KNOW-HOW

Kvalitetskendetegn for isoleringsmaterialer:

Isolering i kolde systemer –
beskyttelse mod kondensdannelse og energitab

armacell®
MAKING A DIFFERENCE AROUND THE WORLD

HVORFOR ER DET NØDVENDIGT AT ISOLERE TEKNISK UDSTYR?

Den betydning, som tekniske isoleringsmaterialer har på driftssikkerheden af mekanisk udstyr, går som regel ubemærket hen. Men til trods herfor opfylder de mange vigtige funktioner: De øger udstyrets energieffektivitet, forhindrer kondensdannelse, beskytter mod korrosion, reducerer støjemissioner og holder industriudstyr i orden. Vigtigheden af et isoleringssystem bliver ofte først åbenlys, når det ikke fungerer: Is på rørledninger og fugt i nedhængte lofter på grund af kondensdannelse på udstyret, afbrydelse af industriprocesser med omfattende vedligeholdelsesarbejde og nedetider til følge eller et hurtigt stigende energiforbrug er kun nogle få eksempler herpå. I henhold til en undersøgelse gennemført af ExxonMobil Chemical opstår 40 til 60 % af omkostningerne til vedligeholdelse af rørledninger på grund af korrosion under isoleringen (CUI). Hovedårsagen er fugtig isolering, som ikke bemærkes.

Det sidste man ønsker er, at der drypper kondensvand ned fra loftet

I isoleringsteknologien skelnes der mellem isolering af bygningskonstruktionen og isolering af det tekniske udstyr (dvs. sanitet og varme-, ventilations- og klimaanlæg). Der foretages termisk isolering af bygningskonstruktionen for at sikre en så minimal afkøling af opvarmede bygninger eller opvarmning af afkølede bygninger som muligt og for at opnå et behageligt indeklima. Bygningsserviceudstyr isoleres termisk for at sikre, at det fungerer korrekt, og for at reducere energibehovet. Generelt øger beskyttelse mod varme- eller kuldetab altså ikke blot energieffektiviteten, men sikrer også, at udstyret fungerer stabilt og pålideligt på lang sigt.

Mens hovedformålet med isolering af varme- og varmtvandsrørledninger er energibesparelse, kræver kolde systemer (f.eks. koldtvandsrørledninger i airconditionssystemer eller sugeledninger i industrifrysere) også beskyttelse mod kondensdannelse med deraf følgende korrosion. Samtidigt reducerer isoleringen også ydelsestab i kolde systemer. Industriudstyr isoleres for at stabilisere produktionsprocesserne (f.eks. opretholdelse af nødvendige driftstemperaturer) med henblik på at øge udstyrets effektivitet og dermed reducere omkostningerne. Derudover beskytter isoleringen udstyret mod mekaniske påvirkninger, øger pålideligheden på lang sigt og forlænger levetiden ved at reducere driftscyklusserne. Isoleringen bidrager til arbejdssikkerheden ved f.eks. at sænke temperaturen på kontaktfladerne på udstyr til høje temperaturer. Desuden giver teknisk isolering akustisk beskyttelse ved at reducere støjen fra installationer og bidrager til et forbedret indeklima. Isoleringsmaterialer skal opfylde relevante brandsikringskrav, være nemme at montere, selv under vanskelige arbejdsforhold og – afhængigt af anvendelsesområdet – være yderst modstandsdygtige over for kemikalier samt være fysisk sikre.

Nedenfor er de centrale krav, der stilles til tekniske isoleringsmaterialer, og de vigtigste fysiske kendetegn beskrevet mere udførligt.

