

87. In een warmtewisselaar wordt per uur 27 ton olie gekoeld van 70°C tot 45°C . Hiervoor is per uur 20 ton water beschikbaar van 16°C . De warmtedoorgangscoefficient $k = 250 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. De soortelijke warmte van de olie is $1,9 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$. De soortelijke warmte van water is $4,2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$.
- Bereken het benodigd oppervlak bij gelijkstroom.
 - Bereken het benodigd oppervlak bij tegenstroom.
 - Hoe groot is het optredend exergieverlies per seconde als de omgevingstemperatuur 14°C is?
88. Tussen een radiator en de wand waartegen de radiator is geplaatst vindt warmteoverdracht via straling plaats. De temperatuur van de radiator is 90°C $\sigma_{\text{radiator}} = 4,2 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
De temperatuur van de wand is 20°C $\sigma_{\text{wand}} = 4,6 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
Het oppervlak van de radiator is 2 m^2 $\sigma_{\text{zwart}} = 5,75 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
- Bereken het optredend “warmteverlies” per seconde.
 - Bereken met hoeveel procent het “warmteverlies” afneemt als de radiator wordt beplakt met aluminiumfolie. $\sigma_{\text{folie}} = 0,7 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
89. Tussen twee evenwijdige wanden vindt warmteoverdracht via straling plaats. De temperatuur van wand 1 is 180°C $\sigma_{\text{wand 1}} = 5,3 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
De temperatuur van wand 2 is 20°C $\sigma_{\text{wand 2}} = 4,8 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
 $\sigma_{\text{zwart}} = 5,75 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
- Bereken de optredende warmteoverdracht per m^2 per seconde.
 - Bereken met hoeveel procent de warmteoverdracht per m^2 per seconde afneemt als tussen de twee wanden evenwijdig een aluminiumplaat wordt geplaatst. $\sigma_{\text{aluminium}} = 0,5 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
(de temperatuur aan weerszijden van de aluminium plaat is hetzelfde)
90. Door een bedrijfshal loopt een geïsoleerde stoomleiding. De inwendige diameter is 60 mm. De uitwendige diameter is 100 mm. De isolatiedikte is 25 mm $\lambda_{\text{isolatie}} = 0,1 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ $\lambda_{\text{staal}} = 50 \text{ W/m}\cdot\text{K}$
 $\alpha_i = 4000 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ De temperatuur van de stoom is 550°C .
De temperatuur aan de buitenzijde van de isolatie is 60°C .
De temperatuur van de wanden van de hal en de lucht in de hal is 15°C .
 $\sigma_{\text{isolatie}} = 4,8 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$
- Bereken de door straling overgedragen warmte.
 - Bereken $\alpha_{\text{uitwendig}}$
 - Indien de isolatie met aluminiumfolie wordt omwonden, daalt dan de temperatuur aan de buitenkant of stijgt hij?
 - Bereken de temperatuur van de buitenkant als de stralingswarmte nul zou zijn.

Opgave 87.

$$27.000 \text{ kg/hr} = \frac{27.000}{3600} = 7,5 \text{ kg/s}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T = 7,5 \cdot 1,9 \cdot 25 = 356,25 \text{ kW}$$

$$= \dot{Q}_{\text{water}} = \dot{m}_{\text{water}} \cdot c_{\text{water}} \cdot \Delta T_{\text{water}} \quad \frac{20000 \text{ kg}}{\text{hr}} = 5,56 \text{ kg/s}$$

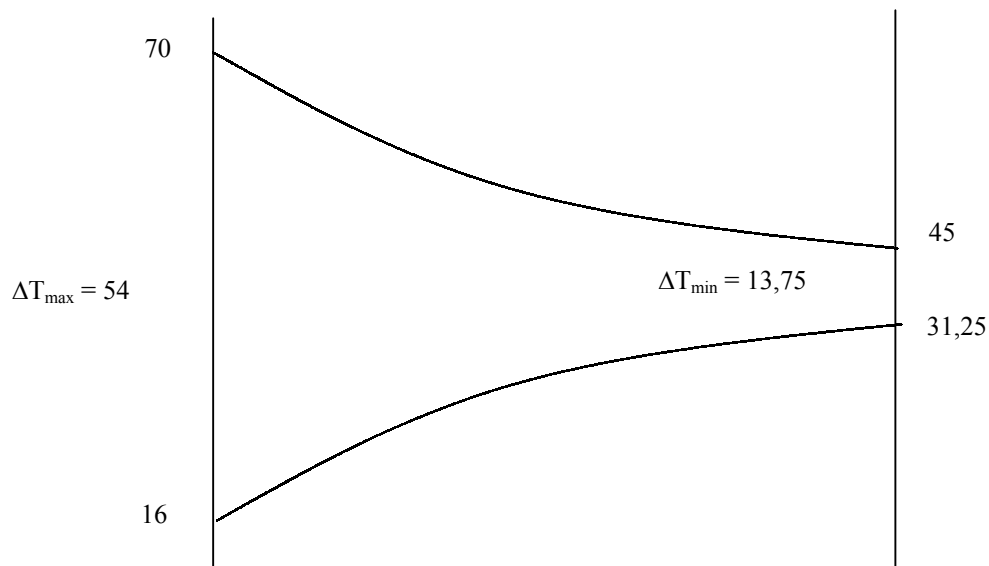
$$\Rightarrow 356,25 = 5,56 \cdot 4,2 \cdot \Delta T_{\text{water}}$$

