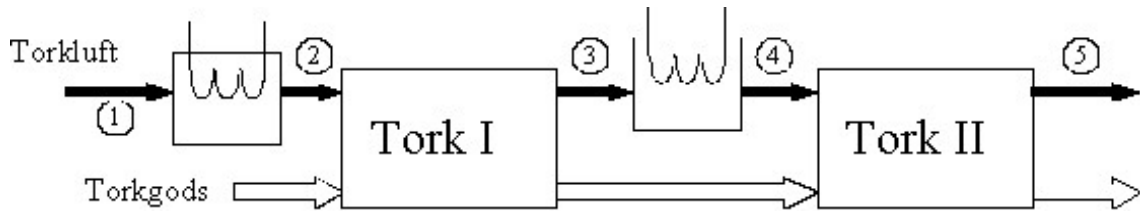


B2



Figur 1: Två torksteg

Givna data

$X_{in} = 2,5$ kg fukt/kg torrt gods	$T_{max} = 50$ °C
$X_{ut} = 0,8$ kg fukt/kg torrt gods	$T_3 = 20$ °C
$\dot{V}_{in} = 13500$ m ³ /h	$\phi_3 = 0,50$
$T_1 = 10$ °C	$T_5 = 24$ °C
$T_{w,1} = 5$ °C	$\phi_5 = 0,60$

Sökt

- l och q
- $\dot{M}_{fg,in}$
- $\dot{Q}_{forl,I}$, $\dot{Q}_{forl,II}$ och \dot{Q}_{avg}

Lösning

a)

För att kunna bestämma specifik luftförbrukning, måste vi veta luftens fukt-kvotsändring, eftersom:

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

med

$$\Delta Y = Y_5 - Y_1 \quad (2)$$

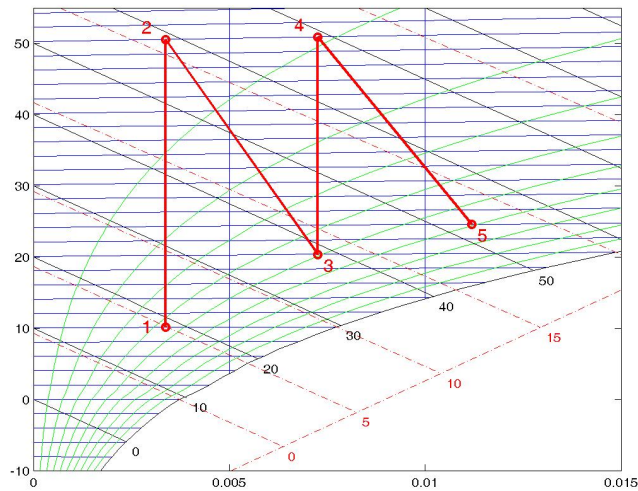
Ritar vi in torkförloppet i ett Mollierdiagram (med förvärmning till T_{max} i båda stegen), kan vi bestämma ΔY . Avläsning av fukt-kvotsvärden ur figur 2:

$$Y_1 = 0,003 \text{ kg fukt/kg torr luft} \quad Y_5 = 0,011 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

Insättning i ekvation (2) och (1) ger nu:

$$\Delta Y = 0,008 \text{ kg fukt/kg torr luft}$$

$$l = 128 \text{ kg torr luft/kg avdunstat}$$



Figur 2: Två torksteg i Mollierdiagrammet

Specifika värmebehovet fås ur:

$$q = \frac{\dot{M}_G \cdot \sum \Delta H}{\dot{M}_G \cdot \Delta Y} = \frac{H_2 - H_1 + H_4 - H_3}{\Delta Y} \quad (3)$$

Avläsning av entalpivärden ur figur 2:

$$H_1 = 19 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_3 = 39 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_2 = 59 \text{ kJ/kg torr luft}$$

$$H_4 = 69 \text{ kJ/kg torr luft}$$

Insättning i ekvation (3) ger:

$$q = 9082 \text{ kJ/kg avdunstat}$$

$$= 9,1 \text{ MJ/kg avdunstat}$$

b)

