bedraagt $R_{p0.2}$ = 1000 MPa, de E=modulus is E=210 GPa en de dwarscontractie van het staal v=0.3. Plastische vervorming van de veer moet worden voorkomen.



voor τ heb je G nodig

1p **2a** Hoe groot is de toelaatbare torsiespanning van het staal τ_{max} (in MPa zonder decimalen) als plastische vervorming moet worden voorkomen.

$R_{p0,2} = 1000\ MPa = 1 \cdot 10^9\ Pa$
$\tau_{max} = 0{,}58\ R_{p0,2}$ bij torsiespanning $\Rightarrow \tau_{max} = 580\ MPa$

1p **2b** Bereken de lengte van de veer L_0 (in mm zonder decimalen), als de veer niet belast is.

Lengte veer is n x steek + 1x draaddikte $\Rightarrow L_0 = n \cdot s + d$
$n = 20$ $d = 3\ mm$ en $s = 3d = 9\ mm$
$L_0 = 20 \cdot 3d + d = 20 \cdot 9 + 3 = 183\ mm$ of ook $L_0 = 61d$

1p **2c** Bereken de maximale indrukking f (in mm zonder decimalen) van de drukveer. Let op: Er zijn soms meerdere factoren waardoor de indrukking van een schroefveer beperkt kan worden. Knik blijft in deze opgave buiten beschouwing. f_1 spanning f_2 geometrie

$f_1 = \frac{64 n r^3}{d^4 G} \cdot F_{max}$ met $G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{210}{2(1+0{,}3)} = 80{,}77\ GPa$
$F_{max} = \frac{\pi}{16} \frac{d^3}{r} \tau_{max} = \frac{\pi}{16} \frac{(3 \cdot 10^{-3})^3}{20 \cdot 10^{-3}} \cdot 580 \cdot 10^6 = 153{,}74\ N$
dus $f_1 = \frac{64 \cdot 20 \cdot 20^3 \cdot 10^{-9}}{3^4 \cdot 10^{-12} \cdot 80{,}77 \cdot 10^9} \cdot 153{,}74 = 1{,}565 \cdot 10^{-3} \cdot 153{,}74 = 240{,}6\ mm$ → afgerond 241 mm
$f_2 = n \cdot (\text{steek} - \text{draaddikte}) = 20(s-d) = 20(3d-d) = 40 \cdot 3 = 120\ mm$

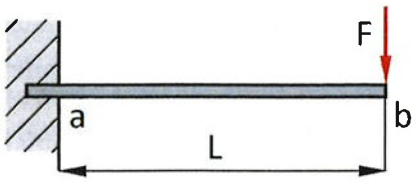
1p **2d** De hoeveelheid energie die in de veer wordt opgeslagen is evenredig met de indrukking van de veer tot de macht x. Wat is de waarde van x?

(a) x=1 (b) x=2 (c) x=3 (d) x=4

$E_p = F_{max} \cdot \frac{f}{2}$ en $F_{max} = k \cdot f$ met $k = \frac{d^4 G}{64 n r^3}$ = constante
dus $E_p \sim f^2$ energie evenredig met indrukking in kwadraat

Materiaalkeuze van veren.

De hoeveelheid energie die kan worden opgeslagen in een bladveer (bladveer = eenzijdig ingeklemde buigbalk met rechthoekige doorsnede bxh aan het uiteinde belast met F) kan geschreven worden als E_p=C M. Hierin is C een parameter combinatie die bepaald wordt door de geometrie van de bladveer en M is een parameter combinatie die bepaald wordt door de materiaaleigenschappen van de veer.



1p **3a** Leid een vergelijking af voor C en voor M. In de vergelijking voor C mag je het weerstandsmoment tegen buiging W_b en het traagheidsmoment I_x laten staan).

uitwijking bladveer (vrijpeet_me_nicht) vgl doorbuiging:

$\delta = \frac{FL^3}{3EI}$ met $I = \frac{1}{12}bh^3$ energie $E_p = F\cdot\frac{\delta}{2}$ $W_b = \frac{1}{6}bh^2$