$$\Delta T_{\text{water}} = 15,25$$

$$\Rightarrow \text{eindtemperatuur water} = 16 + 15,25 = 31,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

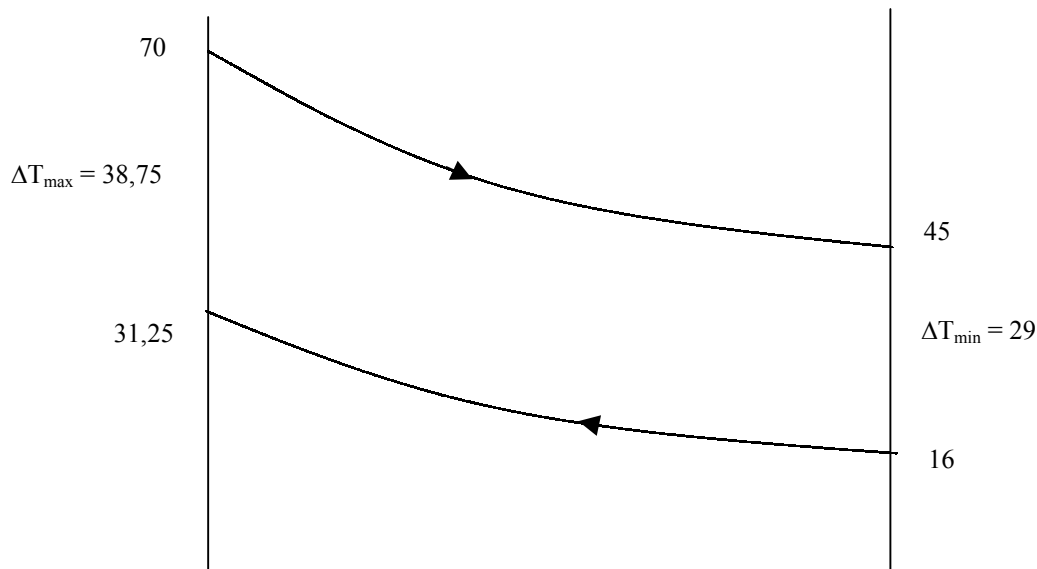
87a.

Meestroom:



$$\Delta T_{\text{gem}} = \frac{\Delta T_{\text{max}} - \Delta T_{\text{min}}}{\ln \frac{\Delta T_{\text{max}}}{\Delta T_{\text{min}}}} = \frac{54 - 13,75}{\ln \frac{54}{13,75}} = 29,4 \text{ K}$$

$$\dot{Q} = A \cdot k \cdot \Delta T_{\text{gem}} \Rightarrow 356,25 = A_{\text{mee}} \cdot 0,25 \cdot 29,4 \Rightarrow A_{\text{mee}} = 48,5 \text{ m}^2$$

87b.

Tegenstroom:

$$\Delta T_{\text{gem}} = \frac{38,75 - 29}{\ln \frac{38,75}{29}} = 33,6 \text{ K}$$

$$\dot{Q} = A \cdot k \cdot \Delta T_{\text{gem}} \Rightarrow 356,25 = A_{\text{tegen}} \cdot 0,25 \cdot 33,6 \Rightarrow A_{\text{tegen}} = 42,4 \text{ m}^2$$

87c.

Exergieverlies tijdens warmteoverdracht:

$$= T_{\text{omgeving}} \cdot \Delta s$$

$$= 287 \cdot \left(5,56 \cdot 4,2 \cdot \ln \frac{304,25}{289} + 7,5 \cdot 1,9 \cdot \ln \frac{318}{343} \right) = 35 \text{ kW}$$

Opgave 88.

