

De effecten van capaciteitsregeling

Inleiding

In veel koelinstallaties is capaciteitsregeling noodzakelijk.

Als basis voor het ontwerp van een koelinstallatie wordt vaak uitgegaan van de meest extreme condities, met name de hoogste koellast bij de warmste omgevingstemperaturen. Echter, bijna geen enkele koelinstallatie werkt constant in deze condities.

Capaciteitsregelingen zijn daarom vaak een noodzaak en kunnen een aanzienlijke complexiteit met zich meebrengen.



Fig. 1: Leidingtraject met potentieel risico op condensaatverzameling in droge zuig (bron: GTEX).

Condensaatvorming bij koelcapaciteitsverlaging of koellastverhoging

Het verhogen van de zuigdruk, door bijvoorbeeld het uitschakelen van een compressor of een toenemende koellast, kan met name bij niet-ververhitte zuiggassen het condenseren van koudemiddel in de zuigleiding tot gevolg hebben. Hoe dan? In de zuigleiding naar de compressor bevindt zich normaliter uitsluitend gas, al dan niet oververhit. Normaal gesproken is de zuigleiding geïsoleerd en heeft deze bij benadering dezelfde temperatuur als het koudemiddel. Door een stijgende zuigdruk wordt de daarbij horende verzadigingstemperatuur hoger. De zuigleiding warmt niet zo snel op vanwege de isolatie en zal kouder zijn dan de verzadigingstemperatuur van het zuiggas. Hierdoor zullen de koudere wanden van de leiding en appendages gaan functioneren als condensor.

‘Koude-energie’ van de zuigleiding

De hoeveelheid gas die kan condenseren is afhankelijk van de ‘koude-energie’ van de zuigleiding, dus van de massa (soortelijk gewicht) en de specifieke warmte van deze leiding. Hoeveel gas er condenseert is afhankelijk van de tijd, het soort koudemid-



”

Bij installaties met een vloeistofafscheider moet de zuigleiding zodanig ontworpen zijn dat vloeistof kan teruglopen naar de afscheider

”

del, de warmteoverdracht en het temperatuurverschil. Bij koelinstallaties met zuiggas-oververhitting, bijvoorbeeld directe-expansie koelsystemen, is het risico lager. De wandtemperatuur van de zuigleiding is immers hoger. Het risico is het grootst bij installaties waarbij de omgevingstemperatuur van de ruimte waarin de compressor opgesteld staat, lager kan worden dan de verzadigingstemperatuur van het koudemiddel, bijvoorbeeld bij warmtepompen.

Rekenvoorbeeld

In dit rekenvoorbeeld is uitgegaan van een stalen zuigleiding van 20 meter met leidingmaat DN 200. Het koudemiddel is NH₃, is -10 °C en niet oververhit, de zuigdruk stijgt tot een verdampingstemperatuur van -5°C.

Leidingdiameter	D	0,219 motor
Leidinglengte	L	20 meter
Wanddikte	d	0,0063 motor
Soortelijke warmte staal	c	0,5 KJ/kg/K
Soortelijke massa staal	ρ	7800 kg/m3
Enthalpie NH ₃ -5°C gas	h gas -5°C	1599,8 kJ/kg
Enthalpie NH ₃ -5°C vloeistof	h vloeistof -5°C	320,09 kJ/kg
Soortelijk gewicht NH ₃ -5°C vloeistof	ρ NH ₃ -5	645,37 m3/kg
Temperatuurverschil staal/ NH ₃	ΔT	5 Kelvin

Het is van groot belang dat het condensaat niet in de compressor terecht komt. Bij installaties met een vloeistofafscheider in de zuigleiding hoort de zuigleiding naar de compressoren hoger te liggen dan deze afscheider, en zodanig te zijn gemonteerd dat vloeistof kan teruglopen naar deze afscheider (zie figuur 1).

$$A \text{ staal doorsnede} = \frac{(\pi \cdot D^2 \cdot L^2) - ((D-2 \cdot d)^2 \cdot \pi \cdot L^2)}{4} = 0,0042 \text{ m}^2$$

$$m \text{ staal} = A \text{ staal doorsnede} \cdot L \cdot \rho = 657 \text{ kg}$$

$$Q \text{ staal} = m \text{ staal} \cdot c \cdot \Delta T = 1.641 \text{ kJ}$$

$$m \text{ condensaat} = \frac{Q \text{ staal}}{(h \text{ NH}_3 \text{ gas} - 5^\circ \text{C} - h \text{ NH}_3 \text{ vloeistof} - 5^\circ \text{C})} = 1,28 \text{ kg}$$

$$V \text{ condensaat} = \frac{1000}{\rho \text{ NH}_3 - 5^\circ \text{C}} \cdot m \text{ condensaat} = 2 \text{ liter}$$

De verticale leiding die de zuigleiding van de lager opgestelde compressor verbindt met de zuigleiding van de vloeistofafscheider dient steeds bovenaan in de horizontale zuigleiding te worden aangesloten.