$\Rightarrow E_p = \frac{F}{2}\cdot\frac{FL^3}{3E(\frac{1}{12}bh^3)} = \frac{1}{6}\frac{F^2L^3}{E\cdot bh^3}\cdot 12 = 2\frac{F^2L^3}{Ebh^3} = \frac{F^2L^3}{6EI}$

maximale buigspanning: $\sigma_{max} = \frac{M}{W_b} = \frac{FL}{W_b} \Rightarrow F = \frac{W_b\sigma_{max}}{L}$

dus $E_p = \left(\frac{W_b\sigma_{max}}{L}\right)^2\cdot\frac{L^3}{6EI} = \boxed{\frac{W_b^2L}{6I}}\cdot\boxed{\frac{\sigma_{max}^2}{E}}$

geometrie C = $\Rightarrow$ M materiaal

1p **3b**

$C = \frac{W_b^2L}{6I} = \frac{(\frac{1}{6}bh^2)^2L}{6\cdot\frac{1}{12}bh^3} = \frac{\frac{1}{36}b^2h^4L}{\frac{1}{2}bh^3} = \frac{1}{18}bhL$

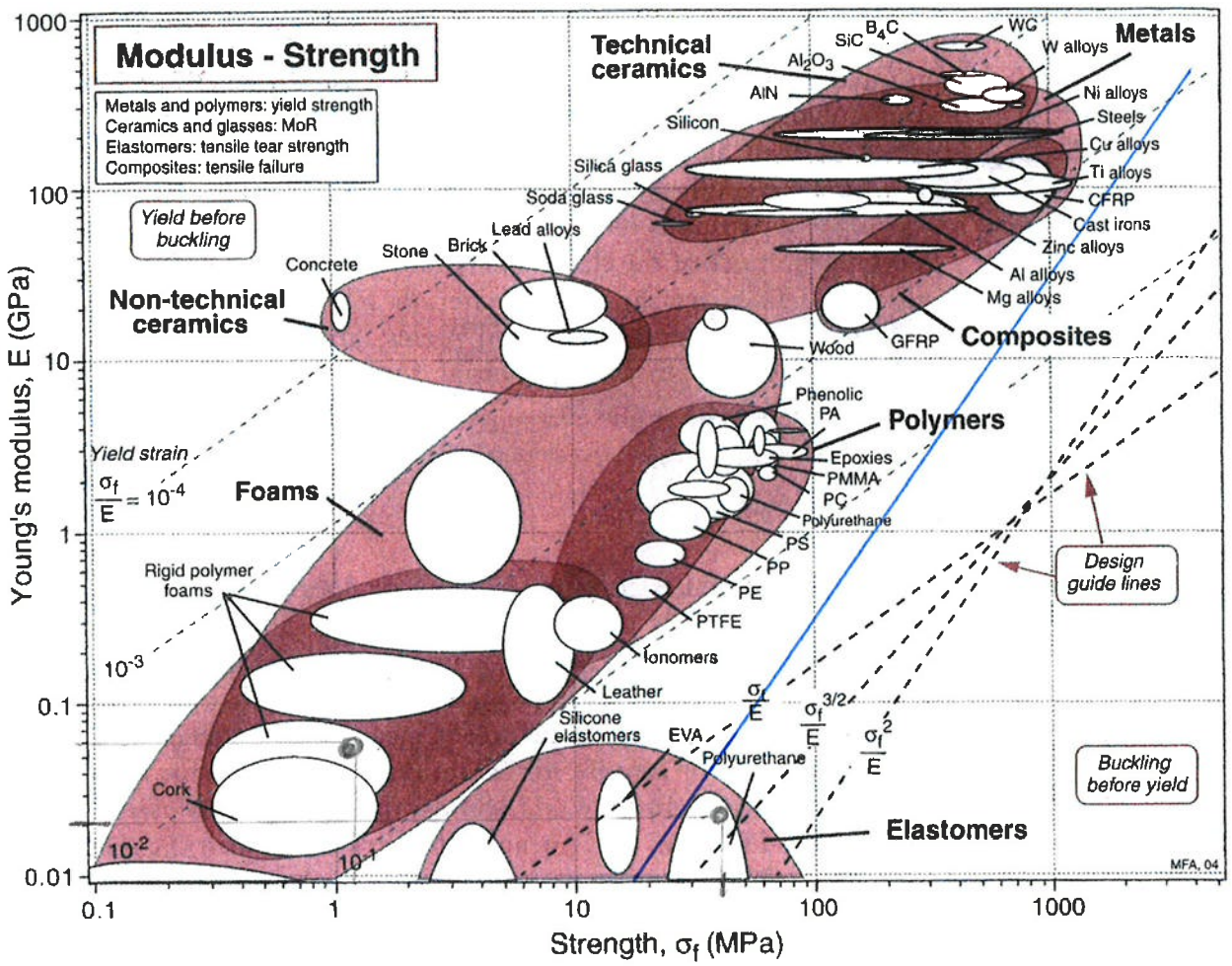
Veronderstel dat de hoeveelheid energie die in een bladveer kan worden opgeslagen evenredig is met σ_{max}^2 / E. Welk materiaal zou aan dit criterium het best voldoen?