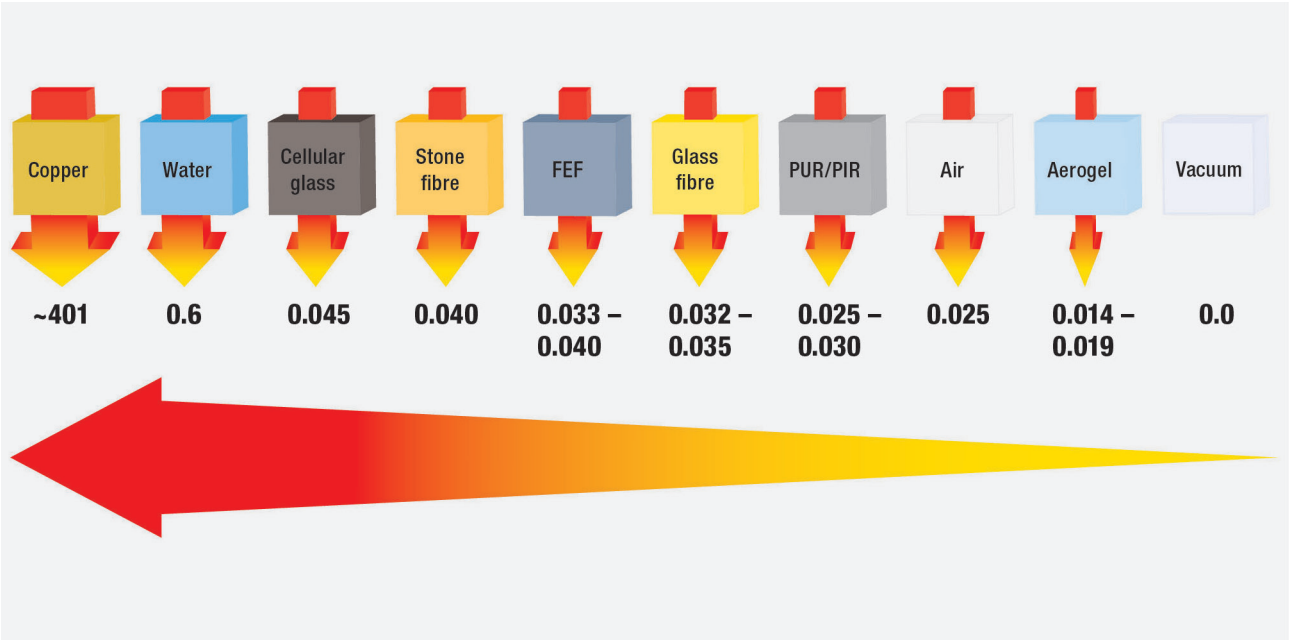
REDUKTION AF ENERGITAB

Tekniske isoleringsmaterialer minimerer energitab, dvs. varme- eller kuldetab. Varme transmitteres via ledning, konvektion og stråling. Den vigtigste fysiske egenskab ved vurderingen af isoleringsmaterialer er varmeledningsevnen.

Varmeledningsevne

Varmeledningsevne er den mængde varme, der ledes gennem 1 m² af et 1 m tykt lag af et stof på 1 sekund, når temperaturforskellen mellem de to overflader er 1 K. Jo mindre varmeledningsevnen er, desto bedre er et materiales isoleringsevne, og desto mindre er energitabet. Varmeledningsevnen måles i watt pr. meter og pr. kelvin [W / (m · K)]; symbolet for varmeledningsevne er det græske bogstav lambda (λ). Varmeledningsevnen er en temperaturafhængig materialekonstant, dvs. den øges (let), når temperaturen stiger. Det er grunden til, at seriøse isoleringsproducenter kun angiver deres produkters varmeledningsevne sammen med ledningstemperaturen. Varmeledningsevnen angives normalt som et indeks, f.eks. for AF/Armaflex: λ0 °C ⩽ 0,033 W/(m · K).

Fleksible elastomere isoleringsprodukter (FEF'er) har særdeles gode isoleringsegenskaber. Afhængigt af elastomertypen ligger varmeledningsevnen mellem 0,033 og 0,040 W/(m · K) ved en ledningstemperatur på 0 °C. Hvis der kræves en bestemt varmestrøm (dvs. en værdi, der ikke må overskrides), kan der opnås pladsbesparelse ved at anvende forskellige isoleringstykkelser.

