

White paper *Persluchtdroging*

Atlas Copco





White paper: persluchtdroging

Inhoud

| | |
|--|-----------|
| <i>Inleiding</i> | 4 |
| <i>Waar komt het water vandaan?</i> | 5 |
| <i>Hoe kan al het water worden verwijderd?</i> | 6 |
| <i>Droogmethodes</i> | 7 |
| <i>Koeldrogers</i> | 9 |
| <i>Adsorptiedrogers</i> | 10 |
| <i>Rotary drum dryers</i> | 13 |
| <i>Membraandrogers</i> | 14 |
| <i>Conclusie</i> | 15 |



Inleiding

Veel door perslucht aangedreven gereedschappen en apparatuur zijn niet bestand tegen water of vocht. In talrijke processen die perslucht gebruiken, worden producten gemaakt die niet bestand zijn tegen water of vocht. Typerend voor de compressiecyclus is dat er vaak vrij water wordt gevormd in het persluchtcircuit.

Vrij water in een persluchtsysteem veroorzaakt vaak corrosie, wat leidt tot roestvorming in het persluchtsysteem. Deze roestdeeltjes komen vrij en worden door het hele persluchtsysteem getransporteerd. Dit kan resulteren in schade aan of het defect raken van het persluchtgereedschap en leiden tot verontreiniging van het product.

Vrij water of vocht in een persluchtsysteem kan bacteriegroei stimuleren of het vocht kan geadsorbeerd worden door het product, wat weer leidt tot productverontreiniging en afwijkingen in kwaliteit.

Waar komt het water vandaan?

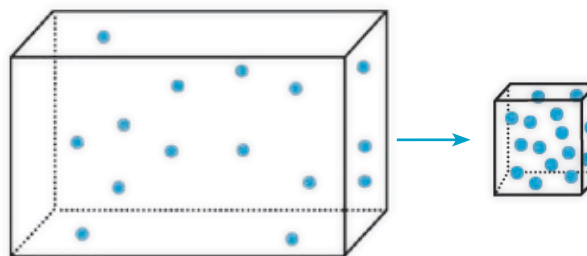
Omgevingslucht bevat altijd water, meestal als verdampt vocht, soms als vrij water (wanneer het regent). Het in de atmosfeer verdampte water is meestal niet zichtbaar of merkbaar.

Lucht met een temperatuur van 35 °C kan maximaal 39 gram water per m³ lucht in de vorm van damp bevatten, met 39 g/m³ heeft de lucht een relatieve luchtvochtigheid van 100%. Als er meer water in de lucht zit, condenseert het overmatige water in druppels, het verdampt niet. Wanneer de temperatuur van de lucht daalt, neemt de hoeveelheid water die kan worden opgenomen als damp ook af. Voorbeeld: lucht met een temperatuur van 20 °C kan max. 17 gram water per m³ lucht bevatten als damp. Dit betekent dat als 1 m³ lucht met een temperatuur van 35 °C en een relatieve luchtvochtigheid van 100% wordt afgekoeld tot 20 °C, er 22 gram vrij water zal worden gevormd.

Het dauwpunt is een parameter die vaak wordt gebruikt om de droogte van de lucht te meten. Lucht van 35 °C met 39 gram waterdamp per m³, wat een relatieve luchtvochtigheid van 100% is, heeft een dauwpunt van 35 °C. Lucht van 35 °C met 22 gram waterdamp per m³ lucht heeft een relatieve luchtvochtigheid van 56% en een dauwpunt van 20 °C. Wanneer deze waarden worden gemeten bij atmosferische druk, hebben we het over het atmosferisch dauwpunt. Wanneer deze waarden onder druk worden gemeten, hebben we het over het drukdauwpunt. Wanneer atmosferische lucht wordt gecomprimeerd, neemt de concentratie waterdamp toe met de drukverhouding.

