

Algemeen

Gassen kunnen voorkomen in vaste vorm (droogijs), gasvorm en vloeibare vorm. Gassen worden vloeibaar door de druk te verhogen of door ze zeer sterk af te koelen.

In het laatste geval spreken we over cryogene gassen. De zeer lage temperaturen van cryogene gassen geven een aantal extra eigenschappen, waardoor ze kunnen worden toegepast in industriële en andere processen.

Daarnaast is het een doelmatige methode om grote hoeveelheden gas op te slaan bij relatief lage druk.

- Tot de meest toegepaste cryogene gassen behoren argon, helium, stikstof, waterstof en zuurstof.
- Hoewel CO₂ geen cryogeen gas is, wordt het in dit blad mede besproken. CO₂ kan ook in vaste vorm voorkomen, het zogenaamde droogijs.
- De eigenschappen van deze stoffen lopen zo uiteen dat behalve algemene ook specifieke richtlijnen gegeven moeten worden, om zowel de persoonlijke veiligheid als die van de omgeving te garanderen.
- Iedereen die met cryogene gassen omgaat, moet overigens rekening houden met alle eigenschappen van het gas (zoals mate van zuurstofverdrrijving en brandbaarheid); dit los van de speciale effecten, die de lage temperatuur met zich meebrengt.
- De speciale effecten van cryogene gassen vloeien vanzelfsprekend rechtstreeks voort uit hun lage temperatuur. Ze zijn te verdelen in effecten die de functie van de installatie betreffen (denk bijvoorbeeld aan verbrossing van bepaalde materialen) en effecten die de veiligheid betreffen. Er is een onderscheid te maken tussen persoonlijke veiligheid en de veiligheid in de werkruimte.

Verschuinselen bij cryogene gassen

De volgende verschuinselen kunnen optreden bij het werken met cryogene gassen:

- 'koken'
- gasvorming
- drukvorming
- temperatuurverlaging van de omgeving
- verbrossing
- bevrizing door vochtafzetting
- krimpen.

Deze verschuinselen worden hieronder afzonderlijk besproken. Daarbij wordt aangegeven welke voorzorgsmaatregelen men moet nemen om de eventuele kwalijke effecten tegen te gaan, of helemaal te vermijden.

'Koken'

Onder atmosferische druk bevinden cryogene vloeistoffen zich rond het oppervlak doorgaans in een toestand van koken; er vormen zich voortdurend dampbellen, die naar de oppervlakte van de vloeistof stijgen.

Dit koken gebeurt met grote heftigheid, wanneer de vloeistof wordt overgegoten in vaten, die de omgevingstemperatuur hebben. Daarbij kunnen druppeltjes vloeistof samen met een grote verdampingswolk uit het vat komen. Ook wanneer men relatief warme voorwerpen in een vat met cryogene vloeistof dompelt, volgt een heftige 'kook'-reactie. Wanneer het vat of het voorwerp de lage temperatuur heeft aangenomen, verdwijnt dit verschuinsel.

Door het koken of de heftige reactie bij het overgieten of dompelen kunnen lichaamsdelen in contact komen met de zeer koude druppels van de cryogene vloeistof of de gecondenseerde producten uit de lucht. Dit kan tot bevrizingverschijnselen en 'bevrizingswonden' leiden. Om ieder contact van het lichaam met de gassen – al of niet in vloeibare vorm – te voorkomen, moet men over de juiste persoonlijke beschermingsmiddelen beschikken. Waarmee men zonodig tevens beschermd is tegen onderkoeling en directe aanraking met de koude delen van de installatie.

Tot de persoonlijke beschermingsmiddelen behoren speciale kleding, handschoenen, gelaatsbescherming en schoeisel. Wat men ter bescherming draagt, moet eventueel snel kunnen worden verwijderd (wanneer het zeer koude gas ermee in contact is gekomen) en mag dus niet strak zitten.

- De kleding moet schoon en droog zijn en vervaardigd van natuurlijke materialen. Armen en benen moeten volledig bedekt zijn. Open broekzakken, omgeslagen broekspijpen of hemdsmouwen vermijden.
- Speciale isolerende handschoenen gebruikt men, wanneer de kans bestaat dat druppels van het koude gas op de handen terechtkomen. De handschoenen moeten gemaakt zijn van materialen, die niet bros worden bij lage temperaturen (leer, Kevlar®). Ook wanneer direct contact met koude delen van de installatie mogelijk is, moet men handschoenen dragen. De handschoenschacht onder de mouw steken.
- De ogen zijn zeer kwetsbaar; daarom is oogbescherming een dwingende noodzaak. Totale gelaatsbescherming verdient de voorkeur.
- Bij het werken met cryogene gassen moet men dicht schoeisel dragen, dat in goede staat verkeert en voorzien is van geprofileerde zolen. Draag bij voorkeur laarzen met de broekspijpen over de schacht. Wanneer men omgaat met vloeibare, brandbare gassen (zoals waterstof) moet men zogenaamde antistatische schoenen dragen. Veiligheidsschoenen, gemaakt in overeenstemming met DIN 4843 of (NEN 344/345), voldoen aan de genoemde eisen.

