



De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

Pagina 1 van 14



Thermische vloeistof



Elektrisch



Stoom

INHOUDSOPGAVE

INLEIDING.....	2
VERWARMINGSMETHODES EN -GESCHIEDENIS.....	2, 3
OVERZICHT: DE HUIDIGE THERMISCHE VLOEISTOFSYSTEMEN	3
OVERZICHT: DE HUIDIGE ELEKTRISCHE VERWARMINGSSYSTEMEN...4	
OVERZICHT: DE HUIDIGE STOOMVERWARMINGSSYSTEMEN	5-7
OVERZICHT: GRATIS STOOM.....	7
EEN AANTAL BASISVERGELIJKINGEN	8
WAARDEN VAN THERMISCHE VLOEISTOFVERWARMING	8
BEPERKINGEN VAN THERMISCHE VLOEISTOFVERWARMING.....	8
WAARDEN VAN ELEKTRISCHE VERWARMING	9
BEPERKINGEN VAN ELEKTRISCHE VERWARMING.....	9
WAARDEN VAN STOOMVERWARMING.....	9-10
BEPERKINGEN VAN STOOMVERWARMING	10-11
ANALYSE VAN VERWARMINGSSYSTEMEN:	11-14
1. De specifieke toepassing	11
2. De functionele prestatie van het verwarmingssysteem	12
3. De energieprestatie van het verwarmings-/leidingsysteem	12
• Isolatiesysteem	12
• Temperatuurregeling verwarming.....	12
• De warmtebron.....	12, 13
4. De installatiekosten van het verwarmingssysteem	13
• Leidingcomplexiteit	13
• Temperatuurhandhaving/-regeling.....	13
• Classificatie omgeving	13
SAMENVATTING	14
Voetnoten en referenties	14

PRODUCT / TOEPASSINGSINFORMATIE



THERMON . . . The Heat Tracing Specialists®

www.thermon.com Formulier PAF0036D-0803 © Thermon Manufacturing Co. Onderhevig aan wijzigingen zonder voorafgaande kennisgeving.



De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

Pagina 2 van 14

INLEIDING

Ieder systeem beschikt over de capaciteit in de vereiste functie te voorzien, dus het is bij het kiezen van een verwarmingssysteem voor fabrieksleidingen en -apparatuur belangrijk de kosten naast elkaar te leggen. Het meest belangrijke aspect bij de keuze van fabrieksapparatuur, inclusief verwarmingssystemen, is heden echter vaak de energie-efficiëntie op de lange termijn en de vermindering van verontreinigende koolwaterstof. Energiebehoud en vermindering van de uitstoot van broeikasgas (BKG) gaan hand in hand. Bij verhoging van het energiegebruik, wordt ook de BKG-uitstoot verhoogd. Tegenwoordig hebben de meeste landen in de wereld hun doelen voor vermindering van energieverbruik en BKG-uitstoot vastgelegd. In de Verenigde Staten is uit verenigde inspanningen om het overmatige energieverbruik en BKG-uitstoot tegen te gaan een partnerschap ontstaan tussen het Ministerie van Energie (DOE), het Ministerie van Industriële Technologie (OIT) en het Amerikaanse bedrijfsleven. Het partnerschap heeft als focus drie belangrijke doelen te verwezenlijken: (1) het verminderen van grondstof- en uitputtend energieverbruik per productie-eenheid, (2) het verbeteren van werk- en kapitaalproductiviteit en (3) het verminderen van afvalvorming en verontreiniging.¹

Industriële stoomverbruikers werken in de meeste landen een enorme hoeveelheid energieverstopping in de hand. Er wordt geschat dat alleen in de VS circa 2,8 quad (2.800 biljoen btu) energie zou kunnen worden bespaard door kosteneffectieve energie-efficiënte verbeteringen in industriële stoomsystemen.²

Stoom wordt in de meeste fabrieken gebruikt om turbines aan te drijven die generatoren draaien voor de productie van elektriciteit, als een voornaamste aandrijver voor pompen en andere apparatuur, en voor proceswarmte in warmtewisselers en reactoren.

Verwarmingssystemen worden niet vaak genoemd bij het overwegen van initiatieven voor vermindering in stroomverbruik. Als echter vanuit het perspectief van het aantal meter warmteleiding die in een typische raffinaderij of chemisch complex aanwezig is, wordt gekeken, is het potentieel voor vermindering van energieverbruik en koolwaterstofverontreiniging opzienbarend.³

Bij de discussie over verwarmingssystemen wordt vaak gevraagd: "Welk verwarmingssysteem is het meest zuinig; een systeem met stoom, elektrisch of met vloeistof?"^{2,4}

C.C. Miserles heeft de volgende bewering gedaan over een onderwerp in een artikel uit 1977 over verwarmingskeuzes. En tot op heden heeft hij nog steeds gelijk:

"Er bestaat geen definitief antwoord op het verwarmingskeuze probleem. Het uitsluitend gebruiken van aanbevelingen die zijn gebaseerd op de industriegemiddelden of aangenomen parameters geven vaker niet dan wel een goed beeld van een specifieke situatie. Het vertrouwen op analyse uit het verleden bij het maken van nieuwe beslissingen kan recente ontwikkelingen of veranderende variabelen over het hoofd zien. Het uitsluiten van inzichtfactoren zoals de beschikking over werk- en onderhoudspersoneel die het systeem moeten begrijpen en ermee moeten werken, kan tot een catastrofe leiden."⁴

Zoals de auteurs voorspelden hebben er sinds de publicatie van hun artikel in 1977 veel nieuwe en belangrijke ontwikkelingen plaatsgevonden in de verwarmingstechnologie.

VERWARMINGSMETHODES

Geschiedenis

Sinds begin 1900 is in de petroleumindustrie en chemische fabrieken stoomverwarming het meest belangrijke middel om materialen zoals petroleumresten, teren en wassen door pijpleidingen en apparatuur te laten stromen. Voor temperaturen die hoger waren dan praktisch zou zijn met stoomverwarming, werd vloeistofverwarming met minerale olie vaak gebruikt. Minerale olie kon worden gebruikt bij temperaturen tot wel 316 °C. Verzadigde stoom bij deze temperatuur zou een druk van 107,0 bar g (1.549 psig) vereisen.⁵

Na de tweede wereldoorlog, groeiden de aardolie- en chemische industrie, ook omdat veel nieuwe producten werden ontwikkeld om aan de behoeften te voldoen van een samenleving die net uit nood van de grote depressie kwam. Veel grondstoffen voor deze nieuwe producten moesten op temperaturen onder 66 °C (150 °F) en binnen een klein temperatuurbereik worden gehouden om de kwaliteit van het eindproduct zeker te stellen. De 'blote' stoomverwarmingmethode van die tijd was regelmatig onvoldoende om aan deze behoeften te voldoen. Warmteoverdrachtsceement werd in de vroege vijftiger jaren ontwikkeld maar was bedoeld als een middel om de mate van warmteoverdracht van stoomverwarming te verhogen, niet te reduceren. Veranderingen in de omgeving alleen al waren vaak te groot om een bevredigende regeling met een kaal stoomverwarmingssysteem mogelijk te maken. Verschillende methoden werden geprobeerd om de hoeveelheid door de kale verwarming afgegeven warmte nadat de stoomdruk/-temperatuur op een praktisch minimum niveau werd ingesteld te verminderen. Een

PRODUCT / TOEPASSINGSGINFORMATIE



THERMON . . . The Heat Tracing Specialists®

www.thermon.com



De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

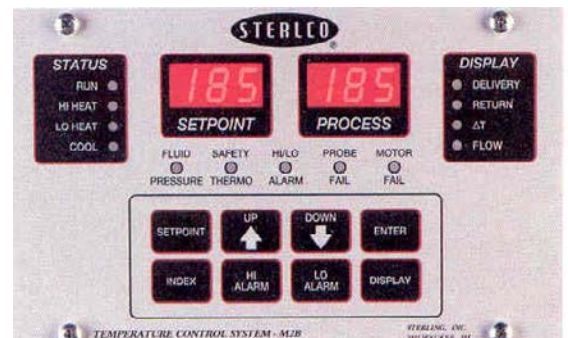
methode was het hangen van een kale verwarming boven de pijpleiding en te proberen om met afstandhouders een luchtspleet te bewaren. Dit systeem was problematisch. De afstandhouders konden moeilijk op hun plaats worden gehouden tijdens installatie en dus waren ze vervelend en tijdrovend om te installeren. Tijdens het bedrijf gleden ze regelmatig van hun plek vanwege de natuurlijke expansie en samentrekking van de verwarmingsbuis. Dit systeem werd geplaagd door onvoorspelbare warmteoverdrachten, hotspots en hoge installatiekosten.