Bij een normale omgevingstemperatuur van 35 °C en een relatieve luchtvochtigheid van 60% is er ca. 23 gram waterdamp per m³ lucht aanwezig. Wanneer de omgevingslucht met atmosferische druk wordt gecomprimeerd tot max. 7 bar (g), wordt de concentratie waterdamp 8 keer zo hoog. Er is dus per m³ perslucht 184 gram water aanwezig. Dit betekent dat er per m³ perslucht die de compressor bij 35 °C verlaat, 145 gram vrij water het persluchtsysteem ingaat.

Een compressor van 90 kW die 8 uur per dag werkt, levert tot 970 m³ perslucht gedurende deze 8 uur. Dit be-



tekent dat elke dag 140 liter water het persluchtsysteem ingaat!

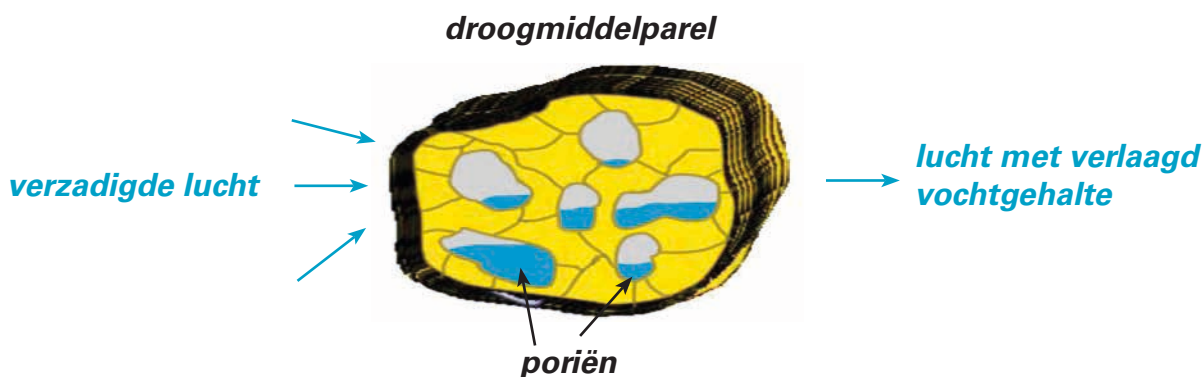
Naast vrij water komt ook waterdamp het persluchtsysteem binnen, 39 gram per m³; dit resulteert elke dag in meer dan 37 liter water dat als damp het persluchtsysteem binnenstroomt.

Hoe kan al het water worden verwijderd?

Er zijn verschillende manieren om water en vocht uit perslucht te verwijderen.

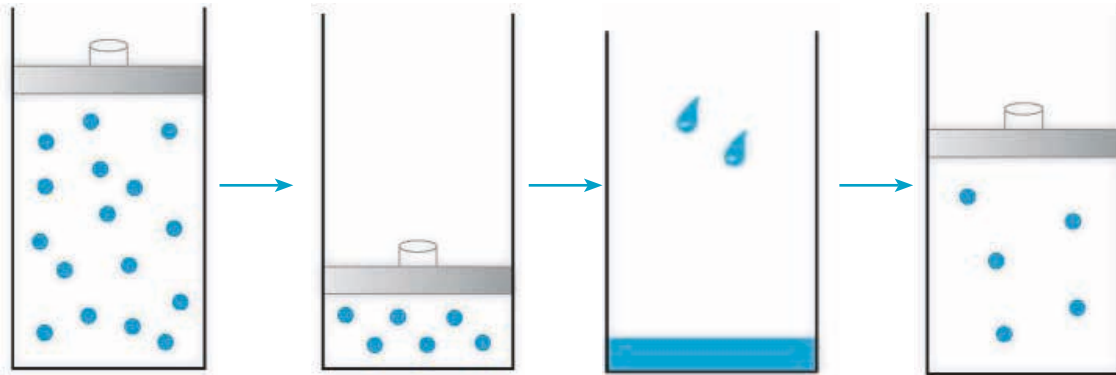
- De eerste methode is overdruk: de druk wordt verhoogd tot een niveau boven de vereiste persluchtdruk en bij deze hogere druk worden de druppels vrij water verwijderd. Tijdens de volgende stap wordt de druk verlaagd tot de vereiste persluchtdruk. Vanaf deze fase is alleen waterdamp aanwezig in de perslucht en is de relatieve luchtvochtigheid gedaald tot onder 100%.
- Een tweede methode is koelen: de perslucht wordt afgekoeld tot een lagere temperatuur. Op deze lagere temperatuur is de relatieve luchtvochtigheid hoger dan 100% en worden druppels vrij water gevormd. Deze druppels vrij water worden verzameld en verwijderd. Tijdens de volgende stap wordt de temperatuur van de perslucht weer verhoogd. Vanaf deze fase is alleen waterdamp aanwezig in de perslucht en is de relatieve luchtvochtigheid gedaald tot onder 100%.
- Als derde methode wordt vaak chemisch drogen gebruikt: het vocht wordt verwijderd door middel van absorptie of adsorptie in een bepaalde substantie. Bij absorptie wordt het vocht opgevangen in een hygroscopische vloeistof of een hygroscopisch poeder. Het vocht hecht zich aan dit materiaal en moet voor een verdere werking worden verwijderd, het droogmiddel moet worden vervangen door nieuw materiaal.

