

KE-42.3100 + KE-42.3110, Kemian laitetekniikka II a + b

Laskutentti 9.1.2012

Kirjoita jokaiseen vastauspaperiin

- nimi
- opiskelijanumero
- kotilaskujen suorittamisvuosi

Suoritus aika 4,5 tuntia! Jokainen tehtävä omalle arkilleen, nopeuttaa tarkistusta!

Tehtävä 1.

Pohjakolonniissa tislataan etanolin ja veden seosta. Kolonniin syötetään höyryn ja nesteen tasapainoseosta (70 % nestettä), joka sisältää 45 m-% etanolia. Tisleen pitoisuudeksi halutaan 85 m-% etanolia ja pohjatuotteen etanolipitoisuudeksi 1 m-%. Kolonniissa on kokonaislauhdutin ja palautus on nestettä kiehumispisteessä. Käytetty palautussuhde on $2 \cdot R_{\min}$. Murheen hyötysuhde on 70 %.

Laske:

- a) Pohjien tarve syötön ylä- ja alapuolella
- b) Lauhduttimessa poistettava energia, kJ/kg tislettä
- c) Kiehuttimen vaatima energia, kJ/kg tislettä

Etanoli-vesi systeemin tasapainotiedot on esitetty liitteessä 1 (1 atm paine).

Tehtävä 2.

Käsitelty malmi koostuu kuparisulfaattista ja kiinteästä hylkykivestä. Kuparisulfaatti uutetaan talteen veden avulla monivaiheuuttolaitteessa. Uuttolaitteen syöttö on 10 t hylkykiveä, 1,2 t CuSO_4 ja 0,4 t vettä tunnissa. Poistuva pesuliuos sisältää 92 m-% vettä ja 8 m-% CuSO_4 . Syötön sisältämästä kuparisulfaattista saadaan talteen 94 %. Hylkykiven mukana kulkee nestettä 2 kg vesiliuosta/ kg hylkykivi. Laske tarvittava erotusaskelien lukumäärä.

Tehtävä 3

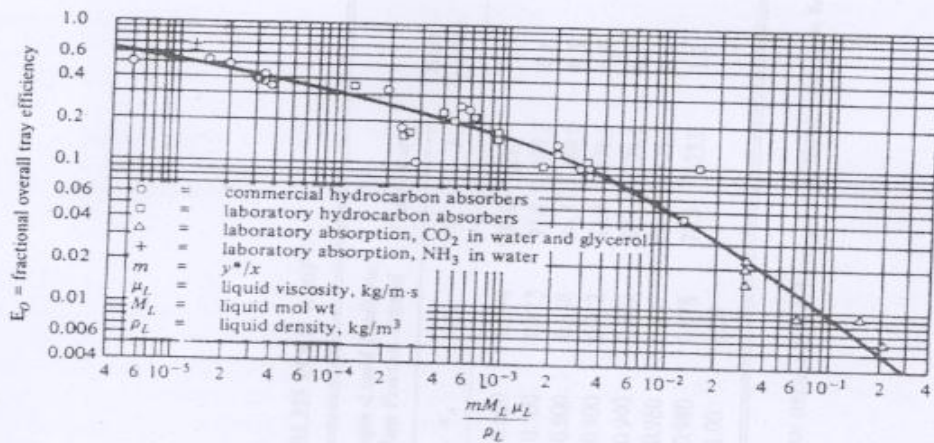
Haihduttimessa väkevöidään 5 p-% NaOH:n vesiliuosta, jonka lämpötila on 70°C . Liuoksesta poistuu haihduttimessa vettä 13 kg/h ja haihduttimen paine on 1 bar(abs). Suolaliuoksen väkevöimiseen käytetään 15 kg/h kylläistä höyryä, jonka paine on 3,6 bar(abs). Kokonaislämmönsiirtokerroin haihduttimessa on $1,0 \text{ kW}/(\text{m}^2 \text{ K})$.

- a) Laske tuotetun suolaliuoksen massavirta ja pitoisuus.
- b) Kuinka suuri on lämmönsiirtopinta-ala?

Tehtävä 4.

