

--	--	--	--	--	--

Space above not to be filled in by the student

AE1108-II Aerospace Mechanics of Materials

17 April 2014 09.00h - 12.00h

Answer sheets

Last name and initials:.....

Student no.:

--	--	--	--	--	--	--

NOTE:

- a) **This exam consists of FOUR problems.** Each problem carries equal weight, all problems should be attempted.
 - b) **All problems must be solved in the provided answer sheets.** Additional sheets (ie: blank sheets for rough work) will not be accepted!
 - c) **Write your name and study number on EVERY page of the answer sheets.** Sheets without name or study number will not be accepted.
 - d) If you are in any doubt about the interpretation of the question, state the assumptions you have made in answering the question.
 - e) **Neatness** of presentation of your answer will be considered in the marking
 - f) All answers must be given with the appropriate **SI units**
-

Een scharnierend opgelegde balk ABCDE wordt belast zoals aangegeven in Figuur Q1(a). De balk heeft een uniforme doorsnede bestaande uit een hoedprofiel dat met lijm verbonden is aan een extra plaat ter versterking, zoals te zien is in Figuur Q1b.

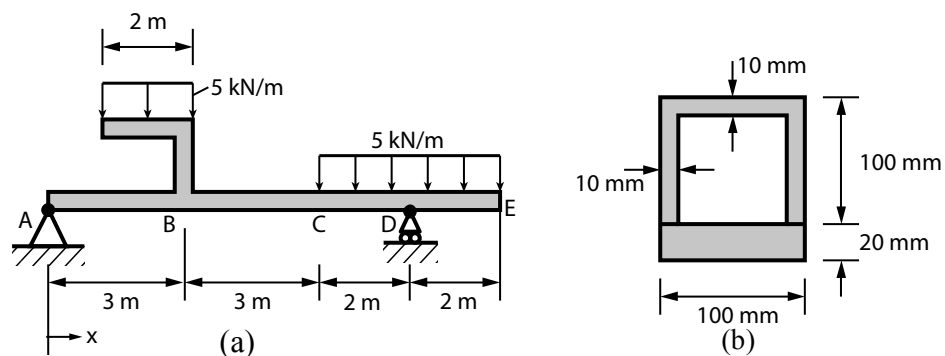


Figure Q1

Questions

- a) Calculate the loading at B due to the uniformly loaded frame rigidly connected at B. Draw a Free Body Diagram of beam ABCDE on the next page indicating the reactions at B.

Bereken de belasting in punt B ten gevolge van het uniform belaste hoekframe dat in B onvervormbaar aan de balk vastzit en teken een vrijlichaamsdiagram van balk ABCDE waarin de reacties in punt B zijn getekend op de volgende pagina.

.....

Answer sheets

Student no:

--	--	--	--	--	--	--	--

17 April 2014

Name:

(Problem 1 continued)

- b) Draw the complete shear force and bending moment diagrams for the beam ABCDE below including the appropriate signs and values.

Teken de volledige dwarskrachten en momentenlijnen voor balk ABCDE hieronder inclusief de bijbehorende tekens en waarden.

--	--	--	--	--	--	--

Name:

(Problem 1 continued)

- c) Calculate the magnitude of the maximum normal stress σ in the beam and indicate where in the beam it occurs.

Bereken de grootte van de maximale normaalspanning σ die in de balk optreedt en geef aan waar deze in de balk optreedt.

Bereken de minimale schuifsterkte τ van de lijm om het begeven van de lijmlaag te voorkomen. Hou bij het afronden van het antwoord rekening met het ontwerpcriterium.

Een stalen buis met binnendiameter d_i en buitendiameter d_o en een massieve aluminium staaf met diameter d vormen het onderstaande samengestelde systeem.

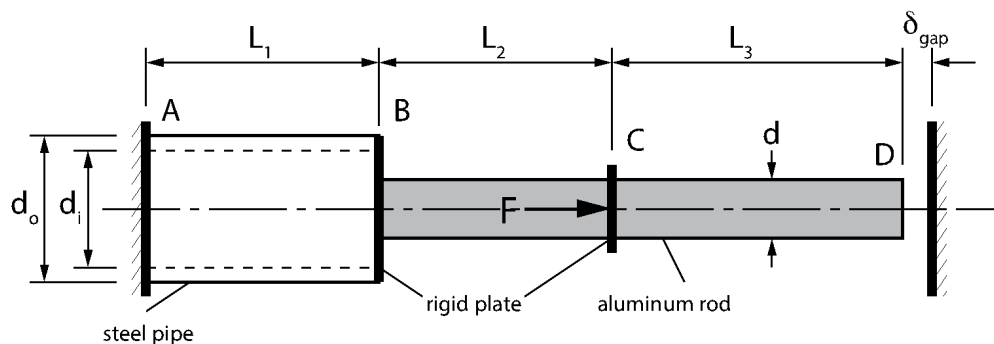
$$L_1 = L_2 = 0.5 \text{ m}; \quad L_3 = 1 \text{ m}; \quad \delta_{gap} = 0.75 \text{ mm}; \quad d_o = 50 \text{ mm}; \quad d_i = 45 \text{ mm}; \quad d = 20 \text{ mm}; \quad E_{al} = 70 \text{ GPa}; \quad E_{steel} = 200 \text{ GPa}; \quad F = 50 \text{ kN};$$


Figure Q2

Bereken de normaalspanning ten gevolge van de aangebrachte kracht F in ieder van de drie segmenten met het juiste teken voor trek(+) en druk(-). Neem aan dat D contact maakt met de muur.

