



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Institutionen för kemi- och bioteknik
Avdelningen för kemiteknik

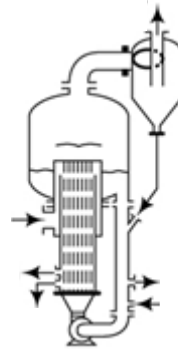
KURSNAMN	Separations- och apparatteknik, KAA095
PROGRAM: namn åk / läsperiod	Civilingenjörsprogram kemiteknik Civilingenjörsprogram med fysik årskurs 3 läsperiod 1
EXAMINATOR	Krister Ström
TID FÖR TENTAMEN LOKAL	Torsdag 17 januari 2013, kl 08.30-13.30 M
HJÄLPMEDEL	Valfri räknedosa/kalkylator med tömt 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 18 januari på kurshemsidan, studieportalen. Resultat på tentamen meddelas tidigast 7 februari efter kl 12.00 via e-post. Granskning 13 samt 15 februari kl 12.30-13.00 i seminarierummet, forskarhus II plan 2.
ÖVRIG INFORM.	Tentamen består av en teoridel med sju teorifrågor samt en räknedel med fyra räkneuppgifter. Poäng på respektive uppgift finns noterat i tentamentesen. För godkänd tentamen fordras 40% av tentamens totalpoäng. 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. Betygränser: 20-29 poäng betyg 3, 30-39 poäng betyg 4 och 40-50 poäng ger betyg 5.

Del A. Teoridel

- A1.** a) För det fall den relativa flyktigheten är nära noll föreslå ett lämpligt separationsförfarande!
b) För det fall den relativa flyktigheten är nära 1.0 föreslå en lämplig separationsmetod!
Motivera dina svar!

(4p)

- A2.** a) Vilken indunstartyp beskriver bilden till höger?
b) Beskriv funktionen hos indunstaren?
c) Vilken egenskap har lösningar som indunstas i denna typ av indunstare?
d) Har lösningen en kort eller lång uppehållstid i indunstaren?



(4p)

- A3.** a) En luftmassa med en temperatur på 30°C och en relativ fuktighet på 40 % tillförs en liten mängd vatten i form av vätska med en temperatur på 50°C. Hur ändras luftens tillstånd (temperatur och entalpi)? Visa i ett schematiskt Mollierdiagram.
b) Du ska torka en suspension med temperaturkänsliga partiklar. Vilken torktyp bör du välja?

(3p)

- A4.** a) Hur ändras filtreringsmotståndet vid filtrering av ett finkornigt material om stora partiklar blandas in i suspensionen? Motivera.
b) Namnge ett kontinuerligt filter och beskriv kortfattat dess funktion.

(2p)

- A5.** a) Varför är det gynnsamt med en liten partikelstorlek vid en lakningsoperation?
b) Vad är nackdelen?

(2p)

- A6.** Ge exempel på en vätska-vätskaextraktionsutrustning för ett system som fordrar ⁱ⁾många separationssteg (15 st) och ⁱⁱ⁾få separationssteg (2 st). I båda fallen kan densitetsskillnaden anses vara stor mellan faserna. För att erhålla full poäng på uppgiften fordras beskrivning av utrustningen kompletterad med en förståelig figur!

(3p)

- A7.** Beskriv hur man kan utvärdera om en förtjockare är över-, underbelastad eller maximalt belastad då man har kännedom om suspensionens partikel-flux-kurva (cv-c-kurva) samt önskad koncentration hos sedimentet! (2p)

Del B. Problemdel

B1. En lösning hållande 10 vikt-% salt ska koncentreras till 65 vikt-% i en Kestnerindunstare. Lösningens kokpunktsförhöjning kan försummas och dess värmekapacitet kan approximeras med samma som för rent vatten. Värmande mättad ånga som är tillgänglig har mättnads-trycket 2 bar. Indunstaren arbetar med ett tryck på 0.13 bar i övre lutrummet. Tillflödet till indunstaren håller temperaturen 22°C och indunstarens förångningskapacitet är 2500 kg/h vid indunstarens arbetstryck.

- Beräkna erforderlig indunstaryta samt behovet av färsånga då man funnit att det skenbara värmegenomgångstalet är 2800W/m²K!

(6p)

B2. I en tvåstegstork ska ett torkgods, med ett inflöde på 540 kg fuktigt gods per timme, torkas från en fuktkvot på 3,1 till en fuktkvot på 0,35. Inkommande torkluft håller en temperatur på 10°C och en relativ fuktighet på 50 %, och ett flöde på 280 m³/min. Luften förvärms till 50°C innan varje torksteg. Torkluften kan antas ta upp lika stor mängd fukt i de båda stegen.

