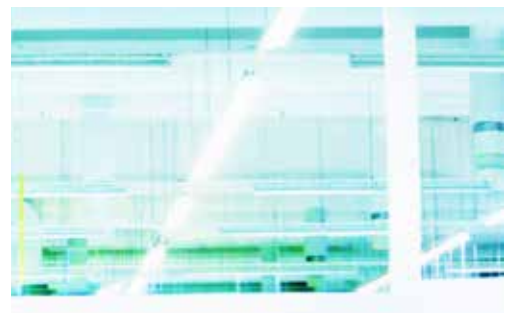


Bescherming tegen energieverliezen

Doorgaans is het niet te zien in hoeverre technisch isolatiematerialen bijdragen aan de bedrijfszekerheid van mechanische apparatuur. Toch zijn ze van groot belang: ze verhogen de energie-efficiëntie van de apparatuur, voorkomen condensvorming, zorgen voor bescherming tegen corrosie, verminderen geluidsemissies en houden industriële apparatuur in bedrijf.

www.armacell.nl



Isolatie
**verhoogt de
efficiëntie** van
mechanische
apparatuur



Waarom dient een technische installatie geïsoleerd te worden??

Doorgaans is het niet te zien in hoeverre technisch isolatiematerialen bijdragen aan de bedrijfszekerheid van mechanische apparatuur. Toch zijn ze van groot belang: ze verhogen de energie-efficiëntie van de apparatuur, voorkomen condensvorming, zorgen voor bescherming tegen corrosie, verminderen geluidsemisseries en houden industriële apparatuur in bedrijf. Het belang van een isolatiesysteem komt meestal pas aan het licht als het tekortschiet: ijs op pijpleidingen en vocht in verlaagde

plafonds als gevolg van condensvorming op apparatuur, bedrijfsstoringen die resulteren in duur onderhoud en stilstand, of een snel stijgend energieverbruik. Om maar een paar voorbeelden te noemen. In een studie van ExxonMobil Chemical kwam naar voren dat 40 tot 60% van de onderhoudskosten aan pijpleidingen voortvloeit uit corrosie onder de isolatie (CUI). Hoofdoorzaak is vochtig isolatiemateriaal, dat niet wordt opgemerkt.



Dit wilt u beslist niet: druppelende condensvorming uit het plafond.

In isolatietechniek maken we onderscheid tussen de isolatie van de gebouwstructuur en die van de technische uitrusting (sanitair en HVAC-apparatuur). De gebouwstructuur wordt thermisch geïsoleerd: de mate waarin verwarmde gebouwen afkoelen – of gekoelde gebouwen opwarmen – wordt zodoende tot een minimum beperkt, terwijl er een aangenaam binnenklimaat wordt gecreëerd. De facilitaire voorzieningen worden thermisch geïsoleerd, zodat die goed functioneren en de energiebehoefte vermindert. Bescherming tegen verlies van warmte of kou verhoogt in het algemeen dus niet alleen de energie-efficiëntie, maar zorgt er ook voor dat apparatuur langer bedrijfszeker blijft.

Bij het isoleren van verwarmings- en warmwaterleidingen gaat het vooral om energiebesparing, maar ook koude systemen (zoals koelwaterleidingen van airconditioningsystemen of aanzuigleidingen van commerciële diepvriezers) moeten worden beschermd tegen condensvorming en, daarmee samenhangend, tegen corrosie. Tegelijkertijd vermindert isolatie ook bij koude toepassingen verlies aan vermogen. Industriële apparatuur wordt geïsoleerd om productieprocessen te stabiliseren (bijv. om de voorgeschreven bedrijfstemperaturen te handhaven), om de effectiviteit van de apparatuur te verhogen en zodoende de kosten te verlagen. Bovendien beschermt isolatie de apparatuur tegen mechanische impact, verhoogt het de betrouwbaarheid op lange termijn en verlengt het de levensduur door de bedrijfscycli te reduceren. Het draagt ook bij aan de werkveiligheid door het verlagen van de oppervlaktetemperatuur, bijvoorbeeld van apparaten met hoge temperaturen. Daarnaast biedt technische isolatie bescherming tegen geluidshinder door lawaai van installaties te beperken en het binnenklimaat te verbeteren. Isolatiemateriaal moet voldoen aan de geldende brandveiligheidseisen, zelfs onder moeilijke omstandigheden eenvoudig te installeren zijn en – afhankelijk van het toepassingsgebied – zeer goed bestand zijn tegen chemicaliën en fysiologisch veilig zijn. Hieronder vindt u een gedetailleerd overzicht van de voornaamste eisen die aan technisch isolatiemateriaal worden gesteld en de belangrijkste fysische eigenschappen.

