

Toegepaste Thermodynamica en Energieconversies

Deeltoets A: Thermodynamica

Woensdag 8 oktober 2008, 9.00-11.30 uur

Aanwijzingen:

- Deze toets bestaat uit 3 opgaven met gelijke gewichtsfactoren
- Vermeld op elk blad je naam en studentnummer
- Bij de toets mag het bijgevoegde gegevens- en formuleblad gebruikt worden evenals een calculator

1. Mengkamer

Water (150 kg/minuut) wordt bij 200 kPa en 10 °C toegevoerd aan een mengkamer. Dit wordt stationair gemengd met stoom die aan de mengkamer wordt toegevoerd bij 200 kPa en 150 °C. Het mengsel verlaat de mengkamer bij 200 kPa en 70 °C. Er vindt een warmteverlies naar de omgeving (omgevingstemperatuur 20 °C) plaats van 190 kJ/minuut. Verwaarloos verschillen in kinetische en potentiële energie.

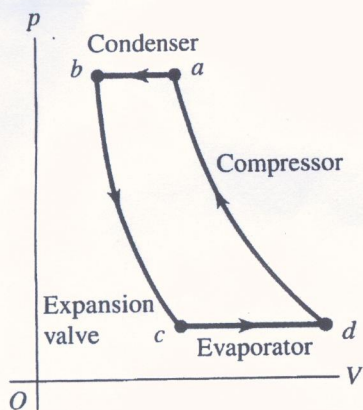
Verdere gegevens:

	enthalpie h (kJ/kg)	entropie s (kJ/kg/K)
water	42,022	0,1511
stoom	2769,1	7,2810
mengsel	293,07	0,9551

Bereken:

- De massastromen van de toegevoerde stoom en het mengsel in kg/minuut
- de irreversibele entropieproductie in kJ per minuut per kelvin
- het exergieverlies

2. Koelkast



Een koelkast werkt volgens de hiernaast weergegeven cyclus. De compressie ($d \rightarrow a$) en de expansie ($b \rightarrow c$) stappen vinden adiabatisch plaats. De temperatuur, de druk, het volume en de interne energie bij de toestanden a t/m d zijn in onderstaande tabel gegeven.

Toestand	T (°C)	p (kPa)	V (m ³)	U (kJ)
a	80	2305	0,0682	1969
b	80	2305	0,00946	1171
c	5	363	0,2202	1005
d	5	363	0,4513	1657

Vragen:

- Voor iedere cyclus, hoeveel warmte wordt er vanuit de binnenzijde van de koelkast overgedragen aan het koudemiddel terwijl dit zich in de verdamper (evaporator) bevindt?
- Voor iedere cyclus, hoeveel warmte wordt er overgedragen vanuit het koudemiddel naar de lucht buiten de koelkast terwijl dit zich in de condensor bevindt?
- Voor iedere cyclus, hoeveel arbeid wordt er verricht door de motor die de compressor aandrijft?
- Bereken de Coefficient of Performance van deze koelkast.

(zie ommezijde voor vraag 3)

3. Warmte/kracht-koppeling

Een luchtstandaard Ottomotor met een compressieverhouding van 8 wordt gebruikt in een warmte/kracht-centrale. De geleverde arbeid bedraagt 100 kW. De geleverde warmte bedraagt 32% van de ingezette brandstof (kwaliteit van de brandstof = 1,00). De warmte wordt geleverd in de vorm van heet water dat wordt opgewarmd van 70 °C naar 120 °C.

Bereken:

- De massastroom van het hete water
- Het energetisch rendement
- Het exergetisch rendement

toestand	temperatuur (K)	druk (bar)	specifice entropie (kJ/kgK)
1	293	1	1,6708
2	576	8	1,6708
3	1200	1	2,1773
4	293	1	1,6708

toestand	temperatuur (K)	druk (bar)	specifice entropie (kJ/kgK)
1	293	1	1,6708
2	576	8	1,6708
3	1200	1	2,1773
4	293	1	1,6708



Toegepaste Thermodynamica en Energieconversies

Formule- en gegevensblad - Thermodynamica

Omgevingstemperatuur: 10 °C (tenzij anders aangegeven)

Luchtgegevens:

Lucht mag worden beschouwd als een ideaal gas met temperatuurafhankelijke warmtecapaciteit (perfect gas). Voorts gelden voor lucht de volgende gegevens:

$$R = 0,287 \text{ kJ/kg/K}$$

$$\gamma = 1,4$$

$$c_p = 1,0035 \text{ kJ/kg/K}$$

$$c_v = 0,7165 \text{ kJ/kg/K}$$

Watergegevens:

$$c = 4,2 \text{ kJ/kg/K}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Formules:

