



Best practice Industriële gassen

1. Inleiding

De toepassing van industriële gassen in de chemische industrie is velerlei, niet alleen als grondstof voor chemische processen, maar ook als hulpstof. Naast de normaal in lucht aanwezige stikstof, zuurstof, argon en andere edelgassen die door middel van fysische scheiding worden geproduceerd, zijn er industriële gassen die via een chemische weg geproduceerd worden zoals waterstof, koolmonoxide, kooldioxide en acetyleen.

Industriële gassen vinden onder meer toepassing als:

- inert gassystemen voor brandbare, explosieve of oxidatiegevoelige stoffen;
- transportmiddel voor korrel- of poedervormige stoffen;
- drukverhogingsmedium voor vloeistofsystemen;
- zuurstof voor oxidatieprocessen zoals vergassing van kolen of olie en verbranding;
- regeling van een ovenatmosfeer;
- vloeibare gassen voor levering van koude (bijvoorbeeld invriezen) en bij de productie van vaste kooldioxide (droogijs) voor koude op laboratoriumschaal;
- zuurstofverrijking bij afvalwaterbehandeling en kweekvijvers voor vissen;
- schermgas in de las- en snijtechniek;
- waterstof voor raffinage- en petrochemische processen;
- zuurstof en waterstof ten behoeve van de ruimtevaart;
- waterstof voor de elektronica-industrie en margarine productie.
- kooldioxide voor productieproces van bier en softdrinks

Het gebruik van industriële gassen is de laatste tijd sterk gegroeid, onder andere door toename van de productie op velerlei terrein en de toename van het aantal gastoepassingen. Daarom worden in deze best practice de productiemethoden van de belangrijkste industriële gassen behandeld, met speciale aandacht voor de mogelijkheden van de decentrale productie, omdat het in een aantal gevallen efficiënter kan zijn om de aankoop van vloeibare of gasvormige industriële gassen te vervangen door productie op de eigen locatie.

Hierbij komen ook aspecten als energie-efficiency van de productiemethoden en de leveringsvarianten op de fabriekslocatie aan de orde.

2. Vuistregels

2.1 Stikstof (R728)

- bij de inkoop van gasvormige of vloeibare stikstof ligt de kwaliteit vast door de gecentraliseerde productie: maximum 5 ppm zuurstofgehalte. Bij [on-site productie](#) kan de kwaliteit beter aan de gewenste zuiverheid aangepast worden. Meestal is een zuiverheid van 97 vol% voldoende, vooral indien de stikstof alleen voor spoelen gebruikt wordt;

- de on-site productie van stikstof heeft bij elke productiemethode een hogere energie-efficiency dan de vloeibaar gasinkoop in combinatie met een verdamer, omdat het produceren van een vloeibaar gas het meest energie intensieve deel is van het luchtsplitsingsproces;
- het is gebleken dat voor on-site productie tot ca. 1000 Nm³ met zowel [PSA-installatie](#) als [membraansystemen](#) het meest efficiënt werken . Bij verbruiken boven de 1.000 m³/h kan ook de cryogene unit in aanmerking komen. Verbruiken tussen 300 en 1.000 m³/h vereisen een grondige evaluatie waarbij alle ontwerpaspecten in aanmerking genomen dienen te worden.

2.2 Zuurstof (R732)

- de normale zuiverheid bij de inkoop van gasvormige of vloeibare zuurstof is tenminste 99,5 vol%. Bij eigen productie is meer flexibiliteit mogelijk indien de proceseisen voor de zuiverheid lager zijn;
- tot een zuiverheid van 95 vol% hebben de [PSA-installatie](#) en de [cryogene unit](#) dezelfde energie-efficiency;
- Voor productie van zuurstofrijke lucht tot 40% zijn membraan systemen een efficiënte oplossing.

2.3 Waterstof (R702)

- bij de [elektrolyse van water](#) kunnen capaciteiten geleverd worden tussen 1 en 1000 m³/h bij een zuiverheid van 99,9% tot 99,99999% (commerciële units tot laboratoriumunits).
- bij de [steam reforming](#) van een koolwaterstof kunnen capaciteiten geleverd worden tussen 100 en 100.000 m³/h met zuiverheid van 99,999% bij een druk van 15 tot 45 bara.
- bij reiniging van een waterstof restgas kan met een PSA techniek waterstof geproduceerd worden met een zuiverheid van 99,999%.

2.4 Kooldioxide (R744)

- bij een [gasgestookte inert-gasgenerator](#) kunnen capaciteiten tot en met 1000 m³/h geleverd worden met minder dan 0,1% zuurstofgehalte.
- bij [rookgaszuivering](#) kan er met een aminewasser een kooldioxide worden geproduceerd met minder dan 2% zuurstof.
- bij [terugwinning van kooldioxide](#) uit restgassen van processen kunnen zeer hoge zuiverheden bereikt worden. Hierbij kunnen hoeveelheden van 0,5 tot 20 ton/h geproduceerd worden.
- Beschikbaarheid van restwarmte tussen 95°C en 140°C kan het energieverbruik van een regeneratie stap sterk reduceren.