- a) Om torkstegen kan räknas som ideala, vad blir då utgående torklufts temperatur och relativa fuktighet? Beräkna också specifika luftförbrukningen och specifika värmebehovet för det ideala fallet.
- b) Genom mätningar av ytemperaturen på torkstegens ytteryta, har man kunnat uppskatta energiförlusterna i varje torksteg till 20 kW. Uppskatta temperatur och relativ fuktighet i torkluften från respektive torksteg.
- c) I ett försök att minska den totala luftförbrukningen i processen, planerar man att använda utgående luft från en annan torkanläggning, som håller en temperatur på 22°C och en relativ fuktighet på 70 %. Om man blandar den och färsåluften (inkommande luft ovan) i lika delar, och använder blandningen som ny inkommande luft i denna tork, uppskatta då hur mycket färsåluftbehovet minskar i m³/min.
Anta att de relativa förlusterna i torkstegen är samma som innan, d.v.s. att torkstegens lutning i Mollierdiagrammet är lika stor.

Mollierdiagram bifogas.

(10p)

B3. I en process kristalliseras partiklar ur en vattenlösning. De bildade partiklarna har en densitet på ca 2800 kg/m³ och suspensionen har en torrhalt på 3,5 vikt-% efter att kristallisationen avbrutits. Partiklarna separeras från vätskan i en platt- och ramfilterpress med 55 ramar. Filtringen sker vid ett konstant tryckfall på 2,5 bar och en temperatur på 40°C. Varje ram har en bredd på 4,5 cm och en total filteryta (på båda sidor) på 1,20 m². Filterkakan har en genomsnittlig porositet på 55 %.

- a) Vid en normal filtreringscykel uppmättes en filtratmängd på 5 m³ efter 2 min och 10 m³ efter 7 min 15 s. Uppskatta hur lång tid det kommer att ta innan

- ramarna är fulla och filtreringen avslutas.
- b) Vid ett tillfälle upptäcktes att det var problem i processen, eftersom det tog 3 min 15 s att erhålla 5 m³ filtrat och 12 min 15 s att erhålla 10 m³. Man vet inte orsaken, men den kan hittas längs något av två huvudspår:
- I filtermediet och/eller andra fenomen som påverkar initialskedet av kakans uppbyggnad.
 - I delar av processen som påverkar partiklarna och därmed kakans struktur.

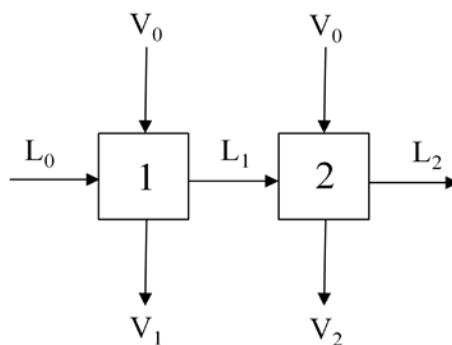
Visa med hjälp av överslagsräkning vilket av de två av huvudspåren man bör följa.

(7p)

B4. I en tvåstegs extraktionsanläggning, kopplad enligt figur nedan, renas en etylacetatström från aceton genom extraktion med rent vatten. Anläggningen tillförs genom strömmen L_0 75 kg/h hållande 40 vikt-% aceton och resten etylacetat. Till varje steg förs 100 kg/h vatten genom strömmarna betecknade V_0 .

- Hur stor andel aceton i ingående etylacetatström L_0 extraheras bort?
- Hur stor kommer strömmen L_2 att vara?

Triangeldiagram med lösningskurva och jämviktsdiagram bifogas.



(7p)

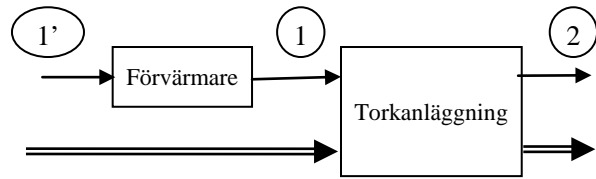
Göteborg 2013-01-11
Krister Ström

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

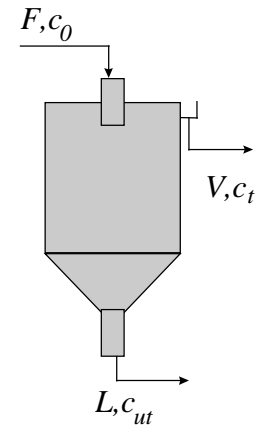
$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \Delta P}{\mu(c\alpha_{av}V + AR_m)}$$

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

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: $v_{mf} = \frac{1}{K^n} \frac{\varepsilon_{mf}^3}{S^2(1 - \varepsilon_{mf})} \frac{(\rho_s - \rho)g}{\mu}$