In dit tijdperk waren installatie-ontwerpers geneigd om waar mogelijk vloeistofverwarmingen te gebruiken (glycolen en hete olie) vanwege het gemak van regulering van de vloeistofstroom om de vereiste temperatuur te behouden, hoewel als gevolg van gebrekkige aansluitingen lekkages regelmatig een probleem vormden. Verwarming met elektrische weerstand werd ook ontwikkeld in de vroege jaren van de 20ste eeuw en bepaalde types werden aangepast voor verwarming van pijpleidingen, maar zij hadden minimaal nut als gevolg van burn-out storingen veroorzaakt door bovenmatige kabelmanteltemperaturen bij hoge wattages.⁵ Aansluitingen en verbindingen waren ook zwakke punten in het systeem. In de jaren 50 begon het experimenteren in alle ernst meer duurzame elektrische verwarmingsmethoden te ontwikkelen die konden worden aangepast aan automatische temperatuurregeling. Deze inspanningen hebben geleid tot aanmerkelijke verbeteringen en tegen de 60-er jaren begon elektrische verwarming geaccepteerd te raken als een levensvatbare concurrent van stoom- en vloeistofverwarmingsmethoden voor verwarming van procesinstallatieleidingen en apparatuur.

OVERZICHT:

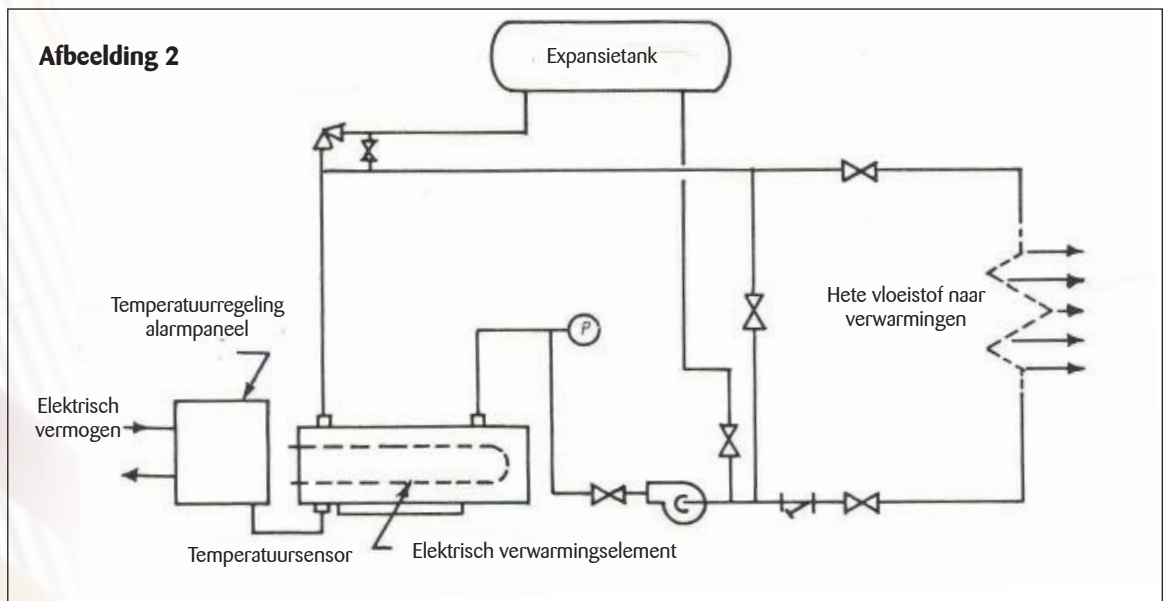
HUIDIGE THERMISCHE VLOEISTOFSYSTEMEN

Controlemethodes voor verwarmingen met gebruik van warmtegeleidende vloeistoffen zijn tegenwoordig verfijnder dan ooit. Afbeelding 1 toont een microprocessor controller (Sterling, Inc. www.sterlco.com) met 'fuzzy logic' wat een hoge nauwkeurigheid geeft. Een grote variëteit aan warmtegeleidende vloeistoffen zijn beschikbaar voor hoge of lage temperaturen. Draagbare of stilstaande vloeistofverwarmingen of koelunits zijn beschikbaar. Voor verwarmingstoepassingen, worden elektrische, stoom of brandstofgestookte verwarmingen ingezet die worden gebruikt om de temperatuur van de warmtegeleidende vloeistof te verhogen. Afhankelijk van het type verwarming en het beheerschema, kunnen verpakte thermische vloeistofeenheden worden voorzien van microprocessor-gebaseerde bedieningselementen voor betrouwbare, veilige en nauwkeurige werking. De huidige lekkagevrije leidingverbindingen voorkomen kostbare en soms gevaarlijk verlies van vloeistof waardoor de harde kunststof leidingen ideaal zijn voor verwarming



Afbeelding 1

Afbeelding 2





De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

Pagina 4 van 14

met warmtegeleidende vloeistoffen. Buisaansluitingen kunnen handmatig of automatisch worden gelast waar drukspecificaties in overeenstemming zijn met ANSI B31.1 calculatie voor zover noodzakelijk. Leidingen kunnen gemakkelijk worden gevormd voor ellebogen en bochtstukken of gevormd in haarspeldlussen voor afsluiters en pompen. Verwarmingen met warmteoverdrachts cement bieden gelijkmatige temperatuurverdeling langs de pijpleiding zelfs in koeltoepassingen. Bovendien maken zij het gebruik van lagere vloeistoftemperaturen mogelijk (in tegenstelling tot kale verwarming) voor warme toepassingen omdat de warmteoverdrachtscoëfficiënt enorm wordt verbeterd. Afbeelding 2 toont een karakteristiek met stoom verwarmd vloeistofverwarmingssysteem.

OVERZICHT: HUIDIGE ELEKTRISCHE VERWARMINGSSYSTEMEN

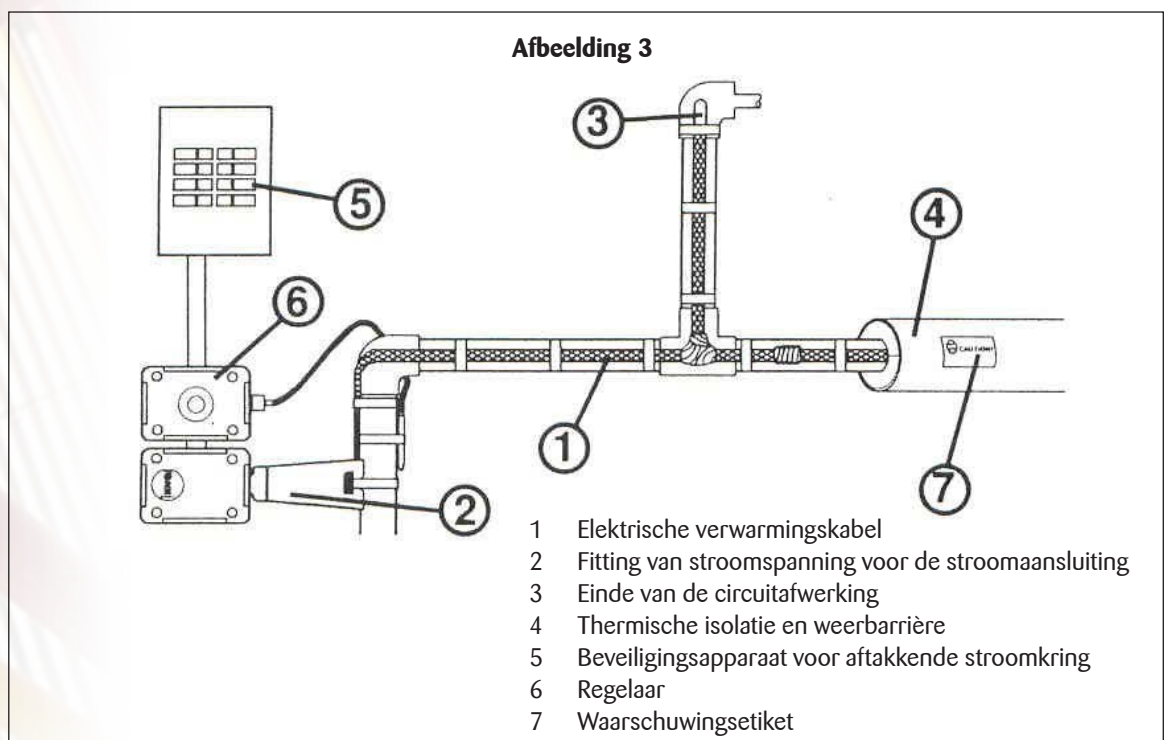
Moderne elektrische verwarmingssystemen hebben buitengewoon kleine storingscijfers in tegenstelling tot de elektrische verwarmingssystemen van het verleden, als gevolg van verbeterde technologieën en industriënormen waaraan moet worden voldaan om te worden geaccepteerd als een levensvatbare leverancier in deze markt. Op microprocessors gebaseerde bedieningselementen kunnen leidingtemperaturen binnen extreem strakke toleranties houden. Geavanceerde hoge temperatuur polymeren en verwerkingsmethoden hebben geleid tot de ontwikkeling van nieuwe en verbeterde flexibele zelfregulerende en vermogensbeperkende



Afbeelding 4

Op microprocessor gebaseerde bewakings- en controle-eenheden voor elektrische verwarmingssystemen - bandbreedte programmeerbaar in stappen van 1 graad.

verwarmingskabels. Deze flexibele verwarmingen kunnen worden gebruikt om pijpleidingen op een temperatuur rond de 149 °C (300 °F) te houden, waar in het verleden stoom, hete thermische vloeistoffen of met mineraal geïsoleerde verwarmingskabel met koperen mantel voor werd gebruikt. De ontwikkeling van metaallegeringen voor hoge temperaturen verschaffen een middel om de temperatuurhandhavingssklasse van de huidige semiflexibele geïsoleerde elektrische verwarmingskabels te verhogen tot wel 500 °C (932 °F) met een blootstellingstemperatuur van wel 593 °C (1.100 °F). Zie afbeelding 3 en 4 voor een typisch elektrisch verwarmingssysteem en een op een microprocessor gebaseerde regelaar.



