

Teorierna kring kondensisolering

Civ.ing. Hubert Helms, Armacell GmbH

Del 4: Fuktinträning

Vid isolering av kalla installationer måste man vara uppmärksam på risken att fukt tränger in i isoleringen. Viktigast, vid utformning av kylisoleringen, är därför inte bara att förhindra kondensbildning på isoleringens utsida, utan också att förhindra att fukt tränger in i isoleringen. Om fuktinträningen inte förhindras, kommer vatten eller is att bildas i isoleringen där temperaturen är lägre än daggpunkten.

Att förhindra fuktinträningen i isoleringen är viktigt av följande skäl:

- ▶ Fukt i isoleringen försämrar kraftigt isoleringens egenskaper, eftersom vatten leder värme cirka 20 gånger bättre än stillastående luft [$\lambda_{\text{luft}} \approx 0.025 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$; $\lambda_{\text{vatten}} \approx 0.6 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]. Och is leder värme cirka 100 gånger bättre. 100 gånger bättre ledning innebär 100 gånger sämre isolering! Detta betyder inte bara högre energiförluster, utan också att den isolertjocklek som beräknats för torr isolering inte längre räcker till. Vilket i sin tur betyder att ytterligare fukt samlas på isolerytan. Kondensisoleringen "kollapsar"!
- ▶ Kondensen kan orsaka korrosion på installationen och på insidan av en plåtbeklädnad. I värsta fall kan denna "krypande" korrosion medföra att kylinstallationen behöver bytas ut.
- ▶ Det är också viktigt att inte underskatta betydelsen av isoleringens viktökning om den fylls med fukt. Detta kan leda till statiska problem – speciellt i kombination med korrosionsproblemen.

Fukttransport genom ånggenomgång

Hur tränger fukt in i isolering?

Luft är en blandning av åtskilliga gaser. Vid havsytan innehåller ren torr luft cirka 78.1 vol. % kväve, 20.9 vol. % syre, 0.9 vol. % argon, 0.03 vol. % koldioxid, 0.01 vol. % väte samt spår av ytterligare inerta gaser. Utöver detta innehåller "normal" luft också en viss mängd vattenånga, större eller mindre. Som nämnts i första delen av denna serie, så är normal luft en blandning av torr luft och vattenånga. Alla ingående gaser i denna blandning genererar ett tryck som också kallas ett partialtryck. Under normala förhållanden sprider sig varje gas i denna blandning som om den försökte uppta hela den tillgängliga volymen – utan att hindras av de andra gaserna. Därför beräknas det totala gstrycket i en gasblandning som summan av alla partialtryck. Följande gäller därför för det totala trycket (som avläses på en barometer) för fuktig luft:

$$p = p_L + p_V \text{ i Pa, hPa (pascal, hektopascal)}$$

p_L = partialtrycket för torr luft

p_V = partialtrycket för vattenången

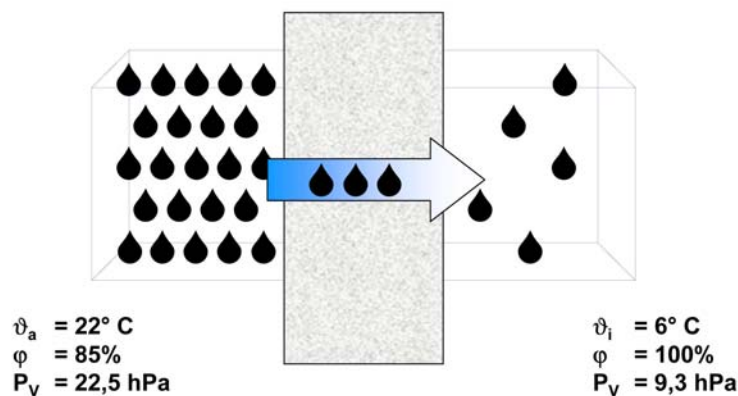
Enbart partialtrycket för vattenången är av betydelse för de byggfysikaliska processerna. För varje temperatur och relativ fuktighet gäller ett visst partialtryck för vattenången (p_V). Som framgick av del 2 i denna serie, kan luft bara absorbera en begränsad mängd vattenånga som bestäms av luftens temperatur. Det betyder att partialtrycket för vattenången har ett maximivärde som beror på temperaturen. Det maximala partialtrycket för vattenången är känt som det mättade partialtrycket för vattenången p_S .