Bij adsorptie wordt het vocht opgevangen in hygroscopische korrels. De vochtmoleculen worden door middel van diffusie door de poriën getransporteerd en met behulp van fysieke binding en capillaire condensatie verzameld. Wanneer de korrels verzadigd zijn, moeten ze worden geregenereerd voordat ze weer vocht kunnen adsorberen. De regeneratie kan worden uitgevoerd door de korrels te verhitten of door extreem droge lucht over de korrels heen te laten stromen. Beide methoden zorgen ervoor dat het opgenomen water wordt verwijderd. Vervolgens kunnen de korrels opnieuw vocht opnemen.



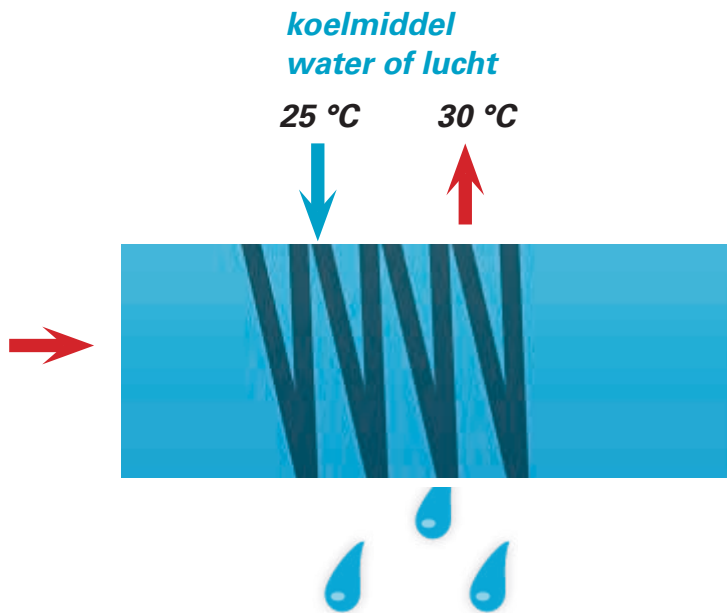
Droogmethodes

Overdruk is een zeer kostbare methode voor het drogen van perslucht en de hoeveelheid water die kan worden verwijderd is beperkt. Deze variant wordt niet gebruikt als droogmethode.



