

Wijbenga info sheet 20:

Valleiding van koudemiddelpompen

Inleiding

Grote koelsystemen maken vaak gebruik van pompcirculatie om de verdamper van koudemiddel te voorzien. De wijze waarop een koudemiddelpomp wordt aangesloten is zeer belangrijk en medeafhankelijk van de constructie van de pomp.

De meeste koelinstallaties hebben een kringloop gebaseerd op directe expansie (DX). Deze installaties maken gebruik van een thermostatisch expansieventiel voor de verdamper. Thermostatische expansieventielen, mechanisch of elektronisch, zorgen voor overhit, droog gas aan de uittrede van de verdamper dat door de compressor wordt aangezogen. Expansieventielen zijn de scheiding tussen het hoge- en het lagedrukdeel van de installatie. Er is meestal voldoende drukverschil om koudemiddelvloeistof naar het expansieventiel te laten stromen en het expansieventiel goed te laten werken.



Fig. 1 WITT HRP8050-90 pomp (CO2)

Pompcirculatie

Grotere systemen maken vaak gebruik van pompcirculatie om de verdamper van koudemiddel te voorzien. Pompcirculatie biedt belangrijke voordelen ten opzichte van DX-koeling, zoals een grote flexibiliteit in de opstelling van de verdamper, kleine temperatuurverschillen, betere benutting van het verdamperoppervlak, en een mogelijke lage condensatietemperatuur. Bij een pompsysteem wordt vloeibaar koudemiddel vanuit een afscheider op verzadigingsdruk naar de verbruikers verpompt.

Het verpompen van verzadigde vloeistof stelt speciale eisen aan de toeloopleiding van de pomp, want de vloeistof zal de neiging hebben te verdampen in de zuigaansluiting van de pomp. De gasbellen die hierbij worden gevormd kunnen de pomp beschadigen (cavitatie)

en de pomp kan 'in het gas vallen'; er vormt zich dan zoveel gas in de pomp dat er geen vloeistof meer in de pomp kan stromen en de pomp geen debiet en geen druk meer levert. De wijze waarop een koudemiddelpomp op het vat wordt aangesloten is zeer belangrijk en medeafhankelijk van de constructie van de pomp.



Fig. 2 Opengewerkte WITT koudemiddelpomp.

Centrifugaalpompen

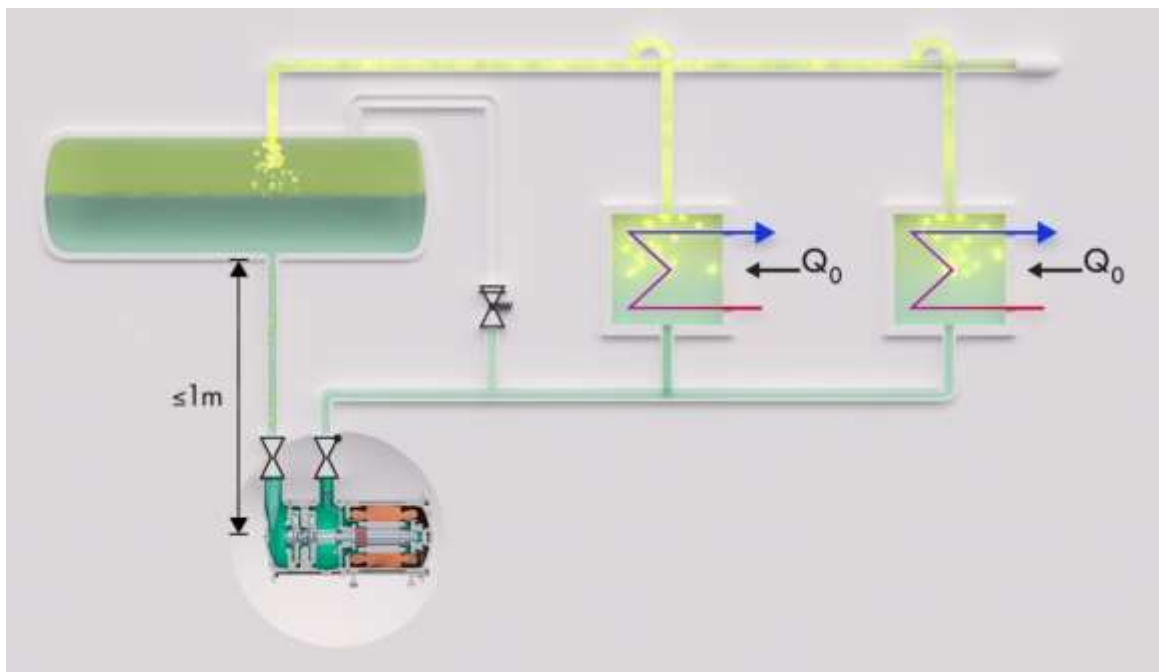
De meest toegepaste koudemiddelpompen zijn uitgevoerd als centrifugaalpompen. Centrifugaalpompen zijn eenvoudig in te bouwen, hebben een lange levensduur en weinig onderhoud nodig. Tegenwoordig worden vooral semi-hermetische pompen toegepast die geen asafdichtingen hebben. De termen 'NPSH (Net Positive Suction Head) beschikbaar' en 'NPSH benodigd' worden in de koudetechniek niet vaak gebruikt maar zijn wel degelijk van toepassing.