Om man har olika temperatur och fukt på de båda sidorna av ett objekt, uppstår en ångtrycksskillnad som en följd av de olika partialtrycken för vattenången. Eftersom olika tryck naturligen strävar efter att uppnå balans, så blir skillnaden i tryck den drivande kraften bakom vattenångans inträngning (se Beräkningsmodell och **Bild 1** nedan). Ånggenomgång är den naturliga rörelsen av vattenången (vattenångmolekylerna) genom byggdelar och isolermaterial. På grund av temperatur- och partialtrycksnivåer rör sig vattenången i kylanläggningar i allmänhet in mot det isolerade objektet. Om temperaturen i den diffunderande vattenången sjunker under dagpunktstemperaturen, kondenserar ången till vatten i isoleringen, med de konsekvenser som nämnts ovan.

Kalkylmodell för vattenångans partialtryck

Temperatur ϑ °C	Relativ fukt %	Vattenångans mättnadstryck p_s hPa	Vattenångans partialtryck p_v hPa
6	100	9.35	9.35
22	85	26.47	22.45

Bild 1: Drivkraften bakom ångdiffusion



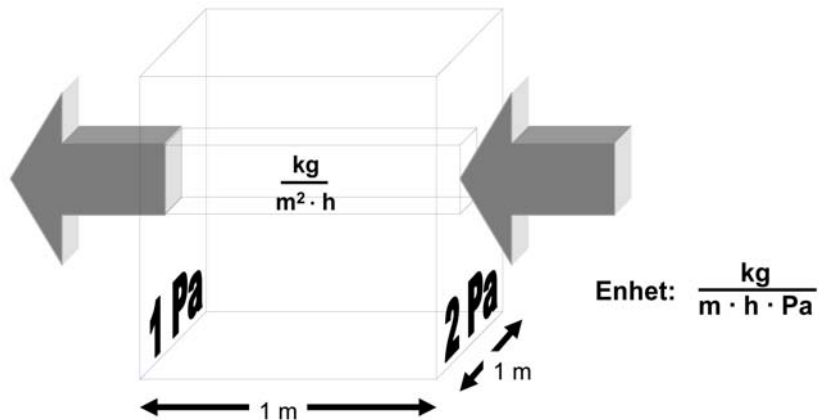
Alla (bygg-) material gör ett visst motstånd mot vattenångans genomträngning. De viktigaste parametrarna bakom detta är:

- ▶ Vattenångans diffusionskoefficient δ (litet `delta`)
- ▶ Vattenångans ånggenomgångsmotståndsfaktor μ
- ▶ Diffusionsmotståndets ekvivalenta luftlagertjocklek s_v

Vattenångans diffusionskoefficient δ

Vattenångans diffusionskoefficient δ anger den mängd vattenånga [kg] som diffunderar genom ett material som är 1 m tjockt och som har en yta av 1 m² vid en ångpartialtrycksdifferens av 1 Pa under 1 timma. (*Bild 2*)

