

CHEM-A1120 - Virtaustekniikka ja lämmönsiirto
Välikoe 2, 8.4.2019 kl 9-14

- Välikokeen teoriaosuus on kokeen ensimmäinen tunti (1 h), sallittu varustus kirjoitusvälineet. Mitään muuta materiaalia ei saa olla esillä.
- Teoriaosaan vastataan omalle konseptille
- Teoriaosuuden päättyessä kerätään teoriaosan vastauspaperit pois kootusti tentin valvojan ohjeiden mukaan.
- Vasta teoriakokeen päättyttyä saa oman materiaalin ottaa esille.
- Kokeen laskuosassa, joka on ajallisesti kokeen loppuaika, laskin ja kaikki painettu materiaali on sallittua. Laskin ei saa olla mallia, jolla saa yhteyden nettiin. Henkilökohtainen tietokone, tabletti älypuhelin tms. laskimena on kielletty.
- Laskuosan saa tuki aloittaa ilman materiaalia teoriakokeelle varattuna aikana
- Kaikkiin tehtäviin vastataan

Teoria

(Vastaa lyhyesti)

T1 Konvektiivinen lämmönsiirto 2p

T2 Lämpötilaprofiilit myötä- ja vastavirtaisissa lämmönsiirtimissä 2p

T3 Lian vaikutus lämmönsiirrossa 2p

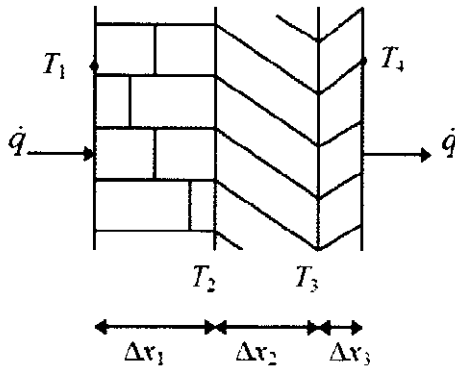
T4 Mistä tekijöistä säteilylämmön teho kahden kappaleen välillä riippuu? 2p

Laskut

L1. 150 m^3 bioreaktorissa tuotetaan biomassaa. Prosessin hapenkulutus O_2 on $1,5 \text{ kg}/(\text{m}^3 \text{ h})$. Prosessin bioreaktio on eksotermi ja sen lämmöntuotanto on kulutettua O_2 moolia kohti $460 \text{ kJ}/\text{mol}$. Reaktorin sekoituksesta bioreaktoriin aiheutunut lämpövirta on $1,0 \text{ kW}/\text{m}^3$. Reaktorin vaippaan syötetään $10 \text{ }^\circ\text{C}$:sta jäähdysvettä $60 \text{ m}^3/\text{h}$. Oletetaan, että systeemi toimii stationääritilassa ja kaikki syntynyt lämpö siirtyy jäähdysveteen. Laske jäähdysveden poistumislämpötila. Hapen (O_2) $M=32 \text{ g}/\text{mol}$, jäähdysveden $C_p=4,19 \text{ kJ}/(\text{kg}^\circ\text{C})$, tiheys $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$. 6p

L2. Prosessiuunin seinämän läpi saa prosessin kannalta siirtyä korkeintaan $\dot{q}=1,2 \text{ kW}/\text{m}^2$ (steady state). Seinä koostuu (kuvassa vasemmalta oikealle, käytä kuvan merkintöjä) $190,0 \text{ mm}$ tiilikerroksesta, eristekerroksesta, sekä $6,5 \text{ mm}$ teräslevykerroksesta.

- Laske tarvittava eristekerroksen paksuus. Tiilien lämmönjohtavuus on $1,4 \text{ W}/(\text{m K})$, eristeen $0,14 \text{ W}/(\text{m K})$ ja teräksen $48,0 \text{ W}/(\text{m K})$. Seinän lämpötila prosessiuunin puolella on $T_1=1000 \text{ K}$ ja teräslevykerroksen ulkopinnan on turvallisuussyistä oltava $T_4=323 \text{ K}$. 4p
- Lisäksi laske lämpötilat eri seinäkerrosten rajapinnoilla. 2p



L3. $50 \text{ 000 kg}/\text{h}$ $95 \text{ }^\circ\text{C}$:sta lauhdevettä jäähdytetään 1-2 -lämmönsiirtimessä $30 \text{ }^\circ\text{C}$:een. Jäähdysveden tulolämpötila on $5 \text{ }^\circ\text{C}$ ja poistumislämpötila $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Lämmönsiirtimen putkien sisähalkaisija on 24 mm ja seinämän paksuus 3 mm . Laskennassa käytä putkien lukumääränä, jonka läpi vesi virtaa, 50 kpl . Putkimateriaalin lämmönjohtavuus on $45 \text{ W}/(\text{m K})$. Lauhdevesi virtaa putkipuolella ja jäähdysvesi vaippapuolella. Vaippapuolen lämmönsiirtokerroin on $5730 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Putken seinämän keskilämpötila on $45 \text{ }^\circ\text{C}$. Voit olettaa lämmönsiirtimelle $F=0,9$

Laske:

- jäähdysveden määrä 2p
- kokonaislämmönläpäisykerroin 2p
- lämmönsiirtopinta-ala 2p
käännä....

Aineominaisuuksia putkipuolelle: Veden dynaaminen viskositeetti putkipuolen keskimääräisessä lämpötilassa $0,452 \cdot 10^{-3}$ Pa s ja 45 °C:ssa $0,656 \cdot 10^{-3}$ Pa s. Veden ominaislämpö putkipuolen keskimääräisessä lämpötilassa 4185 J/(kg K), veden lämmönjohtavuus putkipuolen keskimääräisessä lämpötilassa $0,657$ W/(m K), veden tiheys 1000 kg/m³ putkimateriaalin lämmönjohtavuus on 45 W/(m K).

Käytä seuraavaa korrelaatiota.

$$\bar{h}_i = \frac{\bar{\lambda}_h}{D_i} \cdot 0,023 \overline{Re}_i^{0,8} \cdot \overline{Pr}_i^{0,33} \left(\frac{\bar{\eta}_h}{\eta_w} \right)^{0,14}$$

Alaindeksit: h , keskimääräisessä fluidin lämpötilassa, w putken seinämän keskilämpötilassa

