

Datum	:	
Tijdsduur	:	2 uur
Aantal vragen	:	12
Bijlagen	:	h-s diagram en T-s diagram Formuleblad.
Toegestane hulpmiddelen	:	rekenmachine, stoomtabel en h-s en T-s diagram
Totaal te behalen punten	:	120

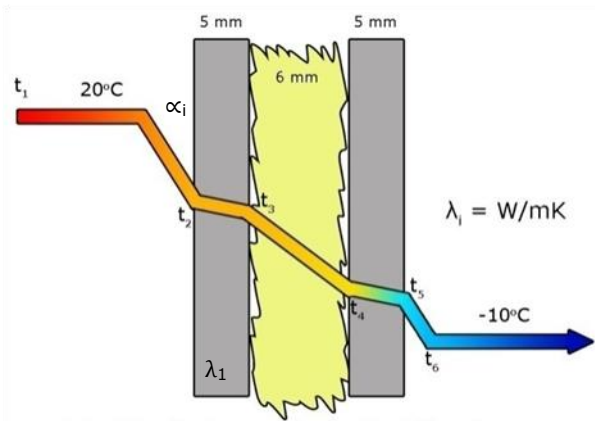
1. Wat wordt verstaan onder verdampingswarmte?
2. Hoe wordt de faseverandering genoemd als een stof van de vaste fase overgaat naar gas?
3. Geef een omschrijving en een schets in het h-s diagram van een isochoor.

4. Van een oververhitter is het volgende gegeven:
 De oververhitter is in kruis tegenstroom geschakeld.
 Door de oververhitter stroomt stoom die met behulp van rookgas wordt verwarmd.
 Intrede druk stoom: $p_1 = 100$ bara
 Intrede temperatuur stoom: $t_1 = 380$ °C
 De drukval van de stoom over de oververhitter: $\Delta p = 4$ bar
 De temperatuur van de stoom bij uitrede oververhitter: $t_2 = 460$ °C
 De rookgastemperatuur bij intrede oververhitter: 780 °C
 De rookgastemperatuur bij uitrede oververhitter: 560 °C
 De massastroom stoom bedraagt: 50 kg/s
 Warmteoverdrachtcoëfficiënt rookgas \rightarrow pijp: $\alpha_1 = 50$ W/(m²·K)
 Warmtegeleidingscoëfficiënt pijp: $\lambda = 40$ W/(m·K)
 Wanddikte pijp: $\delta = 5$ mm
 Warmteoverdrachtcoëfficiënt stoom-pijpwand: $\alpha_2 = 380$ W/(m²·K)

Gevraagd:

- a. Bereken het benodigde oppervlak van de oververhitter als rekening gehouden moet worden met 15% vervuiling.
5. Noem de kwaliteitspunten van stoom.
 6. We hebben twee wanden met daartussen isolatie:
 Van de wanden is het volgende gegeven:

t_1	=	20	°C
α_i	=	8	W/(m ² ·K)
δ_1	=	5	mm
λ_1	=	2	W/(m·K)
δ_i	=	6	mm.
λ_i	=	0,5	W/(m·K)
δ_u	=	5	mm.
λ_u	=	3	W/(m·K)
α_u	=	50	W/(m ² ·K)
t_6	=	-10	°C



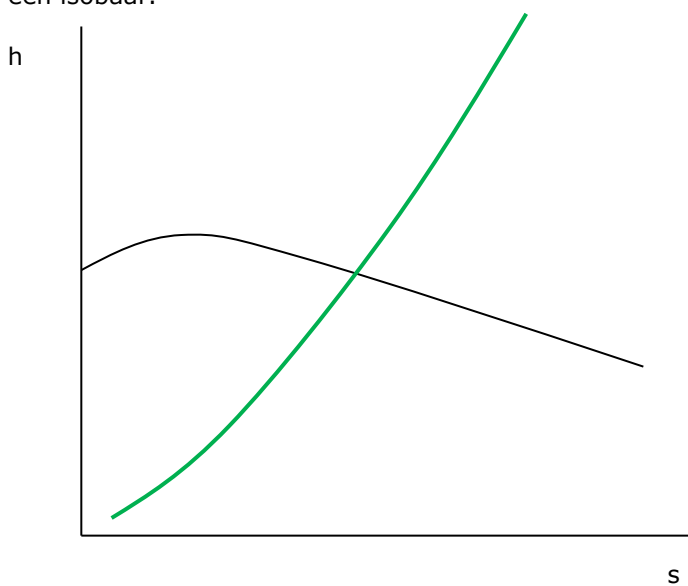
- a. Bereken de k factor voor de drie wanden.
 - b. Bereken de temperatuur t_3 .
7. Een cilindrische tank is voor driekwart gevuld met palmolie.
 De diameter van de tank: $D=4\text{m}$
 De lengte van de tank: $l = 9\text{ m}$
 De soortelijke massa van de palmolie: $\rho_{\text{olie}} = 900\text{ kg/m}^3$
 De soortelijke warmte van de palmolie: $c_p = 1,95\text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
 De olie moet opgewarmd worden van $10\text{ }^\circ\text{C}$ naar $90\text{ }^\circ\text{C}$.
 De tijd waarin het opwarmen moet gebeuren bedraagt 2 uur.

