

Teoria/Teori

T1 Kiehumiseen liittyvät lämmönsiirron erityispiirteet 2p

T2 Piirrä vastavirtalämmönsiirtimen tyypilliset lämpötilaprofiilit kylmälle ja kuumalle virralle ja selitä, miksi tarvitaan logaritmista lämpötilaeroa. 2p

T3 Lämmönsiirtopintojen likaantumismekanismit 2p

T4 Kappaleen väri säteilyteknisessä mielessä 2p

Svenska

T1 Särskilda egenskaper för värmeöverföring vid kokning 2p

T2 Rita motströmsvärmväxlarens typiska temperaturprofiler för det kalla och varma flödet och förklara varför behöver vi den logaritmiska temperaturskillnaden. 2p

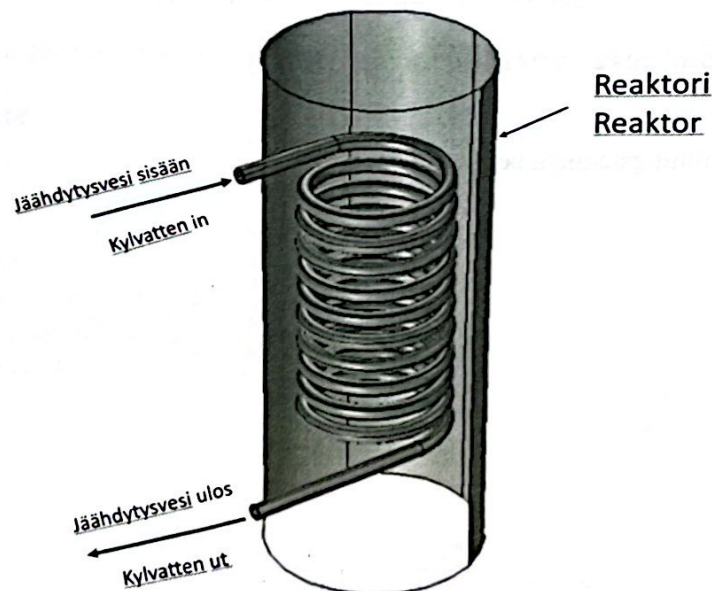
T3 Smutsnings mekanismerna av värmeöverföringsytorna 2p

T4 Kroppens färg i strålningsteknisk betydelse 2p

Laskut/Räkningar

L1. Antibioottien tuotantoon käytetty stationääritilassa ajettava reaktori täytyy pitää $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa. Lämpövirta reaktiosta arvioidaan olevan 550 kW . Reaktoriin asennetaan kierukka-lämmönsiirrin, jonka putken ulkohalkaisija on 80 mm , kierukan kokonaislämmönläpäisykertoimeksi on laskettu $U = 1355\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$. Jäähdytysveden tulolämpötila on $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja poistumislämpötila $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Oletetaan, että kaikki reaktorissa syntynyt lämpö siirtyy jäähdytysveteen ja että reaktori on voimakkaasti sekoitettu ts. prosessiliuoksen pitoisuus ja lämpötila on kaikkialla reaktorin sisällä sama.

- Laske jäähdytysveden virtausmäärä, oletta ominaislämpökapasiteetti $c_p = 4,18\text{ kJ}/(\text{kg K})$ vakioksi **3p**
- Laske lämmönsiirto pinta-ala ja jäähdytyskierukan pituus. Voit laskea jäähdytysveden ja prosessiliuoksen lämpötilaeroksi aritmeettisen keskiarvon veden tulolämpötilan ja prosessiliuoksen lämpötilan ja veden poistumislämpötilan ja prosessiliuoksen lämpötilan välillä.. **3p**



Tämä on vain periaatekuva tilanteesta: reaktori ja kierukkalämmönsiirrin. Ei sisällä yksityiskohtia laskun kannalta

Den här bilden är bara en principbild: reaktorn med en rundvärmeväxlare. Bilden har inga användbara detaljer för räkningen.

L1. Reaktorn som används för produktion av antibiotika i stationärt läge måste hållas vid $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Värmeflödet från reaktionen har räknats till 550 kW . In i reaktorn installeras en rundvärmeväxlare med en rördiameter på 80 mm . Den beräknade totalvärmeöverföringskoefficienten är $U = 1355\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$. Kylvattnets inflödestemperatur är $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ och utflödet $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Antag att all värme som bildas i reaktorn överförs till kylvattnet och att reaktorn är starkt blandad, dvs. koncentrationen och temperaturen av processlösningen är de samma överallt inne i reaktorn.

- Beräkna kylvattnets flöde, anta specifik värmekapacitet $c_p = 4,18\text{ kJ}/(\text{kg K})$ som konstant **3p**
- Beräkna värmeöverföringsarean och kylspiralens längd. Du kan beräkna som temperaturskillnad av kylvatten och processlösningen det aritmetiska medelvärdet av skillnaderna mellan vatteninflö-

destemperaturen och processlösningens temperatur och kylvattnets utflödestemperaturen med processlösningens temperatur.