Gebruik voor de beantwoording van deze vraag de grafiek die gegeven is op de volgende pagina.

(a) Polyurethaan elastomeer → hoge σ_f en lage E
(b) CFRP
(c) SiC
(d) Rigid Polymer Foams

En geef aan waarom je dit materiaal kiest.

M hoog betekent σ_{max}^2 hoog en E laag
→ groep Elastomeren
→ materiaal Polyurethaan



polyurethaan $M = \frac{\sigma^2}{E} = \frac{40^2}{0,02} = 80.10^3$

rigid polymer foam $M = \frac{(1,2)^2}{0,06} = 24$

Energieverliezen / lagers en transmissies.

Van een drietraps tandwiel overbrenging is gegeven dat $i_1=2$, $i_2=2$, $i_3=3$. Het rendement van elk tandwielpaar inclusief lagerverliezen bedraagt $\eta=0.95$.

fout in opgave.

1p **4a** Resulteert de 3-traps overbrenging in een versnelling of een vertraging van het toerental.

(a) Versnelling van het toerental.

(b) Vertraging van het toerental. want $i > 1$

(c) Niet voldoende gegevens om dit te beantwoorden.

1p **4b** Hoe groot is de overbrengingsverhouding i_{tot} van deze 3-traps tandwieloverbrenging.

$i_{totaal} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 = 2 \cdot 2 \cdot 3 = 12$

1p **4c** Het rondsel (kleine tandwiel op motoras) wordt rechtsom (gezien vanuit de motor) aangedreven. Draait de uitgaande as van de 3-traps overbrenging dan ook rechtsom of juist linksom?

(a) Rechtsom

(b) Linksom want draait andere kant op bij oneven aantal overbrengingen

1p **4d** Wat is het rendement η_{tot} (in % zonder decimalen) van de 3-traps overbrenging?

$\eta_{tot} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 = \eta^3 = (0{,}95)^3 = 0{,}857 \rightarrow \eta = 86\%$

1p **4e** Aan de uitgaande as van de tandwieloverbrenging is een koppel nodig van T=100 Nm en een toerental van n=30 omw/min. Als het rendement van de 3-trapsoverbrenging η=80% zou bedragen, welk motorvermogen P (in Watt zonder decimalen) is dan nodig aan de ingaande as?

$\omega = 2\pi n/60 = 2\pi 30/60 = \pi$ rad/s $\quad P_{uit} = \eta P_{in} \Rightarrow P_{in} = P_{uit}/\eta$

$P_{uit} = T \cdot \omega = 100\pi \Rightarrow P_{in} = 100\pi/\eta = \frac{100\pi}{0{,}8} = 393$ Watt

1p **4f** Als het tandwiel op de uitgaande as een diameter heeft van d_{stc}=100 mm, hoe groot is de kracht F_r (in N zonder decimalen) waarmee de assen in de derde trap waarop de tandwielen zijn gemonteerd uit elkaar worden gedrukt. radiale kracht wordt gevraagd

tangentiele kracht op tanden $F_t = \frac{T}{r_{stc}} = \frac{T}{\frac{1}{2}d_{stc}} = \frac{100}{50 \cdot 10^{-3}} = 2 \cdot 10^3$ N

$F_r = F_t \tan 20° = 2000 \cdot 0{,}364 = 728$ N

1p **4g** Het tandwiel op de uitgaande as is aan beide zijden met een glijlager gelagerd. Wat is de maximaal optredende belasting op het lager aan de uitgaande as uitgedrukt in de PV-waarde.