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

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

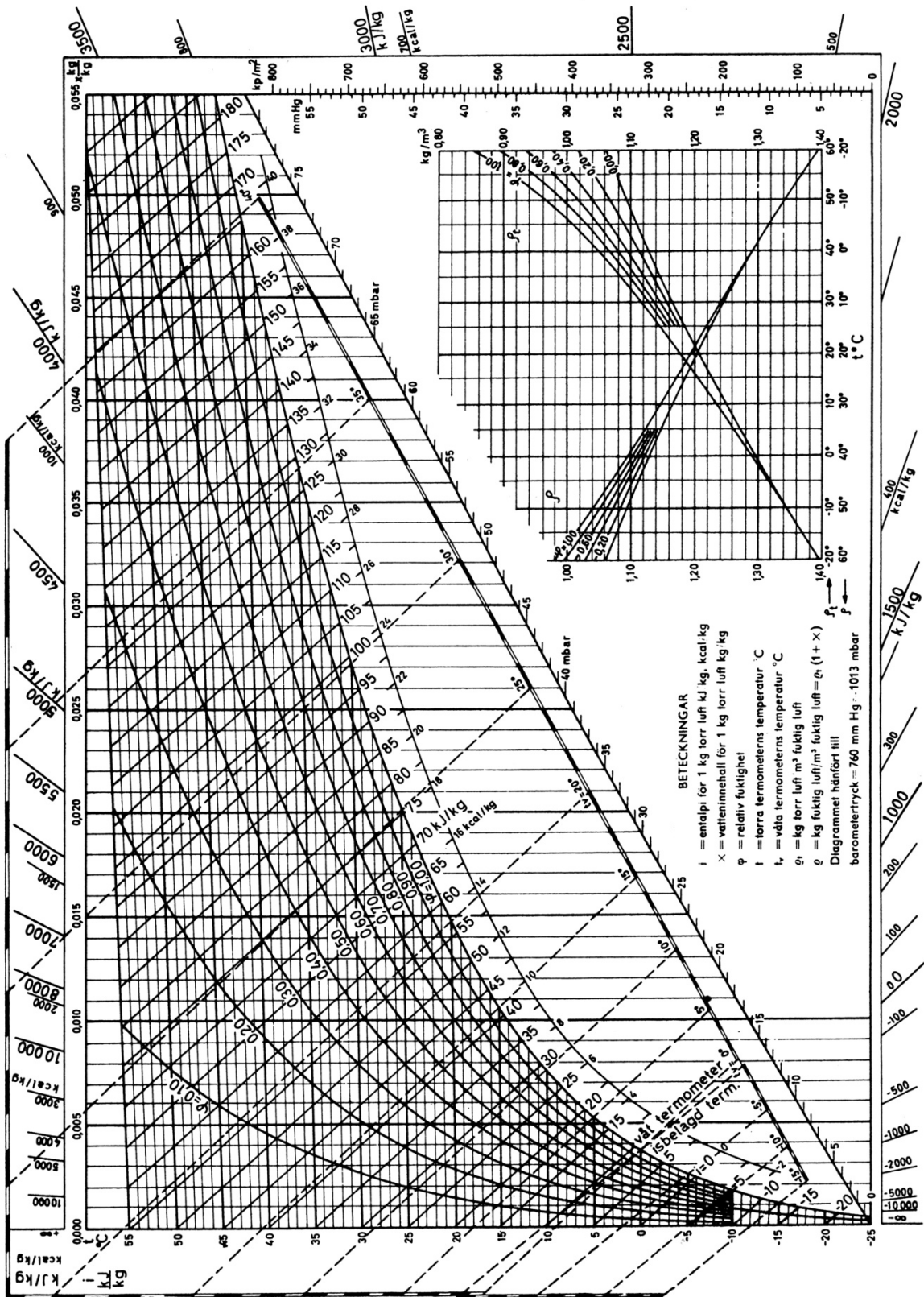
SEDIMENTERING

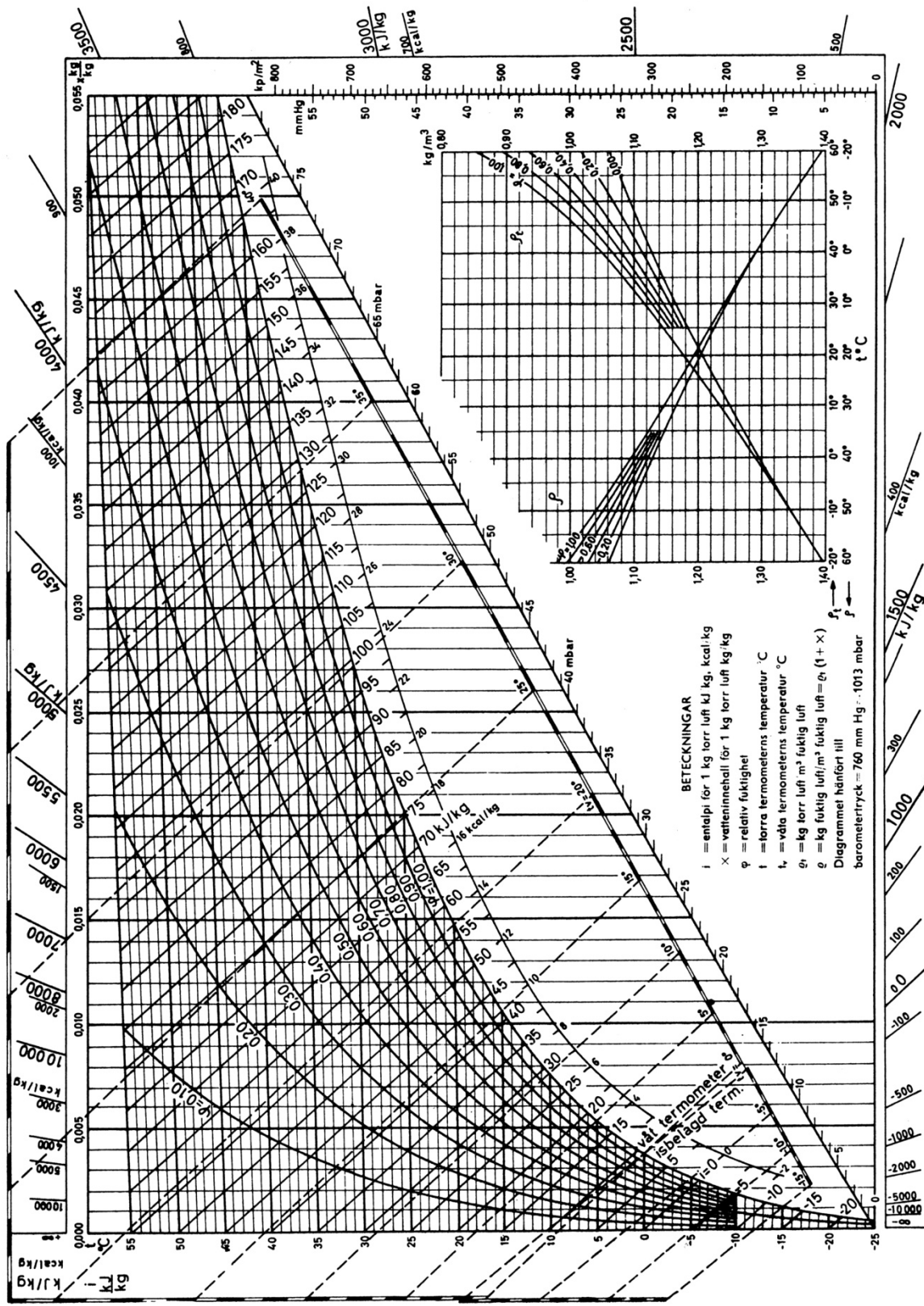
A	sedimentationsarea, m ²
D_p	partikelstorlek, m
g	tyngdaccelerationen, m/s ²
v	partikelns sedimentationshastighet, m/s
μ	fluidens viskositet, Pa·s

ρ	fluidens densitet, kg/m ³
ρ_s	fasta fasens densitet, kg/m ³

STRÖMNING I PORÖS BÄDD

ρ_s	fasta fasens densitet, kg/m ³
D_p	partikelstorlek, m
g	Acceleration i gravitationsfält, m/s ²
K''	Kozenys konstant
S	Partikelns specifika yta, m ² /m ³
v_{mf}	Minsta hastighet för fluidisation, m/s
μ	fluidens viskositet, Pa·s
ρ	fluidens densitet, kg/m ³
ε_{mf}	Bäddens porositet vid minsta hastighet för fluidisation, -





B1.

Data: $x_F = 0.10$
 $x_L = 0.65$
 $P_S = 2 \text{ bar}$
 $P = 0.13 \text{ bar}$
 $T_F = 22 \text{ °C}$
 $V = 2500 \text{ kg/h}$
 $U_{SKB} = 2800 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

