



Goede praktijken bij thermische isolatie in stoomtoepassingen

Voorwoord

In de 18^{de} eeuw verbood Jantjes vader, in het gedicht van Hieronymus van Alphen, Jantje het pruimen plukken, al waren ze als eieren zo groot.

In de 21^{ste} eeuw zou het van slecht huisvaderschap getuigen het laaghangend fruit niet te plukken, toch zeker wat maatregelen voor energiebesparing betreft.

Thermische isolatie in stoomtoepassingen is zeker te beschouwen als laaghangend fruit en moet dus geplukt worden. Deze brochure start vanuit een theoretische uitleg van een aantal noodzakelijke isolatiebegrippen, en gaat al snel over naar een aantal besparingsberekeningen die duidelijk maken dat het besparingspotentieel, ook bij uw stoomtoepassingen, aanzienlijk is. Na het lezen van deze brochure weet u welke soorten isolatiematerialen toegepast kunnen worden en hoe ze correct geplaatst en onderhouden moeten worden. Tot slot illustreren een aantal praktijkvoorbeelden ook het mooie besparingspotentieel.

In de 18^{de} eeuw kreeg Jantje op het einde van het gedicht toch een hoed vol pruimen van zijn vader. Zorg dat u, na het lezen van deze brochure, ook zo spoedig mogelijk de vruchten plukt van de energiebesparing door het isoleren van uw stoomtoepassingen.

Luc Peeters
Administrateur-generaal.

Colofon

Verantwoordelijke uitgever : Luc Peeters, Administrateur-generaal
Vlaams Energieagentschap
Koning Albert II-laan 20 bus 17
1000 Brussel

Redactie : ENERGIK vzw

Depotnummer : D/2018/3241/202

Uitgave : juli 2018

Algemene inleiding omtrent thermische isolatie in stoomtoepassingen

Een lichaam dat een hogere temperatuur heeft dan zijn omgeving, zal warmte verliezen aan die omgeving door het temperatuurverschil.

De hoeveelheid warmte die het lichaam verliest, zal proportioneel zijn met het temperatuurverschil. In stoomtoepassingen hebben de wanden van leidingen, appendages en installaties een hogere temperatuur dan hun omgeving.

Om de warmteverliezen te beperken, krijgen deze installaties daarom een isolatielaag. Die isolatielaag draagt bovendien bij tot de veiligheid van de personen die rond deze installaties werken.

Bij stoomleidingen die gesatureerde stoom transporteren, verandert de stoom in condensaat door het warmteverlies.

Om waterslag te vermijden, zijn daarom condenspotten nodig op bepaalde afstanden. Als een leiding niet geïsoleerd is, ontstaat er veel meer condensaat en zijn er dus meer maatregelen nodig om dit condensaat af te leiden. Daarom vormt de isolatie van de leiding een betere oplossing.

De warmte in een installatie kan op drie manieren worden overgedragen van de wanden naar de omgeving ^[5] :

- **conductie** : de moleculen in een materiaal geven de warmte door aan elkaar. De warmte wordt geleid doorheen het materiaal.
- **Convectie** : de warmte wordt overgedragen door de stroming van een relatief kouder fluïdum over de wanden. Dit gebeurt gedeeltelijk door conductie, maar het grootste deel van de warmteoverdracht is afkomstig van de uitwisseling tussen bewegende warme en koude fluïdummassa's.
- **Thermische straling** : de warmte straalt van de installatie naar de omgeving uit via elektromagnetische golven waarbij dus geen medium nodig is om de warmte over te dragen.

Het doel van isolatie is om deze drie manieren van warmteoverdracht zoveel mogelijk te beperken. De ideale isolatie heeft een heel lage conductiecoëfficiënt (bijvoorbeeld vacuüm), gesloten cellen of geen fluïdum aan de wand (waarvoor er geen convectie kan optreden) en reflecteert de straling naar de installatie ^[4].

In de praktijk komt het er op neer om een isolatiemateriaal aan te brengen op de warme wanden van de installatie met een zeer lage warmtegeleidingscoëfficiënt (λ -waarde).

Hierdoor zal de temperatuur van het oppervlak van het isolatiemateriaal, dat in contact staat met de omgeving, veel lager zijn dan die aan de wand, waardoor ook de convectie en straling aan dit oppervlak vermindert.

Enkele belangrijke begrippen gerelateerd aan de isolatiewaarde ^[4] :

- **λ -waarde** : dit is de warmtegeleidingscoëfficiënt, uitgedrukt in de hoeveelheid warmte (J) die zich per tijdseenheid (s) bij een temperatuurverschil van 1 K doorheen een materiaal van 1 m dik en met een oppervlakte van 1 m² kan verplaatsen. De eenheid is dus

W/mK. Hieruit volgt dat hoe lager deze λ -waarde, hoe beter de isolerende eigenschappen van het materiaal. Deze waarde is dus een materiaaleigenschap en niet afhankelijk van de afmetingen van het materiaal.

- **R-waarde** : dit is de warmteweerstandcoëfficiënt uitgedrukt in m²K/W en is afhankelijk van de dikte van het materiaal en de warmtegeleidingscoëfficiënt. Het geeft aan hoe goed een bepaalde dikte van een materiaal thermisch isoleert.

Deze begrippen kunnen worden samengevat met de volgende vergelijkingen, waar \dot{Q} het warmteverlies is, A de oppervlakte van de isolatie, d de dikte van het isolatiemateriaal en de temperaturen van de wand en het oppervlak van de isolatie in contact met de omgeving :

$$\dot{Q} = \frac{(\lambda_{\text{waarde}} A)}{d} (T_{\text{wand}} - T_{\text{isolatieoppervlak}}) = A \frac{(T_{\text{wand}} - T_{\text{isolatieoppervlak}})}{R_{\text{waarde}}}$$

Materialen met een relatief lage warmtegeleidingscoëfficiënt worden dus isolatiematerialen genoemd. Om deze lage λ -waarde te bekomen, hebben deze materialen vaak een grote porositeit en zijn dan een mengsel van een vaste stof en gas, meestal lucht.

De reden hiervoor is dat de thermische geleidbaarheid van stilstaande gassen veel lager is dan die van vaste stoffen. De conductiviteit van een isolatiemateriaal zal dus afnemen met een toenemende porositeit. De warmteoverdracht in zo een porie gevuld met een gas in het materiaal, gebeurt ook op de drie bovenvermelde manieren ^[6].

De λ -waarde van een materiaal is niet constant met de temperatuur. De drie manieren van warmteoverdracht binnen het isolatiemateriaal zijn namelijk als volgt afhankelijk van de temperatuur :

- de straling zal belangrijk worden bij hoge temperaturen
- de conductie doorheen de poriën zal dalen bij een toenemende temperatuur en dus dalende massadichtheid van het gas in de poriën
- de natuurlijk convectie in de poriën neemt toe bij een stijgende temperatuur, maar dit wordt enigszins tegengewerkt door de stijgende viscositeit van het gas.

Als algemene regel kan gesteld worden dat de λ -waarde van een materiaal stijgt met de temperatuur ^[6].

Het energiebesparingspotentieel

Thermische isolatie vermindert het energieverlies. Nu rest de vraag nog hoeveel energie er juist wordt bespaard en of de investering snel en binnen een bepaalde periode terugverdiend kan worden.

Om het energiebesparingspotentieel te bepalen in een stoominstallatie, maakt men hieronder een onderscheid tussen stoom- en condensaatleidingen enerzijds en appendages anderzijds.

Stoomleidingen

Stoomleidingen en condensaatleidingen staan op een hogere temperatuur dan de omgeving waardoor er een constante warmteoverdracht is van het medium naar de omgeving.

Door het aanbrengen van isolatie zal de warmteoverdrachtsweerstand tussen het medium en zijn omgeving toenemen en zo leiden tot lagere energieverliezen.