3. Productiemethoden

De groep industriële gassen die uit de omgevingslucht afkomstig zijn, kunnen daaruit gewonnen worden door de lucht te splitsen in zijn hoofdcomponenten. Voordat tot scheiding wordt overgegaan wordt de gecompriëerde lucht gedroogd en (indien geen olievrije compressor toegepast is) olievrij gemaakt. Afhankelijk van de scheidingsmethode worden soms de aanwezige koolwaterstoffen verwijderd.

De processen voor de productie van waterstof lopen uiteen van elektrolyse van water tot conversie van koolwaterstoffen met behulp van stoom.

Kooldioxide kan worden gewonnen door afscheiding uit zuurstofarme verbrandingsgassen. Het daarop volgende zuiveringsproces bestaat uit droging met aluminiumoxide, zodat een gas resteert bestaande uit kooldioxide en stikstof. Voor grote hoeveelheden zuiver kooldioxide worden restgassen uit diverse syntheseprocessen, fosfaatproductie of fermentatie van koolhydraten in enige stappen gereinigd (wassen, katalytische bewerking, amine adsorptie, reiniging met actief kool en het gebruik van condensor/ reboiler voor het verwijderen van rest zuurstofgas).

In de volgende paragrafen worden de productiemethoden voor stikstof, zuurstof, waterstof en kooldioxide nader toegelicht.

3.1 Stikstofproductie

In tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de leveringsvarianten op de fabriekslocatie voor stikstof in relatie tot het energieverbruik.

Variant (zuiverheid in %)	Energiegebruik (kWh/m ³)	Capaciteitsgebied (m ³ /h)
Membraan (95% - 97%)	0,3 – 0,6	< 1.000
PSA (95%)	0,27	50 – 2.500
PSA (99,9%)	0,45	50 – 1.000
Cryogene unit (95%)	0,25 – 0,3	3.000 – 250.000
Cryogene unit (>99,9%)	0,3 – 0,4	3.000 – 250.000
Vloeibaar gas inkoop (>99,9%)	0,75	0 – 1.500

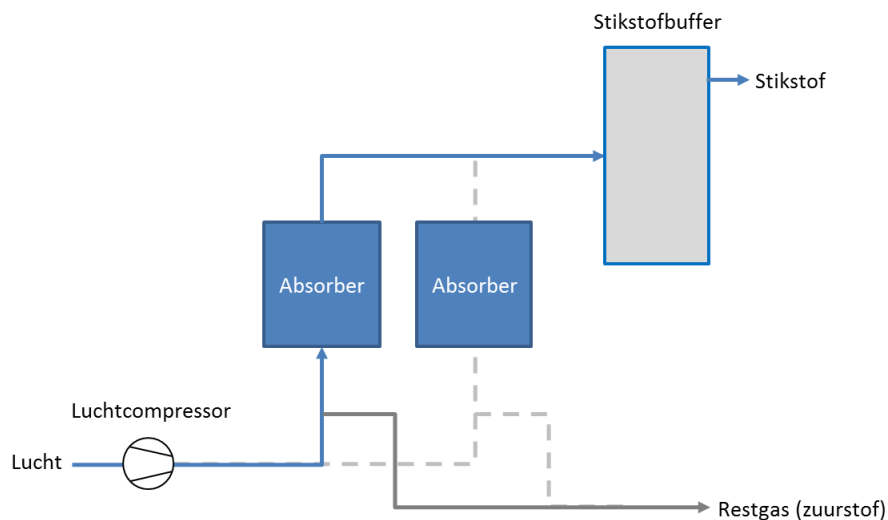
Tabel 1: Leveringsvarianten on-site voor stikstof.

De belangrijkste factoren voor de proceskeuze zijn de capaciteit en gewenste zuiverheid (gedefinieerd als het volumepercentage zuurstof in het product). De verschillende technieken worden hierna beschreven.

- Membraanscheiding. Deze methode levert stikstof met een zuiverheid van 95 tot 97%. De gebruikelijke capaciteit van een membraaninstallatie is 1 tot 1000 m³/h¹. Een dergelijke installatie is zeer flexibel en kan zonder efficiencyverlies over het gehele capaciteitsbereik opereren. De installatie is compact, betrouwbaar (weinig bewegende delen) en geluidsarm. Voorbehandelde omgevingslucht wordt tot 14 bar² gecomprimeerd en daarna gescheiden in holle vezel membraanmodules. De zuurstof en andere gassen dringen door de membranen en komen weer in de omgeving terecht. De zuiverheid wordt geregeld door een tegendruk regelventiel, gestuurd door een zuurstofmonitor. De aangezogen lucht dient vrij te zijn van oplosmiddelen die het (polyamide) membraan kunnen aantasten. De membraanmodules worden ten gevolge van vervuiling meestal iedere zes tot acht jaar vervangen.
- Pressure Swing Adsorption (PSA). De bereikbare zuiverheid met deze methode is 95 tot 99,99% bij leverbare capaciteiten van 0,1 tot 5.000 m³/h. Hogere zuiverheden tot 99,995% zijn met een moderne variant op deze techniek ook rendabel tot circa 300 m³/h. Een PSA-systeem functioneert optimaal bij een constante capaciteit, maar kan zich ook beperkt aan de vraag aanpassen. Door een buffervat te installeren wordt een bedrijfsvoering met constante capaciteit mogelijk, figuur 1.