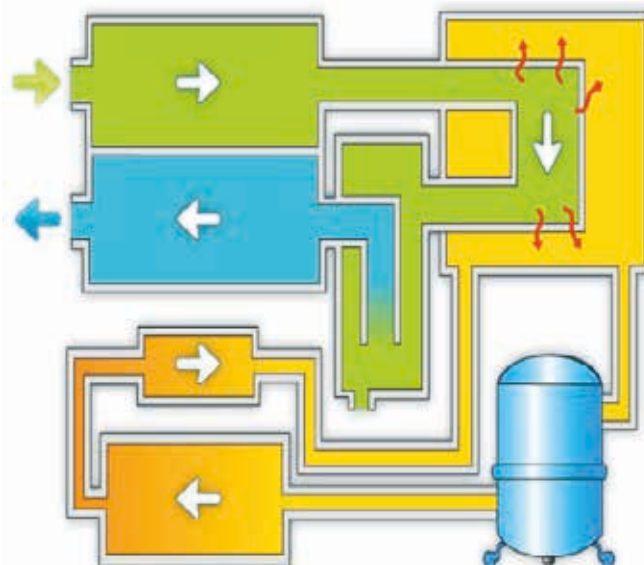
Absorptie is een kostbare methode en het te lozen condensaat van de droger is een zeer agressieve vloeistof die als chemisch afval moet worden behandeld. Het absorptiemateriaal moet continu worden vervangen door nieuw materiaal, wat deze methode zeer duur maakt. De mogelijke dauwpuntonderdrukking die kan worden bereikt met dit soort drogers is beperkt tot 15 °C.





Koelen wordt heel vaak gebruikt als droogmethode. Soms wordt een warmtewisselaar met gekoeld koelwater gebruikt om de perslucht af te koelen. Op deze lage temperatuur condenseert het vocht in druppels vrij water, die worden verzameld en verwijderd. Dit systeem wordt beperkt door de koelwatertemperatuur en vereist een waterkoeler voor het verlagen van de koelwatertemperatuur.

Nog vaker worden koeldrogers gebruikt als droogmethode met koelen. In koeldrogers koelt een freoncircuit de perslucht. De beperking van een koeldroger is het vriespunt van water. Als de temperatuur in deze drogers lager wordt dan 0 °C, zullen de druppels vrij water bevriezen en de persluchtstroom belemmeren.



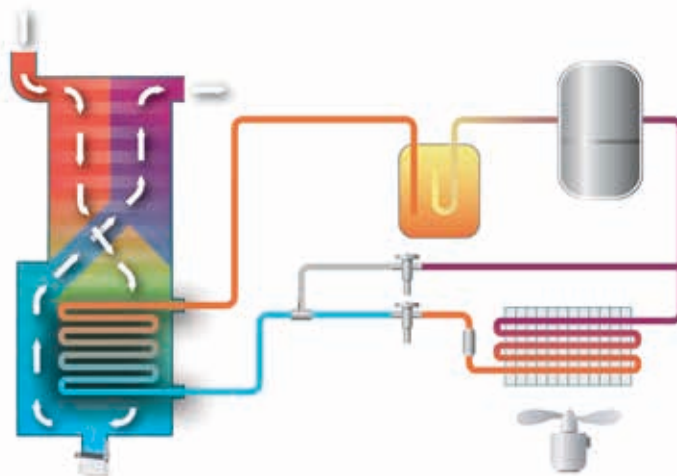
Adsorptiedrogers worden vooral gebruikt wanneer het vereiste drukdauwpunt lager moet zijn dan 0 °C. De meeste van dat soort toepassingen vereisen dauwpunten tot wel -40 °C of zelfs -70 °C.

Koeldrogers

Koeldrogers zijn de meest gebruikte persluchtdrogers. Ze bestaan uit een lucht/lucht- en een lucht/freon-warmtewisselaar.

- De perslucht van de compressor stroomt eerst langs de lucht-/lucht-warmtewisselaar. In deze fase wordt de binnenstromende lucht voorgekoeld door de uitgaande lucht en wordt de uitgaande lucht verwarmd.
- In de tweede fase stroomt de perslucht langs de lucht/freon-warmtewisselaar. In deze fase wordt de perslucht nog verder afgekoeld naar een temperatuur van ongeveer 3 °C. Bij deze temperatuur condenseert het vocht en worden de druppels vrij water opgevangen en verwijderd. Op dit punt is de relatieve luchtvochtigheid van de perslucht nog steeds 100%.
- In de volgende stap wordt de perslucht verwarmd door de binnenkomende lucht; de toename in temperatuur zorgt ervoor dat de relatieve luchtvochtigheid van de uitgaande lucht daalt tot minder dan 50%.