Straling tussen evenwijdige wanden:

$$\sigma_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{\sigma_1} + \frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\sigma_{\text{zwart}}}} = \frac{1}{\frac{1}{4,2} + \frac{1}{4,6} - \frac{1}{5,75}} \cdot 10^{-8} = 3,55 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$$\dot{Q} = A \cdot \sigma_{1,2} \cdot (T_1^4 - T_2^4) = 2 \cdot 3,55 \cdot 10^{-8} \cdot (363^4 - 293^4) = 709,5 \text{ W}$$

Bij beplakken met folie blijft de temperatuur gelijk, het stralingsgetal verandert.

$$\sigma_{3,2} = \frac{1}{\frac{1}{\sigma_{\text{al}}} + \frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\sigma_{\text{zwart}}}} = \frac{1}{\frac{1}{0,7} + \frac{1}{4,2} - \frac{1}{5,75}} \cdot 10^{-8} = 0,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

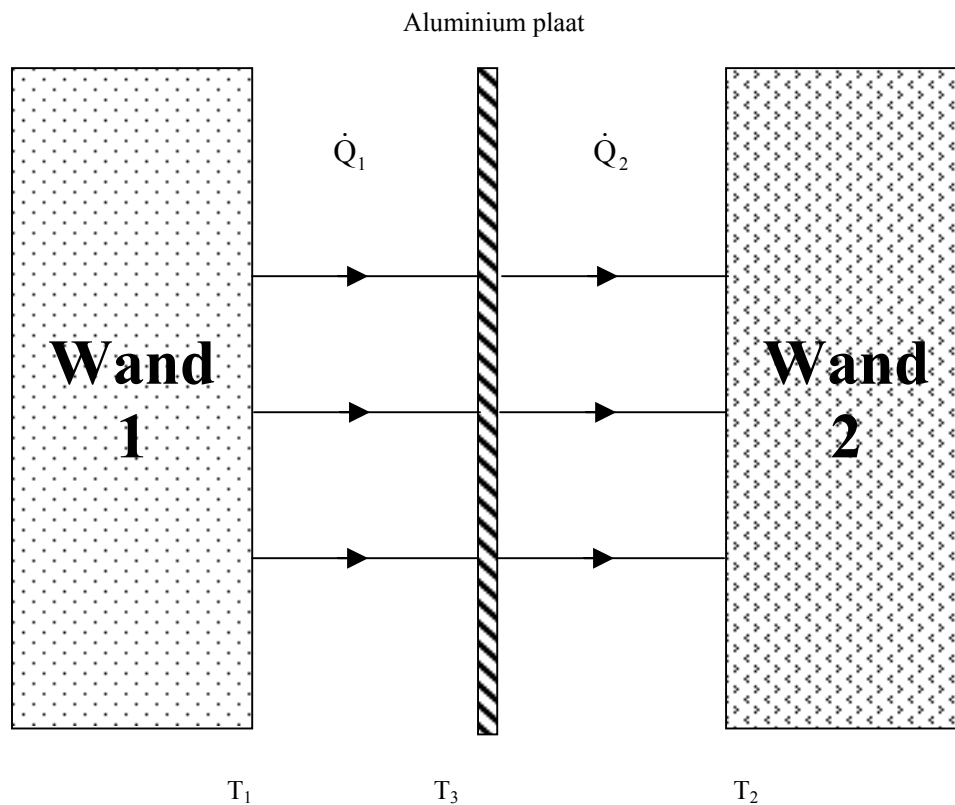
$$\dot{Q} = 2 \cdot 0,67 \cdot 10^{-8} \cdot (363^4 - 293^4) = 133,8 \text{ W}$$

$$\text{Afname: } \frac{709,5 - 133,8}{709,5} = 81 \%$$

Opgave 89.

$$\sigma_{1,2} = \frac{1}{\frac{1}{\sigma_1} + \frac{1}{\sigma_2} - \frac{1}{\sigma_{\text{zwart}}}} = \frac{1}{\frac{1}{5,3} + \frac{1}{4,8} - \frac{1}{5,75}} \cdot 10^{-8} = 4,48 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$$\frac{\dot{Q}}{A} = \sigma_{1,2} \cdot (T_1^4 - T_2^4) = 4,48 \cdot 10^{-8} \cdot (453^4 - 293^4) = 1556 \text{ W/m}^2$$



Bij een evenwichtssituatie is de temperatuur van de aluminium plaat constant. \Rightarrow
De toe en afgevoerde warmte zijn even groot.