Bereken de hoeveelheid warmte die benodigd is om de palmolie binnen de gestelde tijd op te warmen in kJ/s.
 Er hoeft geen rekening te worden gehouden met warmteverlies en opwarmtijd van de wanden.

8. Van een ontgasser is gegeven:
- | | |
|---|------------------------------------|
| De hoeveelheid condensaat bedraagt: | 360 ton/uur |
| De hoeveelheid suppletiewater bedraagt: | 5 kg/s |
| De temperatuur van het condensaat: | $t_c = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| De temperatuur van het suppletiewater: | $t_s = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ |
- Bereken de temperatuur van het condensaat nadat het gemengd is met suppletiewater. Verder is gegeven dat de soortelijke warmte van het water $c_w = 4,186 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ bedraagt.
9. Als we met behulp van stoom elektriciteit en warmte willen opwekken, kennen we voor wat de schema's betreft diverse bouwwijzen.
- Noem deze bouwwijzen of systemen.
10. Gegeven is een goede afdichtende condenspot.
- De druk van de verzadigde stoom voor de condenspot bedraagt 4 bara.
Na de condenspot bedraagt de druk van het condensaat plus de druk van damp als gevolg van naverdampen 1 bara.
Er wordt 30 kg condensaat per seconde afgevoerd.
- Bereken het verlies als gevolg van deze naverdamping. U mag het antwoord geven in kilogram damp per seconde.
11. Van een stoominstallatie is het volgende gegeven:
- | | |
|-------------------|----------------------|
| Keteldruk: | 50 bara |
| Stoomtemperatuur: | 460 $^\circ\text{C}$ |
| Condensordruk: | 0,06 bara |
- De stoom expandeert isentroop in de turbine.
Er is geen aftapstoom en er zijn geen voorwarmers in het systeem opgenomen.
- Teken het proces in een T-s diagram en bereken de afgevoerde warmte in de condensor in kJ/kg.
12. Wat is de noodzakelijke bijkomstigheid, die altijd moet worden toegepast, als de keteldruk en de temperatuur van de oververhitte stoom drastisch wordt verhoogd?

Datum	:	
Tijdsduur	:	2 uur
Aantal vragen	:	12
Antwoorden	:	Maken op antwoordblad
Bijlagen	:	Formuleblad. h-s en t-s diagram
Toegestane hulpmiddelen	:	Rekenmachine, Stoomtabel
Totaal te behalen punten	:	120 (elke goed antwoord 10 punten)

1. Dit is de hoeveelheid energie die aan 1 kilogram kokend water, bij gelijkblijvende druk, moet worden toegevoerd om deze kilogram kokend water volledig om te zetten in verzadigde stoom.
2. Overgang van de vaste fase naar de gasvormige fase wordt vervluchtigen genoemd.
3. De groene lijn noemen we een isochoor, dit is een lijn van een constant specifiek volume. Let op! Een isochoor, een lijn van constant specifiek volume loopt in het h-s diagram steiler dan een isobaar.



Schematische voorstelling van een isochoor in het h-s diagram.

4. Het benodigde oppervlak van de oververhitter als rekening gehouden moet worden met 15% vervuiling:

$$\Delta T_{meestroom} = \frac{400 - 100}{\ln 4} = 216,4 \text{ K}$$

$$\Delta T_{tegenstroom} = \frac{320 - 180}{\ln \frac{320}{180}} = 243,32 \text{ K}$$

$$\Delta T_{ovo} = \frac{216,4 + 243,32}{2} = 229,86 \text{ K}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{50} + \frac{0,005}{40} + \frac{1}{380}} = 43,94 \text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

$$\dot{Q} = \dot{m}_s \cdot \Delta h$$

$$\dot{Q} = 50 \cdot (3275,51 - 3033,11)$$

$$\dot{Q} = 12.120 \text{ kW}$$

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta T_{ovo}$$

$$12.120 \cdot 1000 = 43,94 \cdot A \cdot 229,86$$

$$A = 1200 \text{ m}^2$$

$$\text{Bij 15\% vervuiling } A = \frac{1200}{0,85} = 1411,75 \text{ m}^2$$

5. De kwaliteitspunten van stoom zijn:

- temperatuur en druk
- lucht en andere niet condenseerbare gassen
- de hoeveelheid stoom per tijdseenheid
- reinheid van de stoom
- het dampgehalte van de stoom
- waterslag