Koeldrogers worden in persluchtsystemen gebruikt om vrij water en corrosie in het systeem te voorkomen; een relatieve luchtvochtigheid van minder dan 50% is voldoende om dit te bereiken. Koeldrogers zijn beschikbaar als een watergekoelde en een luchtgekoelde variant.



Adsorptiedrogers

Adsorptiedrogers worden gebruikt wanneer de persluchttoepassing een drukdauwpunt onder 0 °C vereist. In de meeste gevallen bestaan de drogers uit twee drukvaten naast elkaar. Beide vaten zijn gevuld met hygroscopische droogmiddelkorrels. De perslucht stroomt door één vat, terwijl het vocht in de lucht wordt geadsorbeerd door de korrels. Nadat een bepaalde hoeveelheid vocht is opgenomen, zijn de korrels verzadigd. Op dat moment wordt de lucht naar het tweede vat geleid. Terwijl de perslucht door het tweede vat stroomt, wordt het eerste vat geregenereerd. Wanneer het tweede vat verzadigd is, wordt de lucht weer door het eerste vat geleid en begint de regeneratie van het tweede vat.

Er zijn twee belangrijke technieken voor het regenereren van droogmiddelkorrels.



1. Koude regeneratie

Bij dit drogertype expandeert een klein gedeelte van de gedroogde perslucht tot atmosferische druk en stroomt vervolgens door het vat met verzadigd droogmiddel. Het tot atmosferische druk uitzetten van de gedroogde perslucht zorgt ervoor dat de lucht veel droger wordt. Het vocht gaat van het droogmiddel naar de gedroogde lucht en wordt naar de atmosfeer afgevoerd. De beperkte energie die nodig is voor de regeneratie zorgt voor zeer korte cyclustijden, gewoonlijk 2 à 3 minuten.

Koude regeneratie vereist een minimale hoeveelheid elektriciteit, alleen voor bedieningsfuncties. Er zijn zelfs varianten met pneumatische timers beschikbaar, waardoor het mogelijk is om deze drogers zonder stroom te laten werken. De regeneratie verbruikt gemiddeld ongeveer 18% van de perslucht, dit betekent dat 18% van het vermogen van uw compressor wordt gebruikt voor de regeneratie. Dit maakt persluchtdrogers met koude regeneratie de duurste variant in gebruik. Daarentegen is het ontwerp eenvoudig en betrouwbaar, en de aanschafprijs laag.

2. Het verwarmen van de verzadigde droogmiddelkorrels

Door de korrels te verwarmen, worden de vanderwaalskrachten verbroken en komt het vocht vrij uit de korrels. Een luchtstroom transporteert het vocht bij het verzadigde vat vandaan. Deze met compressiewarmte werkende adsorptiedrogers zijn verkrijgbaar in verschillende uitvoeringen.

Warmtegenererende adsorptiedrogers

In deze drogers expandeert een deel van de gedroogde perslucht tot atmosferische druk en wordt over een verwarmingselement gestuurd, waardoor de temperatuur van de lucht stijgt tot 150 – 180 °C. Deze hete lucht wordt vervolgens door het vat met verzadigd droogmiddel. Het vocht komt vrij en wordt met de lucht afgevoerd naar de atmosfeer.