THERMON . . . The Heat Tracing Specialists®

www.thermon.com



De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

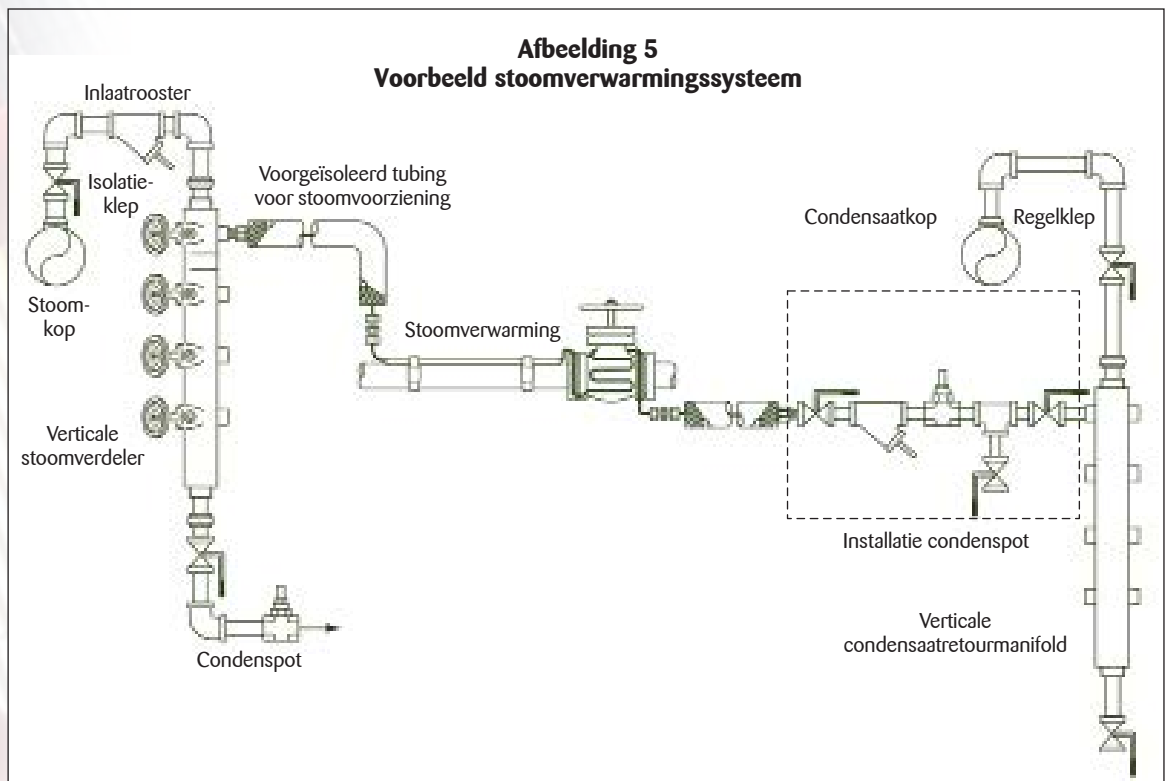
OVERZICHT:

HUIDIGE STOOMVERWARMINGSSYSTEMEN

Er bestaan tegenwoordig een grote verscheidenheid aan stoomverwarmingsmethoden. Er zijn nieuwe fabrieksmatige gemaakte geïsoleerde stoomverwarmingen ontwikkeld die een reeks aan warmteoverdrachtsklassen bieden voor lage tot middelmatige temperatuurregeling en ook beter zijn beveiligd. Als er lagedrukstoom beschikbaar is, kunnen deze verwarmingen worden gebruikt voor het verwarmen van materialen zoals caustische soda, harsen, zuren en waterleidingen die voorheen niet konden worden verwarmd met blote stoomverwarming, omdat de overmatige warmte corrosie, verdamping of afkeuring van het product kon veroorzaken. Geïsoleerde verwarmingen kunnen bij hogedrukstoom ook worden gebruikt voor temperatuurregeling in plaats van drukverminderende kleppen te installeren. Voor hogetemperatuurbereik kan stoom worden gebruikt als een warmteoverdrachtsmiddel in een modern 'geleidend' verwarmingssysteem, waar warmteoverdrachtsmateriaal om de verwarming is geïnstalleerd en deze is afgedekt met een stalen 'strap-on'-mantel om het oppervlak van

de pijpleiding van permanent en maximaal contact te voorzien. Een geleidingsverwarming voorziet in dezelfde hoeveelheid warmte als 3 tot 6 blote verwarmingen en heeft opwarmcapaciteit. Afbeelding 5 laat een voorbeeld stoomverwarmingssysteem zien. De meeste stoomverwarming wordt gebruikt in 'run free'-systemen waar geen regelmethode worden gebruikt anders dan de stroomdruk verlagende kleppen zoals getoond in afbeelding 6. Er zijn echter verschillende regelmethode beschikbaar. Afbeeldingen 7 en 8 geven details van aansluitmethoden van regeling van pijpleidingen en omgevingstemperatuurmetering. Afbeelding 9 toont regeling door uitgebalanceerde drukafsluiters die het condensaat tegenhouden terwijl afbeelding 10 een beeld geeft van een geïsoleerde stoomverwarming die wordt gebruikt om de temperatuur te verlagen van een verwarmde pijpleiding versus een conventionele blote tracer, door de snelheid van de warmteoverdracht van de verwarming naar de leiding te verlagen.

Afbeelding 5
Voorbeeld stoomverwarmingssysteem

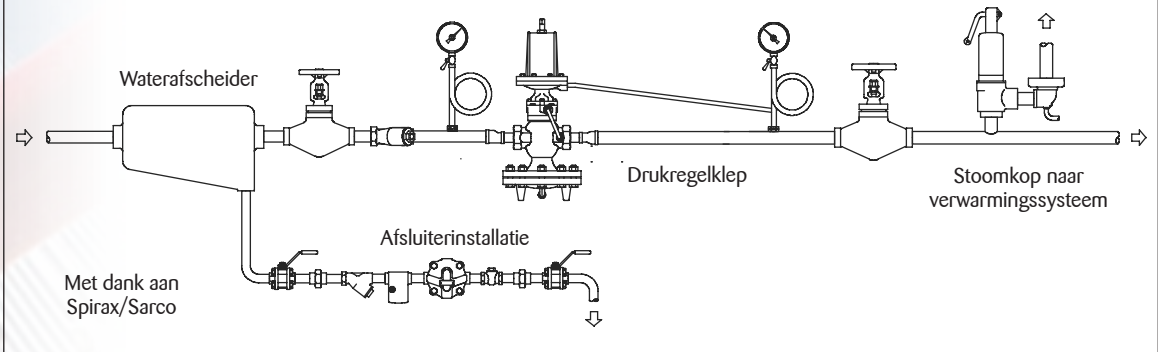




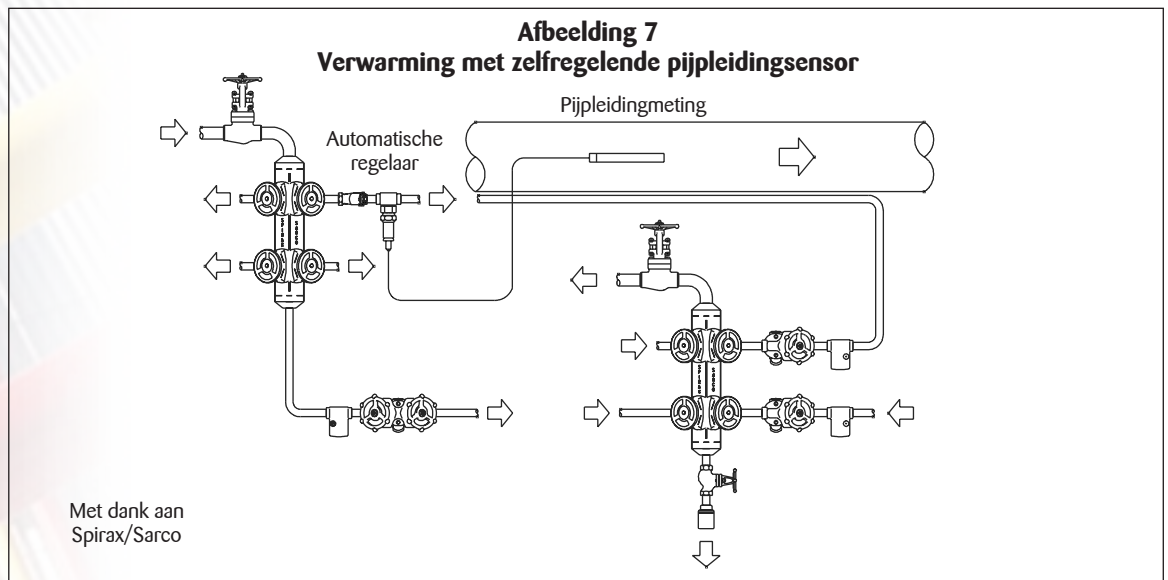
De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