Gasvorming

Bij het werken met cryogene gassen zal altijd gas gevormd worden, dat in de werkruimte terechtkomt en vandaar wellicht in belendende ruimten. De toevoer van warmte uit de omgeving heeft tot gevolg, dat er voortdurend gasvorming optreedt. Daarbij moet bedacht worden, dat één liter cryogene vloeistof vele honderden liters gas oplevert. Door vrijkomend gas wordt de normale luchtsamenstelling ter plaatse verstoord. Dit kan, afhankelijk van het soort gas en de mate van verstoring, leiden tot verschillende gevolgen, zowel op het gebied van de persoonlijke gezondheid als op dat van de veiligheid in de werkruimte.

Gasontwikkeling kan op verschillende manieren schadelijk zijn. Zo kan het inademen van koude gassen leiden tot een storing van de longfunctie. Wanneer men met cryogene gassen in open vaten werkt, moet het ontwikkelde gas kunnen worden afgevoerd. Daartoe moet een ventilatie van voldoende capaciteit aanwezig zijn. Op zijn minst moet de ontstane gashoeveelheid kunnen worden afgevoerd op de juiste hoogte (dit is afhankelijk van de gassoort, of deze lichter of zwaarder dan lucht is). Wanneer een grote hoeveelheid gas zwaarder dan lucht vrijkomt, zal deze zich in de lagere gedeelten van de werkruimte verzamelen. Dit houdt een risico in: zijn er openingen in de werkruimte, die in contact staan met laaggelegen ruimten, dan zal het gas daarin kunnen binnendringen. Bij inerte gassen wordt daardoor de kans op verstikking in de hand gewerkt. Brand- en explosiegevaar kan ontstaan bij brandbare cryogene gassen, zoals waterstof (lichter dan lucht); dit vormt met lucht bij het verdampen een explosief mengsel. In dit geval is, naast ventilatie en het vermijden van openingen naar naastgelegen ruimten, explosieveilige apparatuur noodzakelijk.

Wanneer zeer koude gassen zich met de lucht in de omgeving vermengen, zullen zich nevels vormen. Door de lage temperatuur condenseert de waterdamp, die in de lucht aanwezig is. Bij een gaswolk van grote omvang kan de nevelvorming het zicht belemmeren. Het geeft echter ook enige indicatie van de omvang van de koude gaswolk.

Hetzelfde kan met zuurstof gebeuren, wanneer de temperatuur van het cryogene gas lager ligt dan het kookpunt van zuurstof. Daardoor condenseert de zuurstof uit de lucht wat, door de vorming van vloeibare zuurstof, tot plaatselijk verhoogde zuurstofconcentraties kan leiden. Bij brandbare cryogene gassen neemt zo het brand- en explosiegevaar toe.

Wanneer in een besloten omgeving voortdurend gas wordt ontwikkeld, wordt daardoor de zuurstofconcentratie in de ruimte geleidelijk verlaagd. Bij concentraties lager dan 18 % zuurstof in de lucht kunnen verstikkingsverschijnselen optreden.

Derhalve moet verse luchttoevoer worden gewaarborgd. Het tegenovergestelde effect is ook mogelijk: toename van de zuurstofconcentratie in de lucht. Dit is het geval, wanneer cryogene zuurstof in zekere mate verdampt en vrij kan ontwijken. Een verhoging van het zuurstofgehalte in de lucht is niet schadelijk voor de gezondheid, maar verhoogt wel het brandgevaar. Zuurstof is zelf niet brandbaar, maar onderhoudt de verbranding. Stoffen, die onder atmosferische condities niet brandbaar of moeilijk ontvlambaar zijn, kunnen bij een verhoogde concentratie zuurstof (of in een volledige zuurstofatmosfeer) brandbaar worden. De zeer heftige verbranding gaat gepaard met een grote warmte-ontwikkeling.

Materialen die in lucht brandbaar zijn, zoals olie, asfalt en bepaalde kunststoffen, kunnen bij een verhoogd zuurstofgehalte op explosieve wijze reageren. Bijvoorbeeld, wanneer door een drukstoot de ontstekings temperatuur wordt bereikt. Een en ander betekent, dat cryogene zuurstof niet in open vaten behoort te worden opgeslagen. Voorts kan een goede ventilatie ervoor zorgen, dat het zuurstofgehalte in de lucht niet wordt verhoogd.