Sökt: Beräkna S och A

Lösning:

Värmebalans: $S\Delta H_{VAP,S} + Fh_F = Lh_L + VH_V \Rightarrow S$

Kapacitetsekvation: $S\Delta H_{VAP,S} = U_{SKB}A\Delta T \Rightarrow A$

Sök flöden! $F = V + L$ $L = F \frac{x_F}{x_L}$

$$F = V + F \frac{x_F}{x_L} \quad F = \frac{V}{1 - \frac{x_F}{x_L}} \quad F = 2954.5 \text{ kg/h}$$

$$L = 454.5 \text{ kg/h}$$

S kan beräknas då samtliga entalpier kan bestämmas!

$$h_F = \{ T_F = 22 \text{ °C} \} = 4.182 \cdot 22 = 92 \text{ kJ/kg}$$

$$h_L = \{ P = 0.13 \text{ bar} \} = 213.741 \text{ kJ/kg}$$

$$H_V = \{ P = 0.13 \text{ bar} \} = 2593.36 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H_{VAP,S} = \{ P_S = 2 \text{ bar} \} = 2201.89 \text{ kJ/kg}$$

Värmebalansen ger $S = 2865.1 \text{ kg/h}$ $S = 2.9 \text{ ton/h}$

$$A = \frac{S\Delta H_{VAP,S}}{U_{SKB}\Delta T} \left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\} A = 9.04 \text{ m}^2$$