¹ 1 m³ = 1 m³ gas bij 1013 mbar en 0 °C

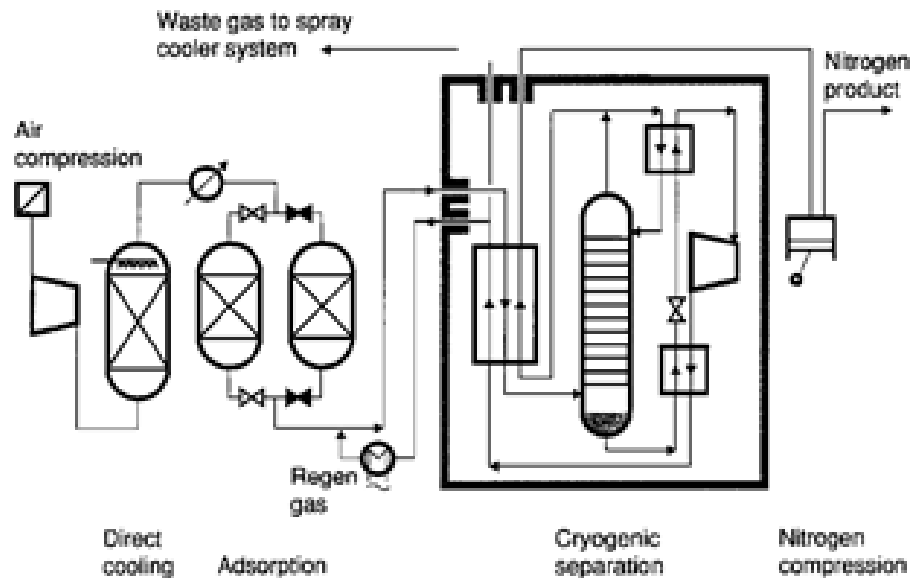
² De in de tekst vermelde drukken zijn gegeven in bar absoluut



Figuur 1. Stikstofproductie via Pressure Swing Adsorption [1].

De gecomprimeerde lucht passeert een moleculaire zeef met actieve kool waarin de zuurstof en andere gassen geadsorbeerd worden, waarna de zuivere stikstof naar een buffer doorstroomt. Na een vooraf ingestelde tijd, als de moleculaire zeef verzadigd is, wordt automatisch het systeem geregenereerd door zeer snel de druk in de adsorber te reduceren (vandaar de benaming "pressure swing"), waarbij de geadsorbeerde gassen weer vrij komen en naar de omgeving afgevoerd worden. Gedurende die regeneratiefase wordt stikstof onttrokken aan de buffer, zodat een ononderbroken levering mogelijk is. Ook is het mogelijk om twee adsorptievaten te installeren die beurtelings in de adsorptie- of in de regeneratiefase zijn. In vergelijking met het membraanproces is een PSA-installatie groter en duurder. Tevens moet rekening gehouden worden met geluidsemissie ten gevolge van de drukwisselingen (één tot twee maal per minuut). De actieve kool van de moleculaire zeef is zeer gevoelig voor waterdamp. Door verzadiging met waterdamp neemt in de loop van de tijd het rendement af. Door onder in het bed een laag aluminiumoxide te plaatsen wordt de waterdamp geabsorbeerd en verontreiniging van de moleculaire zeven voorkomen. Wel dient dan elke drie jaar het aluminiumoxide vervangen te worden. Dit is een kostbare aangelegenheid, daar deze werkzaamheden in een geconditioneerde omgeving dienen te geschieden ter bescherming van het actieve kool van de moleculaire zeven. Ter voorkoming van stofdoorslag vanuit het bed gebruikt men vaak een stoffenfilter aan de uitgang van een PSA.

- Cryogene stikstofinstallatie. Afhankelijk van het gewenste gebruiksdoel kan een cryogene installatie gasvormig stikstof (Gaseous Nitrogen, GAN) of vloeibare stikstof (Liquid Nitrogen, LIN) leveren. GAN- en LIN-systemen worden vooral voor grote capaciteiten ingezet. Beide systemen kunnen zuiverheden van meer dan 99,9995 vol% bereiken. Leverbare productiecapaciteiten voor GAN gaan van 3.000 tot 250.000 m³/h, figuur 2, en voor LIN van 1.500 tot 10.000 m³/h. Bij een minimum continu verbruik van 1.500 m³/h kan cryogene stikstofbereiding rendabel zijn.



Figuur 2. Cryogene GAN stikstofproductie.