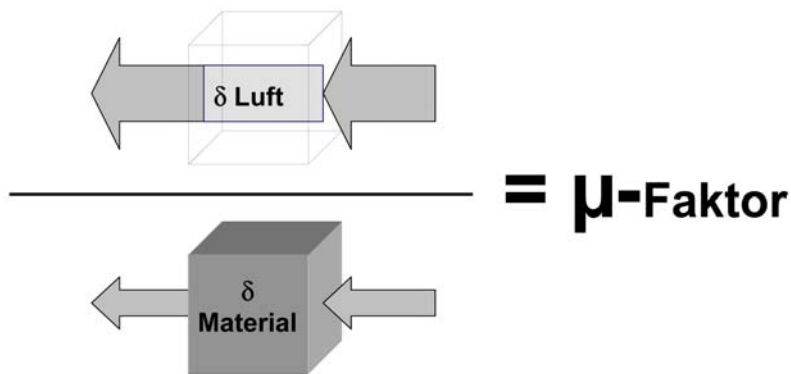
Bild 2: Diffusionskoefficient δ



Ånggenomgångsmotståndet μ

Ånggenomgångsmotståndet - μ -värdet – beskriver hur mycket större vattenångans diffusionskoefficient är för luft δ_L jämfört med diffusionskoefficienten för ett visst byggmaterial δ_{material} (hur mycket mera fukt som tränger genom luft jämfört med ett material) Man kan också säga att μ -värdet berättar hur mycket längre tid det tar för fukten att tränga igenom ett visst material jämfört med ett luftlager av samma tjocklek (**Bild 3**). Eftersom μ -värdet är dimensionslöst och oberoende av lufttemperatur och lufttryck vid mätningen är det enkelt att förstå och använda. I praktiken är det därför det enda värde som numera används för att beskriva isoleringens livslängd med avseende på fuktmotstånd.

Bild 3: Ånggenomgångsmotståndet μ



μ -värdet är alltså ett mått på materialets ångtäthet. Det anger hur många gånger tätare ett byggmaterial är mot fuktvandring jämfört med ett luftlager – utan konvektion förstås - vid samma tjocklek.




Diffusionsmotståndets ekvivalenta luftlagertjocklek s_v

Följande formel används för beräkning av den ekvivalenta luftlagertjockleken (s_v -värdet) för ett byggmaterial:

$$s_v = \mu \cdot s \quad [m]$$

S_v -värdet anger tjockleken för ett luftlager – utan konvektion – i meter, som har samma ånggenomgångsmotstånd som det aktuella byggmaterialet med tjocklek s meter och ånggenomgångsmotståndet μ . Av bild 4 framgår att ett luftlager skulle behöva vara **minst** 133 m tjockt för att ge samma ånggenomgångsmotstånd som 19 mm AF/Armaflex *minst* ger. Det är ju nödvändigt i kylsammanslagning att alltid ange **sämsta** värdet för ånggenomgångsmotståndet för att alltid vara på den säkra sidan. Med ett medelvärde som är cirka 50% bättre så handlar det om cirka 200 m luft jämfört med 19 mm AF/Armaflex.

Bild 4 S_v –värden för några isolermaterial

ISOLERMATERIAL	DIFFUSIONSMOTSTÅNDETS EKVIVALENTA LUFTLAGERTJOCKLEK
Mineralull $\mu \approx 3$; $s = 100$ mm	$s_v = 0.3$ m 
Polyuretan $\mu \approx 100$; $s = 100$ mm	$s_v = 10$ m 
AF/Armaflex $\mu \geq 7000$; $s = 19$ mm	$s_v \geq 133$ m (≈ 200 m) 

Som redovisats i denna och tidigare artiklar, så är det viktigt när man ska isolera en kylanläggning, att beräkna den korrekta isolertjockleken för att förhindra ytkondens, samt att välja ett isolermaterial som med garanti kan skydda isoleringen mot fuktinträning under lång tid - och då pratar vi om decennier. Men goda materialegenskaper är bara en av många aspekter vid urvalet och användandet av ett isolermaterial. Goda produktenskaper är utan värde om isoleringen är dåligt monterad. I del 5 diskuteras de grundläggande aspekterna på montage med cellgummiisolering som exempel. Nyckelordet är här foglimningen.