

Exercises

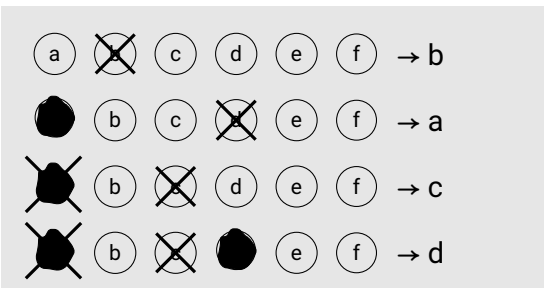
1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

Surname, First name**Design Engineering Project 3B
(WB1643B)**

T1 - Projecttentamen

27 June, 2025, 09:00-12:00

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



Answer multiple-choice questions as shown in the example.

- Er zijn 6 vragen en daarmee zijn 72 punten te behalen.

Aanbevolen hulpmiddelen:

- WB-formuleboekje
- (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.
- Waar een getal een eenheid heeft moet die ook gegeven worden.
- Probeer de beantwoording **duidelijk leesbaar binnen het kader** bij het vraagstuk te schrijven.
- Wil je een antwoord aanpassen? Gebruik een gum, Tipp-Ex, een correctieroller of witte sticker (vraag eventueel aan de surveillanten). Voor grote correcties, zie de laatste pagina van dit document.

Dit tentamen is gemaakt door:

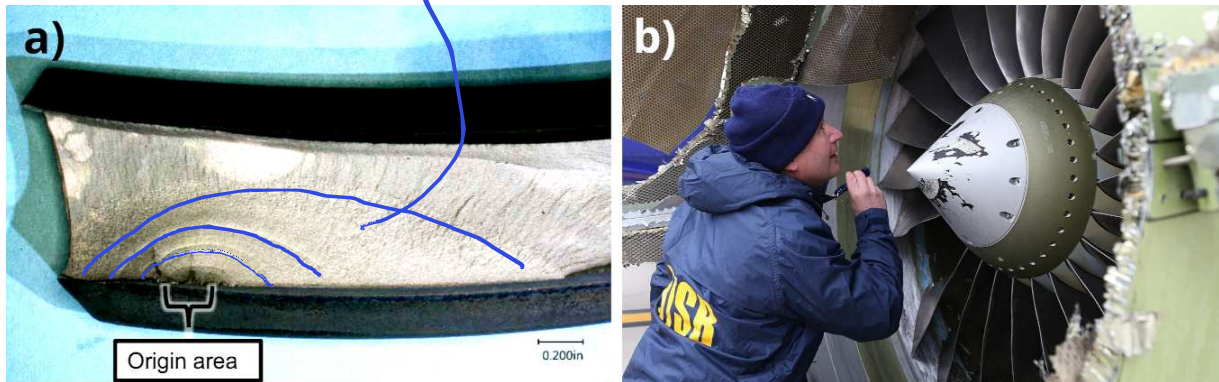
dr. F.G.J. Broeren en dr.ir. W.W.P.J van de Sande, dr.ir. J.M.C. Mol, en dr.ir. M.J.M. Hermans

Dit tentamen is gecontroleerd door:

dr.ir. R.W. Vroom

beach marks

Breukvlakken

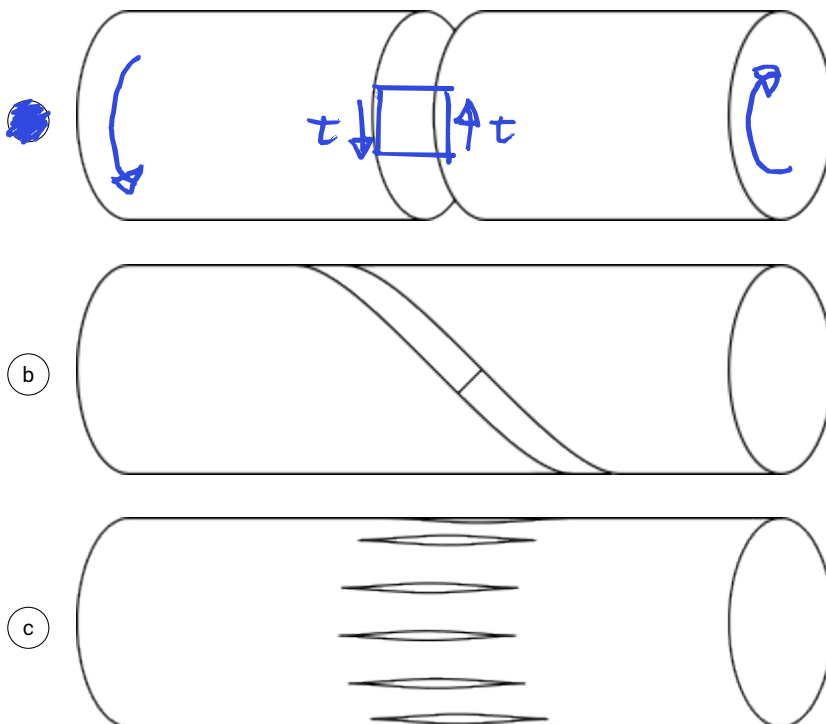


a) Breukvlak van een turbineblad van Southwest Airlines Vlucht 1380. b) een onderzoeker inspecteert de schade aan de turbine. Bron: National Transportation Safety Board

3p **1a** De afbeelding hierboven laat het breukvlak van een turbineblad zien. Wat voor soort breuk zien we hier?

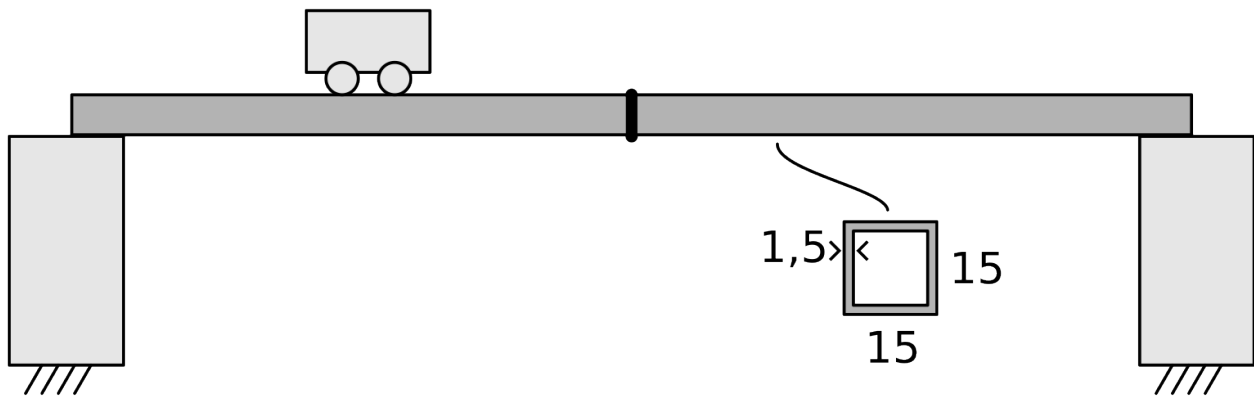
- ☐ (a) Brosse breuk
- ☐ (b) Taaie breuk
- ☒ Vermoeiingsbreuk

3p **1b** Een taai materiaal wordt statisch belast op torsie totdat het breekt. Hoe zal de breuk eruit zien?



een taai materiaal
leedt op afschuiving

Vermoeiing van een Lasverbinding



Detail-categorie	Constructiedetail	Beschrijving	Eisen
71	③	<u>Stompe lassen in dwarsrichting:</u> 3) Stompe stuiklassen van twee ronde buisprofielen voor constructiedoeleinden.	<u>Details 3) en 4):</u> - Lasoverdikte $\leq 10\%$ van de lasbreedte, met vloeiende overgangen. - Onderhands gelast, gecontroleerd en vrij bevonden van gebreken buiten de toleranties van EN 1090.
56	④	4) Stompe stuiklassen van twee rechthoekige buisprofielen voor constructiedoeleinden.	- Indien $t > 8$ mm, twee categorieën hoger classificeren.