$PV = \frac{F_L \cdot v}{L \cdot D}$ met $F_L = F_t/\cos 20° = 2000/0{,}94 = 2128$ N

en $v = \pi D n/60 = \pi D \cdot \frac{1}{2}$ want $n = 30$

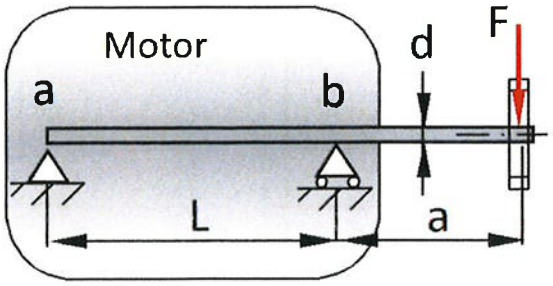
wat is diameter v/d as D ?

wat is lengte v/h lager L ?

$PV = \frac{F_L \cdot \frac{1}{2}\pi D}{L \cdot D} = \frac{F_L \cdot \frac{1}{2}\pi}{L}$

Stijfheid en Sterkte / Draag- en aandrijfassen.

Beschouw een rondsel (kleine drijvende tandwiel) welke op het asuiteinde van een elektromotor is gemonteerd. Het rondsel heeft z=17 tanden. Het aandrijfkoppel bedraagt T=1 Nm. De motoras heeft een diameter van d = 4 mm. De afstand tussen de lagers bedraagt L=50 mm, de afstand tussen het rondsel en het zwaarst belaste lager van de motor bedraagt a=15 mm.



module = 1
dan geldt
$d_{stc} = 1 \cdot z = 17$

1p **5a** Is de as van de motor een draagas of een aandrijfas?

(a) Aandrijfas motor drijft iets aan dus draagt koppel over

(b) Draagas

1p **5b** Bereken de doorbuiging δ (in mm met 2 decimalen) van de as op de plaats waar het rondsel gemonteerd is. waarbij $E = 210$ GPa en module $m_t = 1$

$F_t = \frac{T}{\frac{1}{2} d_{stc}} = \frac{1}{\frac{1}{2} \cdot 0{,}017} = 117{,}65 \Rightarrow F = F_t / \cos 20° = \frac{117{,}65}{0{,}94} = 125{,}16$ N

$I = \frac{\pi}{64} d^4 = \frac{\pi}{64} 4^4 \cdot 10^{-12} = \frac{\pi}{64} \cdot 256 \cdot 10^{-12} = 12{,}566 \cdot 10^{-12}$ mm^4

$\delta = \frac{F a^2 (L+a)}{3EI} = \frac{F \cdot 15^2 \cdot 10^{-6} \cdot (50+15) \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 12{,}566 \cdot 10^{-12}} = \frac{125{,}16 \cdot 225 \cdot 65}{3 \cdot 210 \cdot 12{,}566} \cdot 10^{-6} = 0{,}231 \cdot 10^{-3}$ meter

$\delta = 0{,}23$ mm

5c Als de lokaal optredende maximale buigspanning in de motoras 300 MPa bedraagt en de torsiespanning 80 MPa. Hoe groot is dan de vergelijkspanning?

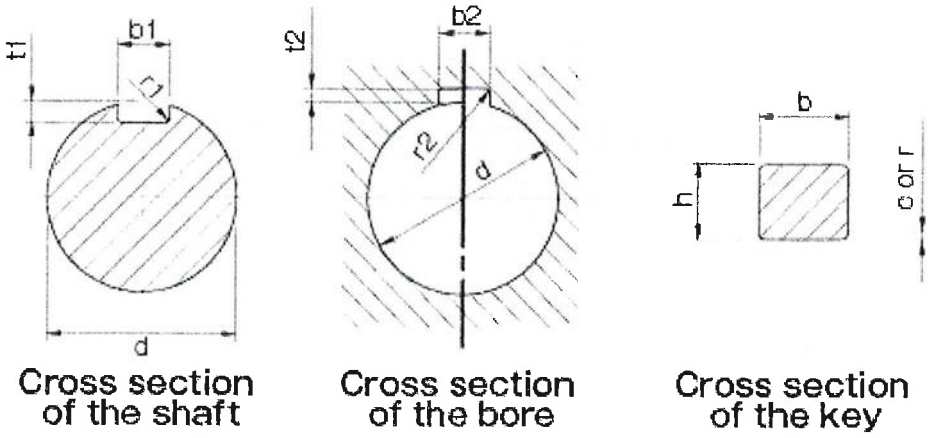
$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma^2 + 3(\alpha_0 \tau)^2} \leq 0{,}5\, R_m$ $\alpha_0 = 0{,}7$ want buigspanning σ wisselend en schuifspanning τ statisch (constante T)

