

Wijbenga info sheet 41:

Cascade systemen deel 2

Inleiding

In deel 1 over cascade systemen werd uitgelegd wat er begrepen wordt onder cascade systemen en wat de voor- en nadelen ervan zijn. In dit tweede deel wordt ingegaan op de aandachtspunten voor een NH₃/CO₂-cascade systeem

Ontdooiing

Om de aangesloten verdamper te kunnen ontdooien, zijn temperaturen boven 0°C nodig. Als de ruimtetemperatuur boven de 0°C blijft, kan het al volstaan om de koudemiddeltoevoer naar de verdamper te stoppen om deze te ontdooien. Bij lagere temperaturen is er een warmtebron nodig. Ontdooien kan dan op verschillende manieren:

- **Met elektrische verwarmingselementen**
- **Middels een extra circuit in de koeler waardoor een vorstvrije koudedrager stroomt.**

Deze koudedrager wordt door een warmtebron opgewarmd. Wanneer een ontdooiing nodig is, zal een systeem met pompen en ventielen de warme koudedrager door de koeler laten stromen, teneinde hem te dooien.

- **Middels persgasontdooiing.**

De condensatietemperatuur van de CO₂-compressor ligt vaak echter ook onder de 0 °C. Er zijn een aantal mogelijkheden om een voldoende hoge condensatietemperatuur te bereiken. Voor deze oplossingen is het wel belangrijk dat de maximaal toelaatbare drukken en temperaturen van de compressor(en), verdamper en de cascadowisselaar(s) steeds in acht worden genomen.

- Eén of meerdere compressoren tijdelijk naar een hogere condensatiedruk regelen. Dit kan bijvoorbeeld worden gerealiseerd door een regelventiel in de persleiding van de compressor te monteren. Voor het ventiel is de condensatiedruk hoog genoeg om te kunnen ontdooien. Door de druk te regelen, zal het gas dat niet nodig is om te dooien via het regelventiel naar de condensor stromen.
- Toepassing van een ontdooicompressor. Deze compressor zuigt gas aan vanuit het CO₂-pompvat of afscheider en perst dit naar een hogere druk die voldoende hoog is om te kunnen ontdooien. De compressor is enkel bedoeld voor de ontdooifunctie en idealiter voorzien voor een breed capaciteitsbereik. Het volume aan gas voor een ontdooiproces kan flink variëren. Ook moeten voorzieningen worden getroffen om ervoor te zorgen dat de compressor droog gas aan zuigt (bijvoorbeeld een afscheidingssysteem of zuiggasverhitting).
- Toepassing van een persgasgenerator. Deze oplossing bestaat zowel uit een af te sluiten vaatje als een warmtewisselaar. Het vaatje wordt op niveau gevuld met vloeibaar CO₂ uit het pompvat. Zodra er voldoende vloeistof inzit, wordt het vaatje met automatische ventielen afgesloten. De warmtewisselaar zal nu het vaatje opwarmen, waardoor de druk zal stijgen tot een druk die voldoende hoog is om te kunnen ontdooien. Als warmtebron voor de warmtewisselaar kan bij

voorbeeld de condensatorwarmte van de hogedruk-trap worden gebruikt. De persgasgenerator dient zorgvuldig te worden geselecteerd aan de hand van de te verwachten benodigde dooicapaciteit. Idealiter is het vat groot genoeg om een dooiproces mee uit te voeren.

Voor persgas-ontdooisystemen bij NH_3 -koelsystemen zijn er al een aantal beproefde oplossingen om het condensaat dat tijdens het ontdooien van een koeler ontstaat met een vlotter af te voeren (figuur 1). Bij CO_2 gebeurt dit tot op heden nog vooral met drukgeregelde overstortventielen (figuur 2), bij gebrek aan geschikte vlotters voor deze condities.

