

Isolatie op basis van reflectie – hoe werkt dat? (3)

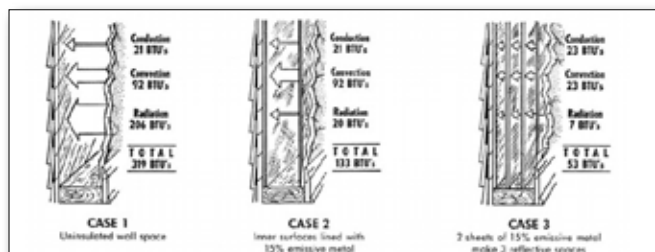
In een serie van drie artikelen zet Léon Tummers van IsoBOOSTER de werking van reflecterende folies uiteen. In de eerdere afleveringen werden de verschillende manieren van warmtetransport beschreven, en werden enkele rekenkundige begrippen uiteengezet. Maar hoe zit het met het warmtetransport door gevels en daken? Daarover gaat dit laatste deel.

Léon Tummers, IsoBOOSTER

Afhankelijk van de richting van een warmtestroom, naar boven, naar beneden of horizontaal zoals door wanden, is straling verantwoordelijk voor het grootste deel van alle warmtetransport. 50 tot 93% van alle warmtetransport gebeurt via straling. De mate waarin is afhankelijk van de rol die convectie (luchtverplaatsing) speelt in de diverse omstandigheden.

Muren en daken zijn meestal voorzien van een spouw of luchtruimte. Dit zorgt voor een minimalisering op het gebied van conductie (geleiding). Echter, conductie is slechts verantwoordelijk voor 5 tot 7% van alle warmtetransport in willekeurige richtingen. Convectie (luchtverplaatsingen) neemt al een groter deel in bij warmtetransport: ongeveer 15 tot 28% in wanden en tot 45% in plafonds en daken. Straling blijft echter in alle gevallen grootaandeelhouder. Daarom is door het beperken van straling de grootste isolatiewinst te behalen. Toch wordt dit vaak over het hoofd gezien.

Eén laag aluminium in het midden van een spouwconstructie verdeelt deze spouw in twee temperatuurzones en creëert op deze manier twee effectieve stralingsbarrières op hetzelfde moment. Eentje aan elke zijde van de folie. Dit is onafhankelijk van de richting van de horizontale warmtestroom. De kant die gericht is op de warme zijde zal slechts 3% absorberen en 97% reflecteren. Tegelijkertijd en onafhankelijk zal de andere zijde 3% doorstralen / emitteren.



Een warmtestroom van boven naar beneden

Een warmtestroom van boven naar beneden bij een horizontale spouw, bijvoorbeeld in daken, brengt een specifieke eigenschap

met zich mee: de afwezigheid van convectie (luchtstroming). Door het ontbreken van convectie is er een aanzienlijk verschil in conductie (warmtegeleiding); die neemt af bij een neerwaartse warmtestroom door een luchtlaag. Waarom? Omdat er geen neerwaartse convectie bestaat. Verwarmde lucht is lichter dan koude lucht en stijgt. Een conductiestroom via lucht in deze situatie, door bewegende luchtmoleculen, is verwaarloosbaar; er blijft slechts nog sprake van stralingswarmte door de horizontale luchtspouw. Dus: bij alle warmtetransport tussen twee horizontale, vlakke oppervlakken, waarbij het bovenste oppervlak warm is en het onderste koud, is alleen sprake van conductie (warmtegeleiding) en straling. In alle andere gevallen is er sprake van alle drie de fenomenen: convectie, conductie (warmtegeleiding) en stralingswarmte.

Nu we dit weten, is de toepassing van een reflecterende laag onder het dak niet meer dan logisch. Immers: we houden op deze manier in de zomer 97% van de straling via het dak buiten en de ruimten koel. 's Winters is er minder energie nodig om de ruimten warm te houden. Bovendien kunnen de materialen geen warmte in zichzelf opslaan. Dit betekent dat 's zomers, gedurende hete dagen, 's nachts geen warmte wordt afgegeven (dit in tegenstelling tot minerale wollen en schuimen). Dit betekent in de zomer dus een besparing op de airconditioning.