$\sigma = 300$ MPa en $\tau = 80$ MPa

$\sigma_{eq} = \sqrt{300^2 + 3(0{,}7 \cdot 80)^2} = \sqrt{90.000 + 9408} = 315{,}3$ MPa

Asnaaf verbindingen / ISO Passingstelsel

Voor het doorleiden van het aandrijfkoppel van een tandwiel naar de as is gekozen voor een spieverbinding. De spie heeft volgens tekening een breedte van 5h9, de spiesleuf in de as heeft een breedte van 5N9 en in de naaf een breedte van 5Js9. 5N9 betekent plus 0 μm minus 30 μm, terwijl 5Js9 betekent plus 15 μm en minus 15 μm



1p **6a** De passing tussen de spie en de spiebaan in de as is een

(a) Losse passing
(b) Overgangspassing
(c) Vaste passing

1p **6b** Hoe groot is de maximale speling (tangentiale beweging) op de plaats van de spieverbinding, bij een verandering van de richting van het aandrijfkoppel.

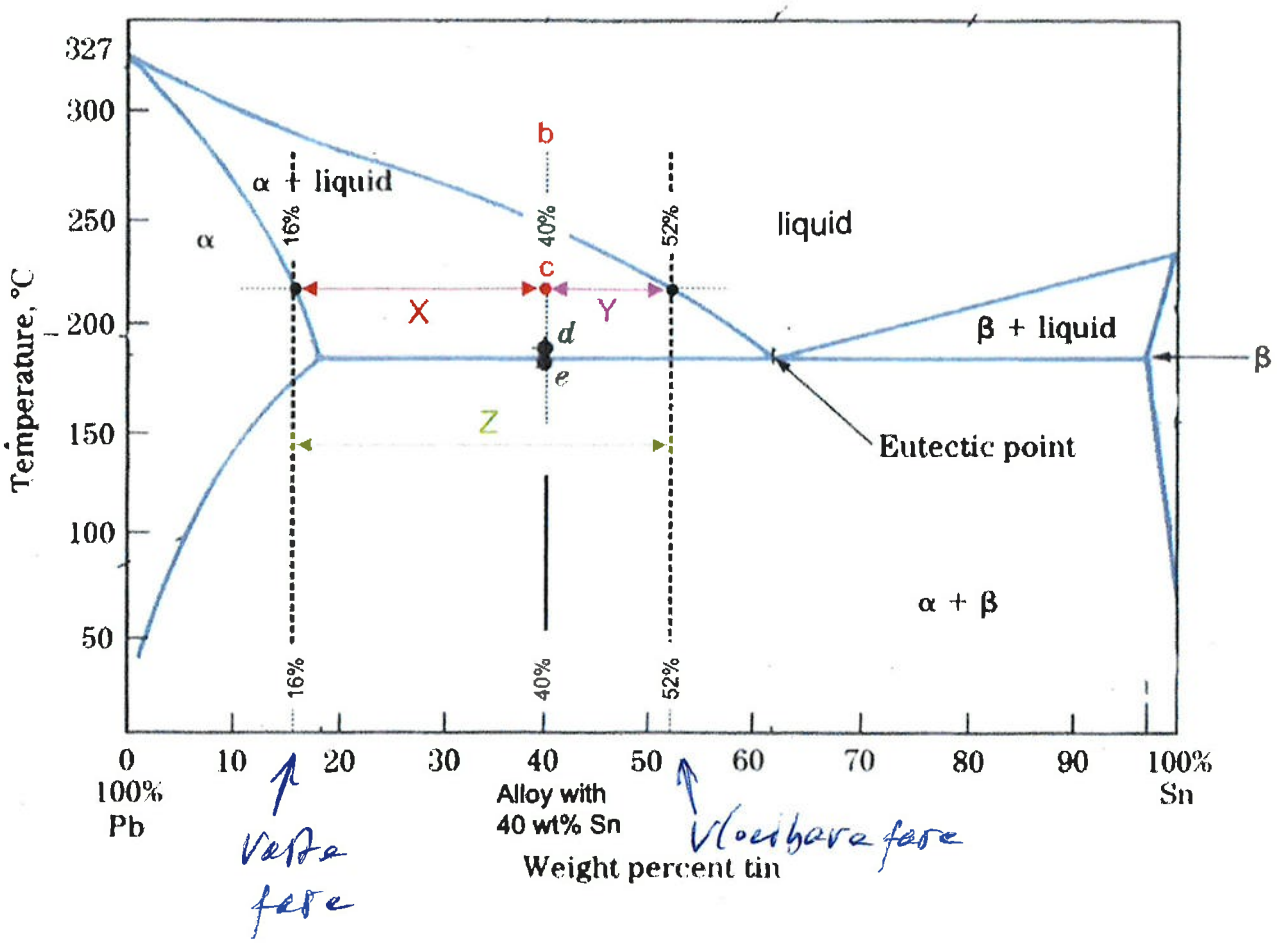
(a) 30 μm
(b) 45 μm
(c) 65 μm
(d) Het juiste antwoord staat er niet bij