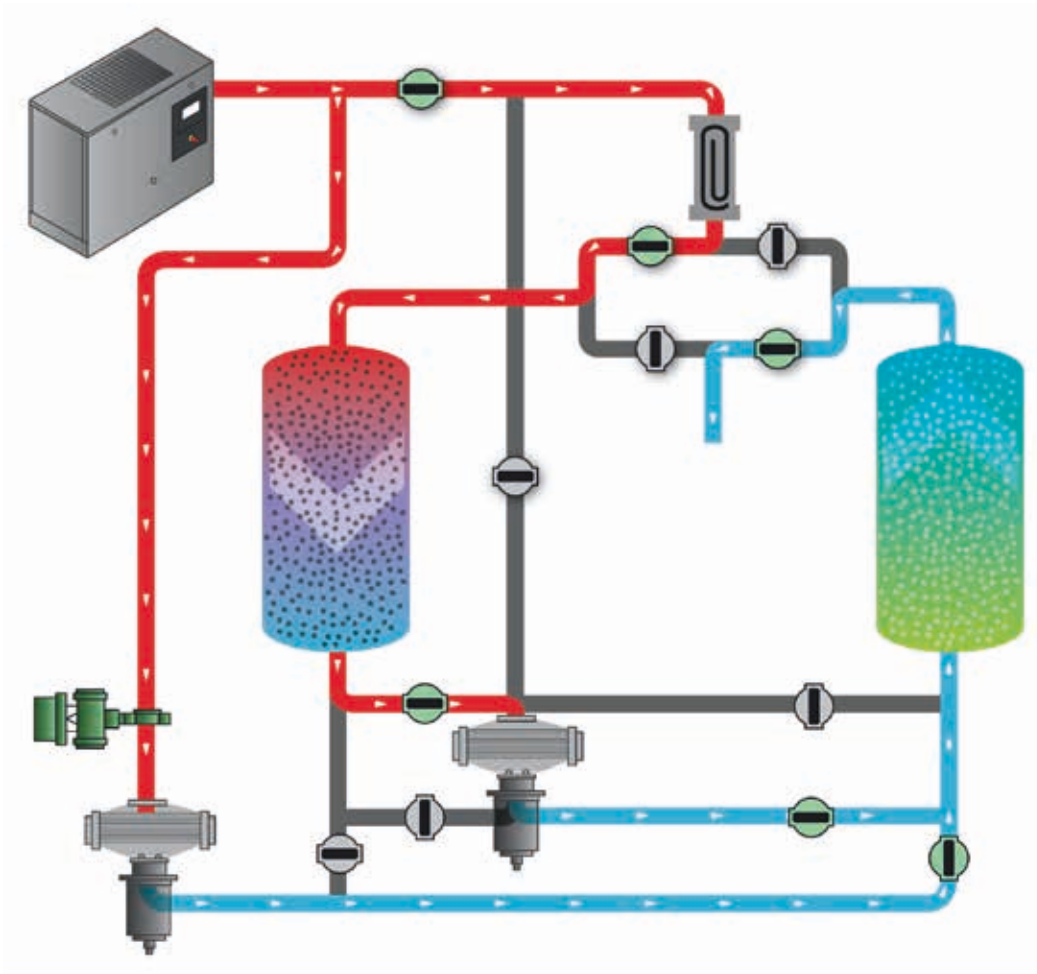


Warmtegenererende adsorptiedrogers met externe blower

In deze drogers is een blower aangebracht die omgevingslucht aanzuigt en over een verwarmingselement blaast. De lucht wordt verwarmd tot een temperatuur van 150 – 180 °C en door het vat met verzadigd droogmiddel gestuurd. Het vocht komt vrij en wordt met de lucht afgevoerd naar de atmosfeer.