För att få reda på torkens kapacitet för att ta hand om torkgods, kan vi utnyttja fuktbalansen:

$$\dot{M}_D = \dot{M}_S \cdot \Delta X = \dot{M}_G \cdot \Delta Y \quad (4)$$

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

Därefter kan vi beräkna fuktigt ingående torkgodsflöde ur:

$$\dot{M}_{fg,in} = (1 + X_{in}) \cdot \dot{M}_S \quad (6)$$

Först måste vi räkna om luftflödet till massflöde torr luft, enligt:

$$\dot{M}_G = \dot{V}_{in} \cdot \rho_{t,in} \quad (7)$$

Ur hjälpdiagrammet kan vi slå upp värdet för $\rho_{t,in}$ i ingående torkluft:

$$\rho_{t,in} = 1,24 \text{ kg torr luft/m}^3$$

Insättning i ekvationerna (7) och (5) ger:

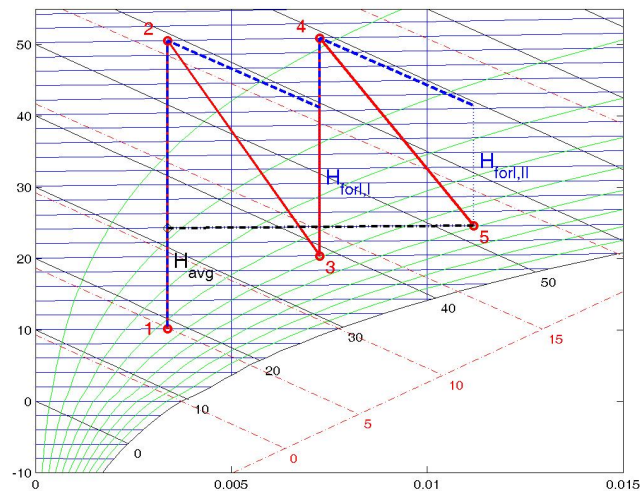
$$\dot{M}_G = 4,651 \text{ kg torr luft/s} \qquad \dot{M}_S = 0,021 \text{ kg torrt gods/s}$$

Ekvation (6) ger nu:

$$\dot{M}_{fg,in} = 0,0727 \text{ kg fuktigt gods/s} \qquad = 262 \text{ kg fuktigt gods/h}$$

c)

För att uppskatta förlusterna i ett torksteg, kan man använda sig av jämförelse med ett idealt torksteg. Detta kan göras på två sätt: Antingen antar man att det ideala torksteget börjar i samma punkt som det verkliga, eller så antar man att det slutar i samma punkt som det verkliga. I den första metoden drar man linjen till samma utgående fuktkvot som det verkliga steget, och läser av skillnaden i entalpi mellan idealt och verkligt steg för utgående tillstånd. I den andra metoden drar man linjen "baklänges" till förvärmningslinjen, och läser av entalpiskillnad för ingående tillstånd istället. Båda metoderna ger i stort sett samma värden (bara marginella skillnader), så här kommer bara en metod, den första, att visas.



Figur 3: Förlusterna i Mollierdiagrammet

Inritning av två ideala steg i samma diagram som de verkliga kan ses i figur 3. Avläsning ger entalpiskillnaderna:

$$H_{foI,I} = 21 \text{ kJ/kg torr luft} \qquad H_{foI,II} = 17 \text{ kJ/kg torr luft}$$

Avgasförlusterna beskriver hur mycket ingående luft till torkanläggningen måste värmas upp för att uppnå avgasernas temperatur. (Avgaser = Utgående torkluft ur anläggningen!) Den beräknas genom att ta entalpiskillnad mellan ingående entalpi och entalpin vid ingående fuktkvot men utgående temperatur, H_1' . (Den senare syns i figur 3 som en svart cirkel, och fås genom att

följa isotermer från utgående torklufttillstånd tillbaka till första torkstegets förvärmningslinje.) Entalpiskillnad beräknas som:

$$H_{avg} = H_{1'} - H_1 \quad (8)$$

Avläsning i diagrammet och insättning i ekvation (8) ger:

$$H_{1'} = 33 \text{ kJ/kg torr luft} \quad H_{avg} = 14 \text{ kJ/kg torr luft}$$