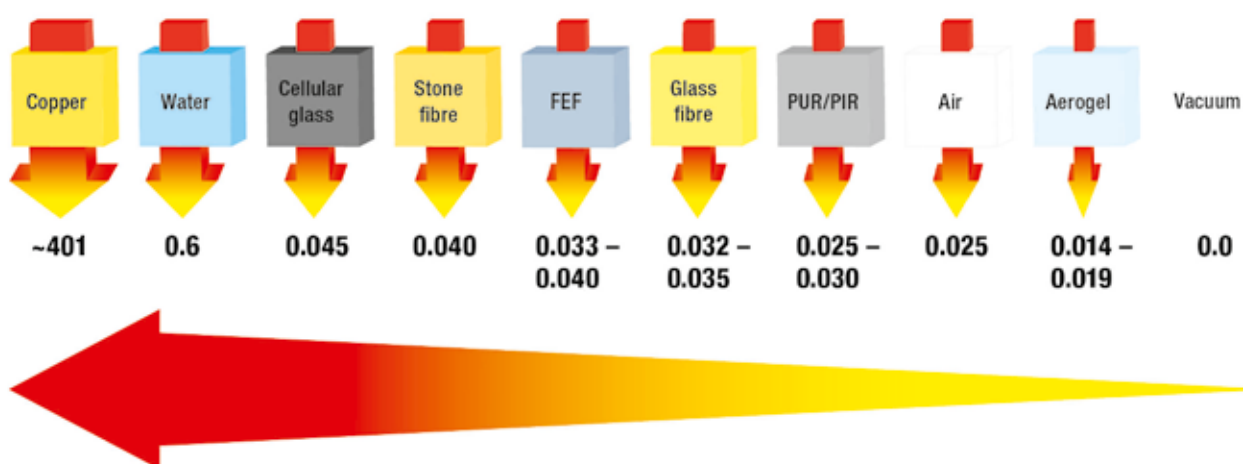
VERMINDERING VAN ENERGIEVERLIES

Technisch isolatiemateriaal minimaliseert energieverlies, d.w.z. warmte- of koudeverlies. Warmte wordt overgedragen door geleiding, convectie en straling. De belangrijkste fysische eigenschap voor beoordeling van isolatiemateriaal is de warmtegeleidingscoëfficiënt.

Warmtegeleidingscoëfficiënt

De warmtegeleidingscoëfficiënt is de hoeveelheid warmte die in één seconde door 1 m² van een 1 m dikke laag van een materiaal stroomt, wanneer het temperatuurverschil tussen de twee oppervlakken 1 K bedraagt. Hoe lager de thermische geleidbaarheid, hoe beter de isolatie-eigenschappen van een materiaal en hoe minder energie er wordt verspild. De eenheid van warmtegeleiding is watt per meter en per kelvin [W / (m · K)]; het symbool is de Griekse letter lambda (λ). De warmtegeleidingscoëfficiënt is een temperatuurafhankelijke materiaalconstante, d.w.z. hij gaat (licht) omhoog naarmate de temperatuur stijgt. Daarom geven

betrouwbare isolatiefabrikanten alleen de warmtegeleidingscoëfficiënt van hun producten aan in combinatie met de lijntemperatuur. Dit wordt doorgaans als index geschreven, bijvoorbeeld voor AF/Armaflex: $\lambda_{0^\circ\text{C}} \leq 0,033 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$. Flexibele elastomere isolatieproducten (FEF's) bezitten bijzonder goede isolerende eigenschappen. Afhankelijk van het type elastomeer ligt de warmtegeleidingscoëfficiënt tussen 0,033 en 0,040 W/(m · K) bij een lijntemperatuur van 0° C. Als een bepaalde warmtestroom nodig is (d.w.z. niet mag worden overschreden) kan ruimte worden bespaard via een variërende isolatiedikte.