Het zijn belangrijke waarden om rekening mee te houden. Ergens in de zuigzijde van de pomp zal de laagste druk optreden. Deze laagste druk moet altijd boven de verzadigde druk van de vloeistof liggen, om de vorming van dampbellen te voorkomen. NPSH geeft de benodigde druk aan op de intrede van de pomp boven ('positive') de verzadigingsdruk van de verpompte vloeistof. NPSH wordt uitgedrukt in meter vloeistofkolom (mvk) en wordt per pomp in het laboratorium vastgesteld en kan geen cavitatie in de warmtewisselaar optreden. Dit voorkomt slijtage en komt de warmteoverdracht ten goede. Om de pompdruk constant te houden kan gekozen worden voor het toepassen van een frequentieregelaar.

Benodigde valhoogte

Een koudemiddelpomp zuigt het koudemiddel aan bij verzadigingstemperatuur, anders dan bijvoorbeeld een CV-pomp waar altijd een voordruk aanwezig is. Het spreekt voor zich dat de koudemiddelpomp altijd onder het vat moet worden geplaatst om een positieve druk ten opzichte van de verzadigingsdruk op de intrede van de pomp te verkrijgen. De beschikbare NPSH wordt beïnvloed door het drukverlies in de zuigleiding van de pomp.

In een koude-installatie wordt de zuig- of valleiding van een pomp, met altijd een kolkbreker op de intrede, geselecteerd op een lage stroomsnelheid (vuistregel is $<0,3\text{m/s}$) om te zorgen dat eventuele dampbellen opstijgen en niet worden meegezogen in de pomp. Deze lage stroomsnelheid geeft te verwaarlozen leidingverliezen. Als geen rekening gehouden wordt met de leidingverliezen, is de valhoogte van de pomp direct de beschikbare NPSH. Fabrikanten geven voor koudemiddelpompen de benodigde valhoogte op, deze zal altijd ruim boven de benodigde NPSH liggen. Als vuistregel wordt voor koudemiddelen een valhoogte van 1 meter aangehouden. Een uitzondering is CO_2 , waarvoor 1,5 meter vereist is.



Vuistregel: 1 meter valhoogte naar het hart van de pomp, bij CO_2 1,5 meter.