PRODUCT / TOEPASSINGSGINFORMATIE

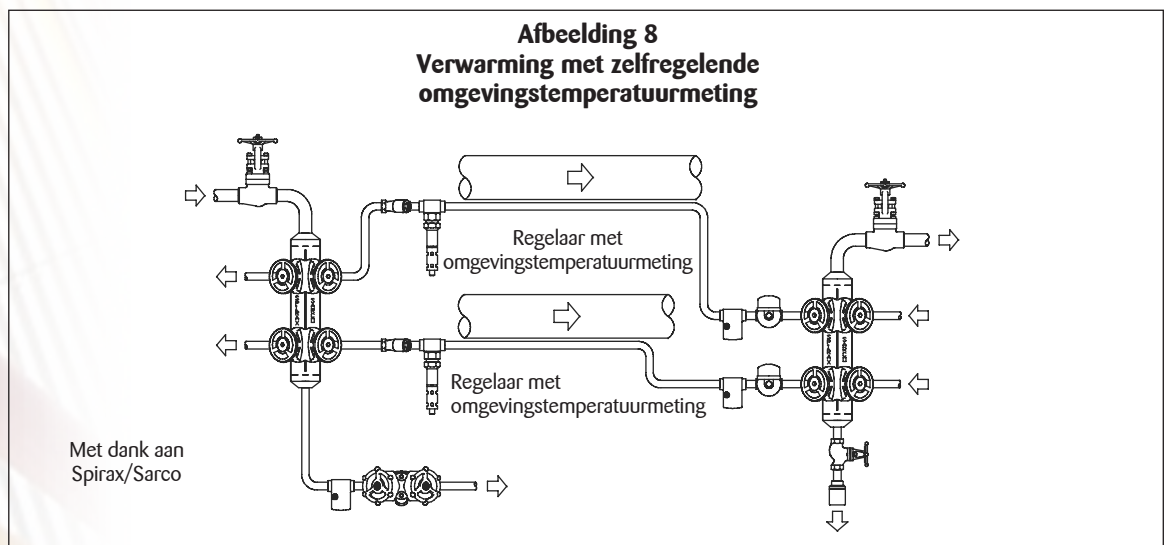
Afbeelding 6
Installatie stroomdruk verlagende klep (PRV)



Afbeelding 7
Verwarming met zelfregelende pijpleidingensor



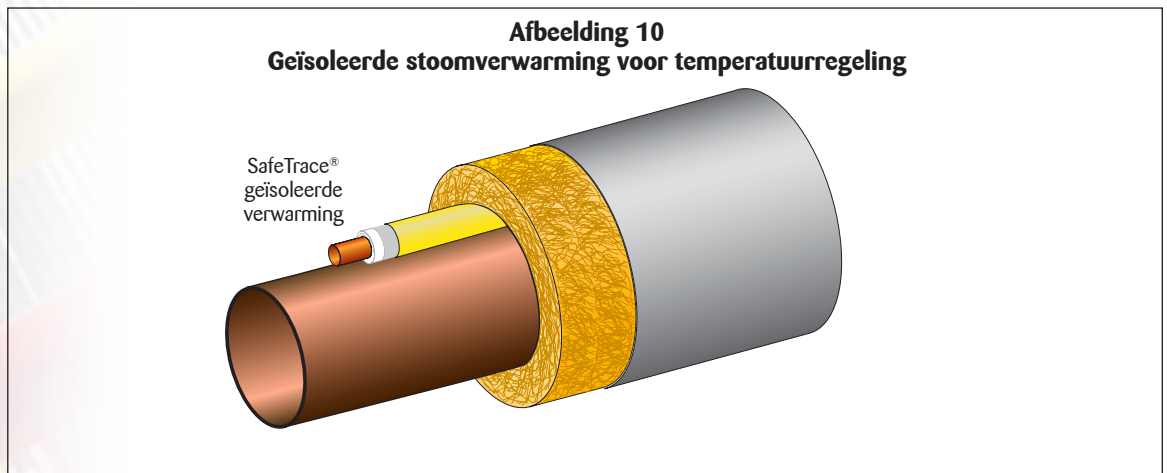
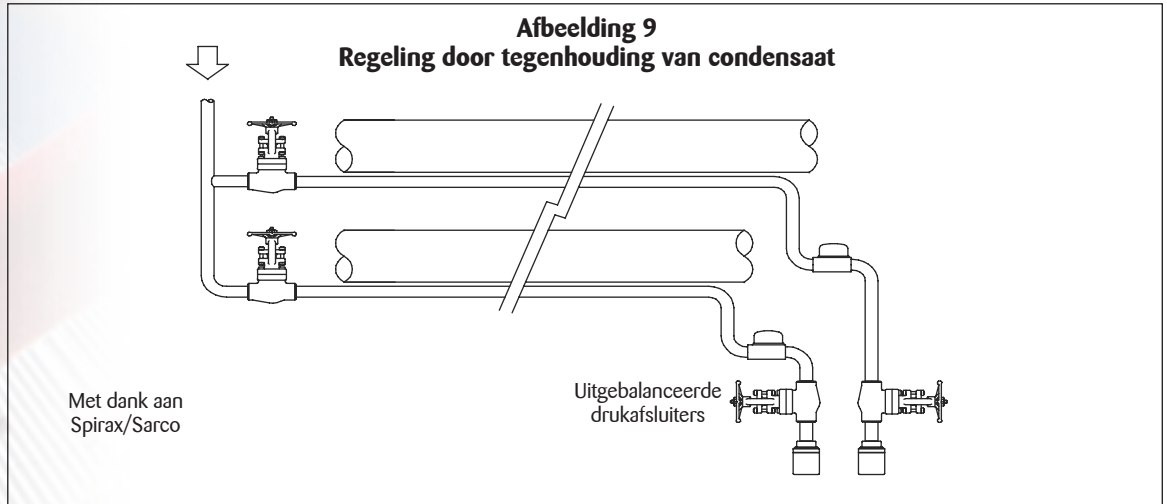
Afbeelding 8
Verwarming met zelfregelende omgevingstemperatuurmeting





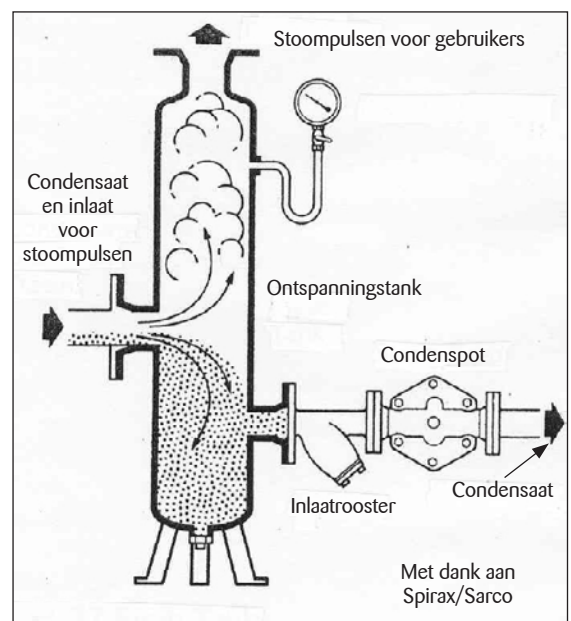
De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

PRODUCT / TOEPASSINGSGINFORMATIE



OVERZICHT: GRATIS STOOM

Stoomverwarmingssystemen kunnen regelmatig gebruik maken van stoompulsen van heet condensaat, stoom dat voortkomt uit boilers van afvalhitte of stoom van exotherme processen. De energie uit deze bronnen wordt vaak 'gratis stoom' genoemd. Er zijn echter ontspanningstanks (zie afb. 11), herstelapparatuur voor afvalhitte en diverse accessoires nodig om deze stoom te regelen en te transporteren. Aan het onderhoud en de begeleidende onderhoudsdiensten zijn kosten verbonden. Maar er wordt geen extra brandstof gebruikt om deze stoom te produceren. Daarom is dit een goedkope energiebron die vaak 'gratis stoom' wordt genoemd.