In tabel 1 staan referentiewaarden voor de energieverliezen van niet-geïsoleerde leidingen. Deze waarden komen uit het

| diameter leiding (mm) | stoomdruk (barg) | | | |
|-----------------------|------------------|-------|-------|-------|
| | 1 | 10 | 20 | 40 |
| 25 | 1,36 | 2,78 | 3,67 | 4,83 |
| 50 | 2,31 | 4,69 | 6,17 | 8,19 |
| 100 | 4,06 | 8,31 | 10,94 | 14,67 |
| 200 | 7,22 | 15,06 | 19,83 | 26,61 |
| 300 | 10,31 | 21,50 | 28,42 | 38,31 |

| | stoomdruk (barg) | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|
| | 1 | 10 | 20 | 40 |
| energieverlies per meter leiding (W/m) | 477 | 977 | 1288 | 1724 |
| aardgasverbruik per jaar (MWh/m) | 4,51 | 9,23 | 12,16 | 16,29 |
| prijs aardgasverbruik per jaar (€/m) | 90,12 | 184,57 | 243,21 | 325,72 |
| CO ₂ -emissie per jaar (kg/m) | 701 | 1436 | 1892 | 2534 |

| | niet-geïsoleerd | 25 mm isolatie | 50 mm isolatie |
|--|--|----------------|----------------|
| | energieverlies per meter leiding (W/m) | 850 | 90 |
| aardgasverbruik per jaar (MWh/m) | 8,03 | 0,85 | 0,53 |
| prijs aardgasverbruik per jaar (€/m) | 160,56 | 17,00 | 10,58 |
| CO ₂ -emissie per jaar (kg/m) | 1248,9 | 132,2 | 82,3 |

| bedrijfstemperatuur (° C) | diameter van leiding waarin de kraan gemonteerd is (mm) | | | | | |
|---------------------------|---|------|------|------|------|------|
| | 75 | 100 | 150 | 200 | 255 | 305 |
| 95 | 230 | 315 | 450 | 640 | 840 | 955 |
| 150 | 495 | 670 | 970 | 1405 | 1815 | 2110 |
| 205 | 840 | 985 | 1700 | 2430 | 3165 | 3660 |
| 260 | 1305 | 1800 | 2635 | 3805 | 4950 | 5770 |
| 315 | 1945 | 2640 | 3895 | 5625 | 7380 | 8580 |

referentiedocument over goede praktijken voor energie-efficiëntie van de Europese commissie [7].

Tabel 2 biedt een overzichtelijk voorbeeld in termen van aardgasverbruik, prijs van aardgasverbruik en CO₂-productie per jaar en per meter, op basis van de gegevens in tabel 1 voor een 100mm diameter leiding.

De gegevens zijn berekend aan de hand van 8500 bedrijfsuren van de installatie, een rendement van 90%, een calorische bovenwaarde (CBW) van 11,57 kWh/m³ en een gasprijs van 20 euro/MWh.

Door isolatie aan te brengen, kan men deze verliezen terugdringen met 90-95% [5]. Tabel 3 biedt ter illustratie een overzicht van de energiebesparingen die resulteren uit het aanbrengen van respectievelijk 25 mm en 50 mm isolatie op een leiding, berekend met eenzelfde bedrijfsuren, rendement, CBW en aardgasprijs als hierboven vermeld.

Tabel 5 : winsten door aanbrengen van een mantel met 25 mm isolatie op niet-geïsoleerde klep van 100 mm uit de gegevens van tabel 4

| | stoomtemperatuur (° C) | | | | |
|--|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 95 | 150 | 205 | 260 | 315 |
| energieverlies per meter leiding (W/m) | 315 | 670 | 985 | 1800 | 2640 |
| aardgasverbruik per jaar (MWh/m) | 3,00 | 6,30 | 9,30 | 17,00 | 24,90 |
| prijs aardgasverbruik per jaar (€/m) | 59,50 | 126,56 | 186,06 | 340,00 | 498,67 |
| CO ₂ -emissie per jaar (kg/m) | 463 | 984 | 1447 | 2645 | 3879 |

Appendages

In tegenstelling tot leidingen worden de appendages zoals kranen, dichtingen, flenzen, condenspotten ... in stoominstallaties vaak niet standaard geïsoleerd omdat deze appendages wel bereikbaar moeten zijn bij onderhoud en reparaties.

Maar deze niet-geïsoleerde appendages veroorzaken grote energieverliezen, die men eenvoudig kan terugdringen met 80-85% door het aanbrengen van een gepaste isolatiehoes [5][9].

Vanuit hetzelfde referentiedocument van de Europese Commissie als de verliezen van stoomleidingen, werd tabel 4 afgeleid over de energiebesparing die het isoleren van appendages kan opleveren.

Als voorbeeld rekent tabel 5 deze energiebesparing op

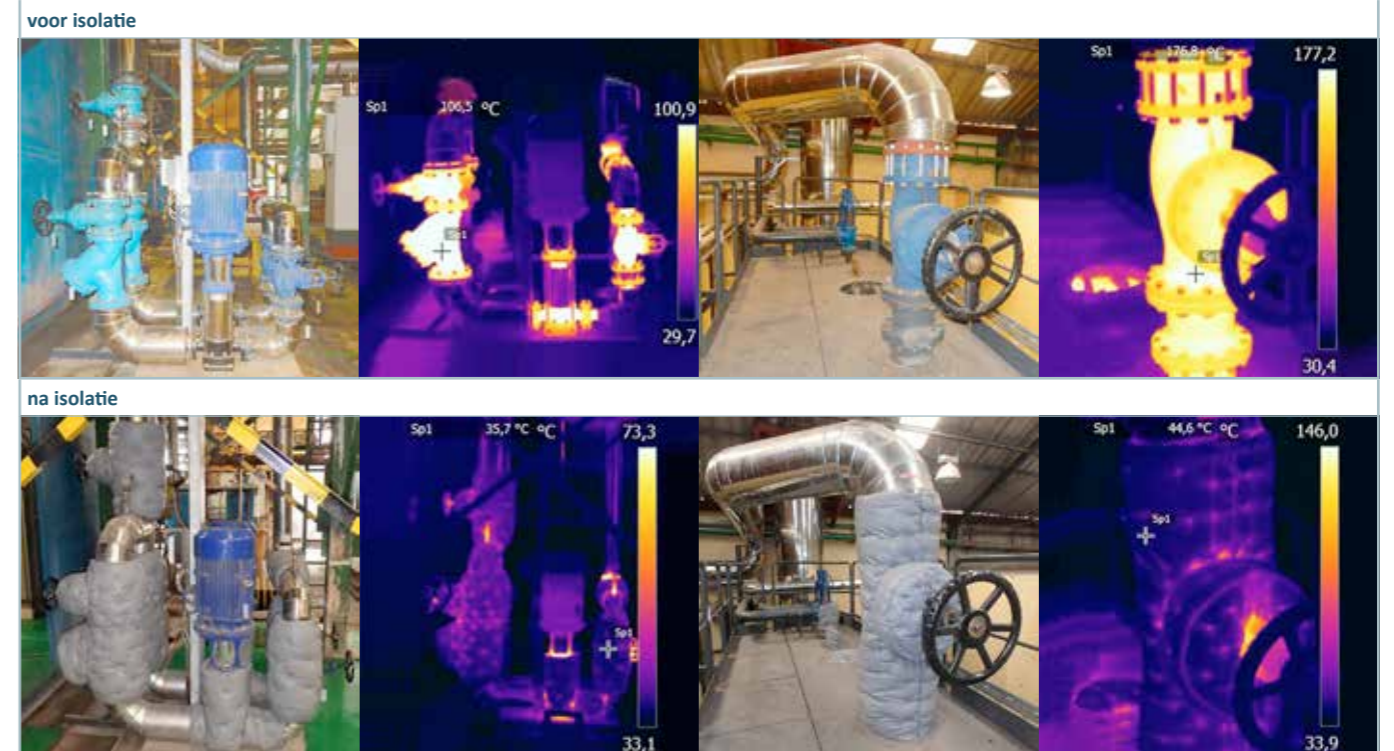
nieuw om naar een equivalent aardgasverbruik en CO₂-productie voor een kraan met een diameter van 100 mm, met dezelfde gegevens als in de andere voorbeelden.

Energieverliezen van appendages kan men als vuistregel uitdrukken in een equivalent warmteverlies van een niet-geïsoleerde stoomleiding van dezelfde diameter, die afhangt van de diameter van de leiding. Voor een flens is dit bijvoorbeeld 0,5 m in een DN60 stoomleiding en 0,7 m in een DN400 stoomleiding [9].

Het energieverlies van een niet-geïsoleerde afsluiter komt overeen met gemiddeld 1,5 m niet-geïsoleerde stoomleiding [9].

In figuur 1 staan twee voorbeelden van een praktisch gerealiseerde case, waarbij thermografische beelden genomen zijn van de appendages voor en na de isolatiewerken.

Figuur 1 : energiebesparingspotentieel door isolatie van appendages aan de hand van thermografische beelden (ketelrendement 90%, 8500 uur, €20 per MWh) [3]



| energiebesparing | |
|---|--|
| Situatie : de getoonde groep staat in voor het rondpompen van het voedingswater, wat resulteert in een ΔT van 80° C. De verliezen zijn 148,17 GJ/jaar. Resultaat : volgende verliezen kunnen vermeden worden | Situatie : de DN250-afsluiter en flens zijn geïnstalleerd in een hogedruk stoomnet van 177° C, wat resulteert in een ΔT van 150° C. De jaarlijkse verliezen zijn 45,31 GJ/jaar. Resultaat : volgende verliezen kunnen vermeden worden |
| <ul style="list-style-type: none"> • 3577 m³ aardgas • 41,15 MWh • 6403 kg CO₂ | <ul style="list-style-type: none"> • 1088 m³ aardgas • 14,80 MWh • 1958 kg CO₂ |
| Dit resulteert in een besparing van € 823,17 per jaar. Met een investeringskost van € 1275,00 geeft dit een terugverdientijd van 1,5 jaar. | Dit resulteert in een besparing van € 251,72 per jaar. Met een investeringskost van € 385,00 geeft dit een terugverdientijd van 1,5 jaar. |

Hieruit is duidelijk dat de oppervlaktetemperatuur van de appendages beduidend lager ligt met isolatiehoezen, wat dus ook een groot effect zal hebben op de energieverliezen.