6. a. $k = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_u} \right)}$

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + \frac{0,005}{2} + \frac{0,006}{0,5} + \frac{0,005}{3} + \frac{1}{50} \right)} = 6,2047 \text{ W / (m}^2 \cdot \text{K)}$$

b. $k = 6,2$
 $(t_1 - t_6) \cdot k = q$
 $q = (20 - (-10)) \cdot 6.2 = 186 \text{ W / m}^2$
 $(t_1 - t_3) = q \cdot \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta}{\lambda_i} \right)$
 $t_3 = t_1 - q \cdot \left(\frac{1}{\alpha_i} + \frac{\delta}{\lambda_i} \right)$
 $t_3 = 20 - 186 \cdot \left(\frac{1}{8} + \frac{0,005}{2} \right)$
 $t_3 = -3,7 \text{ }^\circ\text{C}$

7. De inhoud van de tank bedraagt:

$$\text{inhoud} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot \ell \quad [\text{m}^3]$$

$$\text{inhoud} = \frac{\pi}{4} \cdot 4^2 \cdot 9 = 113 \text{ m}^3$$

In de tank is aan olie aanwezig:

$$\frac{3}{4} \cdot 113 = 84,75 \text{ m}^3$$

De massa palmolie die opgewarmd moet worden bedraagt:

$$m = V \cdot \rho_{\text{olie}} \quad [\text{kg}]$$

$$m = 84,75 \cdot 900$$

$$m = 76.275 \text{ kg}$$

De warmte die benodigd is om de palmolie binnen de gestelde tijd op te warmen wordt nu:

$$\dot{Q} = \frac{m \cdot c_p \cdot \Delta t}{t} \quad [\text{kJ} / \text{s}]$$

$$\dot{Q} = \frac{76.275 \cdot 1,95 \cdot (90 - 10)}{2 \cdot 3600} = 1652 \quad \text{kJ} / \text{s}$$

$$Q = 1652 \text{ kW}$$

8.

$$\dot{m}_c = 360 \text{ ton} / \text{uur} = \frac{360.000}{3600} = 100 \text{ kg} / \text{s}$$

$$\dot{m}_s = 5 \text{ kg} / \text{s}$$

$$t_c = 120^\circ\text{C}$$

$$t_s = 20^\circ\text{C}$$

$$c_w = 4,186 \text{ kJ} / (\text{kg} \cdot \text{K})$$

$$\dot{m}_c \cdot c_w \cdot t_c + \dot{m}_s \cdot c_w \cdot t_s = (\dot{m}_c + \dot{m}_s) \cdot c_w \cdot t$$

c_w staat in elke term, dus deze kan weggelaten worden.

$$\dot{m}_c \cdot t_c + \dot{m}_s \cdot t_s = (\dot{m}_c + \dot{m}_s) \cdot t$$

$$t = \frac{\dot{m}_c \cdot t_c + \dot{m}_s \cdot t_s}{\dot{m}_c + \dot{m}_s}$$

$$t = \frac{100 \cdot 120 + 5 \cdot 20}{100 + 5} = 115,23 \text{ }^\circ\text{C}$$

9.

Tegendruksystemen

Tegendruksystemen met aftapstoom

Condensatiesystemen

Condensatiesystemen met aftapstoom

10.