De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

Pagina 8 van 14

EEN AANTAL BASISVERGELIJKINGEN

Het volgende geeft de relatieve voordelen en beperkingen aan van elk systeem in de diverse toepassingen:

VOORDELEN VAN STOOM-/VLOEISTOFVERWARMING

- Tegenwoordig is er een reeks thermische vloeistoffen beschikbaar voor een breed bereik aan verwarmings- of koelingstoepassingen. WATER wordt vaak naar beschikbaarheid gebruikt voor het verwarmen van lage tot middelmatige temperaturen; thermische stabiliteit en warmteoverdrachtseigenschappen. AROMATEN kunnen worden gebruikt voor temperaturen tussen de 320 °C en 400 °C (608 °F en 752 °F); VLOEISTOFFEN GEBASEERD OP SILICONEN kunnen worden gebruikt tot circa 400 °C (750 °F) en ook voor proceskoeling. KOOLWATERSTOFFEN of minerale oliën worden al jaren gebruikt en werken doorgaans tot maximaal 321 °C (610 °F).⁶
- Verwarming met thermische vloeistof werkt goed voor toepassingen die een redelijk gesloten temperatuurregeling nodig hebben. Warmteoverdrachtscoëfficiënt wordt over het algemeen aanbevolen voor zowel verwarming als koeling, omdat deze materialen een verhoogde warmteoverdrachtcoëfficiënt en een positief contact tussen de vloeistofverwarming en de verwarmde of gekoelde procesleiding geven. De verbeterde warmteoverdrachtssnelheid en het contact geven een uniforme temperatuurverdeling over de gehele pijpleiding.
- Verwarmingssystemen met thermische vloeistof kunnen worden ontworpen voor het gebruik in gevaarlijke ruimten.
- De meeste thermische vloeistoffen zijn minder vatbaar voor bevriezing of breuk van de verwarming of de in gebruik zijnde apparatuur tijdens perioden dat deze niet werkt in vergelijking met condensaat uit een stoomverwarmingssysteem met een omgevingstemperatuur onder de -29 °C (-20 °F).
- Een 'ideale' thermische vloeistof heeft de volgende kenmerken: ⁶
 - **Thermische stabiliteit:** Na herhaalde verwarm- en koelcycli dient er geen aanmerkelijke verandering in chemische samenstelling plaats te hebben.
 - **Wezenlijk veilig:** Onder normale werkingsomstandigheden mag er geen extreem brand- of ontplofingsgevaar bestaan. Voordat er een keuze wordt gemaakt moeten eigenschappen als vlampunt en ontbrandingspunt worden geëvalueerd. De meeste thermische vloeistoffen kunnen werken

bij temperaturen hoger dan deze temperaturen omdat lekkages doorgaans beperkt zijn en dit het blootstellingspotentieel aan een ontstekingsbron minimaliseert. Een thermische vloeistof mag nooit worden gebruikt boven zijn atmosferische kookpunt vanwege het potentieel aan dampexplosies rond lekkages.

- **Chemisch veilig:** Incidentele blootstelling mag niet gevaarlijk zijn voor bedienend personeel.
- **Lage viscositeit bij omgevingstemperatuur:** Vloeistoffen met hoge viscositeit zijn lastig bij een koude systeemstart.
- **Lage dampdruk bij bedrijfstemperatuur:** Lage dampdruk elimineert de noodzaak om het gehele systeem onder druk te zetten om pompcavitatie te voorkomen.
- **Goede fysische eigenschappen:** De warmteoverdrachtscoëfficiënt is recht evenredig met de soortelijke warmte (C_p), dichtheid (ρ) en thermische geleidbaarheid (k), en omgekeerd evenredig met de viscositeit (μ).

BEPERKINGEN THERMISCHE VLOEISTOFVERWARMING

- Thermische vloeistoffen hebben gewoonlijk een lage warmtecapaciteit, zeker vergeleken met stoomverwarming. Meerdere vloeistofverwarmingen kunnen nodig zijn op een pijpleiding voor dezelfde warmtelevering als één stoomverwarmingssysteem.
- Een verwarmingssysteem met thermische vloeistof heeft meerdere verwarmingscircuits nodig voor het verantwoord is. De vloeistofbehandelingsunits zijn samengesteld uit een expansietank om ruimte voor vloeibare expansie te bieden en een netto positieve aanzuighoogte voor de pomp; een circulatiepomp om de thermische vloeistof stromend te houden; een verwarming om de vloeistof tot de vereiste temperatuur te verwarmen en opnieuw te verwarmen als deze retour komt van de verwarmingen, en een doorstromings-/temperatuurregelingsmethode om de benodigde temperaturen van thermische vloeistof en procesleidingen te bewaren.
- Stroombeperkingen in thermische vloeistofverwarmingssystemen beperken de lengtes van verwarmingscircuits in vergelijking met een verwarmingssysteem op stoom of elektriciteit.
- De invloed die potentiële lekkages of morsen kunnen hebben op het milieu moeten bij elk verwarmingssysteem met thermische vloeistof worden bekeken. Bij hoge temperaturen kunnen

PRODUCT / TOEPASSINGSGINFORMATIE



THERMON . . . The Heat Tracing Specialists®

www.thermon.com



De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

Pagina 9 van 14

op koolwaterstof gebaseerde vloeistoffen vluchtig worden als lekkages optreden in het systeem.

- Initiële vloeistofkosten en vervangingskosten moeten in acht worden genomen, omdat bepaalde vloeistoffen erg duur zijn:

VOORDELEN VAN ELEKTRISCHE VERWARMING

- De meeste industriële faciliteiten zullen elektrische voeding beschikbaar hebben.
- Een scala aan types en methoden van elektrische verwarming kan worden gebruikt voor de handhaving van een groot scala aan temperaturen voor procesleidingen en bijbehorende apparatuur. Elektrische warmteafgifte kan worden aangepast voor bescherming tegen bevriezing bij bijzonder lage temperaturen tot toepassingen met erg hoge procestemperaturen tot 500 °C door keuze van de verwarming en het gebruik van ontwerpvariabelen zoals netspanning.
- Korte leidinglengtes of lange pijpleidingen tot wel 25 kilometer in lengte kunnen worden verwarmd door het gebruik van verschillende types verwarmingskabels of skin-effect verwarmingssystemen.
- Elektrische verwarming is aan te bevelen voor niet-metalen en gevoerde leidingen en procesapparatuur vanwege de mogelijkheid van warmteafgifte op zeer laag niveau.
- Elektrische verwarming is vaak aan te bevelen voor gebruik met temperatuurgevoelige producten die binnen een smal temperatuurbereik moeten worden gehouden. Het is gemakkelijk te voorzien van temperatuurregelingen om nauwkeurig consistente temperaturen in stand te houden om procestemperaturen binnen specificatielimieten te houden en energie te sparen.
- Aangezien bij elektrische verwarming geen vloeistof wordt getransporteerd, zijn er geen aansluitingen of afsluiters nodig die energielekkages kunnen veroorzaken of routinematig onderhoud nodig hebben. Dit vertaalt zich in vereenvoudigde installatie en verminderde bedienings- en onderhoudskosten.
- In de geschiedenis van zijn bestaan heeft elektrische verwarming bewezen een veilige keuze voor procesleidingen en apparatuurverwarming te zijn. Hoge industriënormen en goedkeuringstesten geeft verificatie van geschiktheid voor de bedoelde service.

BEPERKINGEN VAN ELEKTRISCHE

VERWARMING

- Als de capaciteit is berekend op temperatuurhandhaving, hebben elektrische verwarming vaak een onacceptabel lange opwarmtijd nodig voor de hervatting van doorstroming na een noodstop of een verandering in de installatie.
- Als eerder besproken kan elektrische verwarming worden ontworpen voor veilige werking in gevaarlijke omgevingen en heeft het een goed trackrecord in dergelijke toepassingen, maar het heeft wel het potentieel van vonkvorming wat, overal waar ontvlambare materialen aanwezig zijn in de atmosfeer of omgeving van de verwarming, kan leiden tot brand of explosie.
- Elektriciteit voor verwarming kan aanzienlijk meer per Btu kosten dan stoom, in het bijzonder als revaporisatiestoom of stoom van exothermische processen beschikbaar is voor stoomverwarming. Als een fabriek een warmtekrachtkoppelinginstallatie heeft, zal er nog steeds een kostenverschil bestaan tussen elektriciteit en stoom, maar zal dit veel lager uitvallen.