De energiebesparingen die hierbij gepaard gingen staan ook vermeld in de figuur.

Economische isolatiedikte en terugverdientijd

Theoretisch gezien zou een isolatie van oneindige dikte de energieverliezen in een stoominstallatie volledig tot nul kunnen terugdringen. Er hangt echter ook een prijskaart aan het aanbrengen van isolatie, gerelateerd aan de dikte van de isolatie.

Vanaf een bepaald moment zal het aanbrengen van extra dikte dus niet meer opwegen ten opzichte van de extra energie die daarmee bespaard wordt.

Het is dus mogelijk om een economische isolatiedikte te bepalen door een afweging te maken tussen de kost voor het aanbrengen van de isolatie en de energiebesparing die daaruit voortvloeit [5].

Aan de hand hiervan kan ook de terugverdientijd van de isolatiewerken eenvoudig bepaald worden. Deze berekening is afhankelijk van veel factoren, waaronder :

- de energieprijzen en de kosten van de isolatie
- de bedrijfstemperatuur, omgevingstemperatuur en rendement van de installatie

- de complexiteit van de te isoleren onderdelen
- het aantal bedrijfsuren
- de onderhoudskosten
- veiligheidsaspecten
- ...

Doorgaans kan de terugverdientijd van isolatie minder dan een jaar bedragen [9][8].

Indirecte gevolgen

Er zijn ook een aantal indirecte gevolgen gekoppeld aan het isoleren van stoominstallaties, buiten dan de energiebesparing door het kleinere warmteverlies.

Zo zal er in een goed geïsoleerde installatie minder condensaatvorming zijn, waardoor er eventueel minder condenspotten nodig zijn en deze ook een betere levensduur zullen hebben.

Daarnaast is de installatie ook veel veiliger voor het personeel doordat alle warme onderdelen zijn afgeschermd. Tot slot is de thermische isolatie ook geluiddempend [7].

Soorten isolatie en hun fysische eigenschappen

Isolatiematerialen zijn meestal van minerale of plantaardige oorsprong en komen voor als vaste stoffen of in poedervorm.

Vaak voegt men bindmiddelen toe om het materiaal een bepaalde vastheid te geven of gebruikt men polymeerschuimen waarbij lucht of een gas opgesloten zitten in zeer fijne poriën in het materiaal.

De λ -waarde van een materiaal is afhankelijk van [6] :

- het aantal porositeiten en de vorm ervan,
- de oriëntatie van de porositeiten ten opzichte van de richting van de warmteflux,
- de hoeveelheid vocht in het materiaal, aangezien vocht in de poriën de warmteoverdracht zal verbeteren (kan met een factor 3 toenemen),
- de temperatuur zoals eerder vermeld.

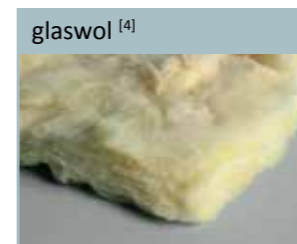
Isolatie laat zich indelen in twee grote groepen, afhankelijk van het systeem waarin ze gebruikt wordt. Enerzijds is er de koude-isolatie, die moet voorkomen dat warmte het systeem binnendringt en anderzijds de warmte-isolatie die moet vermijden dat er warmte verloren gaat.

Binnen de warmte-isolatie waartoe stoomtoepassingen behoren, zijn er een aantal materialen die bestendig zijn tegen de hoge temperaturen. Ze worden onderverdeeld in drie groepen volgens hun structuur.

Isolatiematerialen

Vezelachtige materialen : het basismateriaal wordt gesmolten en vervolgens gesponnen tot vezels. Deze vezels omhullen de lucht in de isolatie, wat de convectie beperkt. De materialen zijn niet brandbaar, dampopen en waterafstotend. Ze zijn meestal ook eenvoudig te verwerken.

Glaswol is een silicaat vervaardigd uit zand en gerecycleerd glas. Het laat zich samenpersen tot soepele matten of stijve platen maar kan ook als losse vezels gebruikt worden.



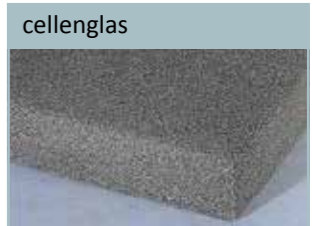
De vezels liggen in eenzelfde richting, dwars op de isolatierichting, om de geleiding van warmte door de vezels te beperken.

Rotswol wordt vervaardigd uit diabaas of basalt en is gelijkwaardig aan glaswol. Het heeft echter een hoger smeltpunt en de vezels liggen door elkaar.

Celvormige materialen : deze materialen worden gevormd door een thermische reactie waardoor er cellen ontstaan in het materiaal die gescheiden zijn door dunne materiaalwanden.

Bij deze groep horen ook polyurethaan, polyisocyanuraat, resolschuim en synthetisch rubber. Deze vier laatste zijn echter niet bestendig tegen hoge temperaturen en worden hier daarom niet besproken.

Cellenglas (foamglas) is een glasschuim met gesloten cellen waardoor het een hoge druksterkte heeft en geen vocht opneemt.



Poederachtige materialen : deze materialen bestaan in de vorm van korrels of samengeperst en gebonden poeder. Meestal hebben ze een goede resistentie tegen zeer hoge temperaturen, maar laten vocht en damp door en nemen dit ook op.

Vermiculiet of **perliet** zijn geëxpandeerde gezuiverde ertsen, beschikbaar in plaatvorm of onder de vorm van losse korrels.



Aluminiumsilicaat wordt gemaakt door het samensmelten van aluminiumoxide en siliciumoxide.

Calciumsilicaat ontstaat uit een chemische verbinding tussen calcium en silicium.

Tabel 6 geeft de belangrijkste fysische eigenschappen van de mogelijke isolatiematerialen weer. Deze eigenschappen zijn bepaald bij 20° C en zullen dus verschillen van de eigenschappen bij hogere materiaaltemperaturen.

Om een idee te geven van de afhankelijkheid van de temperatuur kan de λ -waarde van rotswol bij een temperatuur van 100°C bijvoorbeeld oplopen tot 0,046 W/mK en bij 150° C tot 0,056 W/mK [10].

Om het materiaal te beschermen tegen mechanische beschadigingen, weersinvloeden (regen, wind, zon) en omgevingsfactoren (zuren, zouten ...) wordt er meestal een

| materiaal | T _{maximum} (° C) | densiteit (kg/m ³) | λ -waarde (W/mK) |
|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| glaswol | 450° C (met bindmiddel 200° C) | 15-120 | 0,035 |
| rotswol | 750° C (met bindmiddel 200° C) | 30-120 | 0,036 |
| cellenglas | 430° C | 130 | 0,050 |
| vermiculiet | 1000° C | 100-250 | 0,034 |
| aluminiumsilicaat | 1250° C | 65-120 | 0,070 |
| calciumsilicaat | 800° C | 190-220 | 0,066 |

afwerkingslaag aangebracht op de isolatie. Deze kan van metaal zijn, maar ook van een kunststof.

Afwerkingsmaterialen

Aluminium wordt meestal gebruikt in legeringen, waarbij kleine hoeveelheden van andere metalen worden toegevoegd om de plaat sterker te maken.

Het voordeel van aluminium is dat het een zeer licht materiaal is (1 mm dikte resulteert in 2,7 kg/m²), zacht, eenvoudig te bewerken en relatief goed bestand tegen corrosie.

Staal kan ook gebruikt worden als afwerkingsmateriaal, weliswaar als een legering of met oppervlaktebehandeling.

De meest voorkomende types zijn roestvrijstaal / inox (legering met chroom en nikkel), gegalvaniseerd (tweezijdige bekleding met zink), alluzink (tweezijdige bekleding met legering van zink en aluminium) en platal (bekleed met zink en daarom een kunststof laag).

Het materiaal is harder, waardoor het een betere weerstand biedt tegen mechanische beschadigingen, maar het is ook zwaarder (1 mm dikte resulteert in 8 kg/m²). Door het hoge smeltpunt is het materiaal beter bestand tegen brand.