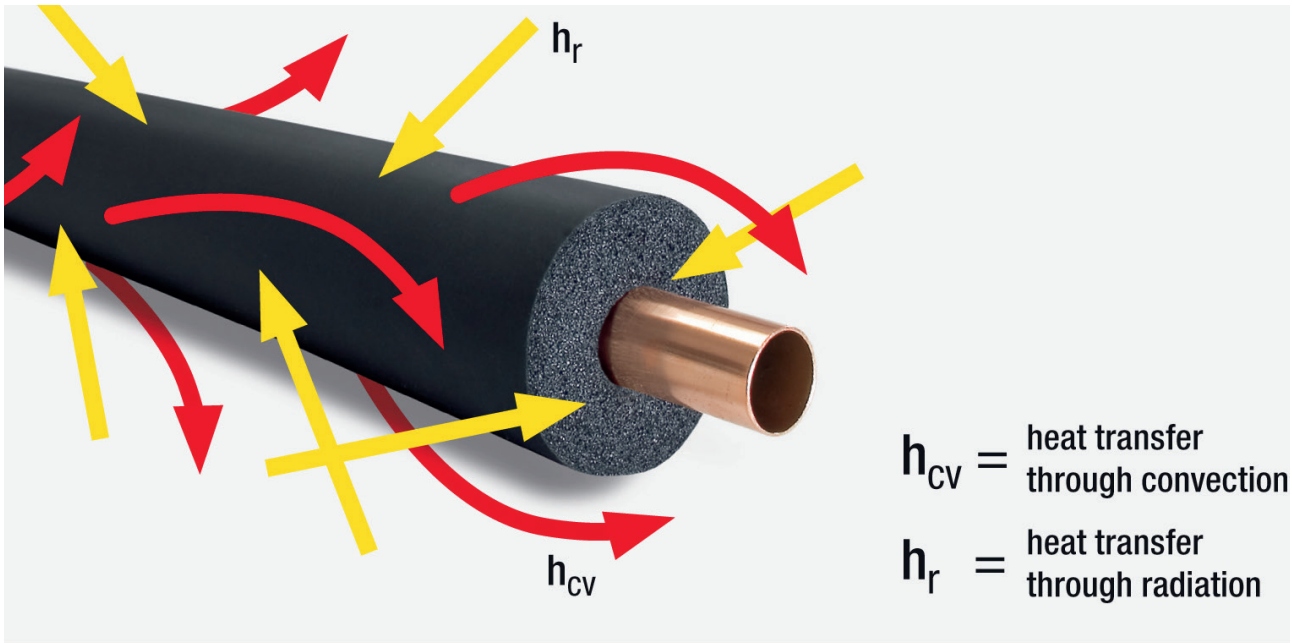


Figur 2: Forskellige materialers varmeledningsevne: Jo lavere λ-værdien er, desto højere er isoleringsevnen

Varmetransmission

Varmetransmissionen, dvs. transport af varme mellem en væske og en massiv væg (f.eks. væggen i en rørledning eller en beholder) påvirkes primært af konvektion og stråling og beskrives med varmetransmissionskoefficienten. Der skelnes mellem indvendig varmetransmission (dvs. transmission af varme mellem et rørlednings- eller beholdermedie og rørlednings- eller beholdervæggen) og udvendig varmetransmission (dvs. transmssion af varme mellem rørlednings- eller beholdervæggen eller det anvendte isoleringsmateriale og det omgivende medie). Varmetransmissionskoefficienten består normalt af varmetransmission via konvektion og varmetransmission via stråling.