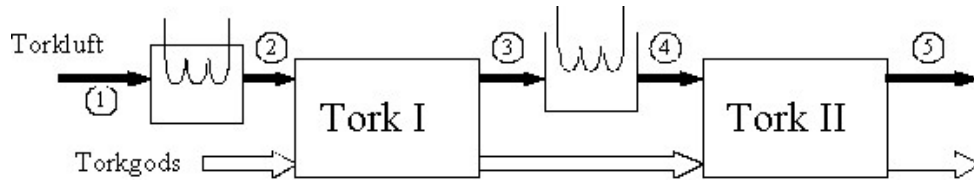
$$\Delta T = T_S - T$$

$$T_S = 120.23 \text{ °C}$$

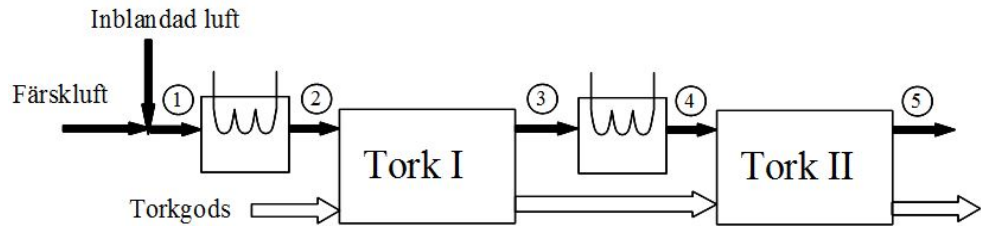
$$T = 51.06 \text{ °C}$$

Svar: 2.9 ton/h, 9 m²

B2



Figur 1: Två torksteg (a och b)



Figur 2: Två torksteg med inblandning av varm luft (c)

Givna data

$$\begin{aligned}\dot{M}_{fg,in} &= 540 \text{ kg fuktigt gods/h} \\ X_{in} &= 3,1 \text{ kg fukt/kg torrt gods} \\ X_{ut} &= 0,35 \text{ kg fukt/kg torrt gods} \\ T_{in} &= 10^\circ\text{C} \\ \phi_{in} &= 0,50\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{V}_{in} &= 280 \text{ m}^3/\text{min} \\ T_{max} &= 50^\circ\text{C} \\ \dot{Q}_{fört} &= 20 \text{ kW} \\ T_{blandn} &= 22^\circ\text{C} \\ \phi_{blandn} &= 0,70\end{aligned}$$

Sökt

- $T_{a,5}, \phi_{a,5}, l$ och q
- $T_{b,3}, T_{b,5}, \phi_{b,3}$ och $\phi_{b,5}$
- $\dot{M}_{G,färsk,c}$

Lösning

a)

För att kunna bestämma utgående tillstånd efter varje steg, kan vi utnyttja att vi vet luft- och godsflödena och godsets fuktkvotsändring. Fuktbalansen ger då:

$$\Delta Y = \frac{\dot{M}_S \cdot \Delta X}{\dot{M}_G} \quad (1)$$

Först måste luftens och godsets torra flöden bestämmas. Luftens torra massflöde fås genom att bestämma densiteten för torra luften, $\rho_{t,in}$, och använda:

$$\dot{M}_G = \dot{V}_{in} \cdot \rho_{t,in} \quad (2)$$

Avläsning i densitetsdiagrammet ger tillsammans med ekvation (2):

$$\rho_{t,in} = 1,24 \text{ kg torr luft/m}^3 \qquad \dot{M}_G = 5,78 \text{ kg torr luft/s}$$

För torkgodset vet vi det fuktiga ingående flödet och ingående fuktkvot. Det torra godsets flöde fås då ur:

$$\dot{M}_S = \frac{\dot{M}_{fg,in}}{1 + X_{in}} \qquad (3)$$

vilket ger: $\dot{M}_S = 0,0366 \text{ kg torrt gods/s}$

Ekvation (1) ger nu: $\Delta Y = 0,0174 \text{ kg fukt/kg torr luft}$

Båda torkstegen torkar lika mycket, d.v.s. hälften av fuktkvotsändringen sker i varje steg. Vi får då:

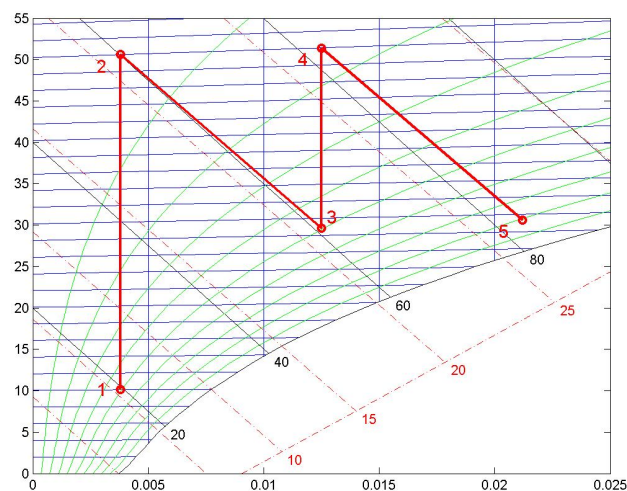
$$\Delta Y_{steg} = \frac{\Delta Y}{2} \qquad (4)$$

$$\Delta Y_{steg} = 0,0087 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

De två torkstegen kan nu läggas in i Mollierdiagrammet (se figur 3), med ideala steg längs respektive våttemperaturlinje tills ΔY_{steg} har uppfyllts. Avläsning ger att utgående lufts tillstånd är:

$$T_{a,5} = 29^\circ \text{C}$$

$$\phi_{a,5} = 0,82$$



Figur 3: Två ideala torksteg med lika stort ΔY_{steg}

Specifika luftförbrukningen fås ur den beräknade fuktkvotsändringen i luften, eftersom:

$$l = \frac{\dot{M}_G}{\dot{M}_G \cdot \Delta Y} = \frac{1}{\Delta Y} \quad (5)$$

$$l = 57 \text{ kg torr luft/kg avdunstat}$$

För att beräkna specifika värmebehovet behöver entalpiändringen vid de två uppvärmningsstegen avläsas, eftersom:

$$q = \frac{\dot{M}_G \cdot \sum \Delta H}{\dot{M}_G \cdot \Delta Y} = \frac{H_2 - H_1 + H_4 - H_3}{\Delta Y} \quad (6)$$

