

Puu-23.3000 Chemical Engineering in Pulp and Paper Processes

Laskuosa 06.02.2007:

1. Eukalyptus-hakkeen dimensiot ovat: pituus 22 mm, leveys 15 mm ja paksuus 6 mm. Hakkeen kosteus on 45 p-%. Puumateriaalin kuiva-tuoretiheys (Basic Density) on 580 kg/m^3 . Haketta höyrytetään kylläisellä höyryllä, jonka paine on 0,15 MPa. Hakkeen alkulämpötila on $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Hakkeen lämmitykseen käytettävissä oleva aika on 1 min.

- a) Arvioi mihin lämpötilaan hake keskimäärin lämpenee.
b) Tehtaalla on arvioitu, että hakkeen dimensioiden pienentäminen tasolle: pituus 20 mm, leveys 13 mm ja paksuus 4 mm parantaisi höyrytystulosta. Mihin lämpötilaan haketta voidaan keskimäärin lämmittää tässä tapauksessa?

Voit olettaa hakepartikkelit pallomaisiksi kappaleille, joiden tilavuus on sama kuin todellisten hakepartikkelien. Pallomaisille kappaleille voidaan käyttää seuraavaa epästationääriin lämmönsiirron yhtälöä:

$$\frac{T_s - \bar{T}}{T_s - T_o} = 0,608e^{-9,87Fo} + 0,152e^{-39,5Fo}$$

jossa T_s = pintalämpötila
 \bar{T} = keskimääräinen lämpötila
 T_o = alkulämpötila

$$Fo = \text{Fourierin luku} = \frac{at}{r^2}$$

a = lämpötilanjohtavuus (thermal diffusivity)

t = lämmitysaika

r = pallon säde

2. Matalan sakeuden massalle on eräällä tehtaalla käytössä paineistamaton pumppaussäiliö. Säiliön pinnankorkeus on normaalissa ajotilanteessa 4 m ja massasuspension lämpötila $75 \text{ }^\circ\text{C}$. Massapumpun imupuolen putkistossa tapahtuu 14,7 kPa:n painehäviö. Pumpun vaatima $NPSH_{req}$ on 6 m.
- a) Arvioi, kuinka korkealle massasuspension lämpötila voi nousta ennen kuin pumppu alkaa kavitoida, kun pinnan korkeus pysyy vakiona?
b) Vastaavasti, jos pidetään suspension lämpötila vakiona eli $75 \text{ }^\circ\text{C}$, kuinka alas pumppaussäiliön pinnankorkeus voi laskea ennen kuin pumppu alkaa kavitoida?
3. Sellunpesututkimuksissa käytetään Perti-testeriä, jonka sylinterin halkaisija on 10 cm. Testeriin muodostetaan 5 cm paksu massakakku, jonka keskimääräinen sakeus on 10 %. Pesukokeissa käytetään mäntymassaa, jonka kuitujen ominaistilavuus on $0,0035 \text{ m}^3/\text{kg}$ ja ominaispinta-ala $350000 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Pesusyrjäytyksessä käytetään puhdasta vettä, jonka lämpötila on $70 \text{ }^\circ\text{C}$ ja koko pesutapahtuma voidaan olettaa tapahtuvan tässä lämpötilassa. Pesuveden määrä on 430 ml. Syrjäytyksen paine-ero on 50 kPa.
- a) Arvioi pesuveden virtausnopeus syrjäytyksen aikana.
b) Kuinka kauan syrjäytys kestää?

4. Paperikoneen tuotanto on 600 t/d (ilmoitettuna kuivana paperina). Paperirainan kosteus ennen kuivausosaa on 0,4 kg/kg kuivaa paperia ja kuivausosan jälkeen 0,1 kg/kg kuivaa paperia. Kuivausosaan johdetaan kuivausilmaa, jonka kosteus on 0,015 kg/kg k.i. (k.i. = kuivaa ilmaa) ja lämpötila 90 °C. Poistoilman kosteus on 0,1 kg/kg k.i. Mikä on poistoilman lämpötila? Voidaan olettaa, että veden haihtuminen paperirainan pinnalta tapahtuu kyllästyslämpötilassa.