Stilstaande of 'dode' lucht

Echt stilstaande lucht bestaat alleen in theorie. Alles in het universum beweegt en trilt continu. Ook die dikke steen langs het water en ook de stilstaande lucht in een perfect afgesloten ruimte. Afgezien van de situatie waarin de warmtestroom van boven naar beneden gaat, is convectie onvermijdelijk bij temperatuurverschillen tussen twee oppervlakken. Daarnaast is het zo dat lucht altijd een bepaalde massa heeft, waardoor bij temperatuurverschillen altijd een vorm van conductie (warmtegeleiding) optreedt. Ten slotte zou ook bij 'stilstaande lucht' straling voor 50% tot 93% verantwoordelijk blijven voor warmtedoorgave in willekeurige richtingen. Zelfs door een (absoluut) vacuüm beweegt warmtestraling zich vrij, zoals het dat ook doet door de ruimte.

Ruwheid oppervlak verhoogt conductie

Oppervlakteconductie (warmtegeleiding) neemt toe met de ruwheid van een oppervlakte. Hoe ruwer een oppervlak is, hoe meer netto oppervlak er is door de onregelmatigheden en meer contactoppervlak voor convectie en conductie (warmtegeleiding). Daarom wordt er voor koeling in pc's en elektronica altijd met koelribben gewerkt. Denk ook aan een radiator in de auto die voorzien is van zoveel mogelijk oppervlak. Het warmtetransport door convectie en conductie (warmtegeleiding) wordt dus bepaald door de oppervlaktestructuur, de hoeveelheid convectie en het temperatuurverschil tussen de convectielucht en het oppervlak. Hoe gladder een oppervlak is, des te minder de bijdrage aan de conductie (warmtegeleiding).

Conductie (warmtegeleiding) in luchtspouwen

De conductie (warmtegeleiding) in een luchtspouw is afhankelijk van het temperatuurverschil, de hoogte, de diepte, de hellingshoek en de soort- en gesteldheid van de oppervlakken in een spouw. Voor zover het stralingsoverdracht betreft maakt de richting van de stroom niets uit. Anders is het bij convectie.

Empirisch onderzoek heeft plaatsgevonden om uit te vinden welke breedte bij gewone spouwen en spouwen voorzien van reflecterend materiaal, de beste isolatiewaarde opleveren. Tevens is onderzocht welke invloed oppervlakte temperatuurverschillen en gemiddelde temperatuurverschillen hebben op de isolatiewaarden van een spouw. Geconstateerd wordt dat wat betreft stralingsoverdracht de breedte van een spouw er bijna niet toe doet. Wel temperatuurverschillen.

Conductie (warmtegeleiding) en convectie (luchtstroming) worden wél beïnvloed door de breedte van een luchtspouw en temperatuurverschillen, maar niet door de warmte uitstraling. De richting van de warmtestroom beïnvloedt alleen de convectie. Bij een horizontale warmtestroom, zoals bij spouwmuren, daalt de conductiefactor in een verticale toepassing bij een toenemende breedte tot een breedte van 20mm. Boven de 20mm en beneden de 30mm wordt het verschil minder tot verwaarloosbaar. Vanaf 30mm weer beter. Tevens is waargenomen dat spouwruiden die kleiner zijn dan 4,5 mm bijna 100% de curve van pure conductie (warmtegeleiding) volgen, dus alsof er geen spouw is. Dit geldt bij alle richtingen van warmtestromen.