Avläsning av entalpivärden från figur 3 ger:

$$H_1 = 20 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_3 = 61 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_2 = 60 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_4 = 83 \text{ kJ/kg torr luft}$$

Insättning i ekvation (6) ger nu:

$$q = 3579 \text{ kJ/kg avdunstat}$$

$$= 3,6 \text{ MJ/kg avdunstat}$$

b)

För att hitta de nya sluttillstånden efter torkstegen, måste utgående entalpi justeras med förlusten (jämfört med den ideala torken). Entalpin fås ur effektförlusten och det torra luftflödet. Eftersom:

$$\dot{Q}_{förl} = \dot{M}_G \cdot H_{förl} \quad (7)$$

som ger

$$H_{förl} = \frac{\dot{Q}_{förl}}{\dot{M}_G} \quad (8)$$

$$H_{förl} = 3,5 \text{ kJ/kg torr luft}$$

Med avläst entalpi för det ideala fallet fås:

$$H_3 = 57 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_5 = 80 \text{ kJ/kg torr luft}$$

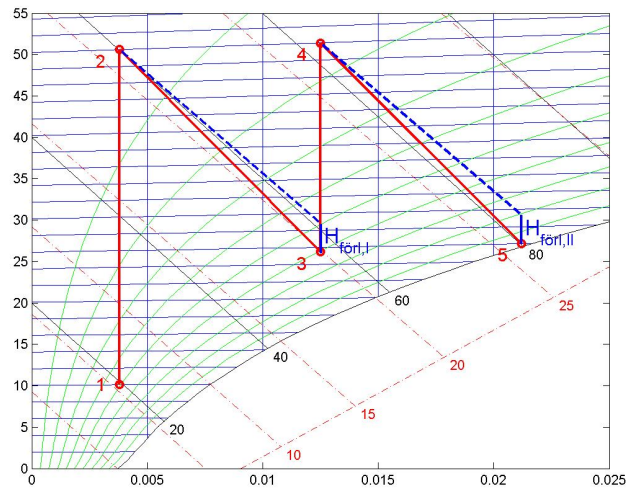
Inritning av det verkliga fallet i Mollierdiagram kan ses i figur 4. Avläsning ger oss tillstånden efter varje steg:

$$T_{b,3} = 25^\circ\text{C}$$

$$\phi_{b,3} = 0,61$$

$$T_{b,5} = 26^\circ\text{C}$$

$$\phi_{b,5} = 0,99$$



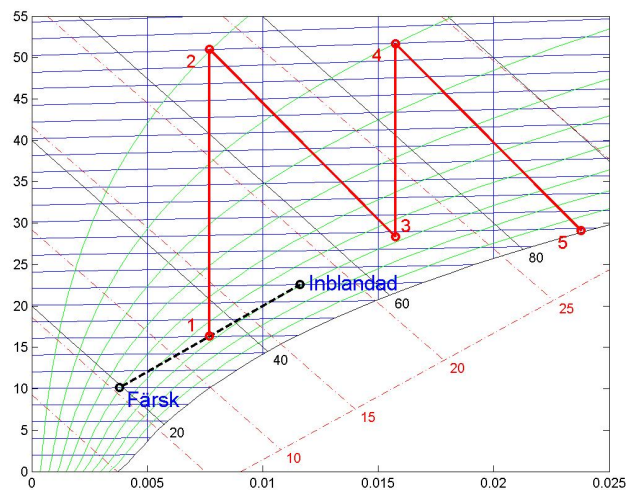
Figur 4: Två verkliga torksteg med förluster

c)

Inblandning av den varma luften från en annan anläggning gör att inkommande luft till det första steget får ett nytt tillstånd. Detta tillstånd fås genom hävstångsregeln, som en punkt på en linje mellan den inblandade luftens tillstånd och den färska luften. Eftersom det är lika mängder, hamnar blandningspunkten mitt på denna blandningslinje. Avläsning av denna punkt ger tillståndet (se figur 5):

$$Y_1 = 0,0077 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$H_1 = 36 \text{ kJ/kg torr luft}$$