VOORDELEN VAN STOOMVERWARMING

- Stoomverwarming wordt regelmatig gekozen voor gebruik in installaties waar stoom een bijproduct van condensatie (revaporisatiestoom) of een exothermisch proces is. In deze gevallen zal elektriciteit veel meer kosten dan stoom. Stoom van deze bronnen wordt vaak (onterecht) beschouwd als 'gratis stoom', maar als eerder aangegeven, zijn er wel degelijk enkele kosten mee verbonden, hoewel er geen extra brandstof wordt gebruikt.
- Stoom is uitstekend voor opwarmsituaties omdat de hoogste mate van warmteoverdracht optreedt wanneer het temperatuurverschil tussen de stoomverwarming en de koelleidingen of apparatuur het grootst is. Tijdens het opwarmen condenseert stoom snel, waarbij een grote hoeveelheid latente warmte-energie vrijkomt vanwege het grote temperatuurverschil tussen de koude leidingen, (of apparatuur) en de stoomverwarming. Terwijl de procesapparatuur apparatuur opwarmt, veroorzaakt de geleidelijke afname in temperatuurverschil een overeenkomstige afname in de mate van stoomcondensatie tot uiteindelijk een evenwichtstoestand wordt bereikt. De grote latente warmte inhoud van de stoom maakt het een uitstekend medium voor opstartsituaties na een verandering in de installatie of na een noodstop. Pijpleidingen die niet continu worden gebruikt bij tankaansluitingen om zwavel, asfalt, of andere zware koolwaterstofmaterialen

PRODUCT / TOEPASSINGSGINFORMATIE



THERMON . . . The Heat Tracing Specialists®

www.thermon.com



De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

Pagina 10 van 14

te transporteren, vertrouwen op stoom voor snelle opwarming en temperatuurhandhaving wanneer het systeem eenmaal een evenwichtstoestand heeft bereikt. In een evenwichtstoestand is de door het stoomverwarmingssysteem geleverde warmte gelijk aan de warmte die wordt verloren aan de atmosfeer door de thermische isolatie die de verwarming en de leiding bedekt.

- Stoomverwarming is intrinsiek veilig en kan worden gebruikt in gevaarlijke omgevingen divisie 1 (en zone 0) waar elektrische verwarmingscircuits om veiligheidsredenen ernstig worden beperkt (of niet toegestaan). API-publicatie 2216, tweede editie, januari 1991 zegt het volgende: "De ontbranding van accidentele uitstoot van koolwaterstoffen in de atmosfeer kan leiden tot schadelijke branden. Vaak wordt aangenomen dat hete oppervlakken in het gebied waar koolwaterstofdamp vrijkomt, de ontstekingsbron zijn. Maar hete oppervlakken, zelfs bij temperaturen boven de gepubliceerde en algemeen geaccepteerde ontstekingstemperatuur van de koolwaterstof, kunnen het ontvlambare mengsel niet aansteken. ---Ontbranding door een warm oppervlak in de open lucht kan niet als vuistregel worden aangenomen, tenzij de oppervlaktetemperatuur ongeveer 200°C boven de geaccepteerde minimale ontstekingstemperatuur ligt." In het algemeen zal stoom voor verwarmingsdoeleinden de bovenstaande temperatuurlimieten voor de meeste koolwaterstoffen niet overschrijden. Bovendien zijn de meeste stoomtoevoerleidingen tegenwoordig afgedekt met thermische isolatie om warmteverlies te verminderen en kans op letsel van personeel te minimaliseren door het isolatie-oppervlak op een maximum temperatuur van 60 °C (140 °F) of minder te houden.
- De temperatuur van stoomverwarmingcircuits kan worden geregeld door:
 - Drukregelaars die de stoomdruk variëren en daarmee de stoomtemperatuur.
 - Geïsoleerde verwarming die een pad met lage geleiding hebben om temperaturen te verlagen en energie voor leidingen met materialen zoals amine, bijtende stoffen, harsen, water, afvalwater, of voor het vasthouden van leidingtemperaturen met 10,3 barg tot 17,2 barg stoom zonder de noodzaak voor drukregelaars die noodzakelijk kunnen worden voor kale stoomverwarming om de warmteafgifte te beperken.
 - Zelfregelende regelkleppen met sensoren die

reageren op de temperatuur van de omgevingslucht of de temperatuur van de procesleiding.

- Condenspotten of gebalanceerde drukafsluiters met vaste temperatuur aan de afvoer die reageren op de condensaattemperatuur en condensaat binnen de verwarming laten afkoelen voordat het wordt afgevoerd.
- Met thermostaten gecontroleerde magneetkleppen, met een aan/uit-regeling. De thermostaat doet alleen dienst als eerste actie en de aan/uit-regeling geeft het verwarmingscircuit de volledige voordelen van de verwarmingsmedia tijdens opstart.
- Condensaat van stoomverwarming kan worden geretourneerd om opnieuw te verwarmen en gebruik bij de boiler omdat dit wordt beschouwd als 'schoon condensaat'. Condensaat van warmtewisselaars en ommantelde apparatuur wordt echter niet beschouwd als schoon vanwege de mogelijke verontreiniging met procesvloeistoffen.
- Stoom is eenvoudig en betrouwbaar. Het is een constante energiebron en stroomt op eigen kracht. Wanneer stoom in de verwarming condenseert in verzadigd water, komt er een volumetrische ruimte vrij, die voortdurend wordt gevuld met onder druk staande stoom. Dit zich eindelijk herhalende proces houdt de stoom vloeënd zolang het systeem in werking is.

BEPERKINGEN VAN STOOMVERWARMING

- Stoomverwarming is doorgaans niet aan te bevelen voor gebruik met niet-metalen of gevoerde leidingen en ketels, hoewel moderne geïsoleerde verwarming in bepaalde gevallen wel geschikt zijn.
- Stoomverwarming hebben aansluitingen nodig, waar lekkages kunnen optreden. Moderne, met precisie gemaakte compressieafdichtingen kunnen een lekvrije aansluiting bieden wanneer zij goed worden gemonteerd.
- Elke cyclus van een omgekeerde condenspot of een thermodynamisch type afsluiter gebruikt een bepaalde hoeveelheid stoom om zijn functie uit te voeren. Stoomverlies treedt ook op in thermostatische afsluiters vanwege een kleine overlapping van tijd bij het sluiten van de klep als het laatste restje condensaat eruit gaat en stoom binnenkomt. Impulsafsluiters hebben een continu klein stoomverlies door de pilootopening. Verder heeft elke afsluiter bepaalde stralingsverliezen. De leverancier van de condenspot moet in staat zijn om de gebruikelijke kg stoomverlies per uur voor de specifieke afsluiter te geven. Een fabrikant zegt dat het operationele

PRODUCT / TOEPASSINGSGINFORMATIE



THERMON . . . The Heat Tracing Specialists®

www.thermon.com



De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

stoomverlies van condenspotten maximaal 0,90 kg is.⁷ Voor kleine stoomverwarmingafsluiters wordt het stoomverlies per uur geschat op een hoeveelheid van tussen de 0,22 kg en 0,45 kg.

- Stoomkoppen en retourleidingen van condensaat van stoomverwarming zullen een bepaalde hoeveelheid aan stoomenergie verliezen, zelfs wanneer zij zijn afgedekt met thermische isolatie. Stoomtoevoer en verdeelstukken voor retourcondensaat zullen ook een bepaalde hoeveelheid stoomenergie verliezen. Energieverlies kan echter worden geminimaliseerd door het aanbrengen van thermische isolatie op stoomleidingen en apparatuur.
- Slecht werkende condenspotten kunnen bijdragen aan stoomenergie verlies op stoomverwarmde leidingen. Een bron zegt dat "storingen aan stoomafsluiters op continue basis van 3% tot 10% zal bijdragen aan de stroom van stoom in de retourleiding"⁸. Een andere bron verklaart dat "in systemen met een regelmatig gepland onderhoudsprogramma, lekkage bij minder dan 5 procent van de afsluiters voorkomt"⁹.

De meest voorkomende openingsdiameter voor condenspotten bij stoomverwarming is 3,0 mm voor afsluiters met metrische maten en 1/8" in inch. Geschatte stoomverliezen door slecht werkende afsluiters in verwarmingssystemen zijn te vinden in Tabel 1 en Tabel 2 hieronder. Een goed onderhoudsprogramma zal helpen het energieverlies door condenspotten als beschreven onder OPMERKING hieronder te minimaliseren.

Een vooraanstaande fabrikant van afsluiters schat

Tabel 1

Schatting energieverlies door condenspotlekkages kg/uur			
Diameter doorstroomopening afsluiter (mm)	Stoomdrukmeter in bar		
	3,5	7,0	10,0
2,0	5,0	8,8	12,0
3,0	12,5	22,2	30,5
5,0	31,0	55,1	75,4

Tabel 2

Schatting energieverlies door condenspotlekkages pond/uur			
Diameter doorstroomopening afsluiter inch	Stoomdrukmeter in bar		
	50	100	150
5/64	10,6	18,9	27,1
1/8	27,2	48,3	69,3
3/16	61,3	108,6	156,0

dat gemiddeld elke defecte afsluiter meer dan 400.000 pond (ongeveer 180.000 kg) stoom per jaar verspilt.² Als u de 7,0 Bar g kolom en de 3,0 mm openingsdiameter van Tabel 1 kiest en 8.400 uur per jaar rekent voor een tweewekelijkse doorlooptijd, zal het verlies per afsluiter $22,2 \times 8400 = 186.480$ kg/jr zijn ($186.480 \times 2,2 = 410.256$ lb/jr).