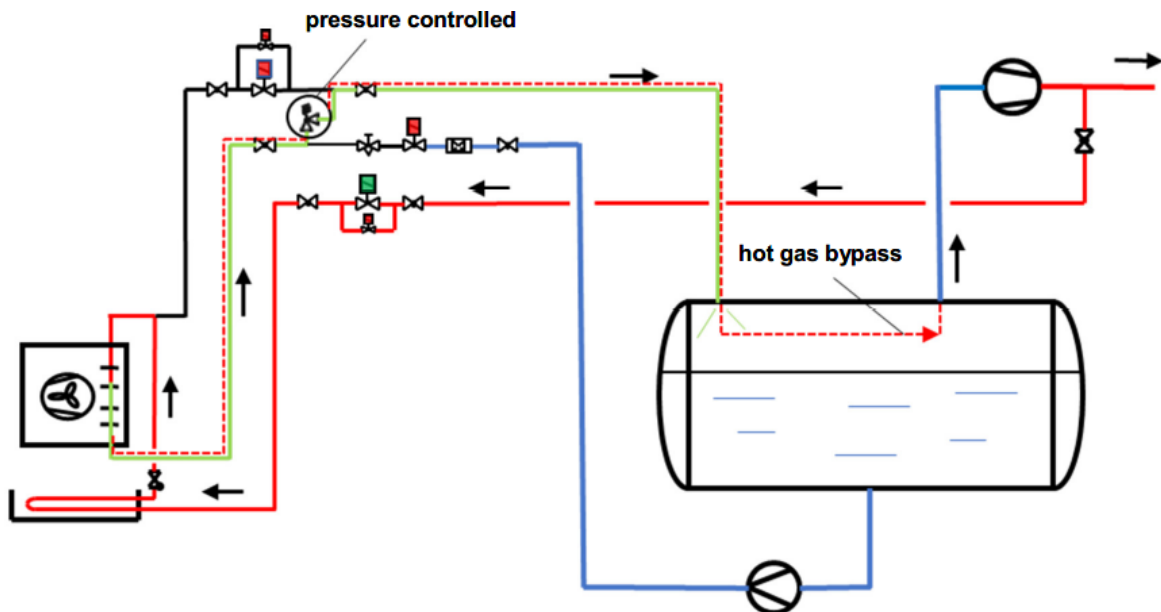


Fig 1: Ontdooing met persgas en overstort

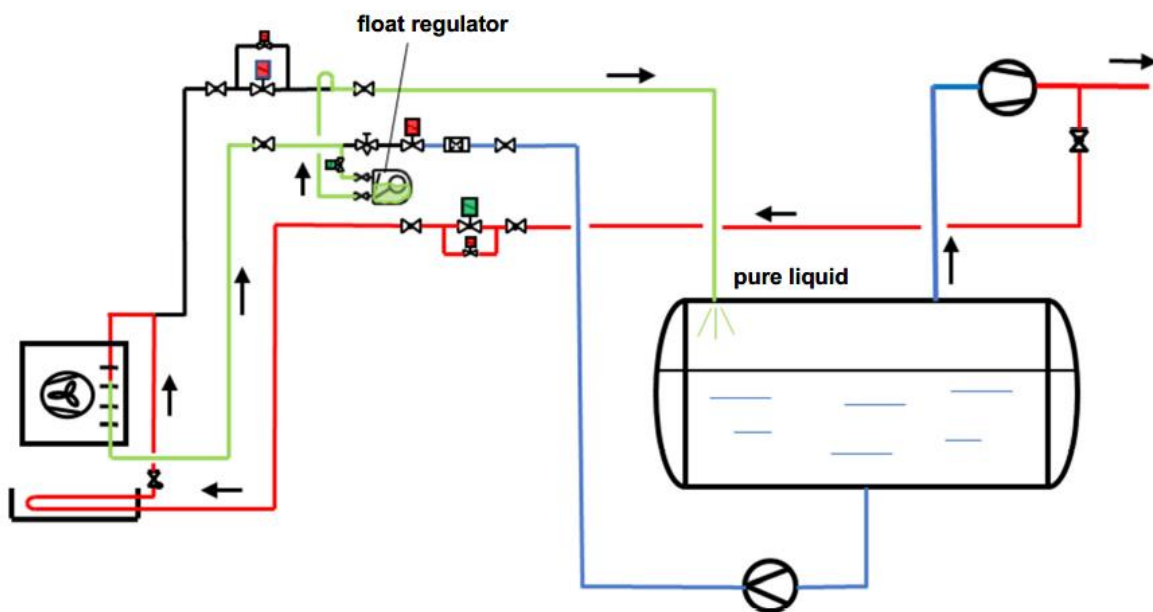


Fig 2: Ontdooing met persgas en vlotter overstort

Zuigasverhitting

Compressorfabrikanten adviseren bij CO₂ om in zuiggasoververhitting te voorzien. Een belangrijke reden is om de olie-uitstoot te beperken. Een eigenschap bij pompsystemen is dat de zuiggas temperatuur gelijk is aan de verzadigingstemperatuur. Daarom wordt er vaak een warmtewisselaar voorzien in de droge zuigleiding (figuur 3). Als warmtebron kan de vloeistof tussen condensor en expansieventiel worden gebruikt; de vloeistof wordt dan onderkoeld. Een andere warmtebron kan condensatiewarmte zijn. De mate waarin het gas oververhit moet worden, verschilt vaak van fabrikant tot fabrikant, maar hangt ook af van de verdampingstemperatuur.