PVC-mantels zijn tot slot ideaal om de isolatie beter te laten ogen en als bescherming tegen mechanische beschadigingen.

Verder valt ook een onderscheid te maken tussen de installatiemethoden op het te isoleren onderdeel.

Installatiemethoden

Leidingen: het isoleren van stoomleidingen is een standaardpraktijk, vooral vanwege de eenvoud van het isoleren (rechte, uniforme stukken) en het onderhoudsvrije karakter van dit component, waardoor het isolatiemateriaal weinig tot nooit gedemonteerd moet worden.

Leidingen worden meestal geïsoleerd met glaswol of rotswol met daarover een beschermende laag. Het valt aan te raden om prefab isolatieschalen te gebruiken.

Daar zit al een beschermende laag op die specifiek gemaakt is voor een bepaalde diameter en bocht, wat resulteert in een robuuster isolatiesysteem [5].

In het andere geval kunnen de leidingen geïsoleerd worden met gaasdekens die men ter plaatse op maat van de leiding snijdt [4].

Bij gaasdekens moeten steunen en draagringen gebruikt worden. Steunringen houden de

beplating op gepaste afstand van het onderdeel.

Zo drukt de beplating de isolatie niet samen en verliest ze haar isolatiewaarde niet. Draagringen worden op de installatie vastgeklemd en kunnen zo de isolatie en beplating dragen (bijvoorbeeld bij verticale leidingen).

Steunringen en draagringen bestaan meestal uit bandstaal.

Appendages: in tegenstelling tot stoomleidingen is het isoleren van appendages minder standaard.

De isolatie moet specifiek gemaakt worden voor de geometrie van de appendage en men moet ze regelmatig demonteren voor operatie of onderhoud [5].

Sommige onderdelen, zoals de thermostatische condenspot, mogen echter niet (volledig) geïsoleerd worden vanwege hun werking [11].

Net als bij de leidingen gebruikt men meestal glaswol of rotswol om appendages te isoleren. Voor stoomtoepassingen zijn de voornaamste installatiemethodes aluminium plaatkappen en isolatiematrassen:

aluminium plaatkappen plaatst men rond de appendage met daarin isolatiemateriaal. Men gebruikt vaak eierkistsluitingen om de isolatie demonteerbaar te maken.

Het demonteren is echter lastig, vooral als er popnagels of parkers werden gebruikt.

Het terugplaatsen is daardoor veelal omslachtig en moeilijk zonder technische specialisten, waardoor men het soms achterwege laat ten koste van de energieverliezen.

Andere nadelen zijn het warmtegeleidingsverlies door contact met leiding of steunen waardoor de temperatuur van de plaatkappen te hoog is.

Bij onvoldoende aandacht van de installateur kunnen de plaatkappen onvoldoende of slecht gevuld worden waardoor er meer warmteverliezen zijn.

Isolatiematrassen kunnen een oplossing bieden voor de bovengenoemde nadelen van aluminium plaatkappen. Ze bestaan meestal uit een glasvezelbekleding met silicone of teflon coating, gevuld met glaswol of rotswol.

De isolatiematrassen worden op maat gemaakt voor appendages (turbines, pompen, condenspotten, instrumentatie enz.) en andere onderdelen (ketelfronten, mangaten en warmtewisselaars) en zitten er dus perfect rond, afgesloten met velcro, singels of roestvrije haken.

De voordelen zijn dat deze gemakkelijk en frequent hergebruikt kunnen worden en dat er geen thermische bruggen zijn tussen de buitenkant van de matras en het te isoleren oppervlak.

Ketels: ketels kunnen geïsoleerd worden met rotswoldekens maar ook met de andere hierboven vermelde isolatiematerialen, aangezien deze tegen hogere temperaturen kunnen.

De isolatie rond het ketellichaam hoeft normaal gezien nooit gedemonteerd te worden en kan dus bestaan uit vaste isolatie (rotswol met aluminium of stalen beplating), terwijl de bijkomende isolatie aan appendages op het ketellichaam en bijvoorbeeld de keteldeuren gedemonteerd moet kunnen worden voor onderhoud en inspectie.

Typische isolatiediktes rond de romp variëren tussen de 100 en 200 mm, afhankelijk van de werktemperatuur van de ketel. Omdat stoomketels jaarlijks zowel een inwendige als uitwendige inspectie ondergaan, is het belangrijk dat alle toegangen en appendages goed toegankelijk blijven.

Demonteerbare isolatiematerialen hebben hierbij dus de voorkeur.

Juist omdat er op regelmatige basis onderhoudswerkzaamheden nodig zijn op en rond een ketel, is het belangrijk de nodige maatregelen te nemen om beschadiging van isolatie voorkomen: dikkere aluminium beplating, stalen beplating en de nodige loopplatformen verminderen de kans op beschadiging.

demonteerbare isolatie rond keteldeuren [1]



aluminium plaatkappen [3]



isolatiematrassen [3]



prefab isolatieschalen [4]



gaasdekens [4]



Omschrijving van de technische uitvoering

Hoe verlopen isolatiewerken en wat omvatten deze investeringen? In overleg met enkele installateurs stelden we het volgende overzicht samen. Hoelang een volledig proces duurt, hangt af van het dossier.

Een energiebesparingsdossier van een bestaande installatie zal bijvoorbeeld gemiddeld 6 tot 8 weken duren. Bij scheepvaart, zware industrie en nieuwbouwprojecten kan het een stuk sneller gaan.

Inventarisatie van de te isoleren onderdelen

Men kan een onderscheid maken tussen de isolatie van nieuwe installaties en het isoleren van bestaande installaties die voorheen slecht of niet geïsoleerd werden.

- In het geval van nieuwe installaties kan de isolatie al voorzien worden bij het ontwerp. Het wel of niet isoleren van appendages is dan wel afhankelijk van de adviseur of klant.

Als dit niet expliciet aangeduid staat in de aanbesteding, zal een installateur dit vaak niet aanbieden. Sommige installateurs van stoom- en condensaatappendages bieden deze aan samen met voorgemaakte mantels.

- Bij bestaande installaties ligt het anders. Dan voert de installateur meestal een isolatie-audit uit. Dit kan op vraag van de klant, maar ook nadat de installateur de klant heeft aangesproken.

In dat laatste geval stelt men de vraag of de installatie voldoende geïsoleerd is. Zoniet, wordt een digitaal voorbeeld opgesteld en een afspraak gemaakt voor een isolatie-audit.

Tijdens deze isolatie-audit loopt de installateur doorheen de installatie, al dan niet in het bijzijn van de klant. Alle niet-geïsoleerde onderdelen worden in kaart gebracht, inclusief de bedrijfsuren, de omgeving, de grootte van het oppervlak van het onderdeel en de stoom- en condensaattemperatuur.

Sommige installateurs maken gebruik van een thermografische camera tijdens de audit. Dit is eerder een hulpmiddel om te visualiseren, aangezien de klant zijn installatie zelf begrijpt en weet waar welke temperaturen worden gebruikt.

Keuze van isolatie- en afwerkingsmateriaal

Na het inventariseren van de te isoleren onderdelen, kiest men het isolatie- en afwerkingsmateriaal. Deze keuze gebeurt op basis van de toepassing, de bedrijfstemperatuur en omgeving.

De toepassing kan bijvoorbeeld food of non-food, olie, petrochemie of chemie zijn en bepaalt het afwerkingsmateriaal of de coating. Bij appendages is er bijvoorbeeld de keuze voor plaatkappen en isolatiematrassen.

Deze laatste zijn eenvoudiger te demonteren en zijn daarom

aangewezen voor toepassingen waar regelmatig onderhoud nodig is. Verder is een teflon coating op isolatiematrassen bijvoorbeeld beter bestand tegen olie, zuren, basen en schoonmaken dan een silicone coating.

Verder bepalen de bedrijfstemperatuur en de omgeving de isolatiedikte en het isolatiemateriaal.

Kosten-batenanalyse door de installateur en rapportage

Aan de hand van de eerder opgemaakte inventarisatie voert de installateur een kosten-baten analyse uit voor elk onderdeel.

De berekening van de warmteverliezen voor en na isolatie gebeuren aan de hand van een theoretische berekening van de bedrijfstemperatuur, omgevingstemperatuur, windsnelheid, afmetingen van het onderdeel en eigenschappen van de isolatie.

Het verschil daartussen is het te vermijden warmteverlies. Vaak gebruiken installateurs zelfgeschreven software, berekeningsfiles of tabellen voor het bepalen van de verliezen.

Deze zijn dan gebaseerd op een standaard, studies en / of testen in het labo. De resultaten zijn indicatief maar worden geaccepteerd als voldoende realistisch.