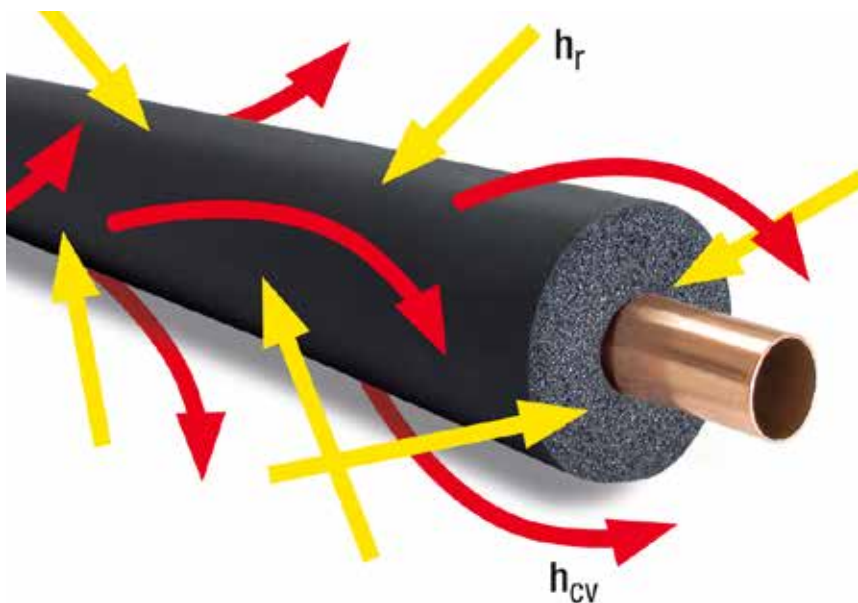
Afbeelding 2: De warmtegeleidingscoëfficiënt van verschillende materialen: hoe lager de λ -waarde, hoe hoger het isolatievermogen

Warmteoverdracht

De warmteoverdracht, d.w.z. het transport van warmte tussen een vloeistof en een massieve wand (bijv. de wand van een leiding of vat), wordt voornamelijk beïnvloed door convectie en straling en wordt aangeduid door de warmteoverdrachtscoëfficiënt. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de binnenste warmteoverdracht (d.w.z. de overdracht van warmte tussen leiding of opslagmedium en leiding of opslagwand) en de buitenste warmteoverdracht (d.w.z. de overdracht van warmte tussen leiding of opslagwand of het isolatiemateriaal ervan en het omringende medium). De warmteover-

drachtscoëfficiënt omvat meestal warmteoverdracht door convectie en warmteoverdracht door straling.

In tegenstelling tot de warmtegeleidingscoëfficiënt is de warmteoverdrachtscoëfficiënt geen materiaalconstante. Hij hangt af van het soort stromend medium, de stroomsnelheid, de oppervlaktestructuur (ruw of glad, glanzend of mat) en andere parameters.



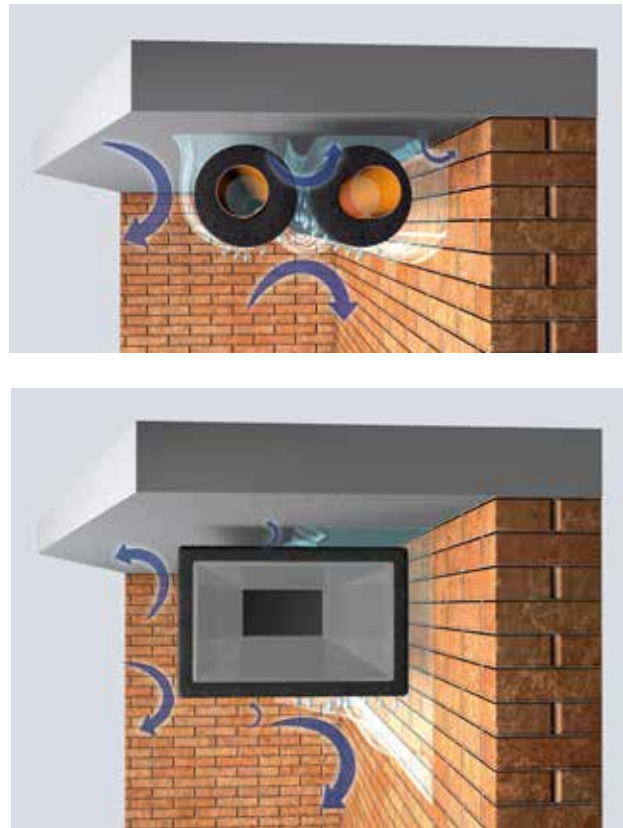
h_{cv} = heat transfer through convection

