

Kem-42.111/.112 Kemian laitetekniikka II / II,P
Laskutentti 1.9.2006

Kirjoita jokaiseen vastauspaperiin

- nimi, myös entiset
- opintokirjan numero
- koulutusohjelma
- kotilaskujen suorittamisvuosi

Teht 1. Yksivaihehaiduttimeen syötetään mustalipeä 3600 kg/h jonka DS pitoisuus on 15 %, lämpötila 80 °C ja paine 1 atm(abs). Mustalipeän pitoisuus ilmaistaan DS (dry solids content) pitoisuutena, joka kuvaa liuenneiden keittokemiaalien (kuten esim. NaOH, Na₂CO₃, Na₂S) massaosuutta prosentteina. Haihduttimen liuospuolella poistuvan mustalipeän pitoisuus on 25 % ja paine on 1 atm(abs). Haihduttimen primäärihöyryn paine on 4 bar(abs) ja lämpötila 160 °C.

- a) Mikä on tarvittavan primäärihöyryn massavirta ?
- b) Jos lämmönsiirtokerroin on 1.8 kW/(m² K), niin kuinka suuren lämmönsiirtopinta-alan haihdutin tarvitsisi ?

Mustalipeän ominaislämpökapasiteetti DS pitoisuuden ja lämpötilan avulla ilmaistuna on esitetty liitteessä 1 ja kiehumispisteen kohoama liitteessä 2.

Teht 2. Jatkuvatoimisessa tislaukolonnissa tislataan seosta, jonka suhteellinen haihtuvuus olkoon 3.0. Tuotteeksi halutaan tislettä, jossa tisleen pitoisuus on 97 mol-% ja alitteen 3 mol-%. Kolonnin syöttö on 100 mol/h ja se on kylläisen nesteen ja höyryn seosta, jossa nesteen osuus on 75 %. Kolonnissa on kokonaislauhdutin.

- a) Määritä tislaukolonnin minimipalautussuhde.
- b) Jos kolonnin palautussuhde on 1.5 kertaa minimipalautussuhde, niin mikä on tarvittavien ideaaliaskelten lukumäärä ?
- c) Laske b)-kohdan kolonnin sisäiset virtaukset kolonnin väkevöinti – ja haihdutusosassa.
- d) Jos kolonnin yksittäisten pohjien hyötysuhde on 70 %, niin montako ideaaliaskelta tarvittaisiin ?