Met het cryogene GAN-systeem wordt stikstof geproduceerd door lucht te destilleren onder cryogene omstandigheden. Allereerst wordt olievrije gecomprimeerde lucht van 9 tot 12 bar gekoeld en gezuiverd in moleculaire zeven om waterdamp en kooldioxide te verwijderen. De gezuiverde lucht komt dan in de zogenaamde "cold box" waar de lucht gekoeld wordt tot vloeibare lucht en naar de destillatiekolom gevoerd wordt. De koeling geschiedt door warmtewisseling met de uitgaande stikstofstroom en de afvalstroom, bestaande uit stikstof en voornamelijk de zuurstof en argon uit de aangezogen lucht. Eventueel kan de afvalstroom in een turbine geëxpandeerd worden om zo de inkomende luchtstroom effectiever te koelen. De afvalstroom wordt naar de omgeving afgevoerd. De productstroom stikstof kan naar behoefte nog op een hogere druk gebracht worden.

3.2 Zuurstofproductie

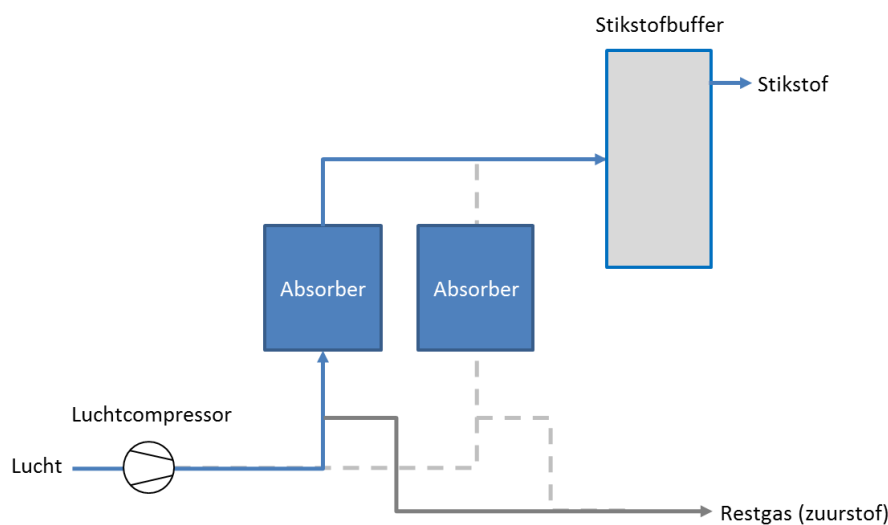
In tabel 2 is een overzicht gegeven van de leveringsvarianten on-site voor zuurstof in relatie tot het energiegebruik:

Variant (zuiverheid in %)	Energiegebruik (kWh/m ³)	Capaciteitsgebied (m ³ /h)
Membraan (93%)	0,75 – 1,0	50 – 100
PSA (93%)	0,5	100 – 3.000
PSA (95%)	0,6	100 – 3.000
Cryogene unit (95%)	0,4 – 0,6	3.000 – 90.000
Cryogene unit (>99,5%)	0,6 – 0,75	3.000 – 90.000
Vloeibaar gas inkoop (>99,5%)	1,2	0 – 1.000

Tabel 1: Leveringsvarianten on-site voor zuurstof..

De volgende methoden staan ter beschikking voor de productie van zuurstof:

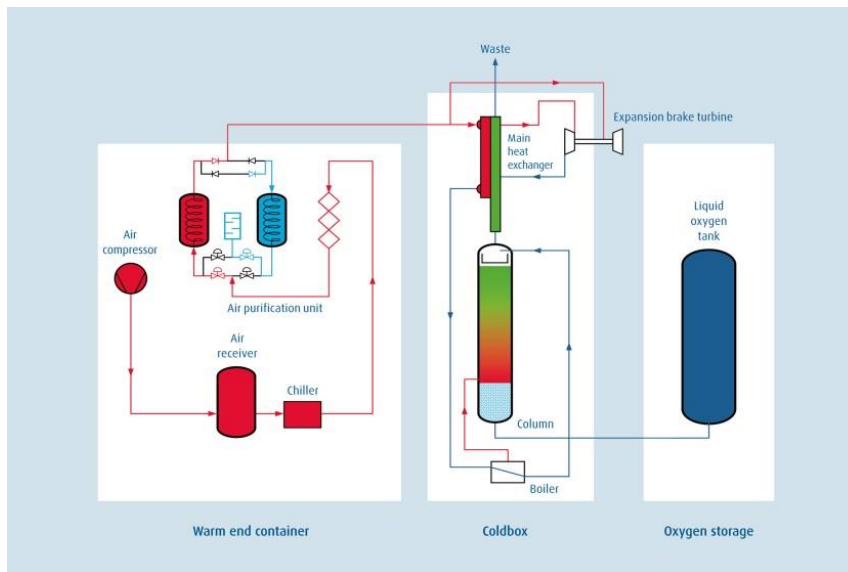
- Pressure Swing Adsorption (PSA). Het proces is vergelijkbaar met de PSA voor stikstof, met dien verstande dat het adsorptiemateriaal stikstof moet kunnen adsorberen. De druk van de lucht dient hoog genoeg te zijn om de drukverliezen van de PSA-unit te overwinnen. De PSA wordt veelal toegepast voor een capaciteit tussen 50 en 100 m³/h en een zuiverheid van 90 tot 95 vol% zuurstof. Deze methode wordt echter voor de productie van zuurstof zelden meer toegepast.
- Vacuum Pressure Swing Adsorption (VPSA). Dit is een variant van de kleinere PSA-systemen voor zuurstof. Door de relatief lage toevoerdruk met de luchtblower (2 bar), is voor de regeneratie een vacuümpomp vereist, figuur 3.