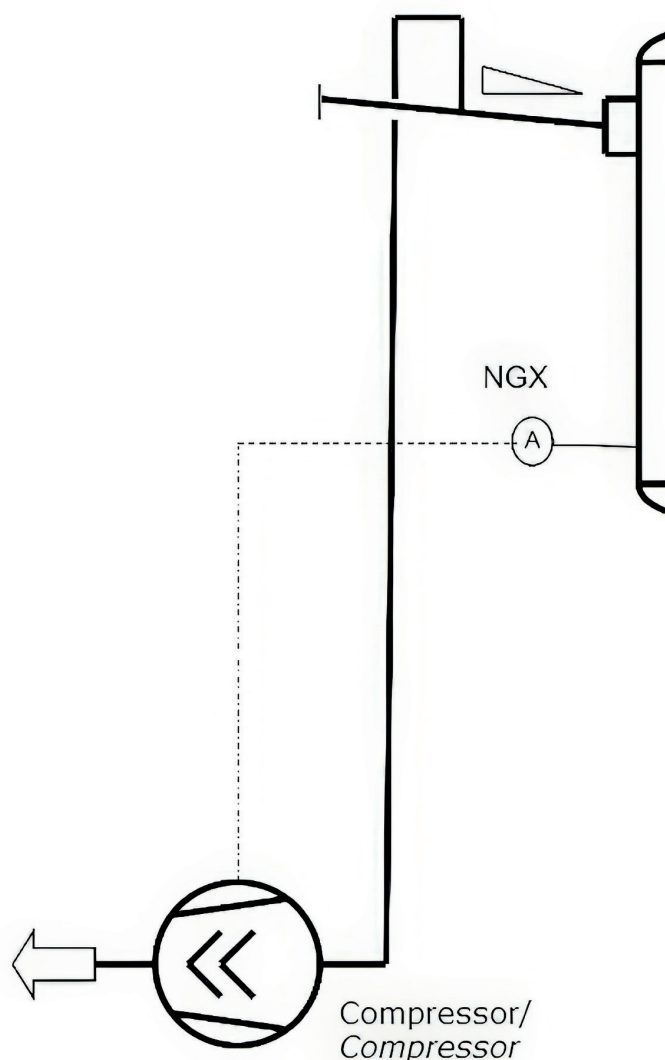


Fig. 2: Schematisch overzicht plaatsing zuigleiding.

Gasbellen bij koudemiddelpompen

Een plots dalende zuigdruk door het bijschakelen van compressorcapaciteit of door een afnemende koellast kan bij pompsystemen als gevolg hebben dat vloeistof in de koudemiddelpompen gaat ko-

ken; de zogenaamde 'in het gas draaiende vloeistofpompen'. Koudemiddelpompen worden met een minimale valleiding onder een afscheider gemonteerd. De vloeistofkolom boven de pomp zorgt voor een positief drukverschil en creëert aldus onderkoeling.

In het bijgaande rekenvoorbeeld met NH_3 op een verdampingstemperatuur van $-10\text{ }^\circ\text{C}$ genereert 1,5 meter vloeistofkolom een onderkoeling van 0,8 Kelvin. (door drukverliezen in het leidingwerk zal het positief drukverschil en dus de onderkoeling in werkelijkheid zelfs nog kleiner zijn). Wanneer de druk in de afscheider en de daarmee vasthangende verdampingstemperatuur plots meer dan $0,8\text{ }^\circ\text{C}$ daalt, begint de vloeistof tot in de aanvoer van de pomp te koken. Dit kan funest zijn voor de pomp, omdat de lagers van een koudemiddelpomp gesmeerd wordt door de vloeistof.

Gassnelheid appendages persleiding

Bij het verlagen van de condensatiedruk verhoogt de gassnelheid in de appendages van de persleiding. De hogere gassnelheid kan de afscheidingscapaciteit van olieafscheiders negatief beïnvloeden en zal het drukverlies over de appendages in de persleiding vergroten. Als een installatie is ontworpen om op bijvoorbeeld $40\text{ }^\circ\text{C}$ condensatietemperatuur te werken en dit door een condensatietemperatuurregeling in de winter verlaagd wordt naar bijvoorbeeld $25\text{ }^\circ\text{C}$, wordt het persgasvolume groter.

Hoe lager de druk, hoe 'ijler' het gas, dezelfde kg koudemiddel neemt een groter volume in. Door de lagere condensatiedruk wordt het aantal kg dat moet circuleren voor hetzelfde koelvermogen wel minder, maar het volume aan persgas per kilogram koudemiddel wordt groter en de gassnelheid door de appendages in de persleiding wordt daardoor ook groter.

Een aan de omgevingstemperatuur aanpassende condensatiedrukregeling kan zeker een aanzienlijke energie/kostenbesparing opleveren, maar bij het toepassen hiervan moet ook aandacht worden geschonken aan de appendages in de persleiding.

Invloed drukverschillen op capaciteit expansieventielen en vlotters

Bij het verlagen van de condensatiedruk of het verhogen van de zuigdruk ten opzichte van de ontwerpcondities zal de verschildruk over het expansieventiel of vlotter kleiner worden. Door de lagere verschildruk zal de capaciteit van deze ventielen of vlotters verlagen. In uiterste gevallen kunnen mechanische thermostatische expansieventielen zelfs niet meer openen. Vlotters zijn hier doorgaans minder onderhevig aan maar hebben ook hun beperkingen. Het is dan ook belangrijk om expansieventielen en vlotters te controleren op hun minimale verschildruk.

Kokende vloeistof: flash-gas

De regeling van de condensatorcapaciteit kan tot gevolg hebben dat de vloeistof in de leidingen en appendages tussen de condensor en het expansieorgaan gaat koken, het zogenaamde 'flash-gas'. Bij bijvoorbeeld het inschakelen van een condensorventilator kan de condensatiedruk en bijbehorende verzadigingstemperatuur plots dalen. Echter de aanwezige vloeistof en de appendages hebben nog de temperatuur van vóór het inschakelen van de ventilator. Hierdoor zal de vloeistof gaan koken. Met name expansieventielen hebben hier last van, door het gas dat met de vloeistof mee stroomt moet het expansieventiel plots meer volume doorlaten.



Wijbenga B.V.

De Aaldor 12 | 4191 PC Geldermalsen | Nederland

+31 (0)345 681 549 | info@wijbenga.nl | www.wijbenga.nl

© Copyright Wijbenga B.V. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de rechthebbende.