Een stalen balk wordt geconstrueerd door twee delen in de lengte aan elkaar te lassen. Een karretje zal zich over de balk bewegen. Onder in de figuur worden de detailcategorieën uit Eurocode 3 voor het in de lengte aan elkaar bevestigen van buisprofielen gegeven.

Een lange stalen balk wordt geconstrueerd door twee losse buisprofielen in de lengterichting aan elkaar te lassen met een stompe stuiklas. De losse delen hebben een vierkante doorsnede $b \times h = 15 \times 15$ mm met een wanddikte $t = 1,5$ mm.

Over de lange stalen balk zal een karretje gaan rijden. Hierdoor wordt de balk op buiging belast.

3p **2a** Waar in de lasnaad zal als eerste een vermoeiingsbreuk optreden?

- 1 ☐ a Aan de onderkant van de balk, midden in de las
- 3 ☒ b Aan de onderkant van de balk, aan de rand van de las
- ☐ c Aan de bovenkant van de balk, midden in de las
- 1 ☐ d Aan de bovenkant van de balk, aan de rand van de las
- ☐ e Aan de zijkant van de balk, midden in de las
- 1 ☐ f Aan de zijkant van de balk, aan de rand van de las

- 3p **2b** Noem een manier om de vermoeiingssterkte van de lasnaad te verbeteren

vlak slijpen van de las
bewerken met een ultrasone hamer
warmtebehandeling na het lassen

Wanneer het karretje over de balk rijdt, ondervindt de las een piekspanning van 100 MPa.

- 12p **2c** Bereken de levensduur van de lasnaad voor deze spanning, uitgedrukt in het aantal keer dat het karretje over de balk kan rijden.

Detailcategorie 56 $\rightarrow \Delta\sigma_c = 56 \text{ MPa}$
 $\Delta\sigma_R = 100 \text{ MPa}$, $\Delta\sigma_R > \Delta\sigma_c > \Delta\sigma_D$, dus $m=3$

$$N_R = \left(\frac{\Delta\sigma_c}{\Delta\sigma_R} \right)^3 \cdot 2 \cdot 10^6 = \underline{3,5 \cdot 10^5 \text{ keer}}$$

Palmgren Miner

Om gewicht te besparen heeft een projectgroep de assen van de wielen van hun Ninjabrugger uitgevoerd in aluminium (Al 6061-T1). Zij willen graag weten wat deze keuze voor invloed heeft op de levensduur van de assen.

De SN-curve van de aluminium as heeft een kniepunt op $(\Delta\sigma_k, N_k) = (225 \text{ MPa}, 10^4)$. Twee andere punten op de SN-curve zijn $(\Delta\sigma_d, N_d) = (600 \text{ MPa}, 10^2)$ en $(\Delta\sigma_e, N_e) = (120 \text{ MPa}, 10^8)$.

- 6p **3a** Bepaal de waarden van m links en rechts van het kniepunt $(\Delta\sigma_k, N_k) = (225 \text{ MPa}, 10^4)$.

Gebruik $\frac{N_k}{N_i} = \left(\frac{\Delta\sigma_i}{\Delta\sigma_k} \right)^m \Rightarrow m = \frac{\ln(N_k/N_i)}{\ln(\Delta\sigma_i/\Delta\sigma_k)}$

links van $\Delta\sigma_k, N_k$ rechts van $\Delta\sigma_k, N_k$

$m_{\text{links}} = \frac{\ln(10^4/10^2)}{\ln(225/600)} = 4,7$ $m_{\text{rechts}} = \frac{\ln(10^8/10^4)}{\ln(225/120)} = 14,7$

De dynamische krachten op de as zijn hoger dan de statische belasting die een gevolg is van de zwaartekracht. Gedurende een **test van 1 uur** zijn de krachten op de as gemeten. Hieruit zijn de optredende spanningen, σ_i , en hoe vaak deze zijn voorgekomen, n_i , bepaald en eveneens in onderstaande tabel opgenomen.