Op basis van dit te vermijden warmteverlies berekent men de energiebesparing, emissiereductie, kostenreductie en verlaging in temperatuur. Dit laatste is belangrijk voor de veiligheid.

Rekening houdend met de investeringskost voor het aanbrengen en onderhouden van de isolatie, berekent men de terugverdientijd. De klant ontvangt een samenvatting van deze informatie in een rapport.

Intern budgetaanvraag en bevestiging order

Op basis van het geleverde rapport door de installateur, beslist de klant of hij een budget vrijmaakt voor de uitvoering van de isolatiewerken.

Belangrijk hierbij is dat iedereen overtuigd moet zijn en het nut meteen begrijpt op basis van een concreet dossier. Zo zullen de mensen die aanwezig zijn op de werkvloer vooral prioriteit geven aan veiligheid en temperatuursreductie.

De onderhoudsafdeling moet overtuigd zijn aangezien door de aanwezigheid van de mantels, het minder eenvoudig is om dingen te zien en de installatie te onderhouden.

Voor het management zijn de energiewinsten en de emissiereductie naar de buitenwereld toe één deel, maar veiligheid is meestal nog belangrijker om verbrandingsgevaar voor personeel te voorkomen.

Als de klant akkoord is, wordt er meestal budget vrijgemaakt in het volgende jaar. Soms moet het ook sneller gebeuren als er bijvoorbeeld een veiligheidsprobleem is, of er een bedrijfspolicy ten aanzien van energiebesparing of CO₂-reductie is.

Opmeten van de isolatie

Na bevestiging van het order kan de installateur opnieuw aan de slag. De kosten-batenanalyse wordt nu de werklust van de installateur. Hij zal deze lijst volledig overlopen en alle onderdelen nauwkeurig opmeten.

Bij leidingen zal hij het aantal lopende meters en de diameter opmeten. Ook de bochten brengt hij in kaart. Isolatie van appendages met plaatkappen of isolatiematrassen is altijd maatwerk.

Deze moet hij dus volledig opmeten, rekening houdend met alle benodigde uitsparingen en aansluiting tegen de leidingisolatie. Ondanks dat een afsluiter bijvoorbeeld vaker voorkomt, is de wijze waarop hij geïnstalleerd is en aansluit tegen het leidingwerk nooit hetzelfde.

Productie van de isolatie

Nadat alles is opgemeten, verzamelt de installateur alle nodige materialen. Voor leidingen bestelt hij ofwel prefab stukken op maat van de leiding en bochten, of gaasdekens en het bijhorende afwerkingsmateriaal.

Plaatkappen of isolatiematrassen worden geproduceerd op maat van de opgemeten appendages. Isolatiematrassen ontwerpt men bijvoorbeeld eerst, waarna men de verschillende stukken bekleding snijdt en aan elkaar naait.

Deze bekleding vult men daarna met isolatiemateriaal en werkt men af met noppen en haken.

Montage

Tijdens de montage zal de installateur voor een laatste keer terugkeren naar de klant om de isolatie te monteren. Dit is de enige zichtbare stap voor de klant.

Normaal gezien moet hij de installatie niet stilleggen voor de isolatiewerken, waardoor de productie van het bedrijf gewoon kan doorgaan.

Soms is een stillegging echter wel noodzakelijk, bijvoorbeeld als de installateur of de eindklant dit eist of als kritische punten moeilijk toegankelijk zijn.

Indien de te isoleren onderdelen moeilijk bereikbaar zijn, moet de klant een stelling of verplaatsbare lift voorzien. Sommige installateurs kunnen dit als optie aanbieden.

De tijd die de installatie in beslag neemt, is afhankelijk van het type isolatie. Het aanbrengen van plaatkappen op appendages kost bijvoorbeeld veel tijd bij montage, terwijl het aanbrengen van isolatiematrassen veel sneller gaat omdat ze op maat gemaakt zijn.

Maar de productie van deze isolatiematrassen duurt dan wel weer langer.

Subsidieaanvraag

Na de bestelling en plaatsing van de isolatie kan men eventueel een subsidie aanvragen. De isolatiewerken komen in aanmerking voor subsidies van de netbeheerder of verhoogde investeringsaftrek als de terugverdientijd meer dan twee jaar bedraagt.

Bij de subsidies van de netbeheerder kan men tot € 25.000 per project ontvangen, afhankelijk van de primaire energiebesparing.

Bij de verhoogde investeringsaftrek mag men 13,5% (aanslagjaar 2017) van de aanschaffingswaarde van de investering aftrekken van de belastbare winst.

Onderhoudsfase

Na installatie van de isolatie is het belangrijk deze isolatie later ook op te volgen en te onderhouden. Er zijn twee belangrijke zaken die men in het oog moet houden bij het onderhoud: de energieverliezen en de corrosie onder de isolatie (CUI).

Het onderhoud aan de isolatie kan alleen worden uitgevoerd tijdens bedrijf als de bedrijfstemperatuur niet te hoog is. Inspectie aan hoge druk stoomleidingen kan dus alleen doorgaan als de leiding buiten bedrijf is.

Energieverliezen

De bedoeling van het isoleren van stoominstallaties is het tegengaan van energieverliezen. De isolatie kan echter een tijd na installatie niet meer of nooit dezelfde energiebesparing opleveren als in het begin werd ingeschat.

Dit komt niet door veroudering van het isolatiemateriaal zelf, aangezien de gebruikte glaswol en rotswol anorganisch en dus inert zijn, waardoor de λ -waarde van het materiaal niet verandert met de tijd [10].

Vocht: het kan echter wel zo zijn dat de λ -waarde stijgt door indringing van vocht afkomstig van regenwater of lekken in het systeem.

De gebruikte isolatie is bestendig tegen vocht en zal slechts een kleine hoeveelheid opnemen, maar de aanwezigheid van dit vocht in de isolatie zorgt voor een slechtere R-waarde.

Eén procent vocht in de isolatie kan al zorgen voor een halvering van de isolatiewaarde [5] of door 1 m² vochtige isolatie gaat net zoveel warmte verloren als door 100 m² droge isolatie [8].

Dit komt door de relatief veel hogere warmtegeleidingscoëfficiënt van water (0,55 W/mK) ten opzichte van doorsnee isolatie (0,02 – 0,05 W/mK).

Indringing van vocht kan voorkomen worden door de isolatie te voorzien van een waterdicht afwerkingsmateriaal, maar het is echter een utopie om er vanuit te gaan dat de beplating te allen tijde waterdicht is.

Bovendien kan het vocht ook binnendringen via beschadigingen van het materiaal. Daarom kan het nuttig zijn om drainagegaten te voorzien aan de onderzijde zodat binnengedrongen water eenvoudig kan afvloeien [5].

Na grondig opdrogen van de isolatie zal deze daarna weer dezelfde isolatiewaarde verkrijgen als voordien.

Slecht of niet aangebrachte isolatie: het aanbrengen van isolatie is niet altijd eenvoudig.

Zo moet de installateur vermijden dat er thermische bruggen ontstaan door bijvoorbeeld ondersteuning van de leidingen en isolatie of open naden tussen verschillende isolatiedekens of weggezakte isolatie door een slechte bevestiging.

Verder moeten alle onderdelen in het systeem zo goed mogelijk geïsoleerd worden (behalve die onderdelen waarbij

isolatie de werking van het onderdeel beïnvloedt).

Onderdelen die bij vroegere isolatiewerken niet geïsoleerd werden omdat dit te moeilijk was of deze te moeilijk bereikbaar waren, worden tijdens inspecties best geregistreerd en opgenomen in de onderhoudswerken.

De stoominstallatie moet hierop geregeld gecontroleerd worden, aangezien men isolatie na onderhoudswerken vaak niet terugplaatst wegens te omslachtig, beschadigd of niet gebruiksvriendelijk [5].

Na renovatie van het systeem kan het ook zijn dat de isolatie niet meer past, waardoor men dus nieuwe isolatie moet maken specifiek voor de nieuwe onderdelen.

Beschadiging van de isolatie: de aangebrachte isolatie kan ook beschadigd geraken bij herstellingen, brand, ongevallen, door erop te lopen ...

Die beschadiging kan de isolatie samendrukken, waardoor de effectieve dikte van de isolatie daalt er de R-waarde dus zal dalen.

Er kan eventueel vocht in de isolatie binnendringen met de gekende gevolgen, of er kunnen delen van de installatie blootgesteld worden aan de omgevingslucht.

Als men deze beschadigingen vaststelt tijdens een onderhoud, moet er een onderzoek komen naar de oorzaak van de beschadiging. Op basis daarvan zijn herstellingen mogelijk maar ook verbeteringen.

Zo kunnen er op plekken waar er op de isolatie werd gelopen bijvoorbeeld oversteekplaatsen worden voorzien in het pijpentracé of kan de zachte isolatie worden vervangen door harde met een afdek materiaal zodat er wel op gelopen kan worden.