h_r = heat transfer through radiation

Afbeelding 3: Warmteoverdrachtscoëfficiënt

Convectie

Het convectieve deel van de warmteoverdrachtscoëfficiënt draagt aanzienlijk bij als het gaat om het voorkomen van condensvorming op het oppervlak van het isolatiemateriaal. Hoe sneller de omgevingslucht stroomt, des te meer warmte er wordt getransporteerd. Daarom is het heel belangrijk om er op toe te zien dat buizen en pijpleidingen niet te dicht bij elkaar of bij muren en andere installaties komen te liggen. Afgezien van de problemen bij het correct installeren van isolatiemateriaal – als dit het geval is – dreigt er ook nog het gevaar dat er een opbouwzone ontstaat. In deze zones wordt de luchtcirculatie (convectie) die nodig is voor een toereikende oppervlaktetemperatuur stopgezet, d.w.z. in deze zones is de warmteoverdrachtscoëfficiënt lager, omdat de convectiebijdrage afneemt. Hierdoor neemt het gevaar van condensvorming aanzienlijk toe.



Afbeelding 4: Convectie

„Het belang van een isolatiesysteem komt vaak pas aan het licht als het niet meer werkt: druipende of ijzige leidingen, vochtige verlaagde plafonds, corrosie onder de isolatie, een snel stijgend energieverbruik en zelfs ontwrichting van industriële processen. Niet zelden leidt het tot torenhoge kosten door onderhoud en productie-stilstand.“

Emissivity (ϵ) of various surfaces	
Material and surface condition	$\epsilon = a$
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

Afbeelding 5: Emissie- en opnamecoëfficiënten van oppervlaktes van verschillende materialen

Thermische straling

Thermische straling is een vorm van warmteoverdracht waarbij warmte wordt getransporteerd via elektromagnetische golven. Transport van energie door straling is niet gebonden aan één overdrachtsmedium. In tegenstelling tot thermische geleiding of convectie (warmtestroom) kan thermische straling zich ook in een vacuüm verspreiden. In het geval van thermische straling omvat het warmteoverdrachtsmechanisme twee subprocessen:

- Emissie: warmte wordt omgezet in stralingsenergie op het oppervlak van een object met een hogere temperatuur.
- Absorptie: de straling die het oppervlak van een object met een lagere temperatuur treft, wordt omgezet in warmte.

Donkergekleurde objecten stoten meer stralingsenergie uit dan lichtgekleurde. Aan de andere kant absorberen donkergekleurde objecten juist meer thermische energie dan lichtgekleurde.

De meeteenheid voor emissiewaarde van een materiaal is de emissiecoëfficiënt ϵ . De meeteenheid voor absorptievermogen is de absorptiecoëfficiënt a . De emissiewaarde van een object van een bepaalde kleur komt exact overeen met het absorptievermogen. Een volledig zwart object bezit de grootste absorberende of emitterende kracht. Afbeelding 5 laat de emissie- en absorptiecoëfficiënten zien van een aantal oppervlakken van isolatiesystemen. Uit de tabel blijkt dat de aard van het oppervlak van het isolatiemateriaal of de ommanteling – naast de invloed van andere lichtende objecten – de bijdrage van straling aS aan de warmteoverdrachtscoëfficiënt grotendeels bepaalt. Isolatiemateriaal op basis van synthetisch rubber absorbeert veel meer thermische energie dan bijvoorbeeld aluminiumfolie. Dit heeft een bijzonder positieve invloed op de isolatiedikte die nodig is voor de beheersing van condensvorming, d.w.z. hoe hoger het absorptievermogen, hoe dunner de isolatiedikte die nodig is om condensvorming te voorkomen.