Horizontale warmtestroom door reflectiespouw

Om de minste conductie (warmtegeleiding) te hebben in een verticale (reflectieve) spouw is de optimale breedte ongeveer 20mm. Wordt de spouw smaller gemaakt, bij dezelfde temperaturen, dan blijft de stralingswarmte gelijk en zal de convectie afnemen. De maximale isolatiewaarde kan worden bereikt door een serie van reflectiefolies op een vaste afstand van 8mm van elkaar te zetten bij een horizontale warmtestroom. Hoewel deze afstand kleiner is dan de optimale 20mm, resulteert deze opdeling in een temperatuurdaling per laag waardoor zowel convectie als het gemiddelde vermogen van de aluminiumfolie omlaag gaat (met de vierde macht van de absolute temperatuur in Kelvin). Bij optimale

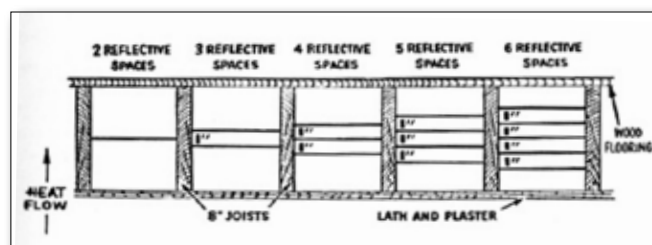
multifolies worden deze afstanden gerespecteerd. De bijbehorende isolatiewaarden zijn gestandaardiseerd in de ISO 6946 en NEN 1068.

Verticale warmtestromen door een reflecterende spouw

De isolatiewaarde van een luchtspouw, zowel bij een opwaartse als bij een neerwaartse warmtestroom, zal beter worden naarmate de spouwafstand groter wordt. De meeste winst wordt gehaald in de eerste 20mm. Uitgezonderd de situatie van een neerwaartse warmtestroom, zal het verschil in toenemende isolatiewaarde van een reflecterende horizontale spouw toenemen met minder dan 15% voor elke afstand groter dan 20mm.

Veel belangrijker is het feit dat de isolatiewaarde van een reflectiespouw, met een willekeurige warmtestroomrichting, significant beter wordt indien de temperatuur van de tegenovergestelde oppervlakken daalt. En daarmee daalt ook de convectie. Dit is belangrijk omdat (behalve bij neerwaartse warmte) het halveren van de temperatuur veel effectiever is dan het variëren met spouwafstanden.

Dit is ook de reden, dat bij méér lagen reflecterende folies achter elkaar (bij een opwaartse- of zijdelingse warmtestroom) er sprake is van een aanzienlijke meeropbrengst van de isolatiewaarde. Laten we dit bekijken a.d.h.v. een voorbeeld:



Laten we uitgaan van een opwaartse warmtestroom tegen een plafond zoals dat voor velen een bekende situatie zal zijn. Laten we uitgaan van een balkenlaag van ongeveer 20 cm hoog met normale, constante oppervlaktetemperaturen. Op de tekening is het eerste compartiment verdeeld in twee gelijke ruimtes door middel van een reflecterende folie. Het tweede compartiment is verdeeld in drie stukken met een afstand van 20 mm tussen de twee reflecterende folies. De opdeling loopt zo door totdat er uiteindelijk 6 ruimtes ontstaan tussen de balken. We zullen constateren dat de isolerende waarde van elk van de vijf compartimenten zal toenemen al naar gelang er meer folies worden toegepast. Met andere woorden: elke laag van 20 mm tussen de balken in het vijfde compartiment heeft een grotere isolerende waarde dan dezelfde 20 mm in een compartiment met minder opdelingen. Dit betekent dat de totale isolatiewaarde in het vijfde compartiment meer dan 2 keer beter is (200%) dan de drie lagen in het tweede compartiment. De verklaring is eenvoudig: bij elke laag neemt het verschil in temperatuur af en daarmee het uitgestraalde vermogen. Tevens wordt de convectiestroom beperkt. Conclusie: Hoe meer lagen, hoe minder de last van temperatuurverschil per laag, hoe groter de isolatiewaarde. ●