Figuur 3. Zuurstofproductie via Vacuum Pressure Swing Adsorption [1].

Het capaciteitsgebied is van 100 tot 3.000 m³/h, bij een zuurstofzuiverheid van 90 tot 95 vol%. De beschikbare druk van de zuurstof zonder recompressie is 1,2 bar.

- Cryogene zuurstofinstallatie. De opzet van de installatie is vergelijkbaar met die van stikstof, met gebruikmaking van een dubbele destillatiekolom. Het capaciteitsbereik is vanaf 3.000 m³/h, overeenkomend met een dagproductie van 100 tot 3.000 ton/dag. De zuiverheid is gewoonlijk 99,8 vol% zuurstof, maar 99,95 vol% is eveneens bereikbaar. Gecomprimeerde lucht wordt gekoeld en gezuiverd door middel van moleculaire zeven en dan in de "cold box" toegelaten. De eerste splitsing vindt plaats in het onderste deel (hoge druk) van de kolom, waar de lucht wordt gesplitst in een stikstofrijke top- en een zuurstofrijke bodemfractie. Een gasexpander zorgt voor de koeling in de cold box. De laatste stap in de luchtsplitsing vindt plaats in het bovenste deel (lage druk) van de kolom, waarbij de zuurstof vrijkomt bij de bodem. In het algemeen kan uit een dergelijke installatie ook stikstof gewonnen worden.



Figuur 4: Cryogene zuurstofproductie [2].

3.3 Waterstofproductie

De meest toegepaste industriële methoden om waterstof te produceren zijn:

- elektrolyse van water. De eenvoudigste methode om waterstof te produceren is via elektrolyse van water, waarbij waterstof en zuurstof ontstaan. De haalbare zuiverheid voor waterstof is hierbij 99,9 vol%. Deze methode is aantrekkelijk voor capaciteiten tussen 1 en 1.000 m³/h. Speciale laboratoriumgeneratoren voor droge waterstof kunnen zelfs zuiverheden leveren tot 99,99999 vol%;
- steam reforming van een koolwaterstof. Met dit productieproces worden zuiverheden van de waterstof tot 99,999 vol% bereikt. De grondstof kan aardgas, LPG of nafta zijn. De leverbare capaciteiten zijn van 100 tot 100.000 m³/h bij een druk van meestal 15 tot 30 bar. Hogere drukken zijn ook mogelijk, afhankelijk van de benodigde compressie. Gebaseerd op het steamreformingproces, wordt de grondstof gemengd met stoom, oververhit tot 480°C en in de reformer omgezet via een op nikkel gebaseerde katalysator. Het waterstofgehalte wordt verder geoptimaliseerd door de koolmonoxide in de omgezette gassen via een op ijzer gebaseerde shiftkatalysator te laten reageren met waterdamp tot waterstof en kooldioxide. De kooldioxide wordt allereerst verwijderd uit het reformergas door het te leiden door een amine absorptiekolom, waarna de resterende componenten in een PSA installatie worden verwijderd. De geabsorbeerde kooldioxide wordt verwijderd uit de amine in een stripper-reboiler kolom door de oplossing op te warmen. Doordat dit een natte omgeving is in de aanwezigheid van kooldioxide is corrosie een belangrijk punt voor het ontwerp en de bedrijfscondities. Ook de afblaas van kooldioxide naar de omgeving dient voldoende aandacht.

3.4 Kooldioxideproductie

Kooldioxide is een veelzijdig gas, dat in de industrie steeds vaker toegepast wordt bij vele processen, zoals in de drankenindustrie, de glastuinbouw, bij cryoreiniging, gasverpakken, lassen, extraheren, afvalwaterbehandeling, brandbeveiliging, koudetechniek. Voor toepassing als inert gas is het gebruikelijk om dit gas te produceren in een gestookte inert-gasgenerator of om het terug te winnen uit rookgassen van vuurhaarden. Om voor bepaalde toepassingen zuiver kooldioxide te produceren worden onderstaand processen vermeld om uit kooldioxiderijke restgassen het kooldioxide af te scheiden.