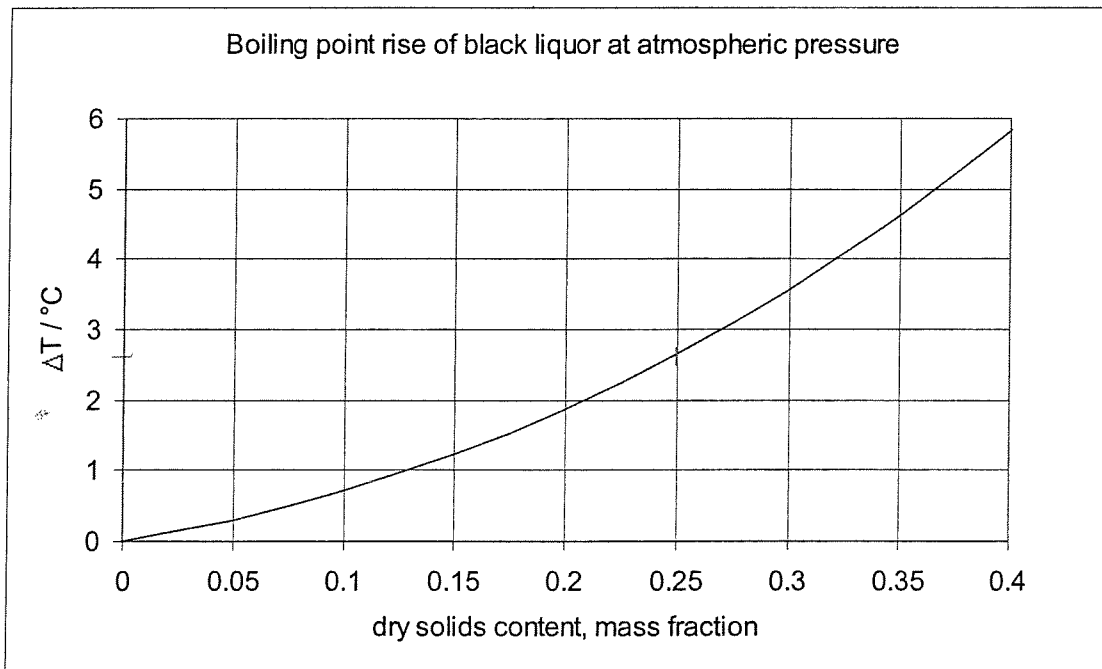
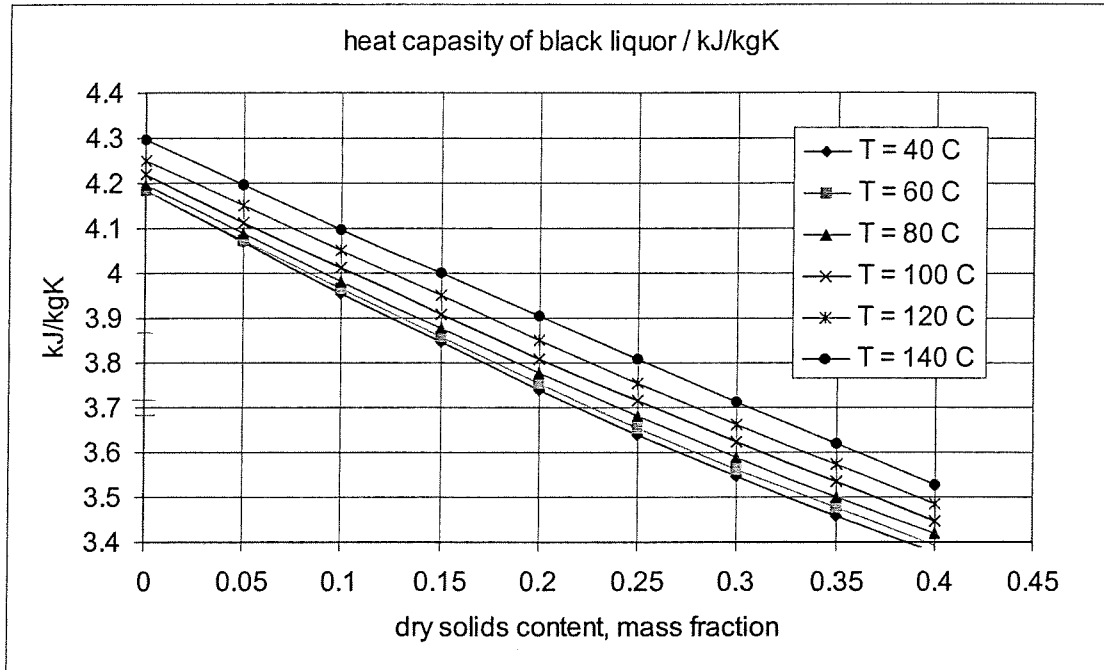
Teht 3. Ammoniakin mooliosuus absorberiin tulevassa ilmvirrassa on $y(\text{NH}_3) = 0.30$ ja tulevasta ammoniakista absorpoidaan vähintään 90 %. Tuleva kaasuvirta on $1.5 \text{ m}^3/\text{min}$, sen lämpötila on $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ja paine on 1 atm. Absorberiin tulevassa vedessä on ammoniakin mooliosuus $x(\text{NH}_3) = 0.005$ ja lämpötila $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Paljonko syöttövettä pitää käyttää, jos käytettävissä on kolonni, jonka kokonaishyötysuhde on 80 % ja pohjien lukumäärä on 5 ?
- Mikä on tällöin poistuvan veden ammoniakin mooliosuus ?
- Mitä hyötyä olisi käyttää kylmempää syöttövettä ja operoida kolonnia alemmassa lämpötilassa ?

Absorberin voi olettaa olevan isoterminen ja kaasuvirtojen ideaalikaasuja. Tasapainotiedot ovat esitettyinä liitteessä 3.

Teht 4. Jäähdytystornissa jäähdytetään vettä lämpötilasta $60 \text{ }^\circ\text{C}$ lämpötilaan $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Tuleva vesivirta on $4500 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ h})$. Tulevan ilman lämpötila on $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ja suhteellinen kosteus 50 % ja poistuvan ilman lämpötila $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ja suhteellinen kosteus 95 %. Ilman liukoisuuden muutos veteen olkoon merkityksetön.

- Mikä on tarvittavan kuivan ilman massavirta ja poistuvan veden massavirta ?
- Kuinka monta prosenttia jäähdytettävästä vedestä haihtuu ?
- Laske jäähdytystornin pakkauksen korkeus, kun aineensiirtokerroin $k'_{\text{a}} = 4000 \text{ kg}/(\text{m}^3\text{h})$ ja lämmönsiirtokerroin on hyvin suuri.



Liite 3

NH₃ + water binary data
 mole fraction NH₃ in liquid, x_A
 partial pressure of NH₃ in vapour, p_A in mmHg
 Geankoplis, 3th ed or 4 th ed, Appendix A.3-22

x _A	p _A , 293 K	p _A , 303 K
0		0
0.0126		11.5
0.0167		15.3
0.0208	12	19.3
0.0258	15	24.4
0.0309	18.2	29.6
0.0405	24.9	40.1
0.0503	31.7	51
0.0737	50	79.7
0.096	69.6	110
0.137	114	179
0.175	166	260
0.21	227	352
0.241	298	454
0.297	470	719