

Teht 2. Yksivaihehaiduttimen lämmönsiirtopinta-ala on 30 m^2 ja lämmönsiirtokerroin $2,8 \text{ kW/m}^2\text{K}$. Haihduttimeen syötetään $5,4 \text{ t/h}$ $20 \text{ p-}\%$ NaOH vesiliuosta, jonka lämpötila on $35 \text{ }^\circ\text{C}$. Kylläisen lämmityshöyryn paine on $1,7 \text{ bar(abs)}$. Haihduttimen liuospuolella paine on $0,16 \text{ bar(abs)}$. Lämpöhäviötä ei tarvitse huomioida. Laske poistuvan NaOH-liuoksen lämpötila ja konsentraation ($\text{p-}\%$), höyrynkulutus ja haihdutuksen ekonomia.

Teht 3. Jatkuvatoimisessa absorberissa absorboidaan ammoniakkia (NH_3) veteen lämpötilassa $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Ammoniakin pitoisuus syötettävässä ilmassa on $0,010$ ja poistuvassa ilmassa $0,0005$ mooliosuuksina. Tornissa on täytteenä keraamisia Intalox -satuloita, joiden nimelliskoko on 1 tuuna. Vesifaasin syöttö on $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ja ilmafaasin syöttö on $2 \text{ m}^3/\text{s}$. Kolonnin halkaisija on 2 m . Laske kokonaisaineensiirtoyksiköiden lukumäärä ja korkeus kaasupuolella ja niiden avulla tarvittavan täytekappalekerroksen korkeus. Ammoniakin liukoisuudesta veteen tiedetään, että pienissä pitoisuuksissa tasapainoa voi aproksimoida yhtälöllä $y = 1,6 * x$, jossa y on ammoniakin mooliosuus ilmafaasissa ja x ammoniakin mooliosuus vesifaasissa. Onda-korrelaatio faasien aineensiirtokertoimille on (kun $d_p > 1/2 \text{ in}$) on

$$k'_y = 5.23 \cdot \text{Re}_y^{0.7} \text{Sc}_y^{0.333} (a_p d_p)^{-2.0} (a_p D_{AB}) \text{ jossa } \text{Re}_y = \frac{\rho_y u_y}{\eta_y a_p} \text{ ja } \text{Sc}_y = \frac{\eta_y}{D_{AB,y} \rho_y}$$

ja nestepuolella on

$$k'_x = 0.0051 \cdot \text{Re}_x^{0.667} \text{Sc}_x^{-0.5} (a_p d_p)^{0.4} \left(\frac{\rho_x}{\eta_x g} \right)^{-0.333} \text{ jossa } \text{Re}_x = \frac{\rho_x u_x}{\eta_x a'} \text{ ja } \text{Sc}_x = \frac{\eta_x}{D_{AB,x} \rho_x}$$

joissa $u_y =$ kaasun vapaan tilan nopeus (superficial velocity) (m/s) ja $a_p =$ pakkauksen pinta-alan tiheys (m^2/m^3) ja $u_x =$ nesteen vapaan tilan nopeus (superficial velocity) (m/s) ja $a' =$ aineensiirtopinta-alan tiheys (m^2/m^3). 1 tuunan keraamiselle Intalox satulalle $a' = 78 \text{ ft}^2/\text{ft}^3$. Tässä $a' = a_p$. Saatavan faasin aineensiirtokertoimen k' dimensio on (m/s). D_{AB} on komponenttien välinen diffuusiokerroin (m^2/s), ρ on tiheys (kg/m^3), η on viskositeetti (Pas) ja g on maan vetovoiman kiihtyvyyys (m/s^2).

Teht 4. Levyä kuivataan kuivaimessa. Levyn kiintoainemassa on 10 kg . Levyä kuivataan vain toiselta puolelta. Levyn yhden puolen pinta-ala on 1 m^2 . Levyn alkukosteus on $0,20 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg k.a.}$

Kuivaus tapahtuu aluksi vakionopeusalueella kosteuteen $0,10 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg k.a.}$ ja tämän jälkeen kuivaus tapahtuu alenevan nopeuden alueella.

Kuivauksen toinen kriittinen piste on kohdassa $0,02 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg k.a.}$, jolloin kuivausnopeus on $350 * 10^{-6} \text{ kg H}_2\text{O} / (\text{m}^2\text{s})$.

Kuivaus tapahtuu puhaltamalla ilmaa kohtisuoraan kuivattavan levyn pintaan. Ilman massavirtausnopeus on $10 \text{ kg} / (\text{m}^2\text{s})$. Kuivausilman lämpötila on $80 \text{ }^\circ\text{C}$. Vakionopeusalueella nestepinnan lämpötila kiintoaineen pinnalla on $45 \text{ }^\circ\text{C}$.

Kuinka kauan kestää levyn kuivaus kosteuteen $0,05 \text{ kg H}_2\text{O} / \text{kg k.a.}$?