



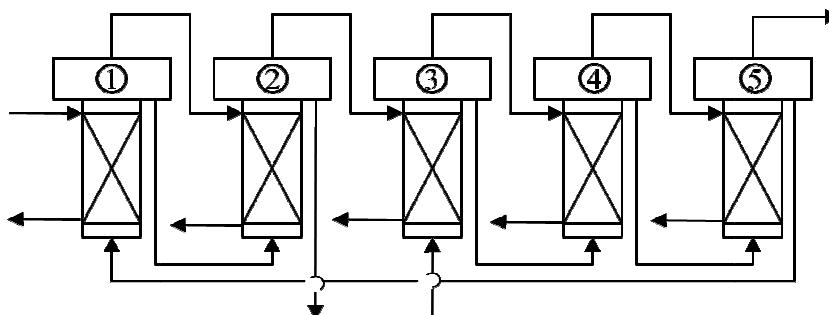
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Institutionen för kemi- och bioteknik

KURSNAMN	Separations- och apparatteknik, KAA095	<i>Tentamentes <u>utan</u> lösningar till beräkningsuppgifter.</i>
PROGRAM: namn åk / läsperiod	Civilingenjörsprogram kemiteknik Civilingenjörsprogram kemiteknik med fysik årskurs 3 läsperiod 1	
EXAMINATOR	Krister Ström	
TID FÖR TENTAMEN LOKAL	Lördag 23 oktober 2010, kl. 08.30-13.30 Hörsalsvägen	
HJÄLPMEDEL	Valfri räknedosa/kalkylator med tömt minne. Egna anteckningar och kursmaterial är ej godkänt hjälpmedel "Data och Diagram" av Sven-Erik Mörtstedt/Gunnar Hellsten "Physics Handbook" av Carl Nordling/Jonny Österman "BETA β " av Lennart Råde/Bertil Westergren Formelblad (vilket bifogats tentamentesen)	
ANSV LÄRARE: namn telnr besöker tentamen	Krister Ström 772 5708 Kl. 09.30 resp kl 11.00	
DATUM FÖR ANSLAG av resultat samt av tid och plats för granskning	Svar till beräkningsuppgifter anslås måndag 25 oktober på kurshemsidan, studieportalen. Resultat på tentamen meddelas tidigast torsdag 11 november efter kl 12.00 via e-post. Granskning onsdag 17 november kl 12.30-13.00 samt torsdag 25 november kl. 12.30-13.00 i seminarierummet, forskarhus II plan 2.	
ÖVRIG INFORM.	Tentamen består av en teoridel med åtta teorifrågor samt en räknedel med fyra räkneuppgifter. Poäng på respektive uppgift finns noterat i tentamentesen. För godkänd tentamen fordras 40% av tentamens 50 poäng. Samtliga diagram och bilagor skall bifogas lösningen av tentamensuppgiften. Diagram och bilagor kan <u>ej</u> kompletteras med vid senare tillfälle. Det är Ditt ansvar att Du besitter nödvändiga kunskaper och färdigheter. Det material som Du lämnar in för rättning skall vara väl läsligt och förståeligt. Material som inte uppfyller detta kommer att utelämnas vid bedömningen.	

Del A. Teoridel

- A1.** I figuren nedan visas en anläggning med fem effekter, där värmeöverförande ytor är lika stora, för indunstning av en saltlösning.



Redogör för;

- a) Hur trycken förändras i indunstarna från effekt 1 till 5!
 - b) Vad skälet är till att man påför tillflödet till effekt 3!
 - c) Vad skälet kan vara till varför koncentrerad lösning förs från indunstaren 5 till 1!
- (4p)
- A2.**
- a) Vad är förutsättningarna för ideal torkning? Hur sker, som en konsekvens av dessa förutsättningar, förändringen av torkluftens tillstånd genom torksteget?
 - b) Du ska torka ett torkgods som i vått tillstånd är som en flytande pasta, men som när det torkar tenderar att bli klabbigt. Ange en lämplig torkutrustning.
- (3p)
- A3.**
- a) Varför bör inte filtrering vid konstant tryckfall tillämpas om man har problem i inledningsskedet av filtreringen?
 - b) Namnge ett valfritt, satsvis arbetande filter och beskriv kortfattat dess funktion.
- (2p)
- A4.**
- a) Varför är det gynnsamt med en liten partikelstorlek vid en lakningsoperation?
 - b) Vad är nackdelen?
- (2p)
- A5.** På vad sätt påverkar densitetsskillnaden mellan vätskorna vid vätska-vätskaextraktion separationsutrustningens utformning?
- (2p)
- A6.**
- a) Vad karakteriserar en fluidiserad bädd?
 - b) Ange några positiva och negativa egenskaper hos fluidisationsteknik, två av vardera!
- (2p)

A7. Vilka faktorer påverkar höjd-tid-kurvans utseende?