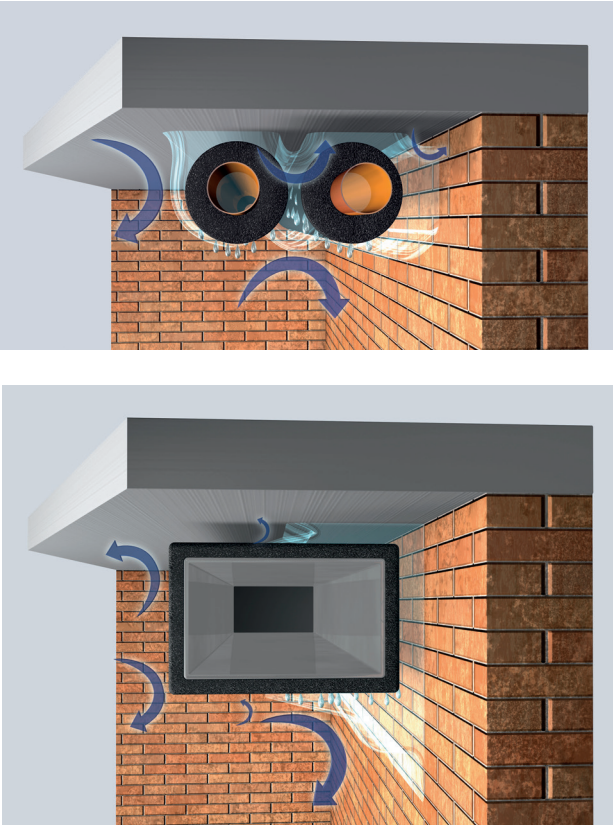
I modsætning til varmeledningsevnen er varmetransmissionskoefficienten ikke en materialekonstant, men afhænger af typen af strømningsmedie, strømningshastigheden, overfladestrukturen (ujævn eller glat, blank eller mat) og andre parametre.



Figur 3: Varmetransmissionskoefficient

Konvektion

Konvektionsdelen af varmetransmissionskoefficienten bidrager væsentligt til forebyggelse af kondensdannelse på isoleringsmaterialets overflade. Jo hurtigere den omgivende luftstrøm er, desto mere varme transporteres der. I praksis er det derfor meget vigtigt at sikre, at rørledninger og kanaler ikke ligger for tæt ved hinanden eller ved vægge og andre installationer. Ud over, at det i givet fald kan være vanskeligt at montere isoleringsmaterialet korrekt, er der også risiko for, at der dannes en ophobningszone. I disse områder standser den luftcirkulation (konvektion), der er nødvendig til en tilstrækkelig høj overfladetemperatur, dvs. at varmetransmissionskoefficienten er lavere i sådanne zoner, da konvektionen reduceres. Det betyder, at risikoen for kondensdannelse øges væsentligt.



Figur 4: Konvektion

>> Vigtigheden af et isoleringssystem bliver ofte først tydelig, når det ikke fungerer: dryppende eller isbelagte rørledninger, fugtige nedhængte lofter, korrosion under isoleringen, hurtigt stigende energiforbrug og endda afbrydelse af industriprocesser, som kan resultere i enorme omkostninger på grund af vedligeholdelsesarbejde og nedetider. <<

Emissivity (ε) of various surfaces	
Material and surface condition	ε = a
Aluminium foil, shiny	0.05
Aluminium, oxidized	0.13
Steel, galvanized, shiny	0.26
Steel, galvanized, dusty	0.44
Stainless austenitic steel	0.15
Alu-zinc, smoothly polished	0.16
Arma-Chek Silver	0.83
Paint-coated sheet metal	0.90
Plastic covering	0.90
Flexible elastomeric foam	0.93
Arma-Chek R	0.93
Arma-Chek D	0.94

Figur 5: Emissions- og absorptionskoefficient på overfladen af forskellige materialer

Varmestråling

Varmestråling er en form for varmetransmission, hvor varmen transporteres af elektromagnetiske bølger. Transporten af energi via stråling er ikke begrænset til et transportmedie. I modsætning til varmeledning eller konvektion (varmestrøm) kan varmestråling også spredes i et vakuum. Varmetransmission i forbindelse med varmestråling sker i to underprocesser:

- Emission: Varme omdannes til udstrålet energi på overfladen af et legeme med en højere temperatur.
- Absorption: Strålingen, som rammer overfladen af et legeme med en lavere temperatur, omdannes til varme.

Mørke legemer udsender mere udstrålet energi end lyse legemer. På den anden side kan mørke legemer også absorbere mere varmeenergi end lyse legemer.