BESCHERMING TEGEN HET BINNENDRINGEN VAN VOCHT

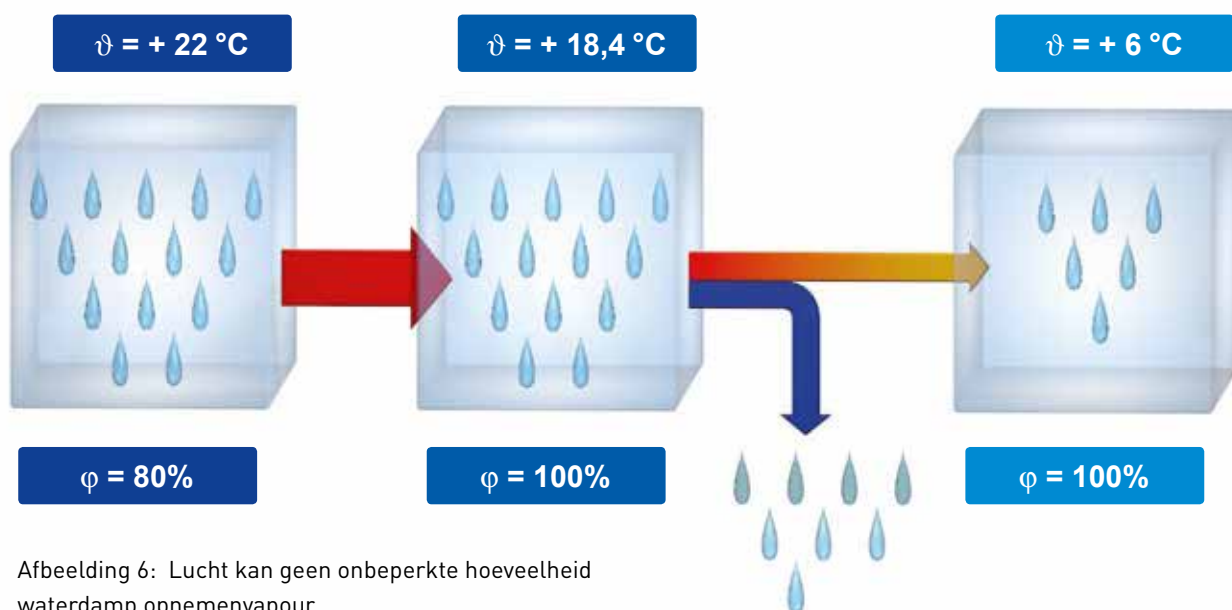
In koude toepassingen moet isolatie worden beschermd tegen binnendringend vocht. Enerzijds ontstaat er vocht door condensvorming op het oppervlak van leidingen met een lijntemperatuur lager dan de omgevingstemperatuur. Anderzijds kan, door het verschil in dampdruk, waterdamp in het isolatiemateriaal terechtkomen. Dat leidt dan al gauw tot vochtige isolatie.

Het voorkomen van condensvorming

De ons omringende lucht bestaat uit verschillende soorten gassen en waterdamp. Het waterdampgehalte van de lucht kan enorm uiteenlopen. In fabrieken waar veel water wordt gebruikt (bijv. brouwerijen of slachthuizen) is het waterdampgehalte in de lucht beduidend hoger dan in een doorsnee kantoorgebouw. Het vermogen van lucht om vocht in de vorm van waterdamp op te nemen is beperkt. In het algemeen kan gesteld worden dat warme lucht meer water kan opnemen dan koude lucht. In de praktijk betekent dit, dat het vermogen om water op te nemen afneemt,

wanneer atmosferische lucht met een bepaalde temperatuur en een bepaald waterdampgehalte afkoelt in de nabijheid van een koude leiding (zie figuur 6).

De werkelijke hoeveelheid waterdamp in de lucht heet de absolute vochtigheid en wordt gemeten in gram per kubieke meter lucht (g/m³). De maximale luchtvochtigheid geeft de maximale hoeveelheid waterdamp aan die in één kubieke meter lucht kan worden opgeslagen. Alles hangt af van de temperatuur: de dosis is kleiner in koudere dan in warmere lucht. Zo kan lucht bij 30°C maximaal 30,3 g water opnemen, en bij 5°C hooguit 6,8 g. Als verzadigde lucht afkoelt van 30 tot 5°C, komt er 23,5 g water vrij. Doorgaans wordt de absolute luchtvochtigheid afgezet tegen de maximale luchtvochtigheid om de relatieve luchtvochtigheid te bepalen. Deze waarde wordt met 100 vermenigvuldigd. Dit resulteert in een procentuele waarde voor de relatieve luchtvochtigheid. Het gehanteerde symbool is de Griekse letter φ (phi).