Ook het ontsnappen van kooldioxide kan tot ongewenste effecten leiden. Geringe hoeveelheden in de omgevingslucht kunnen al leiden tot ernstige ademhalingsstoornissen. Concentraties koolzuur boven 2,5% zijn al merkbaar, concentraties boven 20% kunnen zelfs binnen luttele seconden dodelijk zijn zonder waarschuwing door benauwdheid vooraf. Krachtige en effectieve ventilatie en ruimte bewaking zijn daarom bij alle cryogene processen met vrije uitstromingsmogelijkheden een dwingende noodzaak.

Drukvorming Bij opslag in een gesloten vat moet er rekening mee worden gehouden, dat – onder invloed van de warmtetoevoer uit de omgeving – de druk zal gaan oplopen. Dit geldt vanzelfsprekend voor iedere cryogene stof, die in een gesloten vat is opgeslagen. Hoe beter de isolatie van het vat is, hoe minder goed omgevingswarmte tot de inhoud ervan kan doordringen. Des te minder snel zal de druk dus oplopen. Drukvorming kan ook optreden in een installatie, bijvoorbeeld tussen twee afsluiters. In elk geval moet er een beveiliging tegen overdruk aanwezig zijn. Bij een goede isolatie treedt er toch warmte-inlek/drukverhoging op. Het daarbij ontstane gas moet boven een toegestane druk via een veiligheidsventiel kunnen ontsnappen om het barsten van de leidingen te voorkomen.

Temperatuurverlaging van de omgeving

Wanneer men (langdurig) werkzaam is in een omgeving, waarin zich zeer koude gassen bevinden, is het gevaar van onderkoeling niet denkbeeldig. Geschikte kleding vormt hier een uitkomst.

Verbrossing Materialen, die met cryogene gassen in contact komen, moeten daartegen bestand zijn. Dat betekent, dat ze onder invloed van de lage temperatuur niet bros mogen worden. Betonnen vloeren kunnen barsten bij langdurig contact met o.a. vloeibare stikstof. Organische materialen zoals hout, plastic en rubber zijn niet geschikt. Geschikte materialen zijn bijvoorbeeld koper, austenitisch roestvast staal en sommige aluminiumlegeringen. Van de kunststoffen is PTFE onder bepaalde voorwaarden geschikt. De vraag, welke materialen onder welke omstandigheden voldoen, kan het beste beantwoord worden in overleg met Linde Gas Benelux.

Bevriezing Onderdelen van een installatie, die met een cryogeen gas in aanraking komen, dienen alvorens in gebruik te worden genomen, adequaat gedroogd te worden. Door de lage temperatuur zal anders achtergebleven vocht bevriezen, hetgeen tot functiestoringen leidt.

Krimpen Men moet erop bedacht zijn, dat elk materiaal krimpt bij (aanzienlijke) verlaging van temperatuur: de mate waarin hangt af van het materiaal en de temperatuurdaling. Bij een gegeven daling van temperatuur kan de krimp bij verschillende materialen uiteenlopen. Dit kan leiden tot lekkages, of zelfs tot breuk in onderdelen en leidingen van de installatie.

Samenvatting Het voorgaande kan worden samengevat in de volgende richtlijnen:

- Houd bij het werken met cryogene gassen rekening met de effecten van lage temperatuur; daarnaast de algemene eigenschappen van het gas in het oog houden.
- Zorg voor een goede persoonlijke bescherming.
- Zorg voor voldoende juiste ventilatie.
- De installatie moet technisch berekend zijn op lage tot zeer lage temperaturen.
- Neem bij het werken met brand- en explosiegevaarlijke gassen bijzondere voorzichtigheid in acht (explosie veilige apparatuur, ruimtebewaking e.d.)
- Houd rekening met mogelijke drukvorming in vaten en onderdelen van de installatie.
- Gebruik voor opslag van kleine hoeveelheden cryogene gassen alleen speciaal hiervoor ontwikkelde vaatjes, nooit een thermosfles!
- Raadpleeg zonodig Linde Gas Benelux.
- Zie ook documentatie: 'Behandeling van cryogene bevriezingen',
'Wat te doen bij cryogene bevriezing',
'Beleidsregels voorkomen van verstikking: Stikstof (N₂)',
'Beleidsregels voorkomen van verstikking: Koolzuur (CO₂)'.

Linde Gas - ideas become solutions.



Linde Gas

The Linde logo is a stylized, white, cursive script of the word "Linde" set against a dark blue background. Above the logo, there is a horizontal wavy line in a lighter shade of blue.

Hoofdkantoor Linde Gas Benelux:

Havenstraat 1, Postbus 78, 3100 AB Schiedam

Tel. 010 246 15 44, Fax 010 246 15 71

sheq@nl.lindegasbenelux.com, www.lindegasbenelux.com

Voor België:

Tunnelweg 7, B-2845 Niel

Tel. +32 388 08 500, Fax +32 384 43 143

info@be.lindegasbenelux.com, www.lindegasbenelux.com