L2. (6p)

Prosessiliuosta lämmitetään kylläisellä höyryllä vastavirtaisessa (1-2) putkilämmönsiirtimessä, jossa prosessiliuos on putkipuoella ja höyry vaippapuoella. Prosessiliuoksen virtaama on $250 \text{ m}^3/\text{h}$. Siirtimessä sen virtaus menee 50 putken läpi. Putkien ulkohalkaisija 25 mm ja seinämän paksuus 2 mm. Prosessiliuoksen syöttölämpötila on $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ja ulosmenolämpötila $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Höyryyn paine on 1.5 bar ja höyrystä käytetään vain höyrystymislämpö eli poistuva lauhde on kylläistä nestettä. Vaippapuolen lämmönsiirtokerroin on $8000 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

- Laske kuinka paljon höyryä tarvitaan 1p
- Laske kokonaislämmönläpäisykerroin U 3 p
- Laske tarvittava lämmönsiirtopinta-ala 2p

Prosessiliuoksen keskimääräisiä ainearvoja: $\bar{\rho} = 640 \text{ kg}/\text{m}^3$, $\bar{\eta} = 0.70 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/(\text{m s})$,
 $\bar{c}_p = 0.880 \text{ kJ}/(\text{kg K})$, $\bar{\lambda} = 0.185 \text{ W}/(\text{m K})$

Veden ainearvoja: Kylläinen höyry 1,5 bar, $T = 111 \text{ }^\circ\text{C}$, höyrystymislämpö $2227 \text{ kJ}/\text{kg}$

Putkimateriaali on terästä ja lämmönjohtavuus $45 \text{ W}/(\text{m K})$

Putkipuolen lämmönsiirtokerroin lasketaan

$$\overline{Nu} = 0.023 \overline{Re}^{0.8} \overline{Pr}^{0.33}$$

L2. (6p)

Processvätska värms med mättad ånga i en (1-2) - motströmsrörvärmväxlare, process vätskan strömmar i rören, ångan strömmar på mantel sidan. Strömningen av process vätskan är $250 \text{ m}^3/\text{h}$. I värmväxlaren strömmar process vätskan i 50 rör. Yttre diametern av rören är 25 mm och tjockheten av rörets vägg är 2 mm. Inmatnings temperaturen av process vätskan är $30 \text{ }^\circ\text{C}$ och utströmningens temperatur är $70 \text{ }^\circ\text{C}$. Trycket av ångan är 1,5 bar, vi antar att bara förångningsvärmen tas till bruk i processen dvs. att ut från mantelsidan strömmar mättad vatten. Värmeöverföringskoefficienten på mantelsidan är $8000 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

- Hur mycket ånga behövs 1p
- Beräkna den totala värmeöverföringskoefficienten U (kokonaislämmönläpäisykerroin). 3p
- Bestäm värmväxlarens yta 2p

Fysikaliska egenskaper av processvätskan: $\bar{\rho} = 640 \text{ kg}/\text{m}^3$, $\bar{\eta} = 0.70 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/(\text{m s})$ □
 $\bar{c}_p = 0.880 \text{ kJ}/(\text{kg K})$, $\bar{\lambda} = 0.185 \text{ W}/(\text{m K})$

Fysikaliska egenskaper av vatten: mättad ånga 1,5 bar, $T = 111 \text{ }^\circ\text{C}$, förångningsvärme $2227 \text{ kJ}/\text{kg}$

Rörmaterialet är stål med en värmeledningsförmåga av $45 \text{ W}/(\text{m K})$.

Värmeöverföringskoefficienten som härstammar från konvektion inne i rören:

$$\overline{Nu} = 0.023 \overline{Re}^{0.8} \overline{Pr}^{0.33}$$

L3. Putkessa virtaa höyryä ($150 \text{ }^\circ\text{C}$), putken halkaisija $D = 60 \text{ mm}$, putki on eristetty 95 mm kerroksella mineraalivillaa $\lambda = 0,055 \text{ W}/(\text{K m})$, mineraalivillan villan ympärillä on vielä 40 mm korkkieristys $\lambda = 0,05 \text{ W}/(\text{K m})$. Olet laskenut, että prosessin tarpeitten takia lämpöhäviö saa olla

putkessa 250W/10 m. Mikä on korkkieristyksen ulkopinnan lämpötila? Voit olettaa, että putken ulkopinnan lämpötila on sama kuin höyryn lämpötila koko putken matkan. Lisäksi voit olettaa, että säteilylämpö ja konvektio korkkieristeen ulkopinnalta on merkityksetöntä. **6p**

L3. I ett rör strömmar ånga (150 °C), rörets diameter $D = 60$ mm, röret är isolerad med ett lager (95 mm) av mineralull $\lambda=0,055$ W/(K m). Utanför mineralullen finns det ännu en korkisolering 40 mm $\lambda=0,05$ W/(K m). Du har räknat att för din process en värmeförlust 250W/10 m är tillåtet i röret. Vad är temperaturen på utsidan av korkisoleringen. Du kan anta att rörets yttre sida har samma temperatur som ångan längs hela röret. Du kan också anta att strålningen och den konvektiva värmeöverföringen från korkisoleringens yttre sida är obetydliga. **6p**