Rekenvoorbeeld

Welke invloed heeft het verhogen van de valhoogte van een pomp? We geven een rekenvoorbeeld: verzadigde ammoniak van $-10\text{ }^\circ\text{C}$ heeft een verzadigingsdruk van 2,907 bar. Bij een valleiding van 1 meter en geen leidingverlies in de valleiding met zuigafsluiter wordt de druk op de intrede van de pomp:

$$P_o + h \cdot \rho \cdot g = 2,9071 \cdot 10^5 \text{ Pa} + 1 \text{ m} \cdot 652,069 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 297,1 \text{ kPa} = 2,971 \text{ bar}$$

1 meter valhoogte levert een 'extra' druk van 0,064 bar, bij $-10\text{ }^\circ\text{C}$ verzadiging komt dit overeen met circa 0,5 K.

Dezelfde berekening uitgevoerd voor NH₃ bij -40 °C geeft een wijziging van 1,8 K. Anders gezegd: bij de pompintrede heeft de vloeistof met een temperatuur van -10 °C een schijnbare onderkoeling van 0,5 K en bij -40 °C een schijnbare onderkoeling van 1,8 K. Bij het opschakelen van compressortrappen kan de druk in de afscheider plotseling dalen. Als de drukdaling in de afscheider bij deze temperaturen meer dan 0,5 K resp. 1,8 K is, kan er damp bij de intrede van de pomp ontstaan.

Bij CO₂ geeft deze berekening heel andere waarden. De drukken van CO₂ zijn zeer verschillend van de NH₃-drukken. Uitgaande van de 1,5 meter valhoogte die voor CO₂ wordt voorgeschreven, is de waarde bij To=-10 °C 0,18 K en bij -40 °C bedraagt hij 0,48 K. Het nog verder verhogen van de valhoogte heeft dus relatief weinig zin om meer schijnbare onderkoeling te verkrijgen.

In tabel 1 zijn de waarden voor de schijnbare onderkoeling per mvk voor NH₃ en CO₂ bij verschillende verzadigingstemperaturen aangegeven.

	Temperatuur						
	-40°C	-30°C	-20°C	-10°C	0°C	10°C	20°C
Koude-middel							
NH ₃	1,84	1,17	0,76	0,54	0,39	0,29	0,22
CO ₂	0,32	0,22	0,17	0,12	0,1	0,08	0,06

Tabel 1: Schijnbare onderkoeling per mvk.

Gasbellen door drukdaling

Daalt de druk in de afscheider door het bijschakelen van een compressorstap, dan verdampt een deel van de vloeistof. Daalt de druk ver genoeg, dan ontstaan ook bellen bij de intrede van de pomp. Of deze bellen in de pomp komen of in de pomp ontstaan en de pomp 'in het gas laten vallen' is mede afhankelijk van de grootte van de compressorstap die wordt bijgeschakeld ten opzichte van een aantal systeemp parameters, waaronder de grootte van de gasruimte in de afscheider, de hoeveelheid vloeistof in de afscheider en de snelheid waarmee dampbellen in de pompzuigleiding kunnen stijgen tegen de vloeistofstroom in.

Bij de selectie van compressoren moet gelet worden op de grootte van de trappen die kunnen worden bijgeschakeld. Ook moet gelet worden op de snelheid waarmee dit gebeurt; tussen bijschakelingen moet de vloeistof eerst tot rust kunnen komen.

Een goed ontworpen afscheider waarbij aandacht besteed is aan de vloeistoftoevoer naar de pomp en een stabiele compressorregeling zal bijdragen aan een lang en gelukkig compleven.



Fig. 4 Afscheider -35 °C NH₃, om bouwtechnische reden is deze zeer hoog geplaatst.

Nuttige links:

Artikel: Gesloten pompen voor verdampend koudemiddel RCC nr. 3-2005

<https://www.wijbenga.nl/media/afbeeldingen/Artikelen/artikel-koudemiddelpompen.pdf>

Info sheet: Koudemiddelpompen

<https://www.wijbenga.nl/media/afbeeldingen/Artikelen/6-koudemiddelpompen.pdf>

Animatie: WITT HRP pomp

<https://youtu.be/-MVbV7I5U-o>

Versie 1, 18-12-2020 GWK