Målet for et materiales emissionsevne er emissionskoefficienten ε. Målet for absorptionsevnen er absorptionskoefficienten a. Emissionsevnen for et legeme med en bestemt farve er nøjagtig lige så stor som dets absorptionsevne. Et helt sort legeme har den største absorptions- eller emissionsevne. Figur 5 viser emissions- og absorptionskoefficienterne for nogle overflader i isoleringssystemer. Som det fremgår af tabellen er det – ud over påvirkningen fra andre blanke legemer – i vid udstrækning arten af isoleringsmaterialets eller kappens overflade, der afgør, hvor meget strålingen αS udgør af varmetranmissionskoefficienten. Isoleringsmaterialer, der er baseret på syntetisk gummi, absorberer væsentligt mere varmeenergi end f.eks. aluminiumsfolie. Det har en meget positiv betydning for den isoleringstykkelse, der er påkrævet til kondensforebyggelse, da det gælder, at jo højere absorptionsevnen er, desto tyndere kan den isolering være, der skal anvendes til at forebygge kondensdannelse.

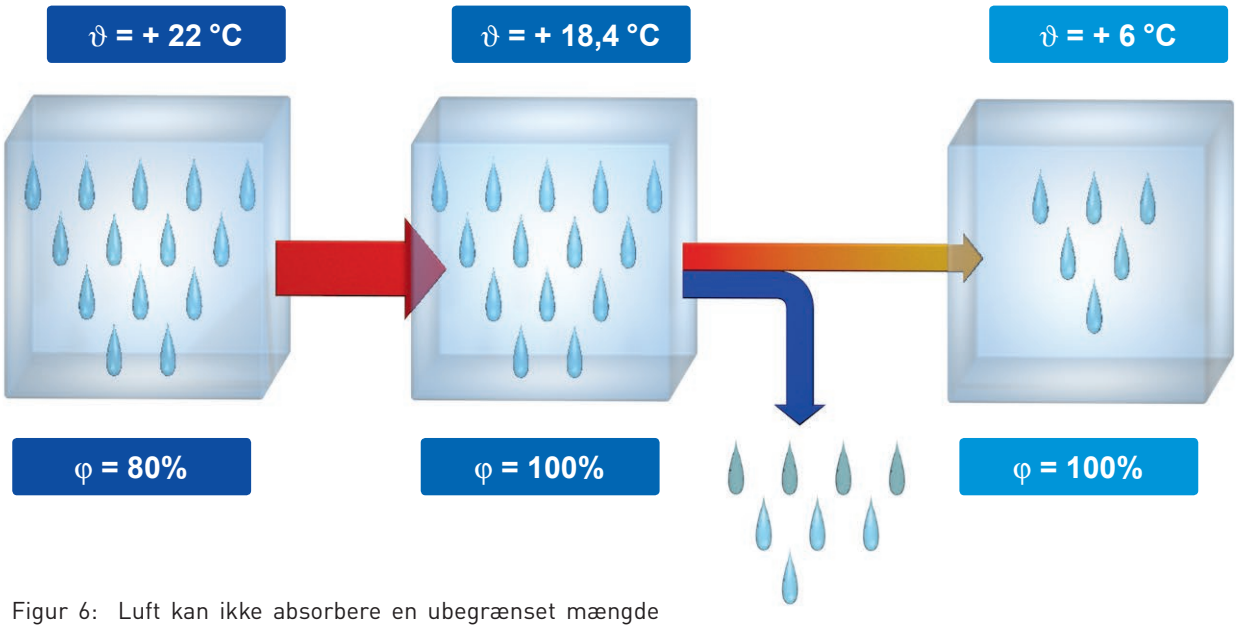
BESKYTTELSE MOD FUGTINDTRÆNGNING

I kolde systemer skal isoleringen beskyttes mod fugtindtrængning. På den ene side dannes der fugt på grund af kondensvand på overfladen af rørledninger med en ledningstemperatur, der ligger under den omgivende temperatur. På den anden side kan der trænge vanddamp ind i isoleringsmaterialet på grund af forskellen i damptryk, hvilket hurtig medfører, at isoleringen bliver fugtig.