Reken verder met de waarden van m uit 3a of gebruik $m = 6$ links van het kniepunt en $m = 12$ rechts van het kniepunt.

i	1	2	3
$\Delta\sigma_i$ (MPa)	280	200	150
n_i	1	5	25
m_i	links 6	rechts 12	rechts 12
N_i (in 10^3)	2,69	4,1	1297
D_i (in 10^{-4})	3,71	1,22	0,19

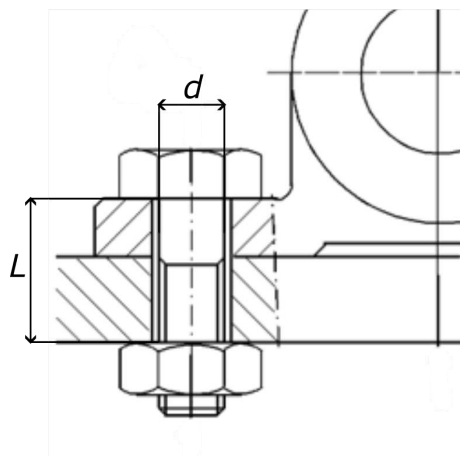
- 9p **3b** Vul bovenstaande tabel verder in en geef in het onderstaande vak vervolgens de berekening van de cumulatieve schade D (in 10^{-4} en met 2 decimalen) en de vermoeingslevensduur L (in uren zonder decimalen).

$$\frac{N_R}{N_i} = \left(\frac{\Delta\sigma_i}{\Delta\sigma_R} \right)^m \Rightarrow N_R = \left(\frac{\Delta\sigma_i}{\Delta\sigma_R} \right)^m N_i \Rightarrow N_R = \left(\frac{225 \text{ MPa}}{\Delta\sigma_R} \right)^m \cdot 10^4$$

$$D = \sum_{i=1}^3 D_i = \sum_{i=1}^3 \frac{n_i}{N_i} = 5,12 \cdot 10^{-4} \quad L = \frac{T}{D} = \frac{1}{0} = 1952 \text{ uur}$$

Vermoeingssterkte van een schroefverbinding

Van een schroefverbinding is gegeven dat de schroef een M8-10.9 is. De ingeklemde lengte tussen schroefkop en moer is $L = 3,5d$ waarin d de nominale diameter van de schroefdraad is. Zowel de schroef zelf als het ingeklemde materiaal zijn van staal.



- 3p **4a** De schroef is voorgespannen met $\sigma_i = 0.7 R_{p0.2}$. Bereken de initiële voorspankracht F_i (in kN met 2 decimalen).

$$R_{p0.2} \text{ voor 10.9 bout is } 900 \text{ MPa} \dots A_s = 36.6 \text{ mm}^2 \text{ voor M10}$$

$$F_i = \sigma_i A_s = 0.7 R_{p0.2} A_s = 23.06 \text{ kN}$$

- 6p **4b** Bereken de dynamische belastbaarheid P_b van de schroef en die van de schroefverbinding P (in kN met 2 decimalen).