- Gestookte inert-gasgenerator. Door een optimale verbranding (onder bijna stochiometrische omstandigheden) van gas, worden rookgassen geproduceerd die verzadigd zijn met waterdamp en met een minimum zuurstofgehalte. Dan volgt een koeling tot 5°C en een droging in een adsorber tot een dauwpunt van -45°C. Het rookgas bestaat in principe uit de stikstof van de lucht aangevuld met kooldioxide afkomstig van de verbranding en een zuurstofgehalte van minder dan 0,1 vol%. Leverbare capaciteiten tot 1000 m³/h.
- Gezuiverd rookgas. Rookgassen afkomstig van een gas- of oliegestookte verbrandingsinstallatie worden gereinigd in een wasser zodat een inert gas (stikstof met kooldioxide) verkregen wordt met minder dan 0,1 vol% zuurstof.
- Terugwinning uit kooldioxiderijke restgassen van processen zoals ammoniak-, waterstof- en ethyleenoxidesynthese, de fosfaatfabricage en fermentatie van koolhydraten. De capaciteit van deze installaties reikt van 0,5 tot 20 ton/h. Afhankelijk van het terugwinningsprocédé wordt kooldioxide geproduceerd met een (zeer) hoge zuiverheid.
- Terugwinning uit fermentatieprocessen zoals bijvoorbeeld het brouwproces van bier. Brouwerijen hebben kooldioxide nodig bij het verpakken en produceren van koolstofhoudende dranken (CSD: carbonated soft drinks). Vanuit de fermentatie van het bier komt relatief veel kooldioxide vrij wat teruggewonnen wordt met zuiverheden tot 99,99%. Vaak wordt er voldoende kooldioxide geproduceerd voor eigen gebruik en kan het overschot verkocht worden. Productiehoeveelheden hangen af van schaalgrootte van de brouwerij (0,5 tot 10 ton/h).
- Terugwinning uit biogas. De laatste jaren zijn verschillende biogas-groengas installaties operationeel waarbij biogas, een mengsel van voornamelijk methaan en kooldioxide wordt opgewerkt tot aardgas. Door een hoog kooldioxide percentage in het biogas (20-45%) komt bij het opwerken bijna zuivere CO₂ vrij die verdere zuivering nodig heeft. Door de beperkte schaal van biogas installaties is de productie van kooldioxide vaak niet rendabel. Bij de biogas installaties groter dan 1000 Nm³ biogas kan een cryogene nareiniging rendabel zijn. De hier verkregen kooldioxide is duurzaam (kort cyclisch)

3.5 Leveringsmogelijkheden

Voor het chemisch bedrijf dat grote hoeveelheden van een industrieel gas verbruikt of dat meerdere gassen (zuurstof, stikstof, argon) nodig heeft, komt een eigen cryogene luchtsplitsingsinstallatie in aanmerking als meest voor de hand liggende bron. Voor deze installaties kunnen meerdere leveranciers gestandaardiseerde apparatuur aanbieden. Daarnaast zijn die leveranciers ook in staat apparatuur op specificatie te leveren, zodat beantwoord kan worden aan specifieke wensen ten aanzien van kwaliteit, gas of vloeistof, afleverdruk, capaciteit, et cetera.

Voor de middelgrote gasverbruiker is het de laatste jaren, als gevolg van de stijging van transportkosten en tevens door verbetering van de technologie, in een aantal gevallen echter ook rendabel geworden om een eigen installatie te exploiteren.

Indien de gewenste capaciteit relatief klein is en de eisen gesteld aan de zuiverheid van zuurstof of stikstof wat lager zijn, komen respectievelijk een eigen adsorptie- of membraaninstallatie als productiemogelijkheden naar voren.

De meest interessante keuzemogelijkheid is echter die tussen eigen productie of inkoop van het vloeibare of gasvormige industriële gas. Tot nu toe is inkoop nog altijd één van de meest gebruikelijke methoden voor de gasvoorziening.

De leveranciers van industriële gassen kunnen per tankauto iedere gewenste kwaliteit of ieder mengsel leveren in elke hoeveelheid en in vloeibare vorm of in hogedruk cilinders. Ingeval van levering als vloeibaar gas is bij de verbruiker een opslagvat opgesteld, voorzien van een verdamper.

Door deze verdamer wordt het vloeibare gas met behulp een oppervlaktewarmtewisselaar tegen de buitenlucht of andere beschikbare warmtebron verdampt.

Hogedrukcilinders worden in het algemeen gebruikt als het relatief kleine hoeveelheden betreft met een zeer onregelmatig verbruik. De toepassing is ook gerechtvaardigd ingeval ongebruikelijk hoge gasdrukken vereist zijn. Omdat de compressie-energie bij hogedrukflessen niet nuttig gebruikt wordt, is deze methode energetisch niet efficiënt. Het is daarom te overwegen om, bij voldoende groot verbruik, een evaluatie te maken van een zelfstandige gasproductie tegenover levering door derden.