Forebyggelse af kondensdannelse

Den luft, der omgiver os, består af forskellige gasser og vanddampe. Indholdet af vanddamp i luften kan variere ganske meget. Eksempelvis vil indholdet af vanddamp i luften være meget højere i anlæg, hvor der bruges store mængder vand, såsom bryggerier eller slagterier, end i en almindelig kontorbygning. Men luftens evne til at absorbere fugt i form af vanddamp er begrænset. Generelt kan det siges, at varm luft kan absorbere mere vand end kold luft. I praksis betyder det, at når atmosfærisk luft med en bestemt temperatur og et bestemt indhold af vanddamp afkøles omkring en kold rørledning, falder luftens evne til at absorbere vand (se figur 6).

Den faktiske mængde vanddamp i luften kaldes absolut fugtighed og måles i gram pr. kubikmeter luft (g/m3). Den maksimale fugtighed er den maksimale mængde vanddamp, der kan indeholdes i en kubikmeter luft. Den er temperaturafhængig, dvs. at mængden er mindre i koldere luft end i varmere luft. Eksempelvis kan luft ved 30 °C maksimalt absorbere 30,3 g vand, mens luft ved 5 °C kan absorbere maks. 6,8 g. Hvis mættet luft afkøles fra 30 °C til 5 °C, frigives 23,5 g vand. Normalt sættes den absolute fugtighed i forhold til den maksimale fugtighed for at få den relative fugtighed. Denne værdi ganges med 100, hvilket giver en procentværdi for den relative fugtighed. Symbolet herfor er det græske bogstav φ (phi).



Figur 6: Luft kan ikke absorbere en ubegrænset mængde vanddamp.

Dugpunktstemperatur og kondensdannelse

Da mængden af vanddamp ikke reduceres, efterhånden som luften afkøles, øges luftens mætningsgrad, når temperaturen falder. Ved en bestemt temperatur er luften 100 % mættet. Denne temperatur kaldes dugpunktstemperatur. Hvis luften nu fortsat afkøles på objektet, vil noget af vandet ikke længere blive absorberet i form af vanddamp (usynlig), men vil blive til flydende vand. Der dannes kondensvand, også kaldet perspiration. For at forhindre kondensdannelse er det nødvendigt at sørge for, at overfladetemperaturen på hele isoleringen altid er mindst lige så høj som (eller helst højere) end den omgivende lufts dugpunktstemperatur.

Vanddampsdiffusion

Vanddampdiffusion (kaldes også vanddamptransmission) er vanddampens naturlige bevægelse gennem bygnings- og isoleringsmaterialer. Drivkraften er forskellen i vanddamptryk på de to sider af en komponent. Vanddamp bevæger sig fra siden med det største tryk i retning mod trykgradienten. Vanddamptrykket afhænger af temperaturen og den relative fugtighed. Modstanden over for vanddampdiffusion, som også kaldes μ-værdien (udtales mu), angiver, hvor mange gange større diffusionsmodstanden i et lag byggematerialer er i forhold til et statisk luftlag med samme tykkelse. μ er en temperaturafhængig, dimensionløs egenskab. Jo lavere μ -værdien i et isoleringsmateriale er, desto desto større er forøgelsen af fugtindholdet i isoleringen på grund af diffusionsprocesser, som på deres side fører til et øget energitab.
Afhængigt af elastomertype har Armaflex en modstand over for vanddampdiffusion på op til μ = 10 000. I nogle tilfælde opnås værdier på op til μ = 20.000.