(3p)

A8. Hur kan storleken beräknas på en partikel som följer med den klarande vätskan ut från en förtjockare?

Förutsättningen är att den fasta fasens densitet, vätskans densitet och viskositet är kända.

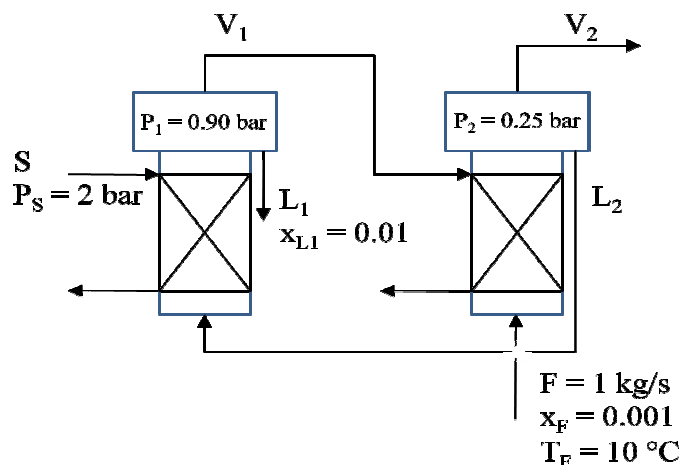
(2p)

Del B. Problemdel

B1. Från en två-steps indunstningsanläggning har mätdata enligt figur nedan erhållits. Eftersom lösningen är utspädd, kan dess egenskaper approximeras med de som gäller för rent vatten har vid motsvarande temperatur och tryck. Värmeöverföringsarean för respektive effekt är 50 m^2 .

- Beräkna de skenbara värmegenomgångstalen för respektive effekt, samt mängden färskånga som fordras för separationen!

(7p)



B2. En enstegstork används för att torka ett torkgods, som i fuktigt tillstånd håller en fuktkvot på 3,7, till en fuktkvot på 0,8. Ingående torkgodsflöde är 230 kg fuktigt gods per timme. Som torkluft används friskluft med en temperatur på 10°C och en relativ fuktighet på 50 %, som värms till 100°C . Ingående friskluftflöde är $8\,200 \text{ m}^3/\text{h}$. Utgående torkluft håller en temperatur på 36°C , men p.g.a. en krånglande utrustning saknas tillförlitliga data om relativa fuktigheten.

- Beräkna utgående torklufts relativa fuktighet.
- Uppskatta hur stor förlusten i torksteget är, räknat som värmeeffekt. Ange också vilken temperatur ingående luft skulle behöva värmas upp till om torksteget istället hade varit idealt.
- För att minska luftförbrukningen, vill man lägga till ett torksteg. Antag att detta andra steg har samma förhållanden som det första steget – uppvärmning till 100°C och sedan torkning till 36°C med samma lutning (d.v.s. lika stora förluster) som det första – hur ändras då specifik luftförbrukning och det specifika värmebehovet i jämförelse med enstegsfallet?

(8p)

Mollierdiagram bifogas.

B3. Ett filter med en total filteryta på $3,2 \text{ m}^2$, används för att filtrera en suspension av partiklar i vatten. Halten partiklar i suspensionen är 4,5 mass-% och temperaturen är 30°C . Temperaturen kan förväntas vara konstant även under filtreringen, som sker vid

ett konstant tryckfall på 1,5 bar. Under en normal filtreringscykel bestämdes filtratmängden efter 5 och 15 min till 3,6 resp. 6,7 m³.

Vid laboratorieförsök har den bildade filterkakans torrhalt bestämts till 55 mass-%, och partiklarnas densitet till 2300 kg/m³.

- a) Uppskatta specifika filtreringsmotståndet och filtermediets motstånd.
- b) Beräkna hur lång tid filtreringen tar, om kaktjockleken är 1,5 cm när filtreringen avbryts.
- c) Som ett sätt att öka kapaciteten, värms suspensionen och filtret upp, så att filtreringen sker vid 60°C istället. Hur mycket blir tidsvinsten per filtreringscykel?

(9p)

- B4.** Från rapsfrön lakas rapsolja ut i motström med ren hexan som extraktionsvätska. Till lakningsanläggningen förs 100 kg rapsfrön per timma hållande 27.5 vikt-% rapsolja och resten inerta växtdelar. Man önskar utvinna 86% av den till anläggningen tillförda rapsoljan så att överströmmen som lämnar lakningsanläggningen håller 62 vikt-% rapsolja och resten hexan. Den från lakningsanläggningen utgående raffinatströmmen förs till ett filter där lösningen filtreras från det inerta materialet. Efter varje steg i lakningsanläggningen innehåller underströmmen 0.67 kg lösning per kg inert material.
- Hur många ideala lakningssteg fordras för att genomföra lakningsoperationen?
 - Hur mycket extraktionsvätska fordras per 100 kg tillförda rapsfrön?
 - Hur mycket fast fas erhålls från filtret per 100 kg tillförda rapsfrön?

