

Opgaven Hoofdstuk 6

1. Bereken de gemiddelde soortelijke warmte voor water, c_p , tussen 50 °C en 80 °C.
2. Bereken de enthalpie van kokend water bij een temperatuur van 30 °C, als gegeven is dat de soortelijke warmte $c_p = 4,1906 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.
3. 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: $\rho_{\text{olie}} = 900 \text{ kg}/\text{m}^3$
De soortelijke warmte van de palmolie: $c_p = 1,95 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
De olie moet opgewarmd worden van 10 °C naar 90 °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.

Er hoeft geen rekening te worden gehouden met warmteverlies en opwarmtijd van de wanden.

4. We hebben een tank met 25 m³ minerale olie.
De soortelijke massa of dichtheid van de olie: $\rho = 900 \text{ kg}/\text{m}^3$
De soortelijke warmte van de olie bedraagt: $c_p = 2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
De olie moet in 1,5 uur opgewarmd worden van 8 °C naar 150 °C.
De warmteverliezen bedragen 10% van de theoretisch benodigde warmte om de olie op te warmen.
Als verwarmend medium wordt verzadigde stoom gebruikt met een druk van 4 bar absoluut (0,4 MPa). De stoom condenseert volledig tot kokend water bij 4 bar absoluut.

Bereken de totale hoeveelheid warmte die nodig is om de minerale olie op temperatuur te brengen en de hoeveelheid stoom die hiervoor benodigd is.

5. Gegeven is een tank.
De afmetingen van de tank zijn: $l \times b \times h = 5 \times 6 \times 8$ meter
De vloeistofspiegel staat 7 m hoog.
De soortelijke massa van de vloeistof: $\rho = 950 \text{ kg}/\text{m}^3$
De soortelijke warmte van de vloeistof: $c_p = 3 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
De vloeistof heeft een temperatuur van 5 °C en moet in 2 uur tijd opgewarmd worden tot 95 °C.
Voor de verwarming wordt oververhitte stoom gebruikt met een druk van 3 bara (0,3 MPa) en een temperatuur van 190 °C.
Het condensaat dat uit de verwarmingsspiraal van de tank komt, is 13,54 °C onderkoeld.

Bereken de hoeveelheid oververhitte stoom die nodig is om de vloeistof in de tank binnen de gestelde tijd op te warmen.

Uitwerking Hoofdstuk 6

1.

$$c_p = \frac{h_2 - h_1}{t_2 - t_1} = \frac{334,92 - 209,26}{80 - 50}$$

$$c_p = 4,188 \text{ kJ}(\text{kg} \cdot \text{K})$$

2.

$$h = c_p \cdot t$$

$$h = 4,1906 \cdot 30$$

$$h = 125,718 \text{ kJ} / \text{kg}$$

3. 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:

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

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

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

4.

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

$$m_{\text{olie}} = 25 \cdot 800 = 20.000 \text{ kg}$$

$$h_{\text{vs}} = 2737,6 \text{ kJ} / \text{kg}$$

$$h_{\text{w}} = 604,67 \text{ kJ} / \text{kg}$$

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

$$\dot{Q} = \frac{20.000 \cdot 2 \cdot (150 - 8)}{1,5 \cdot 3600} = 1051,85 \text{ kJ} / \text{s}$$

Het verlies aan warmte bedraagt:

$$\dot{Q}_{\text{verlies}} = \frac{10}{100} \cdot 1051,85 = 105,185 \text{ kJ} / \text{s}$$

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{\text{totaal}} &= \dot{Q} + \dot{Q}_{\text{verlies}} \\ \dot{Q}_{\text{totaal}} &= 1051,85 + 105,185 \\ \dot{Q}_{\text{totaal}} &= 1156,035 \text{ kJ / s}\end{aligned}$$

De totale warmte die benodigd is moet door de stoom geleverd worden.

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{\text{totaal}} &= \dot{m}_s \cdot (h_{vs} - h_w) \quad [\text{kJ / s}] \\ 1156,035 &= \dot{m}_s \cdot (2737,6 - 604,67) \\ \dot{m}_s &= 0,54 \text{ kg / s}\end{aligned}$$

5. Inhoud tank:

$$\text{Inhoud} = 5 \cdot 6 \cdot 7 = 210 \text{ m}^3$$

De massa van de vloeistof:

$$\begin{aligned}m &= V \cdot \rho \\ m &= 210 \cdot 950 \\ m &= 199.500 \text{ kg}\end{aligned}$$

De benodigde warmte:

$$\begin{aligned}Q &= \frac{m \cdot c_p \cdot \Delta t}{t} \\ Q &= \frac{199.500 \cdot 3 \cdot (95 - 5)}{2 \cdot 3600} = 7.481,25 \text{ kJ}\end{aligned}$$

De enthalpie van de oververhitte stoom:

$$h_{os} = 2844,8 \text{ kJ / kg}$$

Bij de druk van 3 bara is de verzadigingstemperatuur 133,54 °C. Als het condensaat 13,54 °C onderkoeld is, verlaat het de spiraal met een temperatuur van 133,54-13,54 = 120 °C.

Uit tabel III volgt de enthalpie van het condensaat.

$$\begin{aligned}h_c &= 503,8 \text{ kJ / kg} \\ Q &= \dot{m}_{os} \cdot (h_{os} - h_c) \\ 7.481,25 &= \dot{m}_{os} \cdot (2844,8 - 503,8) \\ \dot{m}_{os} &= 3,195 \text{ kg}\end{aligned}$$