Een andere mogelijkheid is om een leveringscontract met een gasleverancier af te sluiten, waarbij de leverancier op het terrein van de eindverbruiker een gasproductie-unit installeert en beheert, met gegarandeerde gaslevering. De leverancier geeft die garantie, omdat hij daarbij kan rekenen op een back-up met tankauto's. Dit kan resulteren in een oplossing met een hogere energie-efficiency dan die van een installatie in eigen beheer. Er zijn reeds voorbeelden van dergelijke onsite stikstofinstallaties met capaciteiten vanaf 1.000 m³/h en voor waterstof van 100 m³/h [1].

Een verdere leveringsmogelijkheid van gas is via een pijpleidingnetwerk van de gassenproducent. Hierbij kunnen meerdere grote en middelgrote verbruikers van industriële gassen in een industriegebied of regio zijn aangesloten. Indien op deze wijze vloeibaar gas wordt geleverd, heeft de gebruiker op zijn eigen locatie opslagtanks voor vloeibare gassen opgesteld, waardoor hij in staat is om (korte) stagnaties in de levering op te vangen en tevens de mogelijkheid heeft om zelf pieken in het verbruik te egaliseren. Dit is vooral van belang als men geen risico wil lopen bij het gebruik van stikstof als beveiligingsmedium.

4. Energiebesparende maatregelen

Bij het ontwerp en gebruik van gasproductieprocessen op de fabriekslocatie (on-site) is een aantal factoren van belang die in sterke mate de energie-efficiency en dus de bedrijfskosten beïnvloeden.

- Basisbelasting. Voor een on-site productie van industriële gassen met de maximale energie-efficiency is een hoge gebruiksfactor met nominale belasting van groot belang. Als piekverbruiken vermeden worden, kan een onregelmatige belasting met buffertanks geëgaliseerd worden. Een economische on-site productie is haalbaar, indien de nominale belasting gedurende tenminste 5000 h/a gerealiseerd kan worden.
- Verhouding vloeistof/gasvormig product. Vooral in cryogene units stijgt het energieverbruik drastisch als het aandeel vloeibaar gas toeneemt. Gebruikelijk bij een cryogene on-site productie is een vloeibaar gas aandeel van 5 – 8% in de basislast. Om een hogere energie-efficiency te bereiken kan overwogen worden of een on-site productie van gas eventueel voordeliger is dan het alternatief van de inkoop van vloeibaar gas in combinatie met een verdampersysteem.
- Zuiverheid. Hoe lager de gewenste zuiverheid, des te minder het energiegebruik, zie tabel 1 en 2. Indien de gewenste zuiverheid bepaald wordt door een klein deel van het totale verbruik, kan overwogen worden die éne verbruiker een additioneel aparte voorziening te geven. Daarmee wordt bereikt dat de overige verbruikers op een efficiëntere wijze van gas kunnen worden voorzien.
- Combinatie zuurstof-stikstof. De energiekosten voor stikstof, geproduceerd in een installatie die in eerste instantie bedoeld is voor zuurstofproductie, zijn zeer laag.
- Stikstofdruk. Bij voorkeur wordt de afleverdruk beperkt tot 8 bar om extra compressiekosten te vermijden.

5. Aandachtspunten bij nieuwe installaties of renovaties

Benodigde hoeveelheid: voor alle industriële gassen geldt dat het de investering pas loont vanaf een minimale afname. Onder deze minimale afname is het economischer om te kiezen voor bulk afname via kleine cilinders (tot enkel m³/uur) of grotere bulk trailers (tot honderden m³/uur). Wat het exacte omslagpunt is moet per gas en locatie bekeken worden.

Grondstof: Voor de industriële gassen die niet in voldoende mate in de lucht aanwezig zijn (waterstof en kooldioxide) moet worden nagegaan welke bronnen er bij de beoogde productielocatie aanwezig zijn om deze gassen uit te winnen. Waterstof kan bijvoorbeeld worden geproduceerd uit aardgas, kolen- en biomassavergassing maar via elektrolyse uit water is ook een mogelijkheid. En wellicht zijn er in de buurt van de beoogde productie locatie al waterstofrijke stromen beschikbaar waaruit het waterstof gewonnen kan worden, dit komt de efficiëntie van het proces zeer ten goede. Dezelfde soort overwegingen gelden voor de productie van CO₂ daarom is het van belang na te gaan welke grondstofbronnen er in de buurt aanwezig zijn.

Afleverdruk: Voor de compressie van de gassen is veel energie nodig, en flinke besparing kan behaald worden door deze leverdrukken aan te passen aan de wensen van de gebruikers op site.

Betrouwbaarheid: De industriële gassen zijn cruciaal voor de voering van verschillende processen en in sommige gevallen zelfs van vitaal belang voor de veiligheid van het proces. Deze betrouwbaarheid dient in het ontwerp meegenomen te worden zodat de cruciale proces onderdelen en onderdelen waarvan bekend is dat ze regelmatig onderhoud nodig hebben of storing hebben bijvoorbeeld dubbel worden uitgevoerd.