$$p = 4 \text{ bara}$$

$$h_{vs1} = 2738,06 \quad \text{kJ} / \text{kg}$$

$$h_{w1} = 604,72 \quad \text{kJ} / \text{kg}$$

$$p = 1 \text{ bara}$$

$$h_{vs2} = 2674,95 \quad \text{kJ} / \text{kg}$$

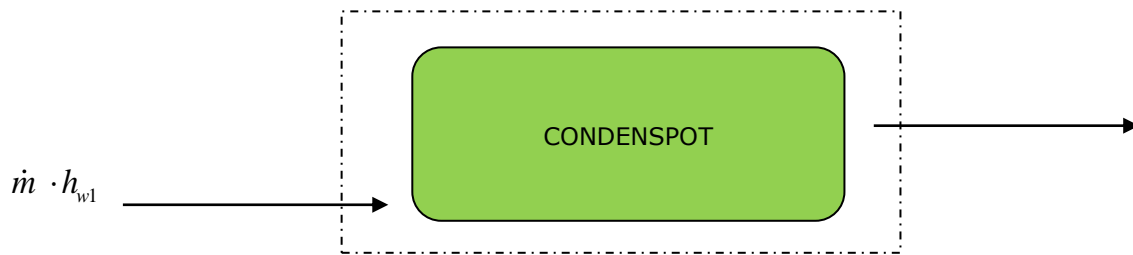
$$h_{w2} = 417,44 \quad \text{kJ} / \text{kg}$$

De stoom na de condenspot is dus natte stoom waarvoor geldt:

$$h_{ns} = h_{w2} + x \cdot (h_{vs2} - h_{w2})$$

$$h_{ns} = 417,44 + x \cdot (2674,95 - 417,44)$$

Kies nu de systeemgrens rond de condensaatpot:



Er moet gelden dat de energie in de stoom voor de condenspot gelijk is aan die na de condenspot, want er wordt geen warmte met de omgeving gewisseld.

$$E_{voor} = E_{na}$$

$$\dot{m} \cdot h_{w1} = \dot{m} \cdot h_{ns}$$

$$30 \cdot 604,72 = 30 \cdot \{417,44 + x \cdot (2674,95 - 417,44)\}$$

$$x = 0,08295 \quad (= 8,295\% \text{ damp})$$

Er ontstaat totaal aan damp:

$$30 \cdot 0,08295 = 2,488 \text{ kg damp / s}$$

De verdampingswarmte bij 1 bara bedraagt:

$$h_{vs2} - h_{w2} = 2674,95 - 417,44 = 2257,51 \text{ kJ / kg}$$

Aan warmte had er nog afgegeven kunnen worden:

$$2,488 \cdot 2257,51 = 5616,68 \text{ kW}$$

11. Bij 50 bara en 460 °C bedraagt de entropie:
 $s_e = 6,8532 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. Dit is tevens de entropie in punt f, want de expansie verloopt isentroop.
 Bij 0,06 bara bedraagt de entropie van het kokende water:
 $s_a = 0,52087 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$. De temperatuur van het kokende water dat de condensor verlaat bedraagt: $t_w = 36,183 \text{ °C}$.

De afgevoerde warmte in de condensor wordt nu:

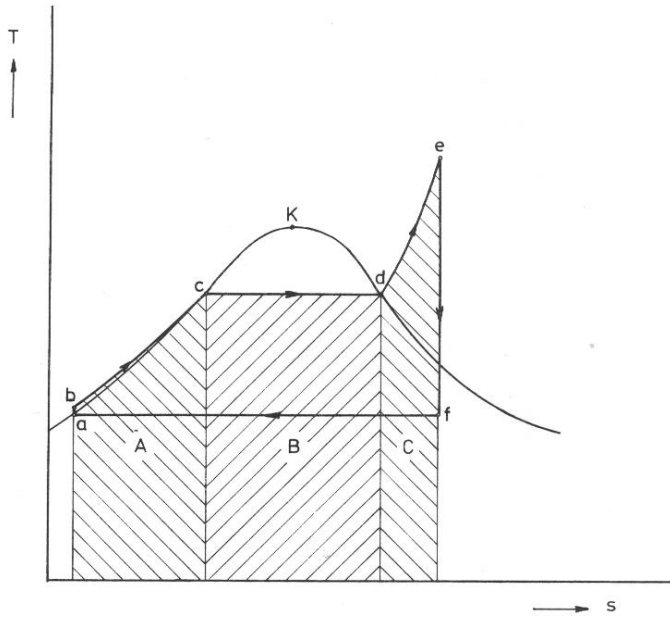
$$Q_{AF} = T_w \cdot (s_f - s_a) \quad [\text{kJ / kg}]$$

$$T_w = t_w + 273 \quad [\text{K}]$$

$$T_w = 36,16 + 273 = 309,16 \quad \text{K}$$

$$Q_{AF} = 309,16 \cdot (6,8532 - 0,52087)$$

$$Q_{AF} = 1958,65 \quad \text{kJ / kg}$$



12. Dan moet er gebruik gemaakt worden van herverhitting. Zie de rode lijnen in onderstaand diagram.