Räjähdyksriskin minimoimiseksi tehtaalla liuottimena käytettävä rikkihiili CS₂ haihdutetaan kuivaimessa tuotteesta inerttiin kaasuun, joka on pääasiassa typpeä. Höyry-typpi seos pestään seulapohja-absorberissa hiilivetyöljyllä, josta sittemmin CS₂ vesihöyrystripataan kierrätettäväksi. Kuivaimesta tulevassa CS₂-N₂ seoksessa CS₂:n osapaine on 50 mmHg. Syötön lämpötila on 24 °C ja paine normaali ilmakehän paine. Seoksen virtaus on 0,40 m³/s. Absorberista poistuvassa kaasussa CS₂:n pitoisuus on 0,5 til-%. Absorptioöljyn moolimassa on 180, viskositeetti 2 cP ja tiheys 810 kg/m³. Absorberiin tuleva öljy on stripattu käytännössä puhtaaksi CS₂:sta. Öljyn ja CS₂:n liuos noudattaa Raoultin lakia. CS₂:n höyrönpaine 24 °C:ssa on 346 mmHg. Olettaen, että absorberi toimii isotermisesti:

- Määritä minimi neste/kaasu suhde.
- Laske tarvittava öljyn massavirta, kun käytetään 1,5 kertaista neste/kaasu suhdetta
- Määritä tarvittavien teoreettisten pohjien lukumäärä.
- Arvioi pohjien kokonaishyötysuhde ja tarvittavien todellisten pohjien lukumäärä.



Faint background text and table from the source document, partially obscured.

A.3-23 Equilibrium Data for Ethanol-Water System at 101.325 kPa (1 Atm)*

| Temperature | | Vapor-Liquid Equilibria, Mass Fraction Ethanol | | Temperature | | Vapor-Liquid Equilibria, Mass Fraction Ethanol | | Temperature | | Enthalpy (btu/lb _m of mixture) | | Enthalpy (kJ/kg of mixture) | | |
|-------------|-------|---|----------------|-------------|-------|---|----------------|-------------|-------|--|--------|--------------------------------|--------|-------|
| °C | F | x _A | y _A | °C | °F | x _A | y _A | °C | F | Mass Fraction | Liquid | Vapor | Liquid | Vapor |
| 100.0 | 212 | 0 | 0 | 81.0 | 177.8 | 0.600 | 0.794 | 100.0 | 212 | 0 | 180.1 | 1150 | 418.9 | 2675 |
| 98.1 | 208.5 | 0.020 | 0.192 | 80.1 | 176.2 | 0.700 | 0.822 | 91.8 | 197.2 | 0.1 | 159.8 | 1082 | 371.7 | 2517 |
| 95.2 | 203.4 | 0.050 | 0.377 | 79.1 | 174.3 | 0.800 | 0.858 | 84.7 | 184.5 | 0.3 | 135.0 | 943 | 314.0 | 2193 |
| 91.8 | 197.2 | 0.100 | 0.527 | 78.3 | 173.0 | 0.900 | 0.912 | 82.0 | 179.6 | 0.5 | 122.9 | 804 | 285.9 | 1870 |
| 87.3 | 189.2 | 0.200 | 0.656 | 78.2 | 172.8 | 0.940 | 0.942 | 80.1 | 176.2 | 0.7 | 111.1 | 664 | 258.4 | 1544 |
| 84.7 | 184.5 | 0.300 | 0.713 | 78.1 | 172.7 | 0.960 | 0.959 | 78.3 | 173.0 | 0.9 | 96.6 | 526 | 224.7 | 1223 |
| 83.2 | 181.7 | 0.400 | 0.746 | 78.2 | 172.8 | 0.980 | 0.978 | 78.3 | 173.0 | 1.0 | 89.0 | 457.5 | 207.0 | 1064 |
| 82.0 | 179.6 | 0.500 | 0.771 | 78.3 | 173.0 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | |

Reference state for enthalpy is pure liquid at 273 K or 0°C.

Source: Data from L. W. Cornell and R. E. Montonna, *Ind. Eng. Chem.*, **25**, 1331 (1933); and W. A. Noyes and R. R. Warfel, *J. Am. Chem. Soc.*, **23**, 463 (1901), as given by G. G. Brown. *Uni*