(index e voor uitgaande stromen, index i voor ingaande stromen)

massabalans controlevolume:
$$\dot{m}_{CV} = \sum_i \dot{m}_i - \sum_e \dot{m}_e$$

Energiebalans controlevolume:

$$\dot{Q} = \dot{E}_{CV} + \dot{W}_{CV} + \sum_e \dot{m}_e (h_e + \frac{1}{2} \tilde{V}_e^2 + gz_e) - \sum_i \dot{m}_i (h_i + \frac{1}{2} \tilde{V}_i^2 + gz_i)$$

Enthalpie: $H = U + pV$

Enthalpieverandering ideaal gas:
$$\Delta H = H_2 - H_1 = m \int_1^2 c_p dT$$

Enthalpieverandering niet-comprimeerbare stoffen: $\Delta H = \Delta U + V\Delta p = mc\Delta T + V\Delta p$

Entropie(verandering): $dS = \left(\frac{\delta Q_T}{T} \right)_{rev}$

Entropie 'balans' controlevolume:
$$\dot{S}_{CV} = \sum_k \frac{\dot{Q}_k}{T_k} + \sum_i \dot{m}_i s_i - \sum_e \dot{m}_e s_e + \dot{S}_{irr}$$

Entropieverandering ideaal gas:
$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 mc_p \frac{dT}{T} - mR \ln \frac{p_2}{p_1}$$

Entropieverandering niet-comprimeerbare stoffen:
$$\Delta S = mc \ln \frac{T_2}{T_1}$$

Exergiebalans stationair controlevolume:

$$\begin{aligned} \dot{W} &= \sum_i (h_i - T_o s_i) \dot{m}_i - \sum_e (h_e - T_o s_e) \dot{m}_e && (\Delta \dot{B}_{ph} - \text{fysische (thermomechanische) exergie}) \\ &+ \sum_i \frac{1}{2} \dot{m}_i \tilde{V}_i^2 - \sum_e \frac{1}{2} \dot{m}_e \tilde{V}_e^2 && (\Delta \dot{B}_{kin} - \text{kinetische exergie}) \\ &+ \sum_i \dot{m}_i gz_i - \sum_e \dot{m}_e gz_e && (\Delta \dot{B}_{pot} - \text{potentiële exergie}) \\ &+ \dot{Q}(1 - T_o/T) && (\Delta \dot{B}_{th} - \text{thermische exergie}) \\ &- T_o \dot{S}_{irr} && (\dot{B}_{lost} - \text{exergieverlies}) \end{aligned}$$

Specifieke exergie van een materiaal:

$$b = b_{ch} + h - h_o - T_o (s - s_o) + \frac{1}{2} \tilde{v}^2 + gz$$

Logaritmisch gemiddelde temperatuur van een warmtebron/put met eindige, temperatuurafhankelijke warmtecapaciteit:

$$T_{lm} = (T_h - T_l) / \ln (T_h/T_l)$$

Poisson-relaties:

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^\gamma \rightarrow pv^\gamma = \text{constant}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \rightarrow \frac{T^\gamma}{p^{\gamma-1}} = \text{constant}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{\gamma-1} \rightarrow T v^{\gamma-1} = \text{constant}$$

Rendementen (luchtstandaard) arbeidsprocessen:

Carnot: $\eta_{Carnot} = (1 - T_l / T_h)$

Otto: $\eta_{Otto} = 1 - \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{1-\gamma} = 1 - r_v^{1-\gamma} = 1 - \frac{1}{r_v^{\gamma-1}}$

Diesel: $\eta_{Diesel} = 1 - \frac{[(v_3/v_2)^\gamma - 1]}{\gamma(v_1/v_2)^{\gamma-1}[(v_3/v_2) - 1]} = 1 - \frac{1}{r_v^{\gamma-1}} \left[\frac{(r_{cf}^\gamma - 1)}{\gamma(r_{cf} - 1)} \right]$

Brayton $\eta_{Brayton} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{1}{(p_2/p_1)^{(\gamma-1)/\gamma}} = 1 - \frac{1}{r^{(\gamma-1)/\gamma}}$

koudemachines:

$$CoP_R = \frac{Q_l}{|Q_h| - Q_l} = \frac{1}{|Q_h|/Q_l - 1}$$

$$CoP_{R,rev} = \frac{1}{T_h/T_l - 1}$$

warmtepompen

$$CoP_{HP} = \frac{|Q_h|}{|W|} = \frac{|Q_h|}{|Q_h| - Q_l} = \frac{1}{1 - Q_l/|Q_h|} = \eta_c CoP_{HP,rev}$$

$$CoP_{HP,rev} = \frac{1}{1 - T_l/T_h}$$