Heat of compression adsorptiedroger

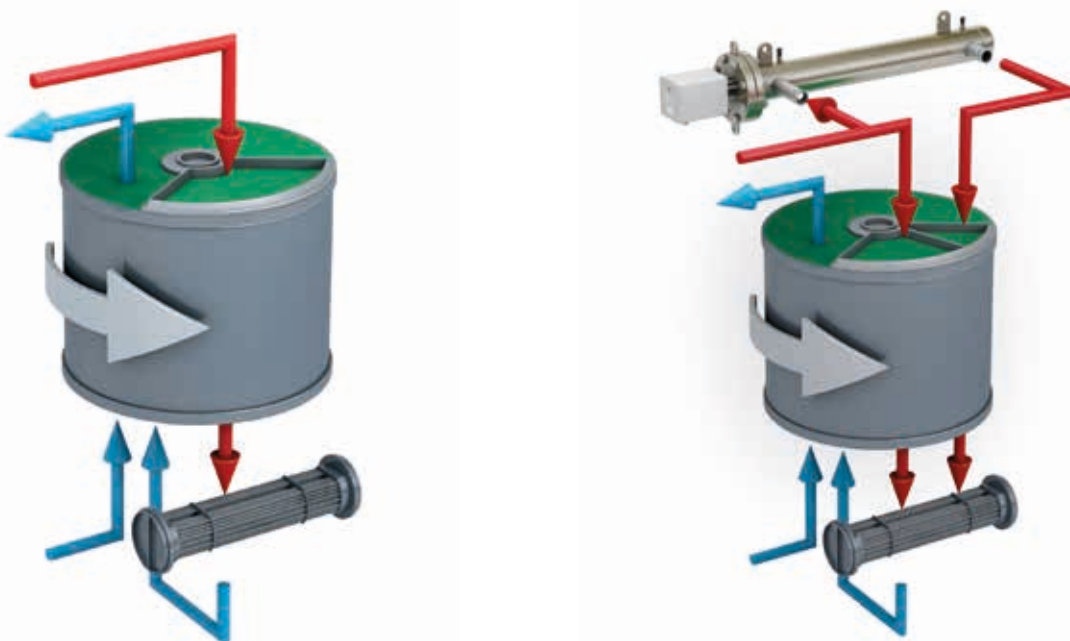
Dit drogertype gebruikt de warmte die is gegenereerd tijdens het compressieproces om de droogmiddelkorrels te verwarmen en het vocht te verwijderen. Meestal wordt hete perslucht van de compressor door het verzadigde vat gestuurd en komt het vocht vrij om vervolgens samen met de perslucht naar een koeler te worden vervoerd. In deze koeler wordt de perslucht gekoeld, condenseert het vocht en wordt het verwijderd. Na de koeler gaat de perslucht naar het vat met droog droogmiddel. In dit vat wordt de rest van het vocht verwijderd uit de perslucht en stroomt droge perslucht het persluchtsysteem binnen.



Na het verwarmen moeten de droogmiddelkorrels afkoelen voordat ze weer vocht kunnen adsorberen. Het koelen kan worden uitgevoerd met behulp van droge perslucht, met koude omgevingslucht of met koude perslucht. Elke koelmethode kent zijn voor- en nadelen.