Er bestaan verschillende manieren om deze energieverliezen in kaart te brengen tijdens een onderhoud. Een eerste manier is door visuele inspectie, die nagaat of de afwerking van de isolatie beschadigd is of verwijderd.

Een andere manier is met de hand voelen of de isolatiebeplating warmer is dan normaal. Is dat het geval, dan is er meestal sprake van water of vocht in de isolatie [5].

De laatste methode is, zoals eerder vermeld, het gebruik van een thermografische camera. Op de gegenereerde infrarood foto's zijn de energieverliezen dan duidelijk zichtbaar door de kleurverschillen.

Het maken en interpreteren van deze foto's is echter specialistenwerk.

Corrosie onder de isolatie (CUI)

Vocht dat binnendringt in de isolatie zorgt niet alleen voor een verhoging van de λ -waarde, maar kan tussen -5° C en 150° C ook de geïsoleerde leidingen, apparaten en appendages aantasten door corrosie onder de isolatie (CUI).

isolatie werd slecht of niet teruggeplaatst na onderhoud [2]



Doordat er zuurstof is opgelost in het water, zal dit reageren met de koolstofstalen leiding en corrosie veroorzaken. Als het water zwavel en chloriden bevat, zal dit de aantasting versnellen.

Boven leidingtemperaturen van 150° C is CUI minder een probleem aangezien de isolatie aan het staaloppervlak bij deze hoge temperaturen droog blijft.

Bij installaties die kort bij de zee staan, kan de CUI snelheid zeer hoog zijn door de hoge concentratie aan chloriden (tot 100 PPM) in het regenwater [4].

Installaties die in de buurt van koeltorens staan, kunnen bijvoorbeeld ook onderhevig zijn aan CUI. Tussen 70° C en 120° C kan de CUI optreden met snelheden tot 1 mm per jaar en gemiddeld worden snelheden van 0,5 mm per jaar gerapporteerd [5].

Ook massieve, geïsoleerde, roestvaste stalen installaties kunnen aangetast worden door de aanwezigheid van vocht, waarbij stresscorrosie kan optreden bijvoorbeeld door chloriden.

Deze chloriden kunnen afkomstig zijn van het regenwater nabij de kust of chloriden in het isolatiemateriaal [4].

Het optreden van CUI kan leiden tot een groot aantal lekkages en dus een aanzienlijk aandeel hebben in de onderhoudskosten van de installatie.

De inspecties, reparaties en preventie van CUI kunnen 5% tot 10% bedragen van het totale onderhoudsbudget [4]. Het is belangrijk CUI zoveel mogelijk te vermijden en dit kan in 30% van de gevallen door simpele maatregelen en kennis van zaken [5].

Er moet dus aandacht gaan naar CUI in alle stadia: ontwerp, installatie, onderhoud en inspectie. Zo moet men er bij het ontwerp en de installatie bijvoorbeeld op letten dat er langs stompen en ondersteuning geen water kan binnendringen.

Er zijn een aantal methoden om installaties te beschermen tegen CUI:

verfsystemen: historisch werden verfsystemen gebruikt om de installaties te beschermen tegen CUI. Echter is gebleken dat de beschermde werking hiervan na 5-15 jaar verdwenen kan zijn en het koolstofstaal hierna dus aangetast kan worden door corrosie.

Het kan zelfs zo zijn dat montageklassen met kwalitatief minder goede oppervlakte voorbehandelingen en verfsystemen al na 4 jaar CUI vertonen.

Fabrikanten gebruiken nog altijd niet-organisch zink (IOZ) primers ter bescherming tegen CUI. Dit is echter alleen bruikbaar onder 60° C, aangezien de coating boven deze temperatuur kathodisch wordt ten opzichte van koolstofstaal en dus een lokale en versnelde aantasting veroorzaakt.

Een andere mogelijkheid zijn organische verfsystemen. Die moeten geschikt zijn voor toepassingen met continue onderdompeling.

Ter bescherming van koolstofstaal tot 150° C is het gangbare advies bijvoorbeeld een tweelaags 150 μ m epoxy-phenolic

verfysteem. Dit verfysteem vereist echter een goede voorbehandeling van het oppervlak en is zeer kostbaar [5].

Galvaniseren of gespoten metaalapplicaties: als installaties uit koolstofstaal voor meer dan 15 jaar beschermd moeten worden tegen CUI, kan een laag van 250 μ m thermisch gespoten aluminium (TSA) een oplossing bieden.

Dit kan gebruikt worden tussen -100° C en 540° C en biedt (als enige systeem) bescherming voor 30 jaar.

Door de kathodische werking van aluminium beschermt de TSA deklaag het staal ook bij een klein defect in de deklaag.

Aluminiumfolie voor roestvast staal: een andere methode voor langdurige bescherming tegen CUI is het aanbrengen van aluminiumfolie rond roestvaststalen installaties.

De aluminiumfolie is elektrisch gekoppeld met het staal en geeft daardoor een kathodische bescherming.

Bij goede wikkeling en afdichting van de aluminiumfolie rond de onderdelen, kan deze ook inwatering voorkomen tussen aluminiumfolie en staal.

Deze methode kan echter geen bescherming bieden voor koolstofstaal. Als de roestvaststalen installatie continu nat is, kan men beter overgaan naar TSA om het onderdeel te beschermen tegen corrosie.

CUI is een fenomeen dat veel aandacht vereist., Inspecties zijn dan ook noodzakelijk. Aangezien organische verfsystemen een beperkte levensduur hebben van 5-15 jaar, moet een isolatiesysteem minstens na 10 jaar geïnspecteerd worden op CUI.

Goede inspecties zijn moeilijk. Het is niet ongebruikelijk dat inspecties 50% van de lekkages veroorzaakt door CUI niet ontdekken [5].

Detectiemethodes naar CUI vallen in te delen op twee manieren: indirecte methodes zoals guided wave en thermografie en directe visuele inspecties waarbij men de isolatie verwijderd om CUI op te sporen.

De indirecte methodes zijn voor vele bedrijven echter nog te onbetrouwbaar bij gebrek aan historisch opgebouwde kennis en ervaring.

Hierbij wordt alleen de kwaliteit van de coating gecontroleerd en dus niet de isolatie. Daardoor moet men dus vaak directe visuele inspecties uitvoeren om de CUI in kaart te brengen.

Als de isolatie werd aangebracht conform de specificaties die CUI preventie onderkennen met meer lagen epoxy-phenolic verfysteem, volstaat een verwijdering van 10% isolatie om een idee te krijgen van de CUI.

Een volledige verwijdering van de isolatie is echter de enige betrouwbare strategie voor de inspectie naar CUI. Bijgevolg zijn inspecties vaak vele malen duurder dan de kosten van het originele isolatiesysteem. Om dit te vermijden, streeft men dus naar inspectie- en onderhoudsvrije isolatiesystemen.

thermisch gespoten aluminium [2]



corrosie onder de isolatie [4]



Praktijkvoorbeelden

Danone in Rotselaar



Bedrijfsvoorstelling

Danone is een bedrijf dat vooral actief is in de voedingssector, meer bepaald in het verwerken van zuivelproducten zoals melk, yoghurt, kaasproducten enzovoort.

De vestiging in het Belgische Rotselaar is vooral gespecialiseerd in de productie van yoghurtproducten, waarbij stoom nodig is in het productieproces.

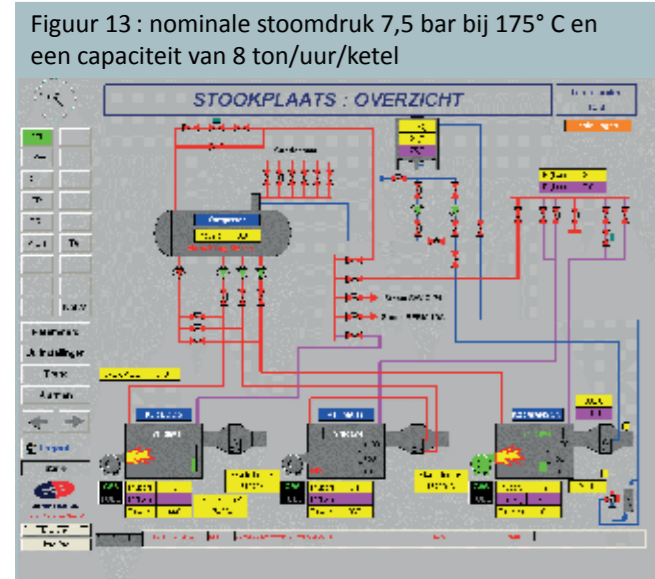
Stoomgebruik en eerdere rendementsverhogingen

Stoom wordt in deze vestiging geproduceerd met twee stoomketels in cascade op een stoomdruk van 7,5 bar.