Kies in Tabel 2 de 100-psig kolom en de 1/8" opening, het verlies zal dan $48,3 \times 8400 = 405.720$ lb/jr. stoomverlies jaarlijks zijn. Daarom geeft de uitspraak van de afsluiterfabrikant een realistische waarde.

Bewakingssystemen voor condensaatpotten zijn beschikbaar bij de meeste belangrijke afsluiterfabrikanten en kunnen helpen stoomverliezen vanwege slecht werkende afsluiters te reduceren, mits correct geïnstalleerd en geïmplementeerd. Regelmatige continue bewaking zal storingen zoals lekkage of achterblijvend condensaat identificeren.

ANALYSE VAN VERWARMINGSSYSTEMEN

Een complete analyse van het verwarmingssysteem moet al het volgende omvatten:

- De specifieke toepassing
- De functionele prestatie van het verwarmingssysteem
- De energie-efficiëntie van het verwarmings-/leidingsysteem
- De installatiekosten van het verwarmingssysteem.

1. De specifieke toepassing

Gebruikelijk benodigde informatie voor een beoordeling.

- Installatie/locatie
- Klimatologische gegevens
 - Minimum omgevingstemperaturen
 - Maximum omgevingstemperaturen
 - Gemiddelde jaarlijkse omgevingsomstandigheden
- Proces, hulpmiddelen of servicematerialen die moeten worden verwarmd
 - Producteigenschappen
 - Specificaties
 - Verwerkingsuren
 - Vereiste opwarming
 - Stromingsroute van procesvloeistoffen
- Vereisten voor temperatuurregeling van product en bewaking
- Energie: locatie, type, aantal, kwaliteit, kosten
 - Omgevingsclassificatie
 - Elektrische energiekosten
 - Spanning
 - Kosten stoomenergie
 - Stoomdruk
 - Kosten warmtegeleidende vloeistof waaronder

PRODUCT / TOEPASSINGSGINFORMATIE





De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

Pagina 12 van 14

verpakt verwarmingsapparaat

- Leiding: materialen, lengtes, afmetingen en classificering
 - Installatieschema's 17
 - Isometrie pijpleidingen
 - Overzicht pijpleidingen; enz.
- isolatie: type, dikte en weerbarrière
- arbeid: tarieven en benodigde onderhoudsuren
- alternatieven verwarmingssysteem ter overweging

2. De functionele prestatie van de verwarmingssystemen

Op de eerste plaats moet elke te overwegen verwarmingsmethode in staat zijn te voldoen aan de functionele vereisten van de procesleidingen en apparatuur die wordt verwarmd. Het verwarmingssysteem moeten het leidingsysteem opwarmen en op de voorgeschreven temperatuur houden. Er kan een vereiste opwarmtijd voor het systeem gelden, niet alleen voor de initiële start maar ook opstart na uitschakelen voor aanpassing of een noodsituatie. Maximum temperaturen van leiding, product, verwarming, en isolatie mogen niet worden overschreden onder normale en abnormale omstandigheden. Als een temperatuurregelsysteem nodig is, moet deze de benodigde nauwkeurigheid van regeling bieden. Een temperatuuralarmsysteem kan ook nodig zijn om te voldoen aan veiligheids- of productiespecificaties. Het kan nodig zijn het verwarmingssysteem te bewaken. Deze overwegingen zijn allemaal noodzakelijk om tot een functioneel systeem te komen.

3. De energie-efficiëntie van het verwarmings-/leidingsysteem

De kenmerken van het energieverbruik van een verwarmingssysteem zijn vooral een functie van het volgende:

- isolatiesysteem
- type temperatuurregeling van het verwarmingssysteem
- type warmtebron

Het isolatiesysteem

Een verwarmingssysteem in de meest voorkomende toepassing (temperatuurhandhaving) is ontworpen om alleen die warmte die verloren gaat door de thermische isolatie te vervangen. Het energieverbruik is direct gerelateerd aan de kenmerken van het energieverlies van de isolatie, wat een functie is van het type en dikte isolatie. Terwijl reductie van warmteverlies en optimalisatie mogelijke is door zorgvuldige selectie van het isolatietype, is het wel

zo dat het type isolatie moet worden gekoppeld aan de functionele vereisten van de toepassing, d.w.z. minimale temperatuurlimieten, waterweerstand, trek- en compressiesterkte, onvlambaarheid, enz. De optimalisatie van de warmteverliesreductie moet dan zijn gebaseerd op isolatiedikte. De optimale isolatiedikte wordt bepaald door schatting van de volgende kosten voor een gegeven isolatiedikte:

- De jaarlijkse kosten van het isolatiesysteem waaronder installatie en onderhoud
- De jaarlijkse kosten van het energieverlies.

De optimale isolatiedikte is die dikte waarvoor de som van deze kosten minimaal is.

Jaarlijkse isolatie- en energiekosten via het gebruik van 3E Plus®

De isolatiedikte kan worden bepaald met gebruik van 3E Plus, een computerprogramma voor isolatiedikte dat GRATIS kan worden gedownload van www.pipeinsulation.org Het is ontworpen voor vestigingsmanagers, energie- en milieubeheerders en industriële procesingenieurs.

Het 3E Plus-programma:

- Berekent de thermische prestatie van zowel geïsoleerde als niet-geïsoleerde leidingen en apparatuur
- Vertaalt Btu verliezen naar geldbedragen
- Berekent uitstoot van broeikasgassen en reducties
- Gebruikt als een tool in meerdere DOE-programma's

3E Plus vereenvoudigt de taak van de bepaling hoeveel isolatie nodig is om minder brandstof te gebruiken, uitstoot van de installaties te reduceren en procesefficiency te verbeteren. De hierin beschreven informatie is van het INSULATION OUTLOOK MAGAZINE, december 2002 op www.insulation.org.

Temperatuurregeling verwarming

Als er geen materiaal in een leidingsysteem vloeit, verlaagt een leidingtemperatuur metende regelaar die het verwarmingssysteem activeert en deactiveert, het energieverbruik door de verwarming alleen die energie te laten leveren die nodig is om de leidingtemperatuur te handhaven. Wanneer doorstroming optreedt in de leiding bij temperaturen boven het instelpunt, schakelt de leiding metende regelaar de verwarming uit en minimaliseert het energieverbruik. Verwarmingsbewakingssystemen die de omgevingstemperatuur meten in plaats van de leidingtemperatuur, zijn minder energiezuinig omdat deze regelaars continue activiteit van de verwarming toestaan wanneer de omgevingstemperatuur beneden het instelpunt van de regelaar komt. Het resultaat is hoger energieverbruik door de verwarming. Hoewel regelmethodes voor stoomverwarmingssystemen

PRODUCT / TOEPASSINGSGINFORMATIE



THERMON . . . The Heat Tracing Specialists®

www.thermon.com



De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

Pagina 13 van 14

beschikbaar zijn, worden ze niet algemeen aangebracht door onverschilligheid van de gebruiker.

De warmtebron

- Het energieverbruik van elektrische verwarming met parallelle en seriële weerstand is begrensd op de Joulian (I^2R) verwarmingscapaciteit van de kabel. De meeste installaties zullen elektriciteit beschikbaar hebben voor elektrische verwarming die ofwel wordt ingekocht of geproduceerd op de locatie (warmtekrachtkoppeling).
- Stoomverwarming vormt een warmtebron met constante temperatuur. Hun energieverbruik is evenredig aan het verschil van de stoomtemperatuur minus leidingtemperatuur. Wanneer controleschema's niet worden toegepast zal het energieverbruik van een stoomverwarming toenemen wanneer de temperatuur van de procesvloeistof minder is dan de evenwichtstemperatuur die door de procesleiding vloeit.
- Een verwarmingssysteem met thermische vloeistof heeft meerdere verwarmingscircuits nodig voordat het uit kan vanwege de kosten van de vloeistofbehandelingsunit. De vloeistofbehandelingsunits zijn samengesteld uit 1) een expansietank om ruimte voor vloeibare expansie te bieden en een netto positieve aanzuighoogte voor de pomp; 2) een circulatiepomp om de thermische vloeistof stromend te houden; 3) een verwarming om de vloeistof tot de vereiste temperatuur te verwarmen en opnieuw te verwarmen als deze retour komt van de verwarming. Procestemperatuurregeling kan worden bereikt via stroomregelkleppen voor meerdere gebruikers of door een procestemperatuursensor die de verwarming voor één gebruiker regelt. Thermische vloeistofverwarming zijn ofwel brandstofgestookt, stoomverwarmd of verwarmd met elektrische weerstandverwarming. De totale installatiekosten, energiekosten en het bedoeld gebruikspatroon moeten in overweging worden genomen bij het selecteren van het type verwarming voor het systeem.⁶

4. De installatiekosten van het verwarmingssysteem

De installatiekosten van stoom, vloeistof en elektrische verwarming zijn sterk afhankelijk van:

- complexiteit pijpleidingen
- temperatuurhandhaving/regeling/bewaking
- omgevingsclassificatie

Complexiteit pijpleidingen

Elektrische verwarmingskabels zijn normaal gesproken meer flexibel dan leidingen en dus is de installatietijd minder voor gebruikelijke objecten zoals afsluiters,

pompen, filters, bochtstukken, flensen, enz. Als een afweging geldt echter dat het aantal elektrische circuits en regelaars zal toenemen naarmate de complexiteit toeneemt en zullen de kosten van een elektrische verwarming dus in vergelijking met een ongecontroleerde stoomverwarming stijgen.