75 μm is correct

30 μm + 45 μm as naaf

Materiaalkunde / Fasediagram

Hieronder is het fasediagram van een soldeerlegering gegeven.



1p **7a** Welke fasen en hoeveelheden daarvan, treden op in een Lood-Tin (Pb-Sn) soldeerlegering met 40 gewichtsprocent Sn bij 215 °C, uitgaande van afkoeling onder evenwichtscondities?

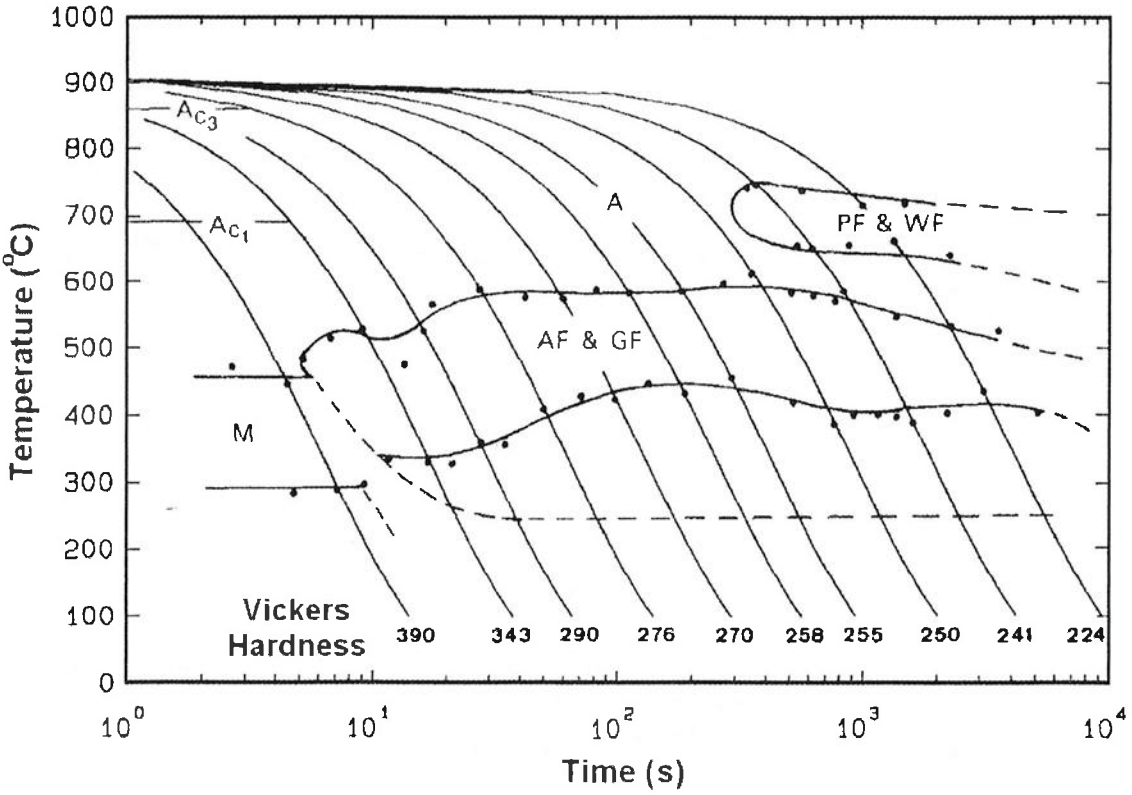
fractie vaste fase $Y/Z = (52-40)/(52-16) = 0,333 = 1/3 \rightarrow 33,3\%$
fractie vloeibare fase $X/Z = (40-16)/(52-16) = 0,666 = 2/3 \rightarrow 66,7\%$