Afbeelding 6: Lucht kan geen onbeperkte hoeveelheid waterdamp opnemen

Dauwpunttemperatuur en condensvorming

De hoeveelheid waterdamp neemt niet af naarmate de lucht afkoelt, en dus neemt de mate van luchtverzadiging toe naarmate de temperatuur daalt. Bij een bepaalde temperatuur is de lucht 100% verzadigd. Deze temperatuur noemen we de dauwpunttemperatuur. Koelt de lucht nu verder af op het object, dan wordt een deel van het water niet meer geabsorbeerd in de vorm van (onzichtbare) waterdamp, maar wordt het vloeibaar. Er ontstaat condensvorming, ook wel bekend als perspiratiewater. Om condensvorming tegen te gaan, moet ervoor gezorgd worden dat de oppervlaktetemperatuur van de isolatie altijd minstens even hoog – of beter nog: hoger – is dan de dauwpunttemperatuur van de omgevingslucht.





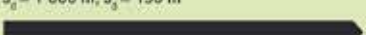
Waterdampdiffusie

Waterdampdiffusie (ook bekend als waterdamptransmissie) is de natuurlijke beweging van waterdamp door bouw- en isolatiematerialen. De stuwende kracht is het verschil in waterdampdruk op de beide kanten van een component. Vanaf de kant met de hogere druk beweegt waterdamp in de richting van de drukgradiënt. De waterdampdruk wordt bepaald door de temperatuur en de relatieve vochtigheid. De waterdampdiffusieweerstand, oftewel de μ -waarde (spreek uit als mu), geeft aan tot hoeveel maal hoger de diffusieweerstand van een laag bouw materiaal is in vergelijking met een statische luchtlaag van dezelfde dikte. μ is een temperatuurafhankelijke, dimensieloze materiaaleigenschap. Hoe lager de μ -waarde van een isolatiemateriaal, hoe hoger het vochtgehalte van de isolatie als gevolg van diffusieprocessen, wat weer leidt tot een verhoogd energieverlies.

Afhankelijk van het type elastomeer heeft Armaflex een waterdampdiffusieweerstand tot $\mu = 10.000$. In afzonderlijke gevallen worden waarden tot $\mu = 20.000$ bereikt.

Waterdampdiffusie-equivalente luchtlaagdikte

Een ander kenmerk van de waterdampdiffusieweerstand is de waterdampdiffusie-equivalente luchtlaagdikte (sd-waarde). In tegenstelling tot de μ -waarde wordt hierbij ook rekening gehouden met de dikte van het bouw materiaal. Het verschaft een heldere weergave van de weerstand tegen waterdampdiffusie door de weergave van de dikte die een statische luchtlaag zou moeten voor dezelfde diffusiestroom onder dezelfde omstandigheden als het te onderzoeken materiaal. De sd-waarde geeft aan hoe goed of slecht een bouw materiaal presteert als dampremmende laag. Zoals afbeelding 4 in beeld brengt, zou de statische luchtlaag 190 m dik moeten zijn om dezelfde weerstand tegen waterdampdiffusie op te bouwen als 19 mm AF/Armaflex.