Vanddampdiffusionsækvivalent luftlagstykkelse

En anden egenskab for modstand over for vanddampdiffusion er vanddampdiffusionsækvivalenten luftlagstykkelse (sd-værdi). I modsætning til μ-værdien tages der her også højde for tykkelsen af byggematerialet. Det giver en klar beskrivelse af modstanden over for vanddampdiffusion ved at angive den tykkelse, som et statisk luftlag skulle have for at der kunne være den samme diffusionsstrøm under de samme betingelser som det materiale, der undersøges. Sd-værdien beskriver, hvor godt eller dårligt et byggemateriale fungerer som dampspærre. Som vist i figur 4 skulle det statiske luftlag være 190 m tykt for at opbygge den samme modstand over for vanddamptransmission som 19 mm AF/Armaflex.

Water vapour diffusion equivalent air layer thickness of various materials

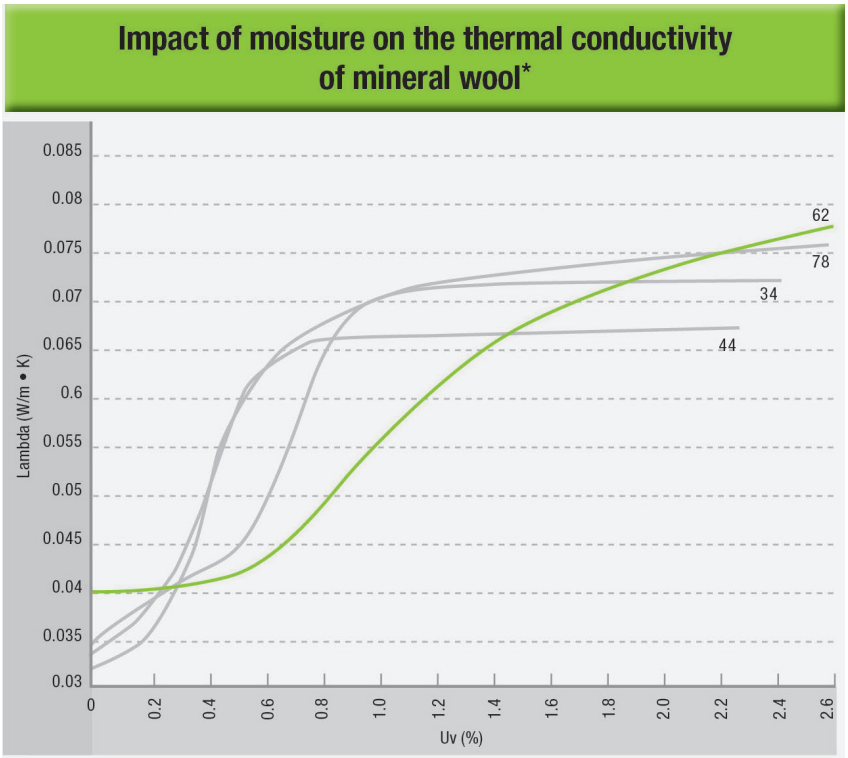
Insulation	Water vapour diffusion equivalent air layer thickness
Air μ ~1, s = 100 mm	s_d = 0.1 m
Mineral wool μ ~1, s = 100 mm	s_d = 0.1 m
Polyurethane μ ~100, s = 100 mm	s_d = 10 m
FEF μ ≥ 5 000, s = 100 mm s = 19 mm	s_d = 500 m, s_d = 95 m
AF/Armaflex μ ≥ 10 000, s = 100 mm s = 19 mm	s_d = 1 000 m, s_d = 190 m

Figur 7: Vanddampdiffusionsækvivalent luftlagstykkelse i forskellige

Høje energitab på grund af fugtabsorption

I kolde systemer er det vigtigt, at isoleringsmaterialet beskyttes mod indtrængning af fugt. Et materiales isoleringsevne forringes kraftigt af fugt. Ved valg og bestemmelse af isoleringens tykkelse i sådanne systemer er det derfor nødvendigt at have for øje, at der ved isoleringsmaterialer med en lav μ-værdi kan forekomme meget store energitab i løbet af levetiden på grund af indtrængende fugt. Vand har en meget højere varmeledningsevne end isoleringsmaterialer. Derfor medfører absorption af fugt altid en forøgelse af isoleringsmaterialets varmeledningsevne og en reduktion af dets isoleringsevne. Varmeledningsevnen øges med hver volumenprocent fugtindhold, og isoleringsvirkningen forringes. Følgerne er ikke blot et større energitab, men også et fald i overfladetemperaturen. Hvis denne kommer ned under dugpunktstemperaturen, vil der forekomme kondensdannelse. Kun hvis isoleringsmaterialets varmeledningsevne ikke øges væsentligt som følge af fugtindtrængning kan det garanteres, at overfladetemperaturen forbliver over dugpunktet selv efter mange års drift.