1p **7b** Wat is bij deze temperatuur de chemische samenstelling van de in evenwicht zijnde fasen.

vaste fase 16 gew% Tin (Sn) en 84 gew% Lood (Pb)
vloeibare fase 52 gew% Sn en 48 gew% ~~Lood~~ Pb

Materiaalkunde / CCT diagram

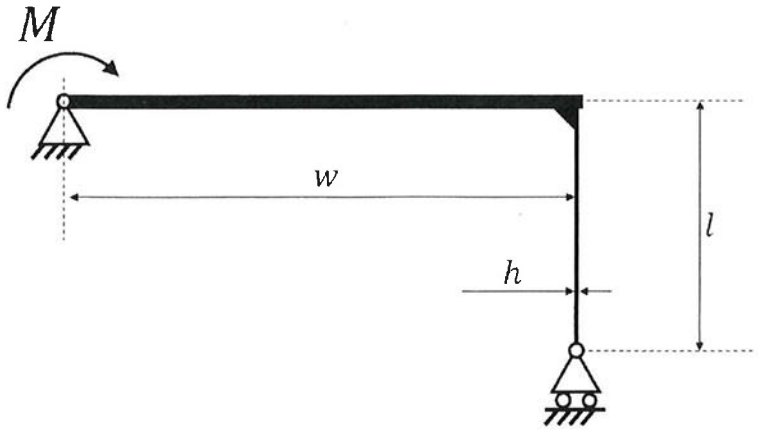
Voor een toepassing moet een high strength low alloy (HSLA) staal over de volledig dikte gehard worden. Het niet-evenwichtdiagram (CCT-diagram) van dit staal is hieronder weergegeven.



1p **8** Hoe snel (in °C/s) moet vanuit het austenietgebied worden afgekoeld om naar volledig martensitisch te transformeren, waarbij een minimale hardheid van 390 Hardheid Vickers wordt bereikt.

Knik

Het hieronder afgebeelde systeem, bestaande uit een starre balk en een flexibele balk, wordt belast met een moment M.



Van de flexibele balk is het volgende gegeven:
- breedte $b = 0.030$m
- dikte $h = 0.002$m
- lengte $l = 0.25$m
- Elasticiteitsmodulus $E = 210$GPa

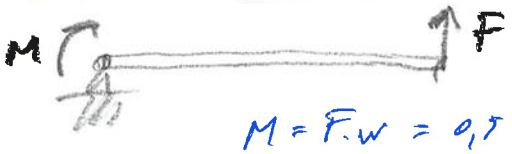
De lengte van de starre balk is $w = 0.50$m

2p **9** Bepaal hoe groot M is wanneer knik optreedt.

knikmodus II



evenwicht starre balk



$M = F \cdot w = 0{,}5\,F$

$F = \frac{M}{w} = 2M$

$I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12}(0{,}03)(0{,}002)^3 = 2 \cdot 10^{-11}\ m^4$

$E = 210\ GPa \qquad L = 0{,}25\ m$

$\frac{FL^2}{EI} = \frac{\pi^2}{4} \Rightarrow F = 165{,}8\ N \Rightarrow M = 0{,}5 \cdot F = 82{,}9\ Nm$

Leeg vel voor CORRECTIES

10 Gebruik dit vel voor eventuele grote correcties. Geef op de plek van de originele vraag aan dat jouw uitwerking hier staat.