[illegible]

Exam AE1108-II: Aerospace Mechanics of Materials

Answer sheets

Student no:

--	--	--	--	--	--	--	--

17 April 2014

Name:

(Problem 2 continued)

Blank area for writing the answer to Problem 2.

--	--	--	--	--	--	--	--

(Problem 2 continued)

- b) Calculate what minimum temperature change ΔT , in addition to the applied force F , would need to be applied to the entire system such that the resultant stress in segment CD is 0 MPa ($\alpha_{al} = 21 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$; $\alpha_{steel} = 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$). In the rounding of the answer be mindful of the design criterion.

Bereken welke minimale temperatuursverandering ΔT er, naast de al aangebrachte kracht F , te weeg moet worden gebracht in het totale systeem zodat de resulterende normaalspanning in deel CD gelijk is aan 0 MPa ($\alpha_{al} = 21 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$; $\alpha_{steel} = 12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$).

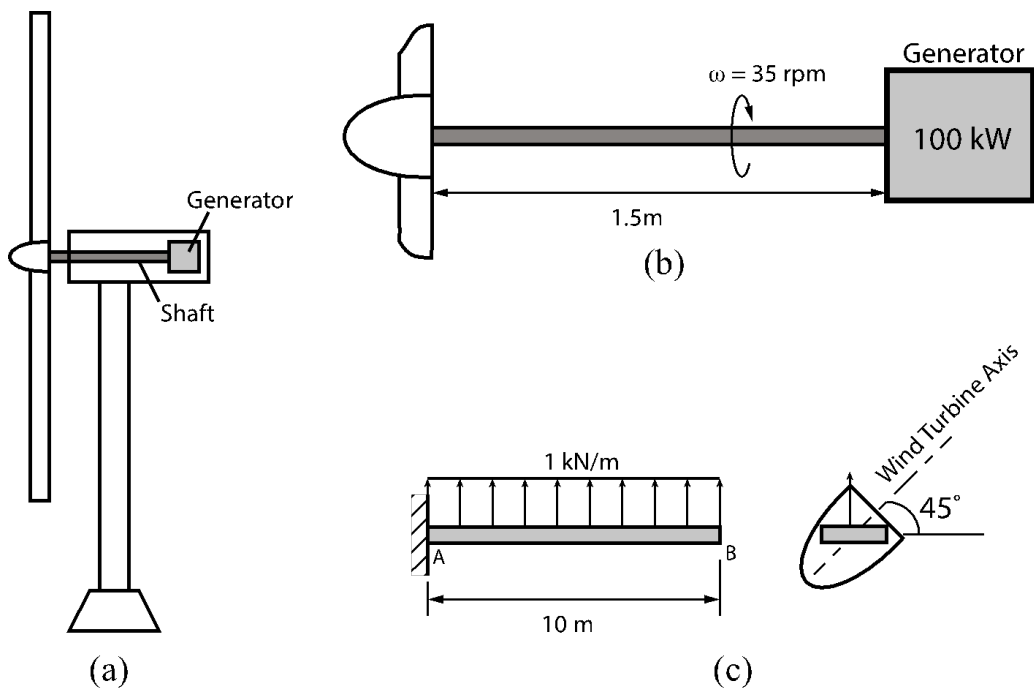
Hou bij het afronden van het antwoord rekening met het ontwerpcriterium.

--	--	--	--	--	--	--	--

Problem 3 (Weight 2.5 - approx. 45 minutes)

You are part of a small company designing a 20 m diameter two-bladed wind turbine shown schematically in Figure Q3(a). The wind turbine has a maximum power generation capacity of $P = 100$ kW produced at a turbine rotation speed of $\omega = 35$ rpm.

Je bent onderdeel van een klein bedrijf dat een 20 m diameter, twee-bladige windturbine aan het ontwerpen is, zoals getoond in figuur Q3(a). De windturbine heeft een maximaal vermogenopwekkingscapaciteit van $P = 100$ kW dat geproduceerd wordt bij een turbine hoeksnelheid van $\omega = 35$ rpm.