Dynamische belastbaarheid! $\Rightarrow \sigma_A = 0.75 (100/d + 52)$ ^{$d=8$}

$$P_b = \sigma_A A_s = 4.09 \text{ kN} \quad A_s = 36.6$$

$$C_m = (1 / (1.5 + 0.205 L/d))^2 \quad L/d = 3.5$$

$$C_m = 0.16$$

$$P = P_b / C_m = 25.80 \text{ kN}$$

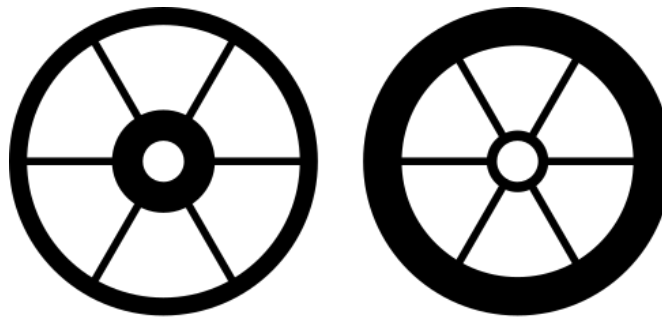
- 6p **4c** Bereken de minimale waarde van de klemkracht, F_m , die tijdens de dynamische belasting overblijft (in kN met 2 decimalen).

$$F_m = F_j - P_m \quad P_m = P - P_0$$

$$F_m = F_j - P + P_0 = 23,06 - 25,06 + 4,05 = 1,35 \text{ kN}$$

Effect van Gieten

Tijdens het gietproces worden spanningen geïntroduceerd in het gietstuk. Het ontwerp speelt hierbij een grote rol. Hieronder twee verschillende ontwerpen van een wiel.



Ontwerp A

Ontwerp B

- 3p **5a** In welk ontwerp worden in de spaken trekspanningen gevormd?



Ontwerp A

(b)

Ontwerp B

- 6p **5b** Verklaar je antwoord.

Tijdens het afkoelen krimpt het metaal.
Dikkere delen krimpen meer dan dünnere delen.
Bij ontwerp A krimpt het midden dus meer.
Hierdoor trekt het aan de spaken.

Corrosie

Zie onderstaande uitingsvormen van corrosie: (A) betreft een koolstofstalen moer op een roestvaststalen bout; in (B) is corrosie van een aluminium raamkozijn weergegeven.



(A)

(B)

3p **6a** Welke vormen van corrosie vinden hier plaats?

- 1 ☐ (A) putvormige corrosie (*pitting corrosion*) en (B) filiforme corrosie (*filiform corrosion*)
- 1 ☐ (A) galvanische corrosie en (B) spleetcorrosie
- ☐ (C) (A) spleetcorrosie (*crevice corrosion*) en (B) galvanische corrosie (*galvanic corrosion*)
- ☐ (d) (A) spanningscorrosie (*stress corrosion*) en (B) spleetcorrosie
- 3 ☒ (A) galvanische corrosie en (B) filiforme corrosie
- ☐ (f) (A) putvormige corrosie en (B) spleetcorrosie



- 3p **6b** In corrosie-terminologie wordt vaak het woord 'Anode' gebruikt. Wat is de juiste definitie van anode?
- ☐ a Het metallisch pad waar elektronentransport langs plaatsvindt.
 - ☐ b De locatie aan een elektrode waar de reductiereactie plaatsvindt.
 - ☒ c De locatie aan een elektrode waar de oxidatiereactie plaatsvindt.
 - ☐ d Het corrosief milieu waaraan een elektrode wordt blootgesteld.
 - ☐ e Het metallisch pad waar ionentransport langs plaatsvindt.
- 3p **6c** Een bout-moerverbinding is van gegalvaniseerd staal gemaakt (reductiepotentiaal van Zn is $-1,0\text{ V}$) en de te verbinden platen van roestvast staal (reductiepotentiaal van $-0,2\text{ V}$). Selecteer de stelling hieronder die waar is:
- ☐ a De verzinkte stalen bout-moerverbinding zal minder hard corroderen in dit geval dan in de situatie wanneer de platen van gegalvaniseerd staal gemaakt zouden zijn.
 - ☒ b De verzinkte stalen bout-moerverbinding zal versneld corroderen door het galvanisch contact met het edeler roestvast staal.
 - ☐ c De verzinkte stalen bout-moerverbinding zal de corrosie van de roestvaststalen platen versnellen door extra kathodische activiteit ter plaatse van de verzinkte stalen verbinding.
 - ☐ d De edeler roestvaststalen platen zullen de onedeler verzinkte stalen bout-moerverbinding beschermen tegen corrosie.

Lead

- 7