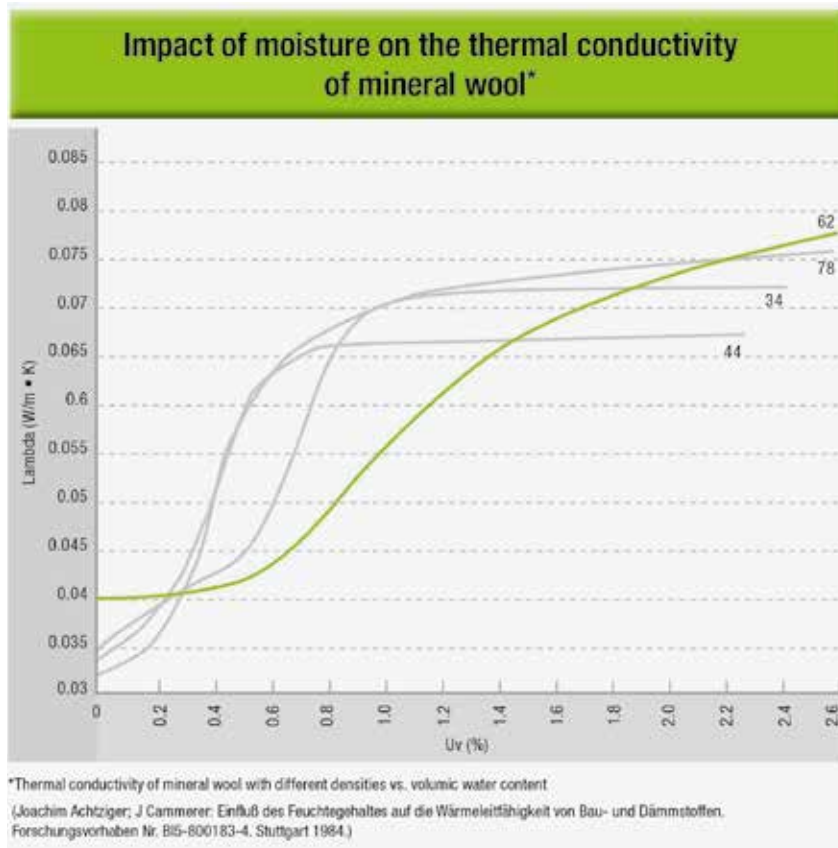
Water vapour diffusion equivalent air layer thickness of various materials	
Insulation	Water vapour diffusion equivalent air layer thickness
Air $\mu \sim 1, s = 100 \text{ mm}$	$s_d = 0.1 \text{ m}$ 
Mineral wool $\mu \sim 1, s = 100 \text{ mm}$	$s_d = 0.1 \text{ m}$ 
Polyurethane $\mu \sim 100, s = 100 \text{ mm}$	$s_d = 10 \text{ m}$ 
FEF $\mu \geq 5\,000, s = 100 \text{ mm}$ $s = 19 \text{ mm}$	$s_d = 500 \text{ m}, s_s = 95 \text{ m}$ 
AF/Armaflex $\mu \geq 10\,000, s = 100 \text{ mm}$ $s = 19 \text{ mm}$	$s_d = 1\,000 \text{ m}, s_s = 190 \text{ m}$ 

Afbeelding 7: Waterdampdiffusie-equivalente luchtlaagdikte van verschillende

Hoog energieverlies door vochtabsorptie

Bij koude toepassingen is het van wezenlijk belang dat het isolatiemateriaal beschermd wordt tegen binnendringend vocht. Vocht verzwakt de isolerende werking van een materiaal sterk. Bij het kiezen en bepalen van de isolatiedikte voor dergelijke toepassingen is het daarom noodzakelijk om helder voor ogen te houden dat in de loop van de gebruiksduur – als gevolg van binnendringend vocht – bij isolatiematerialen met een lage μ -waarde het energieverlies drastisch kan toenemen. Water heeft een veel hogere warmtegeleidingscoëfficiënt dan isolatiematerialen. Opname van vocht leidt daarom altijd tot verhoging van de warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolatiemateriaal en vermindering van het isolatievermogen. Bij elk vol.-% vochtgehalte neemt de warmtegeleidingscoëfficiënt toe en het isolatie-effect af. De gevolgen zijn niet alleen hogere energieverliezen, maar ook een daling van de oppervlaktetemperatuur. Als deze onder het dauwpunt valt, treedt er condensvorming op. Alleen als de warmtegeleidingscoëfficiënt van het isolatiemateriaal niet aanzienlijk toeneemt als gevolg van binnendringend vocht, kan gewaarborgd worden dat de oppervlaktetemperatuur ook na vele jaren van gebruik boven het dauwpunt blijft.

In de jaren tachtig van de vorige eeuw registreerden Joachim Achtziger en J. Cammerer al een toename van de warmtegeleidingscoëfficiënt van isolatiematerialen afhankelijk van het vochtgehalte. Zij bestudeerden de invloed van vocht op het isolatievermogen van verschillende minerale wol-isolatiematerialen met een ruwdichtheid van 34 tot 78 kg/m³.



Afbeelding 8: Het effect van vocht op de warmtegeleidingscoëfficiënt van minerale wol



Zo mag het niet zijn: isolatie die aanvankelijk goed presteert, maar waarop condens- of – zoals hier – zelfs ijsvorming ontstaat, nadat de apparatuur enige tijd in bedrijf is geweest.

En zo moet het wél zijn: adequate, correct bemeten isolatiematerialen gaan condensvorming tegen.



