

Wijbenga info sheet 18:

De effecten van capaciteitsregeling

Inleiding

In veel koelinstallaties is capaciteitsregeling noodzakelijk. Zo'n regeling brengt complexiteit met zich mee en kan verschillende effecten veroorzaken. 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. Bijna geen enkele koelinstallatie werkt echter constant in deze condities. Capaciteitsregelingen zijn daarom vaak een noodzaak, en ze 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-oververhitte 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 hij bij benadering dezelfde temperatuur als het koudemiddel. Door de stijgende zuigdruk wordt de daarbij horende verzadigingstemperatuur hoger. De zuigleiding warmt niet zo snel op vanwege de isolatie en kan kouder zijn dan de verzadigingstemperatuur van het zuiggas, waardoor het kan condenseren.

'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 koudemiddel, 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.

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 meter
Leidinglengte	L	20 meter
Wanddikte	d	0,0063 meter
Soortelijke warmte staal	c	0,5 kJ/kg/K
Soortelijke massa staal	ρ	7800 kg/m ³
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 m ³ /kg
Temperatuurverschil staal/ NH ₃	ΔT	5 Kelvin

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

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

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

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

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

Het is van belang dat het condensaat niet in de compressor terechtkomt. 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). 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.

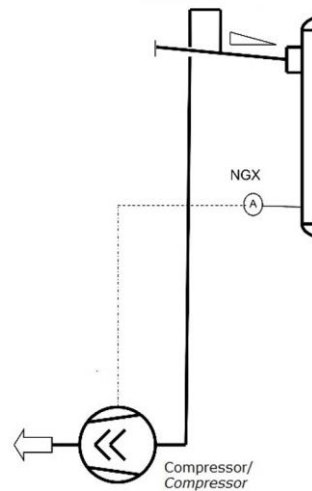


Fig 2. Schematisch overzicht plaatsing zuigleiding

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 koken, 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 (zie Wijbenga info sheet 15: Onderkoeling en oververhitting).

In het rekenvoorbeeld hierboven met NH₃ op een verdampingstemperatuur van -10 °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 nog kleiner zijn). Wanneer de druk in de afscheider en de daarmee vasthangende verdampingstemperatuur plots meer dan 0,8 °C daalt, begint de vloeistof tot in de aanvoer van de pomp te koken. Dit kan funest zijn voor de pomp, daar de lagering 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 °C condensatietemperatuur te werken en dit door een condensatietemperatuurregeling in de winter verlaagd wordt naar bijvoorbeeld 25 °C, wordt het persgasvolume groter.

Hoe lager de druk, hoe 'ijler' het gas, dezelfde kg koudemiddel neemt een groter volume in. Het aantal kg dat moet circuleren wordt wel minder door de lagere condensatiedruk, maar het volume aan persgas 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 expansieventielventiel 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. Het is dan ook belangrijk om expansieventielen en vlotters te controleren op hun minimale verschildruk.

Kokende vloeistof: flash-gas

De regeling van de condensorcapaciteit 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.

Versie 1, 14-10-2020 GB