Figur 5: Två verkliga torksteg med blandad inluft

Om en stegning med utgångspunkt från detta tillstånd, med två verkliga steg med samma lutning vid torkningen som innan (i uppgift b), görs med förutsättningen

att det är samma ΔY (d.v.s. samma totala flöde genom torkstegen), kommer slut- tillstånd att hamna en bit nedanför mätnadskurvan. Detta innebär att luften inte har samma torkningskapacitet som innan, och ett försök att köra på detta sätt skulle leda till att torkgodset inte skulle uppnå önskad torrhet. För att åtgärda detta måste man alltså öka det totala torkluftflödet, vilket innebär att ΔY minskar (jfr. fuktbalansen). Om denna justering görs så att utgående luft ur det sista steget blir mättad, får vi den minimala ökning som behövs. Detta ger ett nytt värde för varje steg och totalt:

$$\Delta Y_{steg,c} = 0,0080 \text{ kg fukt/kg torr luft} \quad \Delta Y_c = 0,0161 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

Fuktbalansen ger:

$$\dot{M}_G = \frac{\dot{M}_S \cdot \Delta X}{\Delta Y} \quad (9)$$

vilket ger oss:

$$\dot{M}_{G,c} = 6,3 \text{ kg torr luft/s}$$

Eftersom färskluften utgör hälften av det totala luftflödet genom torken, får vi alltså:

$$\dot{M}_{G,färsk,c} = 3,1 \text{ kg torr frskluft/s}$$

B3

Givna data

$n_{ram} = 55$ ramar	$\rho_S = 2800$ kg fast/m ³
$L_{ram} = 4,5$ cm	$V_1 = 5$ m ³ filtrat
$A_{ram} = 1,2$ m ²	$V_2 = 10$ m ³ filtrat
$J = 0,035$ kg fast/kg suspension	$t_{1,a} = 120$ s
$\Delta P = 2,5 \cdot 10^5$ Pa	$t_{2,a} = 195$ s
$T = 40,0$ °C	$t_{1,b} = 435$ s
$\varepsilon_{av} = 0,55$	$t_{2,b} = 735$ s

Sökt

- t_{slut}
- Var finns problemet? (Ändrat uppförande i processen.)

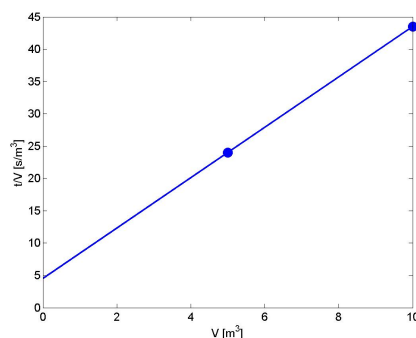
Lösning

a)

Eftersom tryckfallet är konstant, blir resultatet av en integrering (från $t=0$):

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu \alpha_{av} c}{2A^2 \Delta P} V + \frac{\mu R_m}{A \Delta P} \quad (1)$$

Om värdena för t/V avsätts mot V , bör alltså en linje bildas. Beräkning av t/V och plottning ger:



Figur 1: t/V mot V

Eftersom det bara finns två punkter, kan vi bestämma lutning och skärning ur figur 1, eller genom beräkning:

$$\text{Lutning} = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (2)$$

$$\text{Skärning} = y - \text{Lutning} \cdot x \quad (3)$$

y-värdena är i detta fall t/V -värden:

$$(t/V)_{1,a} = 24,0 \text{ s/m}^3 \qquad (t/V)_{2,a} = 39,0 \text{ s/m}^3$$

I båda fallen blir resultatet:

$$\text{Lutning} = 3,90 \text{ s/m}^6 \qquad \text{Skärning} = 4,50 \text{ s/m}^3$$

Vi kan bestämma α_{av} och R_m ur lutningen, men kan också bestämma filtreringstiden med hjälp av den förenklade ekvationen:

$$\frac{t}{V} = \text{Lutning} \cdot V + \text{Skärning} \quad (4)$$

som ger:

$$t_{slut} = \text{Lutning} \cdot V_{tot}^2 + \text{Skärning} \cdot V_{tot} \quad (5)$$

Först måste totala filtratvolymen tas fram, m.h.a. kakvolymen (filtervolymen) och kvoten c :

$$c = \frac{m_s}{V} \quad (6)$$

$$V_{tot} = \frac{m_{S,kaka}}{c} = \frac{\rho_s(1 - \epsilon_{av})V_{kaka}}{c} \quad (7)$$

c bestäms enligt:

$$c = \frac{J\rho}{1 - J - \frac{\epsilon_{av} J \rho}{1 - \epsilon_{av} \rho_s}} \quad (8)$$

När det gäller arean och volymen, måste vi räkna med alla ramarna. Detta gör att totala kakvolymen och filterarean fås ur:

$$A = n_{ram} \cdot A_{ram} \quad (9)$$

$$V_{kaka} = n_{ram} \cdot V_{ram} = n_{ram} \cdot L_{ram} \cdot \frac{A_{ram}}{2} \quad (10)$$

(Eftersom filterytan räknas på båda sidorna om volymen ska den inte räknas dubbel!)