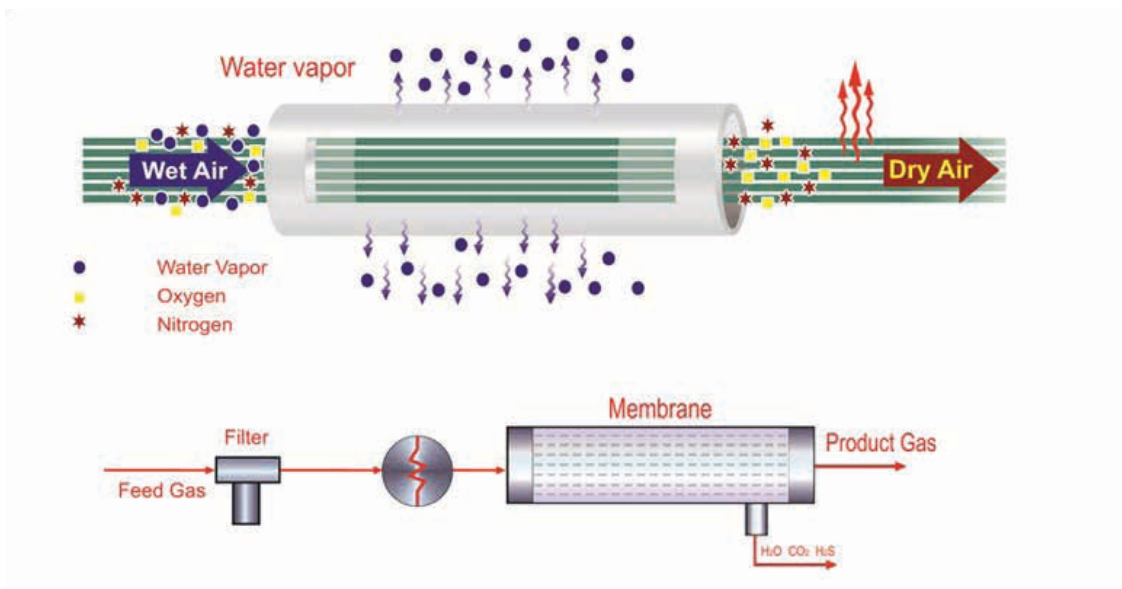
Rotary drum dryers

Een variant op de twin tower heat of compression adsorptie droger is de rotary drum adsorptie droger. De rotary drum adsorptie drogers zijn opgebouwd uit slechts één ketel, in deze ketel zitten geen adsorptie korrels maar een rotor. Deze rotor is een honingraad structuur waarop het adsorberend materiaal geïmpregneerd is. De rotor draait rond aan een zeer lage snelheid, slechts enkele toeren per uur. Een deel (3/4e) van de rotor wordt gebruikt om de perslucht te drogen, het andere deel (1/4e) wordt geregenereerd. De regeneratie gebeurt met hete compressor lucht, indien er niet voldoende warmte ter beschikking is van het compressie proces, dan kan het nodig zijn extra verwarming van de regeneratie lucht te voorzien teneinde het vereiste drukdauwpunt te bereiken. Het voordeel van de rotary drum adsorptie droger is het geringe aantal bewegende onderdelen, er zijn geen kleppen nodig, enkel een kleine motor om de rotor te laten draaien en de rotor zelf, verder zijn er geen bewegende onderdelen. Het is niet nodig een inlaat filter te plaatsen en daar het adsorptie materiaal geïmpregneerd is op een dragende structuur is het ook niet nodig een na-filter te plaatsen. De unieke opbouw en het werkingsprincipe zorgen er ook voor dat er geen nood is aan een aparte koel cyclus. Al deze punten zorgen ervoor dat er een zeer lage drukval is over dit type droger en dat het energie verbruik beperkt is tot het minimum.



Membraandrogers

Membraandrogers bestaan uit polymeerbuizen met selectieve doorlatendheid. Dit betekent dat het vocht door de leidingmantel heen gaat, terwijl de perslucht in de leiding blijft. Een deel van de gedroogde perslucht wordt over de buitenkant van deze buizen gestuurd om het vocht af te voeren naar de atmosfeer. De prestaties van de membraandrogers worden bepaald door de temperatuur en vochtigheid van de inlaatlucht. Ze leveren geen vast dauwpunt bij de uitlaat, maar een dauwpuntonderdrukking. De constructie is zeer eenvoudig en betrouwbaar; er zijn geen bewegende onderdelen, dus het onderhoud is nihil. Een nadeel is het verbruik van gedroogde perslucht, wat kan oplopen tot 25% van de perslucht, d.w.z. dat 25% van het vermogen van de compressor wordt gebruikt voor de regeneratie.





Conclusie

Voor standaard persluchttoepassingen, waarbij het voldoende is om vrij water en corrosie in het perslucht netwerk te voorkomen, is een koeldroger de meest zuinige en betrouwbare oplossing.

Voor meer veeleisende installaties waarbij een bepaald negatief dauwpunt vereist is, zijn adsorptiedrogers de enige rendabele oplossing. Als het mogelijk is om een heat of compression adsorptiedroger te gebruiken, is dit de meest voordelige oplossing. De aanschafprijs is aanzienlijk, maar de gebruikskosten zijn laag en worden vaak binnen een jaar terugverdiend in vergelijking met andere regeneratietechnologieën. Als een heat of compression adsorptiedroger niet mogelijk is, is de warmtegenererende droger met externe blower, zonder enige spoeling (zero purge), het meest voordelige alternatief.

De heatless adsorptiedroger is goedkoop in aanschaf, maar de bedrijfskosten zijn extreem hoog. Dit drogertype kan het beste worden gebruikt in toepassingen met weinig bedrijfsuren of als back-up eenheid voor het geval er problemen zijn met de hoofddroger. Aangezien dit drogertype zonder elektriciteit kan werken, is het een goed alternatief voor installaties op afstand.

TOEGEWIJD, DUURZAAM EN PRODUCTIEF

Wij staan voor onze verantwoordelijkheid jegens onze klanten, het milieu en de mensen om ons heen. Wij zorgen ervoor dat prestaties de toets der tijd doorstaan. Dat bedoelen we met Duurzame Productiviteit.



www.atlascopco.com

