

## Puu-23.3000 Chemical Engineering in Pulp and Paper Processes

Tentti 20.12.2006

Laskuosa:

1. Havuhakkeen dimensiot ovat: pituus 25 mm, leveys 15 mm ja paksuus 6 mm. Hakkeen kosteus on 45 p-%. Puumateriaalin kuiva-tuoretiheys (Basic Density) on  $400 \text{ kg/m}^3$ . Haketta höyrytetään kylläisellä höyryllä, jonka lämpötila on  $110^\circ\text{C}$ .

Arvioi, kuinka kauan kestää lämmittää hake  $20^\circ\text{C}$ :sta keskimäärin  $108^\circ\text{C}$ :een lämpötilaan. Voit käyttää oheista diagrammia ja oletta, että hakepartikkeli on pallomainen kappale, jonka tilavuus on sama kuin yllä olevien dimensioiden mukainen todellinen hakepartikkeli.

2. Hiokesulppua, jonka sakeus on 4,5 %, sekoitetaan välisäiliössä. Massalinjan tuotanto on 500 BDT/d ja sulpun viiveaika säiliössä on 4 min. Sekoitukseen tarvittava sekoitusintensiteetti (tehontarve/säiliössä olevan sulpun tilavuus) on  $2 \text{ kW/m}^3$ . Sekoittajan halkaisija on 900 mm.

Laske:

- a) Sekoituksen tehontarve
- b) Sekoittimen kierrosluku

3. Sellulinjan tuotanto on 1500 ADT/d. Haihdutettavaa kuiva-ainetta on 1,8 tonnia/ADT sellua. Tehtaan haihduttamo on kuusivaiheinen, syöttölipeän kuiva-ainepitoisuus on 20 % ja vahvalipeän vastaavasti 70 %. Lämmityshöyryn lämpötila on  $135^\circ\text{C}$  ja viimeisestä vaiheesta poistuvan kylläisen höyryn lämpötila on  $60^\circ\text{C}$ .

Laske:

- a) Haihdutettava vesimäärä/haihdutinyksikkö. Voidaan olettaa, että haihdutettavan veden määrä on sama joka yksikössä.
- b) Arvioi haihduttamon kokonais-kiehumispisteen nousu (yksiköiden kiehumispisteiden nousujen summa) sekä tehollinen lämpötilaero

4. Adiabaattisesti toimivassa paperikoneen kuivausosassa käytetään kuivausilmaa  $8 \text{ kg}$  kuivaa ilmaa/s. Kuivausilman tulolämpötila on  $90^\circ\text{C}$  ja suhteellinen kosteus 1 %. Paperikonetta ajetaan tuotannolla  $2 \text{ kg}$  kuivaa paperia/s. Paperin tulokosteus kuivausosaan on  $0,6 \text{ kg H}_2\text{O/kg}$  kuivaa paperia ja poistumiskosteus  $0,1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}$  kuivaa paperia. Mikä on kuivausosasta poistuvan ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus?

## Puu-23.3000 Chemical Engineering in Pulp and Paper Processes

Exam 20.12.2006

Calculation part:

1. The dimensions of softwood chips are as follows: length 25 mm, width 15 mm and thickness 6 mm. The moisture content of the chips is 45 w-%. The Basic Density of the pine wood is  $400 \text{ kg/m}^3$ . The chips are steamed by means of saturated steam of  $110^\circ\text{C}$ .

Estimate how long it takes to increase the temperature of the chips from  $20^\circ\text{C}$  to  $108^\circ\text{C}$ . You can use the enclosed diagram in the calculations and assume that the chip particle is a sphere having the same volume as the above mentioned real chip particles.

2. A suspension of groundwood pulp having the consistency of 4,5 % is agitated in an intermediate tank. The production rate of the pulping line is 500 BDT/d and the retention time in the agitated tank 4 min. The required intensity of agitation (power demand/ volume of the pulp suspension in the tank) is  $2 \text{ kW/m}^3$ . The diameter of the agitator is 900 mm.

- a. Calculate the power demand of agitation-.
- b. Calculate the rotational speed of the agitator

3. The production of a pulp mill is 1500 ADT/d. The dry matter amount to be evaporated in the black liquor evaporation is 1,8 tons/ADT pulp. The evaporation plant has 6 effects, the dry matter concentration of the feed liquor is 20 % and the dry matter concentration of the evaporated strong liquor is 70 %. The temperature of the heating steam is  $135^\circ\text{C}$  and the temperature of the saturated steam leaving the last effect is  $60^\circ\text{C}$ .