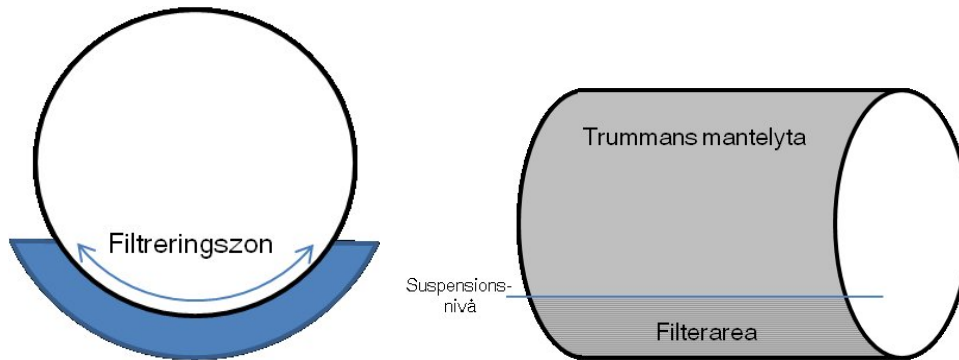
För att omvandla förlusterna från entalpi per torrluftmassa till effekt, används:

$$\dot{Q} = \dot{M}_G \cdot H \quad (9)$$

Insättning av entalpivärdena i ekvation (9) ger:

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{forl,I} &= 97 \text{ kJ/kg torr luft} & \dot{Q}_{avg} &= 66 \text{ kJ/kg torr luft} \\ \dot{Q}_{forl,II} &= 78 \text{ kJ/kg torr luft} \end{aligned}$$

B3



Figur 1: Trumfilter med aktiv filterarea

Givna data

$$J = 0,045 \text{ kg fast/kg suspension}$$

$$\Delta P = 1,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$D_{\text{trumma}} = 1,5 \text{ m}$$

$$B_{\text{trumma}} = 3,0 \text{ m}$$

$$A_{\text{filter}}/A_{\text{tot}} = 1/3$$

$$\text{Varvtal} = 0,015 \text{ varv/min}$$

$$T = 30^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{av} = 7,2 \cdot 10^9 \text{ (m/kg)}$$

$$\epsilon_{av} = 0,55$$

$$\rho_S = 2600 \text{ kg fast/m}^3$$

$$\text{Varvtal}_{ny} = 0,030 \text{ varv/min}$$

Sökt

- L_{kaka}
- \dot{m}_{susp}
- $\dot{m}_{susp,ny}$

Lösning

a)

För att göra beräkningar på det kontinuerliga trumfiltret, kan ett förlopp följas för en punkt på trumman. När den rör sig genom varvet genomgår den en cykel, som kan jämföras med ett satsvis förlopp. Filtreringsförloppet sker bara under den del av varvet som den betraktade punkten rör sig genom filtreringszonen. Tiden det tar för denna transport kan jämföras med filtreringstiden för ett satsvis förlopp, alltså är:

$$t_{slut} = t_{tot} \cdot \frac{A_{\text{filter}}}{A_{\text{tot}}} = \frac{1}{\text{Varvtal} \cdot 3} \quad (1)$$

$$t_{slut} = 1333 \text{ s}$$

Ur denna beräkning kan vi sedan uppskatta hur mycket filterkakan hunnit växa till. För den beräkningen måste vi etrakta alla punkter på trumman som

befinner sig i filtreringszonen, eftersom det pågår filtrering i alla dessa punkter samtidigt (även om de är "ur fas" med varandra). Filterytan fås då ur:

$$A_{filter} = \frac{A_{filter}}{A_{tot}} \cdot A_{tot} = \frac{\pi D_{trumma} B_{trumma}}{3} \quad (2)$$

$$A_{filter} = 4,7 \text{ m}^2$$

Om filterkakan som bildas har tjockleken L_{kaka} , kommer den sammanlagda kakvolymen som kommer att bildas av alla dessa "fasförskjutna" filtreringsförlopp på filterytan att bli:

$$V_{kaka} = L_{kaka} \cdot A_{filter} \quad (3)$$

Denna kan kopplas till producerat filtrat under tiden för ett filtreringsförlopp, V_{cykel} , m.h.a. kvoten c :

$$c = \frac{m_s}{V} \quad (4)$$

eftersom:

$$m_s = \rho_s(1 - \epsilon_{av})V_{kaka} \quad (5)$$

Kombination av ekvationerna (3), (4) och (5) ger nu:

$$L_{kaka} = \frac{c \cdot V_{cykel}}{\rho_s(1 - \epsilon_{av})A_{filter}} \quad (6)$$