Het isolatiemateriaal werd aangebracht op een koperen leiding met een doorsnee van 35 mm, een lijntemperatuur van 60°C en een omgevingstemperatuur van 22°C. Zoals afbeelding 8 laat zien is de warmtegeleidingscoëfficiënt van minerale wol-isolatie met een dichtheid van 62 kg/m³ (groene lijn) 0,040 W/(m · K) bij 0% vochtgehalte, maar stijgt die tot 0,075 W/(m · K) bij een vochtgehalte van 2,5%. Om dezelfde energiebesparing te realiseren, zelfs bij een dergelijke geringe vochtopname, zou de isolatie verviervoudigd moeten worden (van 30 mm naar 120 mm).

Flexibele elastomere isolatieproducten (FEF's) hebben een volledig gesloten celstructuur en een hoge weerstand tegen waterdampdiffusie. Bij Armacell isolatiemateriaal is de dampremmende laag niet geconcentreerd op een dunne folie of iets dergelijks, maar dwars door de hele isolatiedikte heen opgebouwd – cel na cel. Een afzonderlijke dampremmende laag is daarom niet nodig.

Meer energiebesparing dankzij optimale isolatie

Het voorkomen van condensvorming op het oppervlak is een minimale voorwaarde. Elke vorm van isolatie moet daaraan voldoen, zelfs onder de zwaarste omstandigheden. Essentieel hiervoor zijn een hoge materiaal- en afwerkingskwaliteit en een correcte dikte van de te installeren isolatie. Bestekschrijvers en installateurs die genoeg nemen met een mindere kwaliteit om de kosten te drukken, die niet de juiste materialen gebruiken of te dunne isolatiediktes specificeren en installeren, nemen een risico dat niet te overzien is.

Minimale isolatiediktes, die enkel condensvorming tegengaan, zijn doorgaans niet ontworpen voor het verminderen van energieverlies. Het aanbrengen van dikkere isolatielagen resulteert in aanzienlijk hogere energie- en CO₂-besparingen. Hogere isolatieniveaus – d.w.z. isolatiediktes die verder gaan dan alleen het beheersen van condensvorming – vergen iets hogere investeringen. Maar deze betalen zich al na een paar jaar terug in de vorm van aanzienlijke financiële besparingen, terwijl de levensduur wordt verlengd.



AUTHOR

Georgios Eleftheriadis

Armacell Manager Technical
Marketing EMEA

Alle gegevens en technische informatie zijn gebaseerd op resultaten die zijn behaald onder specifieke condities volgens de betreffende testnormen. De klant is er zelf verantwoordelijk voor dat gecontroleerd wordt of het product geschikt is voor de beoogde toepassing. De verantwoordelijkheid voor professionele en correcte installatie en naleving van de relevante bouwvoorschriften ligt bij de klant. Armacell doet er alles aan om de juistheid van de gegevens in dit document te garanderen en alle verklaringen, technische informatie en aanbevelingen in dit document worden geacht correct te zijn op het moment van publicatie. Door het bestellen/afnemen van de producten aanvaardt u de Algemene Verkoopvoorwaarden van Armacell voor uw betreffende regio. U kunt hiervan een exemplaar aanvragen als u deze nog niet hebt ontvangen.

© Armacell, 2020. © and TM zijn handelsmerken van de Armacell Group en zijn geregistreerd in de Europese Unie, de Verenigde Staten van Amerika, en overige landen.
00415 | Part-2 Cold applications | KnowHow | 092020 | EMEA | NL

OVER ARMACELL

Als uitvinder van flexibel schuim voor de isolatie van apparatuur en als marktleider op het gebied van speciaal ontwikkelde schuimen, ontwikkelt Armacell innovatieve en veilige thermische, akoestische en mechanische oplossingen die een duurzame meerwaarde voor afnemers opleveren. De producten van Armacell leveren een belangrijke bijdrage aan de internationale energie-efficiëntie en zorgen dagelijks overal ter wereld voor een beslissend verschil. Met 3.100 medewerkers en 24 productiefaciliteiten in 16 landen is de onderneming actief in twee hoofdsectoren: Advanced Insulation en Engineered Foams. Armacell concentreert zich op isolatiemateriaal voor technische voorzieningen, high-performance schuimen voor high-tech en lichtgewicht toepassingen en de nieuwste technologische ontwikkeling met aerogel dekens.

Meer informatie vindt u op:
www.armacell.nl

 **armacell**[®]
MAKING A DIFFERENCE AROUND THE WORLD