De stoomketels zijn uitgerust met een digitale branderregeling, die ook de frequentieregelaar aanstuurt zodat deze aangepast wordt aan het op dat moment nodige vermogen van de brander.

De branders worden gevoed met aardgas. Om de branders optimaal en energetisch te laten functioneren, is er een zuurstofregeling voorzien die het debiet van de ingeblazen lucht regelt ten opzichte van het zuurstofgehalte gemeten in rookgassen. Zo zijn de verliezen minimaal.

Er wordt onthard water aangevoerd voor de voeding van het condensatievat van waaruit met steekpompen het voedingswater in de ketel wordt gebracht onder een druk die hoger is dan de werkingsdruk van de stoomketel.



De stoomketels worden aangestuurd met een PLC sturing, die de vrijgave van de ketels bepaald aan de hand van de druk.

Op de stoomcollector van elke kring staan een stoomdebietmeter, drukmeting en temperatuurmeting om de getransporteerde energie constant op te kan worden, net als het stoomverbruik en energieverbruik.

Op iedere stoomketel zit ook een gasteller gasverbruik en stoomproductie met elkaar te kunnen vergelijken. Een der-

de stoomketel, getoond in figuur 13, werd enkele jaren geleden uit dienst genomen, omdat hij overbodig was door de aanpassingen aan de sturingen, metingen en goede opvolging.

Dit leidde tot belangrijke stilstandverliezen. De integratie van zuurstofmetingen in de brandersturingen regelt constant de luchttoevoer, zodat er geen overmaat is.

Deze aanpassingen zorgden voor een rendementswinst van ongeveer 2%. Verder wordt de lucht aangezogen aan de bovenzijde van de stookplaats, wat resulteerde in een rendementsverhoging van 2 à 2,5% per ketel door de voorverwarming van de lucht.

Aanpassingen isolatie

De keuze van Danone om te investeren in thermische isolatie was tweeledig :

- thermische energieverliezen beperken door isolatie van de deuren van de ketels ($\pm 2 \text{ m}^2$), de verbindingen tussen ketel en standpijpen, en de kranen van de collectoren ;
- veiligheid : afschermen van zeer warme oppervlakken



Na een korte studie van de geraamde warmteverliezen, de mogelijke gevaren voor de verbranding aan niet geïsoleerd delen van de installatie en de hoge temperatuur van de stookplaats in de zomer, heeft men beslist om de installatie beter te isoleren.

Volgende voorwaarden werden voorop gesteld voor de isolatie:

- zeer goed isolerend bij hoge temperaturen
- eenvoudig demonteerbaar en weer te monteren met goede sluiting zonder speciale kennis
- niet (snel) verduren door de hoge temperaturen
- lange levensduur, ook na veelvuldige montage en demontage
- vochtbestendig en robuust

Na de korte studie werd de terugverdientijd geraamd op anderhalf jaar. De delen die nu geïsoleerd zijn, waren dit voordien niet.

Het aanbrengen van de isolatie heeft tot belangrijke energiebesparingen geleid.

Een belangrijk bijkomend aspect hierbij is ook de verhoogde veiligheid door isolatie van de zeer warme onderdelen en het kleinere risico op arbeidsongevallen door verbranding.

Bedrijfsvoorstelling

InBev Belgium maakt deel uit van de wereldwijde groep AB InBev, de grootste bierbrouwer ter wereld, met een portfolio van meer dan 400 biermerken en actief in 50 landen.

In hun vestiging te Hoegaarden in België wordt het gelijknamige bier gebrouwen met een productie van 1,2 miljoen hectoliter per jaar.

Naast het gewone witbier van Hoegaarden bestaan er ook een aantal donkerkleurige bieren, fruitige bieren en Radler-varianten.

Stoomgebruik

Het bedrijf gebruikt stoom als warmtedrager in het brouwproces voor o.a. het verwarmen van ketels en de pasteurisatie, als reinigingsmiddel in de bottelarij voor het wassen van flessen, bakken en vaten, en voor het reinigen, desinfecteren en steriliseren van de installatie door Cleaning in Place (CIP).

Voor deze CIP zijn desinfectiemiddelen nodig zoals zuur en loog, die opgeslagen zijn in tanks en die verwarmd moeten worden.

Voor al deze processen produceert de brouwerij ongeveer 2 ton stoom per uur op een druk van 6 barg en bij een temperatuur van 165° C.

Isolatiewerken

AB InBev engageert zich voor het verantwoord omspringen met natuurlijke rijkdommen en werkt voortdurend aan het



verminderen van haar impact op het milieu.

Ze engageren zich om milieu-efficiënt te werken, zowel binnen als buiten de muren van hun brouwerij. In België werden in 2013 bijvoorbeeld de volgende milieuprestaties gerealiseerd (in vergelijking met 2012) :

- het waterverbruik binnen de Belgische activiteiten daalde met 5,5% ;
- het energiegebruik per hectoliter daalde met 4,8% ;
- CO₂-uitstoot per hectoliter daalde met 7,0% ;
- het recyclagepercentage van vaste afval- en bijproducten nam toe tot 99,6%.

In 2013 stelden ze wereldwijd acht milieudoelstellingen voorop die ze tegen eind 2017 wilden realiseren als onderdeel van hun engagement voor een betere wereld.

Voorbeelden daarvan waren het terugdringen van de wereldwijde broeikasemissies per hectoliter in productie met 10% en het verminderen van het energiegebruik per hectoliter met 10%.

Om deze doelstellingen te halen, werden er in 2017 isolatiewerken uitgevoerd in de brouwerij.

Andere factoren die hierbij belangrijk waren :

- de veiligheid voor de werknemers : brandwonden vermijden aan warme oppervlakken ;
- prioritering van verbeteringsprojecten met kortere terugverdiertijden ;
- onderhoud van de installatie : het isolatiemateriaal kunnen losmaken op een eenvoudige manier, bijvoorbeeld door het gebruik van velcro en roestvrijstalen gespen.

Voor al omwille van de laatste factor koos men voor isolatiematrassen, omdat deze bij onderhoud eenvoudiger demonteerbaar zijn dan plaatkappen.

Energiebesparing

Voor de isolatiewerken inventariseerde een isolatieaudit ongeveer 200 appendages die voorheen niet waren geïsoleerd.

Deze ongeïsoleerde appendages zorgden voor een energieverlies van 1002 MWh onder de vorm van stoom per jaar. De energieverliezen werden berekend met de operationele uren, meer bepaald 5/7 werkdagen van 24 uur.

Door het aanbrengen van de isolatiemantels op de appendages kon men de energieverliezen terugbrengen tot 956 MWh per jaar.

Met een werkelijke stoomkost van € 18,5 per ton resulteert dit in een besparing van € 23.145 per jaar.

De netto investeringskost voor het aanbrengen van de isolatie was € 40.000, waardoor de terugverdiertijd ongeveer 90 weken bedroeg, of minder dan 2 jaar.

Het opmeten, berekenen, maken en plaatsen van de mantels werd volledig door Spirax-Sarco uitgevoerd.



Bedrijfsvoorstelling

De site van BASF in Antwerpen is gelegen in het meest noordelijke deel van de Antwerpse haven. Het is het grootste chemische productiecentrum van België en het op één na grootste van de BASF-groep wereldwijd.

De site in Antwerpen produceert ondermeer ethyleen, propyleen en buteen in één van de grootste installaties ter wereld.

De producten van de steamcracker gebruikt men daarna verder on-site voor de productie van verschillende chemische producten in één van de meer dan 50 aanwezige installaties.

Deze sterke integratie van de productieprocessen noemt men het 'productieverbund'.

Het productenpalet van BASF Antwerpen omvat basischemie en gespecialiseerde chemicaliën, kunststoffen en voorproducten, veredelingsproducten en anorganica (voorbeelden zijn hier : ethyleenoxide, butadieen, isobuteen, superabsorber, MDI, amines, ammoniak, polyamide, caprolactam, cyclohexanon en verscheidene zuren).

De producten van BASF Antwerpen vindt men terug in nagenoeg alle verwerkende sectoren, zoals de auto-industrie, de bouwsector, productie van papier, lederwaren en sportartikelen, alsook de textiel-, voeding- en farmaceutische sectoren.

Stoomgebruik

Ethyleen bekomt men door nafta met stoom te vermengen waarna deze thermisch gekraakt wordt op een temperatuur van meer dan 1000° C.

Dit noemt men stoomkraken. Verder gebruiken ook andere procesinstallaties stoom. Er zijn echter ook een aantal exotherme productieprocessen, waarbij warmte vrijkomt die gebruikt wordt om stoom op te wekken.

Al deze installaties zijn aangesloten op een gemeenschappelijk stoomnet, dat BASF zelf het 'energieverbund' noemt.