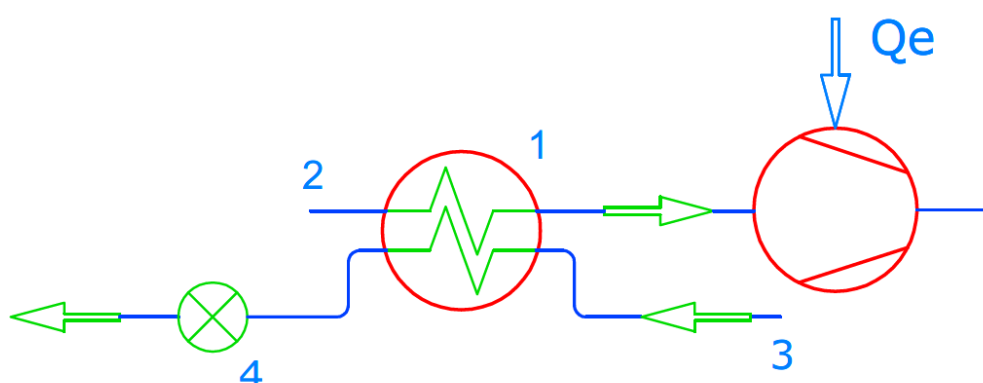


Fig 3: Interne warmtewisselaar in de droge zuigleiding

Olie in het CO₂-pompsysteem

Ondanks alle voorzorgsmaatregelen zal er toch nog olie uit de CO₂-compressor(en) in het CO₂-pompsysteem terechtkomen. Deze olie mag maar in een beperkte hoeveelheid in het pompsysteem blijven. Daarom is een olieretur-systeem nodig. Bij oplosbare oliesoorten is de olie vermengd in de CO₂; daarom is er een zogenaamde 'olierectifier' nodig om de olie van het koudemiddel te scheiden. 'Olierectifier' is een functionele beschrijving; er zijn allerlei oplossingen op de markt. Wat ze gemeen hebben, is dat ze een deelstroom van de CO₂-vloeistof laten verdampen en oververhitten. De deelstroom waarvan de CO₂ is verdampt, wordt naar een vat gevoerd vanwaar het CO₂-gas weer naar de afscheider of compressor stroomt. De olie zal achterblijven in het vat. Vanuit dit vat kan de afgescheiden olie weer worden teruggevoerd naar de compressor. Als warmtebron voor de 'rectifier' zijn er verschillende mogelijkheden, zoals een luchtkoeler die de warmte uit de machinekamer haalt, of een vloeistofonderkoeler die de warmte vanuit de vloeistofstroom van de condensor naar het expansieventiel haalt door de vloeistof te onderkoelen. Belangrijk is dat de warmtebron in staat is de vloeistof volledig te laten verdampen.

Filter-droger

Bij CO₂ zal water in het systeem veel sneller problemen veroorzaken dan in een NH₃-pompsysteem. In vloeistoffase kan CO₂ een grote concentratie vocht in oplossing houden, terwijl de gasfase nauwelijks vocht kan oplossen. Hierdoor ontstaat bij verdamping vrij water. Om die reden is het ten zeerste aan te raden om een voldoende grote filter-droger in te bouwen. Een deelstroom die vanuit de pomppersleiding door het filter en weer naar de afscheider stroomt, is te verkiezen.

Circulatievoud

De thermodynamische eigenschappen maken dat CO₂ minder warmte per kg kan opnemen dan NH₃. Om die reden is de hoeveelheid kg circulerend CO₂ groter dan de hoeveelheid kg circulerend NH₃ in een NH₃-systeem met dezelfde capaciteit. Koelerfabrikanten vragen daarom vaak lagere circulatievouden voor een CO₂-systeem dan voor een NH₃-systeem. Terwijl bij NH₃ 2 tot 3 gangbaar is, zal dit bij CO₂ eerder 1,2 tot 2 zijn.

Versie 1, 23-10-2023 GB