Vi saknar ett värde på ρ . Detta fås ur tabell (t.ex. D&D s.76) vid den givna temperaturen:

$$\rho = 992,2 \text{ kg/m}^3$$

Insättning i ekvationerna (8), (9), (10) och (7) ger nu:

$$\begin{aligned} c &= 36,6 \text{ kg/m}^3 & V_{kaka} &= 1,5 \text{ m}^3 \text{ kaka} \\ A &= 66,0 \text{ m}^2 & V_{tot} &= 51,2 \text{ m}^3 \text{ filtrat} \end{aligned}$$

Ekvation (5) ger oss:

$$t_{slut} = 10445 \text{ s} \qquad = 174 \text{ min}$$

(På vägen kan man även räkna ut α_{av} och R_m ur lutningen och skärningen, även om de inte behövs:

$$\alpha_{av} = \frac{2A^2\Delta P \cdot \text{Lutning}}{\mu c} \quad (11)$$

och

$$R_m = \frac{A\Delta P \cdot \text{Skärning}}{\mu} \quad (12)$$

Vi behöver då ett värde på μ , vilket fås ur tabell:

$$\mu = 6,56 \cdot 10^{-4} \text{ Pa} \cdot \text{s}$$

Insättning i ekvationerna (11) och (12) ger:

$$\alpha_{av,1} = 3,5 \cdot 10^{11} \text{ (m/kg)} \quad R_{m,1} = 1,1 \cdot 10^{11} \text{ (1/m)}$$

Denna beräkning är, som sagt, inte nödvändig för bestämningen av sluttiden.)

b)

När man analyserar de nya filtreringsdata, kan man snabbt få en uppfattning om problemet ligger i filtermediet (och initialskedet av filtreringen) eller i kakuppbyggnadsskedet. I det förstnämnda fallet påverkas skärningen i filterekvationen vid konstant tryck (eftersom R_m ingår där, se ekvation (12)), i det senare fallet påverkas lutningen (eftersom α_{av} ingår där, se ekvation (11)).

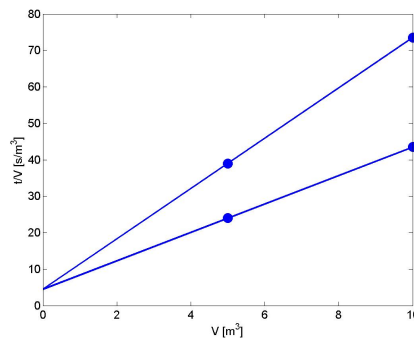
Vi beräknar lutning och skärning ur de nya värdena på t/V , som också ger oss en ny kurva (se figur 2):

$$(t/V)_{1,b} = 43,5 \text{ s/m}^3 \quad (t/V)_{2,b} = 73,5 \text{ s/m}^3$$

I detta fall blir resultatet:

$$\text{Lutning} = 6,90 \text{ s/m}^6 \quad \text{Skärning} = 4,50 \text{ s/m}^3$$

Vi ser att den största ändringen syns i lutningen, medan skärningen är i stort sett oförändrad. Alltså kan vi dra slutsatsen att det är kakuppbyggnaden som skiljer sig, och vi bör därför studera tidigare processer för att se varför partiklarna har ändrat sina egenskaper.



Figur 2: t/V mot V för båda fallen

B4.

Data: $L_0 = 75 \text{ kg/h}$
 $x_A^0 = 0.40$
 $V_0 = 100 \text{ kg/h}$
 $y_S^0 = 1.0$

Sökt: Hur stor andel aceton i L_0 extraheras bort?
Hur stor kommer strömmen L_2 att vara?

Lösning:

Studera steg 1.

L_0 och V_0 blandas till M_1 . Hävstångsregeln ger

$$L_0 a = V_0 b$$
$$a + b = 214$$
$$a = 120 \quad ; \quad b = 92$$

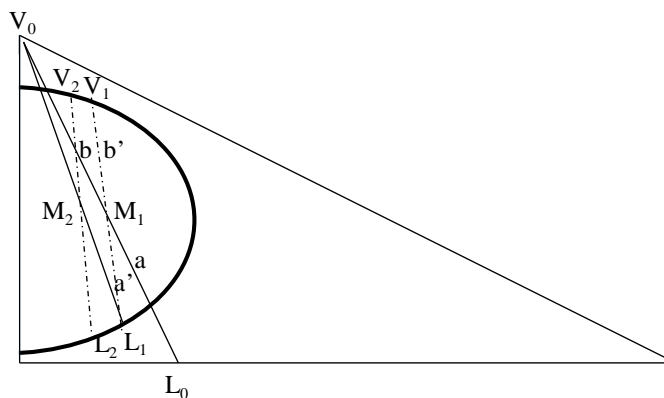
Blandningspunkten M_1 kan konstrueras grafiskt. Den bindelinje som går genom blandningspunkten M_1 söks med hjälp av jämviktskurva. V_1 och L_1 bestäms med hävstångsregeln och totalbalans.

$$L_1 a' = V_1 b'$$
$$a' = 38$$
$$b' = 95$$
$$L_0 + V_0 = L_1 + V_1$$
$$L_1 = 50 \text{ kg/h} \quad ; \quad V_1 = 125 \text{ kg/h}$$

Sammansättningarna avläses idiagram!

Steg 2 studeras på motsvarande sätt!

Triangeldiagram med lösningskurva visas schematiskt nedan med den grafiska konstruktionen!



$L_2 = 16.5 \text{ kg/h}$ och ca 95% extraheras bort!