$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_2$$

Van wand 1 naar aluminium plaat:

$$\sigma_{1,3} = \frac{1}{\frac{1}{5,3} + \frac{1}{0,5} - \frac{1}{5,75}} \cdot 10^{-8} = 0,496 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$$\frac{\dot{Q}_1}{A} = 0,496 \cdot 10^{-8} \cdot (453^4 - T_3^4)$$

Van aluminium plaat naar wand 2:

$$\sigma_{3,2} = \frac{1}{\frac{1}{0,5} + \frac{1}{4,8} - \frac{1}{5,75}} \cdot 10^{-8} = 0,492 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

$$\frac{\dot{Q}_2}{A} = 0,492 \cdot 10^{-8} \cdot (T_3^4 - 293^4) = 1556 \text{ W/m}^2$$

$$\dot{Q}_1 = \dot{Q}_2 \Rightarrow 0,496 \cdot 453^4 + 0,492 \cdot 293^4 = 0,988 T_3^4 \quad \Rightarrow T_3 = 397 \text{ K}$$

$$\frac{\dot{Q}_1}{A} = 0,496 \cdot 10^{-8} \cdot (453^4 - 397^4) = 85,7 \text{ W/m}^2$$

$$\text{Afname: } \frac{1556 - 85,7}{1556} = 94,5 \%$$

Opgave 90.**90a.**

A_1 = oppervlak binnenkant leiding per meter

$$A_1 = \pi \cdot 0,06 \cdot 1 = 0,188 \text{ m}^2/\text{m}$$

Overgang van stoom naar wand:

$$\dot{Q} = A \cdot \alpha_i \cdot (t_1 - t_2)$$

$$550 - t_2 = \dot{Q} \cdot \frac{1}{\alpha_i \cdot A_1} = \dot{Q} \cdot \frac{1}{4000 \cdot 0,188} = \dot{Q} \cdot 0,00133$$

Pijpwand: dikwandige pijp:

$$\dot{Q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot \lambda}{\ln \frac{10}{6}} \cdot (t_2 - t_3)$$

$$t_2 - t_3 = \dot{Q} \cdot \frac{\ln \frac{10}{6}}{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 50} = \dot{Q} \cdot 0,00162$$

Isolatie dikwandige pijp:

$$\dot{Q} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot \lambda}{\ln \frac{15}{10}} \cdot (t_3 - 60)$$

$$t_3 - 60 = \dot{Q} \cdot \frac{\ln 1,5}{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot 0,1} = \dot{Q} \cdot 0,6453$$

$$= \dot{Q} \cdot 0,64825$$

$$550 - 60 = \dot{Q} \cdot 0,64825$$

$$\dot{Q} = 755,8 \text{ W/m}$$

Van het oppervlak van de isolatie vindt warmteoverdracht plaats via straling en convectie.

Het oppervlak is:

$$A_2 = \pi \cdot 0,15 = 0,471 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$\dot{Q} = A_2 \cdot \sigma \cdot (T_4^4 - T_5^4) = 0,471 \cdot 4,8 \cdot 10^{-8} \cdot (333^4 - 288^4) = 122,5 \text{ W per m}$$

\Rightarrow

90b.

Via convectie wordt $755,8 - 122,5 = 633,3$ W/m overgedragen.

$$\dot{Q} = A_2 \cdot \alpha_4 \cdot (t_4 - t_5)$$

$$633,3 = 0,471 \cdot \alpha_4 \cdot (60 - 15)$$

$$\alpha_4 = 29,9 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

90c.

Als de warmteoverdracht door straling vermindert, vermindert de totale warmteoverdracht.

⇒ Het temperatuurverschil tussen binnen en buitenkant wordt kleiner.

⇒ Oppervlakte temperatuur wordt hoger.

90d.

Blijft hetzelfde

$$550 - t_2 = \dot{Q} \cdot 0,00133$$

$$t_2 - t_3 = \dot{Q} \cdot 0,00162$$

$$t_3 - t_4 = \dot{Q} \cdot 0,6453$$

Voor de buitenkant geldt nu:

$$\dot{Q} = A \cdot \alpha_4 \cdot (t_4 - 15) \Rightarrow t_4 - 15 = \dot{Q} \frac{1}{0,471} \cdot 29,9 = \dot{Q} \cdot 0,0710$$

$$\Rightarrow 550 - 15 = \dot{Q} \cdot 0,7193 \quad \dot{Q} = 743,8 \text{ W/m}$$

$$t_4 - 15 = 743,8 \cdot 0,0710 = 52,8$$

$$t_4 = 67,8 \text{ }^\circ\text{C}$$