Onderhoud. De compressoren dienen elke paar jaar een grondige onderhoudsbeurt te krijgen om voornamelijk de draaiende delen te vervangen. De adsorptievaten zullen ook regelmatig geïnspecteerd moeten worden, aangezien er door het cyclische belastingen op druk haarscheurtjes kunnen ontstaan die hersteld moeten worden en mogelijk zal het vat moeten worden vervangen.

Veiligheid: Bij het ontwerpen van een installatie dient veiligheid voorop te staan. Aangezien de industriële gassen onder de gevaarlijke categorie vallen is veiligheidsprotocol voor gebruik en onderhoud wettelijk verplicht. Het moet prioriteit van de ontwerpers zijn om het systeem inherent veilig maken, waardoor onveilige situaties zoveel mogelijk vermeden kunnen worden. Vanuit ervaring blijkt dat vooral bij het uitbreiden van bestaande installaties er veel veiligheidsrisico's ontstaan die men door het doen van veiligheidsstudies (bijvoorbeeld HAZOP) kan benoemen. De acties uit dergelijke veiligheidsstudies zullen door betrokken opgevolgd moeten worden.

Integratie: Om de energie efficiëntie van een nieuwe installatie te verhogen is een integratie van warmte en of koude stromen zeer belangrijk. Bij compressie van de industriële gassen zal veel warmte vrij komen die nuttig op site gebruikt kan worden in een lokaal warmtenet of voor gebouwverwarming. Bij mobiele productie faciliteiten kan er uit de verdamper veel energie worden teruggewonnen voor (diep)koeling van processen en ruimtes. Een dergelijke integratie dient financieel onderbouwd te worden met een haalbaarheidsanalyse.

Aandacht voor duurzaamheid: procesenergie en warmte uit duurzame bronnen kiezen. Bronnen voor CO₂ en waterstof kunnen uit beschikbare biomassa in de regio onttrokken worden.

Verdere aandachtspunten zijn de nutsvoorzieningen op site. Een nieuwe installatie zal de faciliteiten op site zwaarder belasten, en daardoor zal er kritisch gekeken moeten worden naar capaciteit van de bestaande voorzieningen (trafo vermogen, koelwater capaciteit, enz.)

6. Referenties

Dit is een publicatie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl).

In de periode 2000 - 2002 heeft de VNCI een reeks brochures uitgebracht onder de verzamelnaam "Leidraad voor energie-efficiency". In de reeks worden dertig verschillende bestaande praktische toepassingen beschreven van energiebeheer in chemische bedrijven. Deze publicatie, 'Best Practice Industriële gassen' is een actualisering van het document 'Leidraad voor energie efficiency, Industriële gassen', ee17.

De huidige actualisering van de Best Practice is tot stand gekomen in het kader van meerjarenafspraken energie-efficiëntie MJA3 en MEE. Als onderdeel van de samenwerking met de VNCI is besloten het merendeel van deze Best Practices geactualiseerd opnieuw te publiceren. Deze Best Practice Procescompressoren is geactualiseerd met medewerking van Tebodin (www.tebodin.nl) .

De meerjarenafspraken energie-efficiëntie MJA3 en MEE zijn overeenkomsten tussen de overheid en bedrijven, instellingen en gemeenten. Het ministerie van Economische Zaken (EZ) het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M) stimuleren met deze afspraken het effectiever en efficiënter inzetten van energie. De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) is verantwoordelijk voor de uitvoering van de meerjarenafspraken.

Waar geen bronvermelding is aangegeven bij de tabellen en figuren is gebruik gemaakt van het oorspronkelijke document (zie hierboven).

Voor deze brochure is naast het oorspronkelijke document gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

1. Tebodin, 2015
2. Linde gas, https://en.wikipedia.org/wiki/Cryogenic_oxygen_plant#/media/File:SchemeLOX.jpg
3. GPG 90, Good Practice Guide, Energy efficiency in the provision and use of industrial gases, ETSU 1996.
4. Levering van gassen via on site productie groeit, Utilities, Nr 6, juni 2001.
5. www.airliquide.com
6. www.tpi.com

Colofon

Dit is een publicatie van:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
Prinses Beatrixlaan 2 | 2595 AL Den Haag
Postbus 93144 | 2509 AC Den Haag
T +31 (0) 88 042 42 42
F +31 (0) 88 602 90 23
E info@rvo.nl
www.rvo.nl

Deze publicatie is tot stand gekomen in opdracht van het ministerie van Economische Zaken (EZ) het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koningsrijkrelaties (BZK) en het ministerie van Infrastructuur en Milieu (I&M)

© Rijksdienst voor Ondernemend Nederland | juli 2015

Publicatienummer: RVO-119-1501/RP-DUZA

De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO.nl) stimuleert duurzaam, agrarisch, innovatief en internationaal ondernemen. Met subsidies, het vinden van zakenpartners, kennis en het voldoen aan wet- en regelgeving. RVO.nl werkt in opdracht van ministeries en de Europese Unie.

RVO.nl is een onderdeel van het ministerie van Economische Zaken.

Hoewel deze publicatie met de grootst mogelijke zorg is samengesteld kan RVO.nl geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden voor eventuele fouten.