(6p)

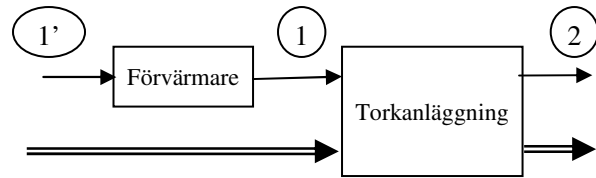
Göteborg 2010-10-17
Krister Ström

Formelblad – Separations- och apparatteknik

TORKNING

$$\frac{dH}{dY} = \frac{H_1 - H_2}{Y_1 - Y_2} = c_{pl} T_{S_1} - q_s - q_{X_1} - q_F$$

$$q_D = \Delta H_{vap, T_0} + c_{pV} T_{G_2} - c_{pl} T_{S_1}$$



FILTRERING

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \Delta P}{\mu(c\alpha_{av}V + AR_m)}$$

$$c = \frac{\rho J}{(1-J) - \frac{\epsilon_{av}}{1-\epsilon_{av}} J \frac{\rho}{\rho_s}}$$

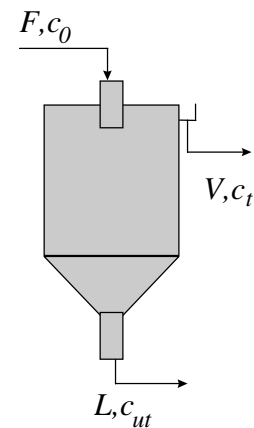
SEDIMENTERING

Fri sedimentering:
$$v = \frac{D_p^2(\rho_s - \rho)g}{18\mu} \quad ; \quad A \geq \frac{F}{v}$$

Hindrad sedimentering:

Nedre driftlinjen $cv = \frac{L}{A}(c_{ut} - c)$

Övre driftlinjen $cv = \frac{V}{A}(c - c_t)$



STRÖMNING I PORÖS BÄDD

Kozeny-Carman baserad:
$$v_{mf} = \frac{1}{K''} \frac{\epsilon_{mf}^3}{S^2(1-\epsilon_{mf})} \frac{(\rho_s - \rho)g}{\mu}$$

Ergun baserad:
$$v_{mf} = -\frac{150(1-\epsilon_{mf})\mu}{3.5D_p\rho} + \sqrt{\left(-\frac{50(1-\epsilon_{mf})\mu}{3.5D_p\rho}\right)^2 + \frac{(\rho_s - \rho)g\epsilon_{mf}^3 D_p}{1.75\rho}}$$

SYMBOLFÖRTECKNING:

TORKNING

c_{pl}	vattnets värmekapacitet, kJ/kg,K
T_{S_1}	torkgodsets temperatur, °C
q_S	värme för uppvärmning av torra godset, kJ/kg avd.
q_{X_1}	värmemängd för uppvärmning av vatten i torkgods, kJ/kg avd.
q_F	värmeförluster, kJ/kg avd.
q_D	värme genom torkluft
$\Delta H_{vap,T_0}$	vattnets ångbildningsvärme vid 0°C, kJ/kg
c_{pV}	vattenångas värmekapacitet, kJ/kg,K
T_{G_2}	luftens temperatur, °C
T_{S_1}	torkgodsets temperatur, °C
H	luftens entalpi, kJ/kg torr luft
Y	luftens vatteninnehåll, kg vattenånga/kg torr luft

FILTRERING

A	filtreringsarea, m ²
c	förhållandet mellan vikten av det fasta materialet i filterkakan och filtratvolymen, kg/m ³
J	massbråk av fast material i suspensionen, -
ΔP	tryckfall över filterkakan, Pa
R_m	filtermediets motstånd, m ⁻¹
t	filtreringstid, s
V	erhållen filtratvolym under tiden t , m ³
α_{av}	specifikt filtreringsmotstånd, m/kg
ε_{av}	filterkakans porositet, -
μ	fluidens viskositet, Pa·s
ρ	fluidens densitet, kg/m ³
ρ_s	fasta fasens densitet, kg/m ³

SEDIMENTERING

A	sedimentationsarea, m ²
D_p	partikelstorlek, m
g	tyngdaccelerationen, m/s ²
v	partikelns sedimentationshastighet, m/s
μ	fluidens viskositet, Pa·s
ρ	fluidens densitet, kg/m ³

ρ_s fasta fasens densitet, kg/m³
STRÖMNING I PORÖS BÄDD

ρ_s fasta fasens densitet, kg/m³
 D_p partikelstorlek, m
 g Acceleration i gravitationsfält, m/s²
 K'' Kozenys konstant
 S Partikelns specifika yta, m²/m³
 v_{mf} Minsta hastighet för fluidisation, m/s
 μ fluidens viskositet, Pa·s
 ρ fluidens densitet, kg/m³
 ϵ_{mf} Bäddens porositet vid minsta hastighet för fluidisation, -