In totaal wordt er zo'n 1000 ton stoom per uur verbruikt door alle productieprocessen. 800 ton daarvan komt echter van installaties op de site die stoomoverschotten hebben.

De rest van de stoom wordt opgewekt in stoomketels en een stoom- en gascentrale. Deze worden gevoed met aardgas en stookgas (restgassen afkomstig van het kraken van de nafta).

Corrosie onder isolatie (CUI)

BASF brengt standaard isolatie aan op alle leidingen en appendages om energie te besparen, als deze de werking van de onderdelen niet beïnvloeden.

Dit geldt dus niet alleen voor stoom- en condensaatleidingen maar ook voor alle andere producten die er geproduceerd en getransporteerd worden.

Een aantal van deze producten zijn explosief, brandbaar

en / of schadelijk. Daarom zet BASF erg in op Asset Integrity Management, zodat de installaties betrouwbaar en veilig zijn.

Vervanging van isolatie is dus meestal niet gedreven door de energiebesparing, maar eerder door de veiligheid en betrouwbaarheid van de installatie.

Eén aspect daarvan is het vermijden en opsporen van CUI, aangezien dit lekken, explosies en branden kan veroorzaken.

Dit is een belangrijk fenomeen bij BASF, aangezien het grootste gedeelte van de installaties zich buiten bevinden en er een grote kans is op inwateren door regen.

Verder bevindt het bedrijf zich dicht bij de zee, waardoor chloride-geïnduceerde corrosie zich ook kan voordoen. Een aantal installaties met exotherme reacties bevinden zich in gebouwen, maar dit is eerder om het warmteverlies te beperken.

Hier is CUI een minder voorkomend probleem aangezien er geen regenwater kan binnendringen. De stoomleidingen in het bedrijf bevinden zich op een vrij hoge druk en temperatuur, waardoor CUI hier minder optreedt.

Het is echter wel een veel voorkomend probleem bij condensaatleidingen. Gebouwen rond installaties plaatsen om CUI te vermijden, doet men er voorlopig nog niet, maar er wordt wel erg op ingezet.

Zo heeft BASF een eigen richtlijn opgesteld ter preventie, inspectie en mitigatie van CUI. Verder is er de KIS groep die instaat voor corrosie, isolatie, stellingbouw en schilderwerken.



Isolatiwerken

De KIS-groep bestaat uit acht contractoren en ongeveer 35 toezichters die de werken opvolgen.

Continu zijn er ongeveer 150 mensen op de site bezig met het aanbrengen, onderhouden en vernieuwen van isolatie, afwerking en beschermingslagen op alle installaties, dus niet alleen de stoominstallaties. In piekperiodes kan dit oplopen tot 250 mensen, bijvoorbeeld bij het stilleggen van een installatie voor onderhoud.

De isolatiwerken zelf (vorig jaar goed voor zo'n 15 miljoen euro) worden uitbesteed aan industriële contractoren. Zij moeten de isolatie aanbrengen volgens de standaarden die BASF heeft opgesteld.

De toezichters zien erop toe dat de werken correct worden uitgevoerd en geven een score op basis van structurele spotchecks: plaatsbezoeken waarbij foto's worden genomen. Die score bepaalt de tweemaandelijks contractuele bonus / malus die de contractor krijgt.

Een deel van deze mensen is dagelijks bezig met het visueel opsporen van beschadigde isolatie en CUI. Zij gebruiken soms thermografische camera's om CUI op te sporen, want warme plekken wijzen vaak op vocht in de isolatie.

Als ze beschadigingen opmerken, markeren en rapporteren ze die. Daarna wordt de isolatie op deze locatie verwijderd en controleert men op CUI. Bevindt de beschadiging zich bovenaan, dan kan het regenwater ook op andere plekken schade aanrichten.

In dat geval verwijdert men de isolatie over een veel groter gedeelte dan enkel de locatie van de beschadiging. Als de installatie op bepaalde plekken te erg beschadigd is, vervangt men ook het leidingwerk en de appendages.

Elke installatie wordt minstens om de 5 jaar gecontroleerd op CUI en afhankelijk van het product ook sneller.

Verder brengt men ook een bescherm laag aan op installaties die kans maken op CUI. In dat geval galvaniseert of verft men de installaties, afhankelijk van hun toepassingen.

Verven gebeurt met epoxy-phenolic maar dat vereist een goede oppervlaktebehandeling. Daarom werkt men ook vaak met IMMC (Inert Multipolymeric Matrix Coating), want dat is veel oppervlaktetoleranter. De kostprijs ligt evenwel ook hoger.

Voor de warme toepassingen onder 550° C kiest men in 95% van de gevallen voor rotswol als isolatiemateriaal, afgewerkt met alu-zink beplating.

Appendages isoleert men voornamelijk met plaatkappen. Die zijn immers een stuk goedkoper dan isolatiematrassen die op maat gemaakt moeten worden.








Inwatering vermijden is het belangrijkste aspect bij het aanbrengen van de isolatie en afwerkingsmateriaal.

Zo staat er in de standaarden van BASF exact beschreven hoe een contractor te werk moet gaan bij het aanbrengen van isolatie op verticale en horizontale leidingen, T-stukken, eindkappen, flenzen, afsluiters, steunringen, ondersteuning, wanden ...

Zo moeten bijvoorbeeld :

- alle plaatkappen ingewerkt worden volgens bepaalde regels om inwatering langs de aansluiting te vermijden
- alle bovenkappen en inzetten een helling hebben zodat ze afwateren
- alle gaten vermeden worden en indien niet mogelijk, afgeschermd door een kap
- de plaatkappen rond appendages demonteerbaar zijn
- appendages die regelmatig gebruikt worden, toegankelijk blijven
- steunen en steunringen op de juiste wijze geïsoleerd moeten worden om warmtebruggen te vermijden
- open stukken tijdelijk afgedekt worden tot de definitieve kappen geïnstalleerd worden
- drainagegaten worden aangebracht

In onderstaande tabellen tonen enkele voor en na beelden hoe BASF concreet en op correcte wijze inwatering voorkomt.

| Inwatering voorkomen | | |
|---|---|---|
| probleem | | |
| Regenwater loopt langs het afwerkingsmateriaal naar beneden en dringt het isolatiemateriaal binnen langs de gaten van de steunen. | Regenwater loopt langs het afwerkingsmateriaal in het gat van de steun. | Regenwater loopt langs de ophanging tot de afwerking van de isolatie, en kan hier binnendringen langs het gemaakte gat voor die ophanging. |
|  |  |  |
| oplossing | | |
|  |  |  |
|  |  |  |
| Door het aanbrengen van een kap zoals het aanbrengen van een T-stuk, waarbij de kap: <ul style="list-style-type: none"> • bovenaan onder het plaatwerk van de leiding zit, • onderaan boven het plaatwerk zit, zal het water niet meer kunnen binnenlopen. Water dat langs de open zijde in de kap komt, kan worden afgevoerd via het drainagegat onderaan. De kap wordt niet gevuld met wol. | Door het aanbrengen van een kap, die bovenaan onder de isolatie zit en onderaan open is, kan het water niet meer binnendringen. De kap wordt niet gevuld met wol. | Een kap wordt ingewerkt in de leiding, zoals dit wordt gedaan voor een T-stuk. Het deksel van de kap wordt afwaterend gemonteerd en de steunstang wordt hierop afgedicht. De kap wordt niet gevuld met wol. |

Andere voorbeelden

Isolatie op bepaalde plekken beloopbaar maken door het aanbrengen van gerstekorrelplaat



Ingang stoomleiding in tankwand correct aangebracht om inwatering te voorkomen.



Inwatering langs spindel van stoomventiel vermijden.



Referenties

- [1] **Deconinck-Wanson**
- [2] **Raymond-International**, 11/04/2018
- [3] **Thermatras**, 4/04/2018
- [4] Best Practice Technische Isolatie, RVO-125/1501/RP-DUZA, Rijksdienst voor Ondernemend Nederland, Den Haag Nederland, 2015
- [6] B. Merci, "Heat and Combustion Engineering" *Mechanica van Strooming, Warmte en Verbranding*, Universiteit Gent, 2013
- [7] Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, BREF (02/2009), European Commission, Sevilla Spain, 2009
- [8] Gestructureerd overzicht van energiebesparingsmogelijkheden in stoom- en condensaatinstallatie, Energy Experts International, Huissen Nederland, 2011
- [9] J. Boer, "Leidingsystemen. Isolatie, stoom : theorie en praktijk", Den Haag Nederland, ten Hagen & Stam bv, 1997
- [10] **Rockwool**, 4/04/2018
- [11] D. M. Koen Remans, E. Hooyberghs en K. Vrancken, *Energiebesparingen in Stoomnetwerken*, Gent, Academia Press, 2008