Forøgelse af isoleringsmaterialers varmeledningsevne afhængigt af fugtindholdet blev dokumenteret af Joachim Achtziger og J. Cammerer så tidligt som i 1980'erne. De undersøgte indvirkningen af fugt på forskellige mineraluldmaterialers isoleringsevne med en rå tæthed fra 34 til 78 kg/m³.



*Thermal conductivity of mineral wool with different densities vs. volumic water content

(Joachim Achtziger; J Cammerer: Einfluß des Feuchtegehaltes auf die Wärmeleitfähigkeit von Bau- und Dämmstoffen. Forschungsvorhaben Nr. BI5-800183-4. Stuttgart 1984.)

Figur 8: Indvirkningen af fugt på mineralulds varmeledningsevne

Det skal ikke se således ud: Isolering, som fungerer godt i begyndelsen, men hvor der dannes kondensvand eller – som her – endda is, når udstyret har været i drift et stykke tid.

Sådan skal det være: Egnede, korrekt dimensionerede isoleringsmaterialer forebygger kondensdannelse.

Isoleringsmaterialerne blev monteret på en kobberrørledning med en diameter på 35 mm, en ledningstemperatur på 60 °C og en omgivende temperatur på 22 °C. Som vist i figur 8 er varmeledningsevnen for mineraluldsisolering med en tæthed på 62 kg/m³ (grøn linje) 0,040 W/(m · K) ved et fugtindhold på 0 %, men øges til 0,075 W/(m · K), når fugtindholdet er 2.5 %. Selv ved en så begrænset fugtabsorption skulle isoleringstykkelsen øges til det firedobbelte (fra 30 mm til 120 mm) for at opnå den samme energibesparelse.

Fleksible elastomere isoleringsprodukter (FEF'er) har en struktur med fuldstændig lukkede celler og en høj modstandsdygtighed over for vanddampdiffusion. Ved Armacell-isoleringsmaterialer er dampspærren ikke koncentreret på tynd folie, men opbygget i hele isoleringstykkelsen – celle for celle. Det er derfor ikke nødvendigt med en separat dampspærre.

Større energibesparelse takket være optimal isolering

Forebyggelse af kondensdannelse på overfladen er et minimumskrav, som alle former for isolering skal opfylde på lang sigt og selv under kritiske forhold. Forudsætningen herfor er, at både materialet og håndværket er af høj kvalitet, og at der anvendes den korrekte isoleringstykkelse. Planlæggere og montører, der giver køb på kvaliteten for at holde omkostningerne nede, og som ikke anvender egnede materialer eller specificerer og monterer for tynde isoleringsmaterialer, løber en meget stor risiko.

Isoleringsmateriale i minimumstykkelse, som kun forebygger kondensdannelse, er normalt ikke optimalt med henblik på reduktion af energitab. Montering af tykkere isoleringsmateriale giver væsentlige større energi- og CO2-besparelser. Et højere isoleringsniveau – dvs. isoleringstykkelser, der går ud over kondensforebyggelse – kræver en lidt større investering, men denne tjenes ind i løbet af levetiden, og der opnås en væsentlig besparelse efter blot nogle få år.

AUTHOR

Georgios Eleftheriadis
Armacell Manager Technical Marketing EMEA

© copyright Armacell GmbH | KnowHow | InculationColdapplications | 20180328 | MASTER

Armacell GmbH
Robert-Bosch-Straße 10 • 48153 Münster Germany
Fon: +49 (0) 251 76030 • info.de@armacell.com
www.armacell.dk