Calculate:

- a. The evaporated water amount/evaporation effect. It can be assumed that the evaporated water amount is the same in each effect.
  - b. Estimate the total Boiling Point Rise (the sum of individual boiling point rises of each effect) and the effective temperature difference of the evaporation plant.
4. An adiabatic drying section of a paper machine uses the drying air flow of  $8 \text{ kg dry air/s}$ . The temperature of the drying air is  $90^\circ\text{C}$  and relative humidity 1 %. The paper machine is operated at the production rate of  $2 \text{ kg dry paper/s}$ . The inlet moisture content to of paper into the drying section is  $0,6 \text{ kg H}_2\text{O/kg dry paper}$  and the outlet moisture content  $0,1 \text{ kg H}_2\text{O/kg dry paper}$ . What is the temperature and the relative humidity of the air leaving the drying section?

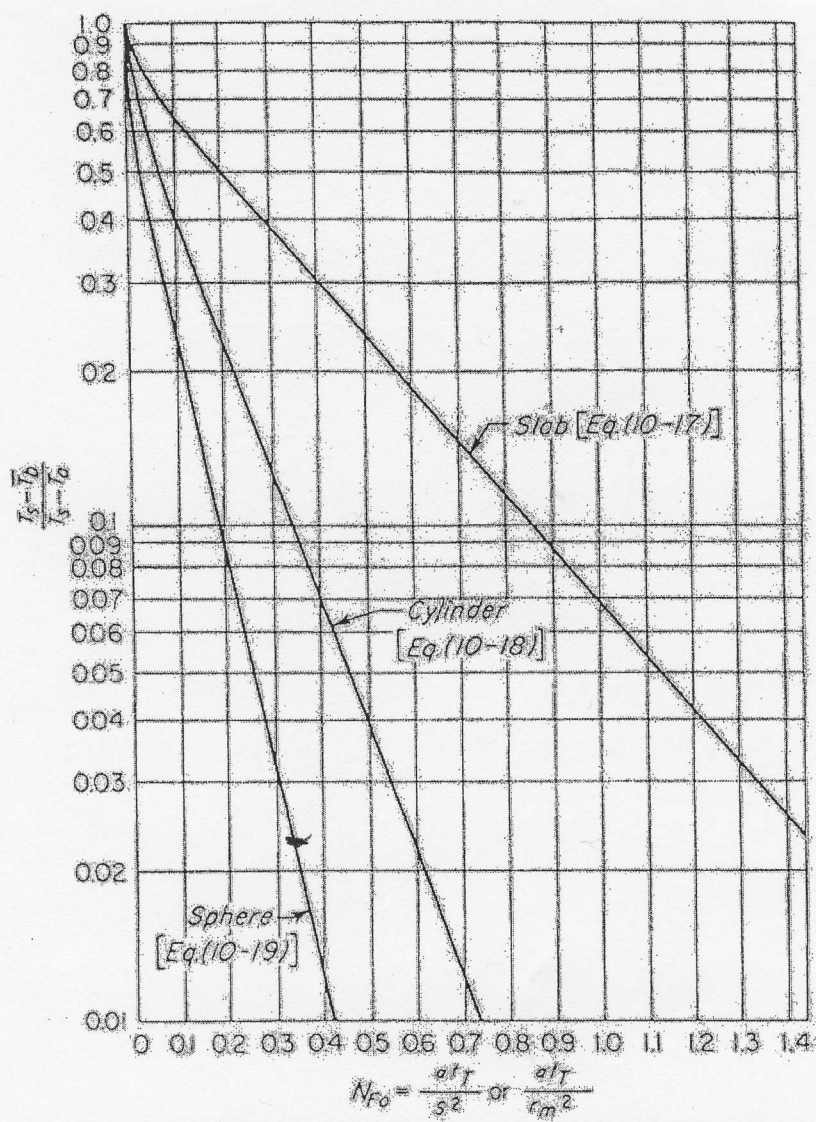


Figure 10-6 Average temperatures during unsteady-state heating or cooling of a large slab, an infinitely long cylinder, or a sphere.