Kvoten c beräknas ur:

$$c = \frac{J\rho}{1 - J - \frac{\epsilon_{av}}{1 - \epsilon_{av}} J \frac{\rho}{\rho_s}} \quad (7)$$

Vi behöver data för vattnets egenskaper vid 30°C. Data & Diagram s.76 och ekvation (7) ger:

$$\rho = 995,7 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 48,0 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 8,010 \cdot 10^{-4} \text{ Pas}$$

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

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu \alpha_{av} c}{2A^2 \Delta P} V + \frac{\mu R_m}{A \Delta P} \quad (8)$$

Med försumbart filtermediemotstånd blir ekvation (8):

$$\frac{t}{V} = \frac{\mu \alpha_{av} c}{2A^2 \Delta P} V \quad (9)$$

Om filtratvolymen löses ut ur ekvation (9), fås:

$$V = \sqrt{\frac{2A^2 \Delta P}{\mu \alpha_{av} c} t} \quad (10)$$

Med t_{slut} som t , kan nu V_{cykel} beräknas:

$$V_{tot} = 5,67 \text{ m}^3$$

Insättning i ekvation (6) ger nu:

$$L_{kaka} = 0,049 \text{ m} \qquad = 4,9 \text{ cm}$$

b)

För att ta reda på kapaciteten för trumfiltret, måste vi betrakta hur mycket som kan filtreras per varv som trumman rör sig. Under ett varv har hela arean, A_{tot} , deltagit och producerat en kaka med en tjocklek enligt beräkningarna ovan. Den producerade kakvolymen per tidsenhet, \dot{V}_{kaka} , kan då uttryckas som:

$$\dot{V}_{kaka} = V \cdot L_{kaka} \cdot A_{tot} \cdot \text{Varvtal} \qquad (11)$$

$$\dot{V}_{kaka} = 1,74 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ kaka/s}$$

Uttryckt som producerad fast kakvikt per tidsenhet:

$$\dot{m}_S = \dot{V}_{kaka} \cdot \rho_S (1 - \epsilon_{av}) \qquad (12)$$

$$\dot{m}_S = 0,204 \text{ kg kaka/s}$$

Suspensionsflödet kan nu fås, eftersom vi känner till dess torrhalt, J , enligt:

$$\dot{m}_{Susp} = \frac{\dot{m}_S}{J} \qquad (13)$$

Insättning i ekvation (13) ger:

$$\dot{m}_{susp} = 4,53 \text{ kg suspension/s} \qquad = 272 \text{ kg suspension/min}$$

c)

Om varvtalet ökar, påverkas filtreringstiden, t_{slut} , vilket i sin tur påverkar filtratvolymen och kaktjockleken. Dessutom påverkas den producerade kakmängden per tidsenhet, vilket leder till en ändrad kapacitet. Insättning av det nya varvtalet (och följdvärdena) i ekvationerna (1), (10), (6), (11) och (12) ger mellanvärdena:

$$t_{slut} = 667 \text{ s}$$

$$V_{tot} = 4,01 \text{ m}^3$$

$$L_{kaka,ny} = 0,035 \text{ m}$$

$$\dot{V}_{kaka,ny} = 2,46 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ kaka/s}$$

$$\dot{m}_{S,ny} = 0,288 \text{ kg kaka/s}$$

Insättning i ekvation (13) ger slutligen:

$$\dot{m}_{susp,ny} = 6,41 \text{ kg suspension/s} \qquad = 384 \text{ kg suspension/min}$$

(Lägg märke till att även om kakorna blir tunnare, ökar den totala kapaciteten!)