Temperatuurhandhaving/regeling/bewaking

De installatie van leidingtemperatuur metende temperatuurregeling/bewaking kan zo eenvoudig zijn als een mechanische aan/uit thermostaat of het zo verfijnd zijn als een microprocessor-gebaseerd regelsysteem. In het geval van stoomverwarming, zijn regel- en bewakingsapparaten beschikbaar maar worden deze zelden gebruikt. De relatieve kosten van stoom-, elektrische of thermische vloeistofverwarmingssystemen zijn in bepaalde mate gerelateerd aan de regeling/bewaking die op het systeem wordt toegepast. Het rendement van stoomverwarming zal in grote mate afhangen van het minimaliseren van energieverlies door slecht werkende afsluiters en condenspotten.

Met het gebruik van de hierboven genoemde regelsystemen kunnen elektrische verwarmingscircuits de leidingtemperaturen op $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($40\text{ }^{\circ}\text{F}$) houden ter bescherming tegen bevriezing door het gebruik van eenvoudige vooraf ingestelde regelaars, of afstelbare regelthermostaten voor vorstbescherming en temperatuurhandhaving. Microprocessor-gebaseerde temperatuurregelingen en bewakingseenheden voor enkelvoudige, dubbele of meerdere circuits kunnen temperatuurregeling tot 50% bieden.

Thermische vloeistofverwarmingssystemen kunnen temperaturen erg nauwkeurig regelen voor toepassingen met lage en hoge temperaturen en kunnen worden geregeld door regelkleppen en/of microprocessor-gebaseerde regelsystemen. Bepaalde thermische vloeistoffen kunnen worden gebruikt in een temperatuurbereik van $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ tot $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($500\text{ }^{\circ}\text{F}$ tot $750\text{ }^{\circ}\text{F}$) wat verder gaat dan het temperatuurbereik dat normaal gesproken met stoomverwarming kan worden bediend. Elektrische verwarming (mineraal geïsoleerde verwarmers van legering 825) kan voordelig zijn voor individuele leidingcircuits bij deze temperaturen, vanwege de kosten van een thermische vloeistofverwarmingseenheid.

Stoomverwarming is in het algemeen gerelateerd aan hoge warmteafgifte voor toepassing waar stoom in het drukbereik van 3 barg tot 21 barg wordt gebruikt. Nieuwe geïsoleerde verwarming zijn echter ontworpen om stoomverwarmingsmethoden voor lage tot gemiddelde warmteafgifte om leidingtemperaturen van 5 tot $93\text{ }^{\circ}\text{C}$ te handhaven. Deze verwarming worden gebruikt voor veel toepassingen waar zachte warmte nodig is voor materialen als bijtende soda, harsen, amine, enz.

PRODUCT / TOEPASSINGSGINFORMATIE



THERMON . . . The Heat Tracing Specialists®

www.thermon.com



De relatieve voordelen en beperkingen van verwarmingssystemen die werken met thermische vloeistoffen (thermische olie), elektriciteit of stoom

Pagina 14 van 14

Regelmethodes omvatten metingen van omgevings- en leidingtemperatuur, condensaat regelende afsluiters en geïsoleerde verwarmingen. Waar echter bijzonder kleine temperatuurverschillen zijn vereist, zijn elektrische verwarmingen of verwarmingen met thermische vloeistof in het algemeen de beste keuze. Bij toepassingen met hoge warmteafgifte, kunnen vloeistofverwarming en elektrische verwarming meerdere leidingen nodig hebben. Hierdoor zal stoomverwarming normaal gesproken relatief gunstiger installatiekosten hebben bij toepassingen met hogere warmtebelasting en snelle opwarming.

Omgevingsclassificatie

In gevaarlijke omgevingen kan de output in watt per meter worden beperkt om te voldoen aan beperkingen ten aanzien van omlooptemperatuur. Ook hier kan dit leiden tot meerdere doorgangen van verwarmingskabel en zal leiden tot hogere installatiekosten. Een verwarming voor constante temperatuur zoals stoom heeft als eerder beschreven in het algemeen geen hinder van deze omlooptemperatuurbepalingen en heeft dus de voordelen van lagere installatiekosten doordat minder verwarmingsleidingen nodig zijn.

SAMENVATTING

Het is belangrijk te begrijpen dat er geen ideale verwarmingsmethode bestaat voor alle situaties. De specifieke toepassing in kwestie met zijn speciale eisen moet de bepalende factor worden voor de keuze van de in te zetten verwarmingsmethode.

In feite er zijn situaties waar een, twee of alle drie hier beschreven methoden kunnen worden gebruikt voor economisch voordeel in een industriële installatie. Stoom kan beschikbaar en de beste keuze zijn voor verwarming in de ene installatie terwijl elektrisch of vloeistof in een andere situatie de beste keuze kan zijn. De meeste grote raffinaderijen en chemische fabrieken zullen in het algemeen zowel stoom- als elektrische verwarming in gebruik hebben. De textielindustrie zal vaak stoom- en thermische vloeistof verwarmingssystemen hebben voor hogere temperaturen.

De keuze van verwarming kan gemakkelijk worden gemaakt voor gebruikers die niet al een stoombron beschikbaar hebben. Het valt te betwijfelen dat iemand zou willen investeren in een stoomketel alleen voor verwarming. Aan de andere hand kan daar waar stoom in een faciliteit al voor andere doeleinden wordt gebruikt, een overschot aan stoom beschikbaar zijn dat moet worden gebruikt of afgevoerd. In dit geval is de stimulans om stoomverwarming of een stoom gestookte vloeistofverwarming voor vloeistofverwarmingsdoeleinden voor de hand liggend.

Een producent van externe verwarmingssystemen (www.thermon.com) heeft al bijna 50 jaar praktische ervaring met ontwerp, levering en installatie van stoom-, elektrische en vloeistofverwarming. De verworven kennis in de wetenschap van uitwendige warmteoverdracht door toepassingen op locatie en de testfaciliteiten van het bedrijf is bijeengebracht en de data zijn in een uitgebreid computeranalysepakket genaamd AESOP (Advanced Electric and Steam Optimization Program) geprogrammeerd. Tegenwoordig kan een optimaal traceringsysteem voor een bepaalde faciliteit doelmatig worden gekozen, ongeacht de complexiteit.

Voetnoten en referenties

1. Arlene Anderson, 'Industries of the Future-Reducing Greenhouse Emissions', EM Magazine, maart 1999, pp. 13.
2. Ted Jones, 'Gathering Steam', Insulation Outlook, maart 1998.
3. Knox Pitzer en Roy Barth, 'Steam Tracing for Energy Conservation'. Chemical Engineering Exposition and Conference, 7-8 juni 2000.
4. M. A. Luke en C. C. Miserles, 'How Steam and Tracing Compare in Plant Operation', Oil and Gas Journal, 7 november 1977, pp. 64-73.
5. Thomas K. McCranie, 'Heating Oils and Other Fluids in Cement Plants', gepresenteerd op de IEEE Cement Industry Technical Conference in 1972.
6. Jim Oetinger, 'Using Thermal Fluids For Indirect Heating', Process Heating Magazine, oktober 1997.
7. Ted Boynton en Bob Dewhirst, 'Energy Conservation Thru Trap Surveys and Preventive Maintenance Programs', Armstrong International.
8. Mackay, Bruce, P.E., 'Designing a Cost-Effective Condensate-Return System'. Chemical Processing, mei 1997.
9. 'Insulation Outlook Magazine'. April 2002. Gepubliceerd met deze voetnoot: "Bewerking van een Energy TIPS gegevensblad dat oorspronkelijk werd gepubliceerd door de Industrial Energy Extension Service van Georgia Tech."
10. Gebruikelijk marketingrapport voor Thermon Manufacturing Company, Saunders Management Associates, september 1994.
11. Roy E. Barth en Arthur McDonald, 'An Energy and Cost Evaluation Of Electric & Steam Tracing For Refineries, Inc Oiltown, USA', 1994. Opmerking: Veel van dit werk is opgenomen in het hoofdstuk 'Analyse verwarmingssysteem'.