**Figure Q3**

--	--	--	--	--	--	--	--

(Problem 3 continued)**Questions**

- a) The generator is driven by a 1.5 m long shaft connected directly to the wind turbine rotor, as shown Figure Q3(b). Calculate the minimum outer diameter (to the nearest mm) of this shaft if it is constrained to an outside-diameter-to-inside-diameter ratio of $d_o/d_i = 1.25$, and a maximum shear stress on the outer surface of the shaft of 100 MPa. Shaft material properties: $G = 80\text{GPa}$, $\sigma_y = 300\text{MPa}$. In the rounding of the answer be mindful of the design criterion. (Note: for power transmission shafts, $P = \omega T$; P = power, ω = shaft rotation speed, T = shaft torque)

De generator wordt aangedreven door een 1.5 m lange as, die direct aan de windturbine verbonden is, zoals getoond in figuur Q3(b). Bereken de minimale buitendiameter (op de dichtstbijzijnde mm) van deze as, als deze beperkt is tot een buiten/binnendiameter ratio van $d_o/d_i = 1.25$ en een maximale schuifspanning aan de buitenkant van de as van 100 MPa. Materiaal eigenschappen van de as: $G = 80\text{GPa}$, $\sigma_y = 300\text{MPa}$. Hou bij het afronden van het antwoord rekening met het ontwerpcriterium. (Let op: voor vermogen overbrengende assen $P = \omega T$; P = vermogen, ω = hoeksnelheid van de as, T = torsie van de as)

Exam AE1108-II: Aerospace Mechanics of Materials

Answer sheets

Student no:

--	--	--	--	--	--	--

17 April 2014

Name:

(Problem 3 continued)

Page 12 of 17

--	--	--	--	--	--	--	--

(Problem 3 continued)

- b) Based on your shaft sizing from part a), your colleague has determined that, in addition to the shear stress due to torsion, the shaft will be experiencing a compressive axial stress of 150 MPa due to aerodynamic loading. Draw Mohr's circle for the outer surface of the shaft and determine if the shaft material yield stress of 300 MPa is sufficient for the design according to Tresca's failure criterion.

Gebaseerd op jouw berekeningen van de as uit a) heeft je collega bepaald dat, naast de schuifspanning door torsie, de as ook een axiale drukspanning ondergaat van 150 MPa ten gevolge van de aerodynamische belasting. Teken de cirkel van Mohr voor de buitenkant van de as en bepaal of de vloeispanning van het materiaal van de as van 300 MPa voldoende is voor het ontwerp volgens het Criterium van Tresca.

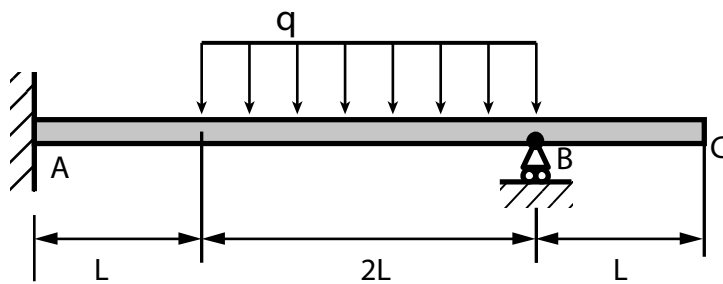
--	--	--	--	--	--	--	--

(Problem 3 continued)

- c) Excessive deformation of the wind turbine blades can adversely affect their efficiency. A design constraint has been imposed limiting the blade tip deflection in the direction of the wind turbine axis to 0.5 m. Approximating each blade as a prismatic beam oriented 45° to the wind turbine axis, with a uniform distributed load as shown in Figure Q3(c), calculate the required flexural rigidity of the blades. In the rounding of the answer be mindful of the design criterion.

Excessieve deformatie van de windturbine bladen kan hun effectiviteit negatief beïnvloeden. Een ontwerprestrictie is opgelegd die de doorbuiging van de tip van het turbineblad in de richting van de turbine as beperkt tot 0.5m. Als we ieder blad modelleren als een prismatische balk met een verdeelde belasting onder een hoek van 45° met de windturbine as, zoals getoond in figuur Q3(c), bereken de waarde van de benodigde stijfheid van de bladen. Hou bij het afronden van het antwoord rekening met het ontwerpcriterium.

Een uniforme prismatische balk heeft een totale lengte van $4L$ en een buigstijfheid EI . De balk is ingeklemd in A en wordt ondersteund door een roloplegging in B. De balk wordt onderworpen aan een uniform verdeelde belasting q zoals aangegeven in figuur Q4.



Bereken de reactiekrachten en momenten in A en B en geef ze aan in de bovenstaande figuur in de richting waarin ze werken.

[illegible]

Exam AE1108-II: Aerospace Mechanics of Materials

Answer sheets

Student no:

--	--	--	--	--	--	--	--

17 April 2014

Name:

(Problem 4 continued)

Blank area for writing the answer to Problem 4.

Bereken de rotatie en de doorbuiging van de balk in punt C en geef de richtingen waarin ze werken aan.