

Wijbenga info sheet 23:

Koudemiddelpompen 2*

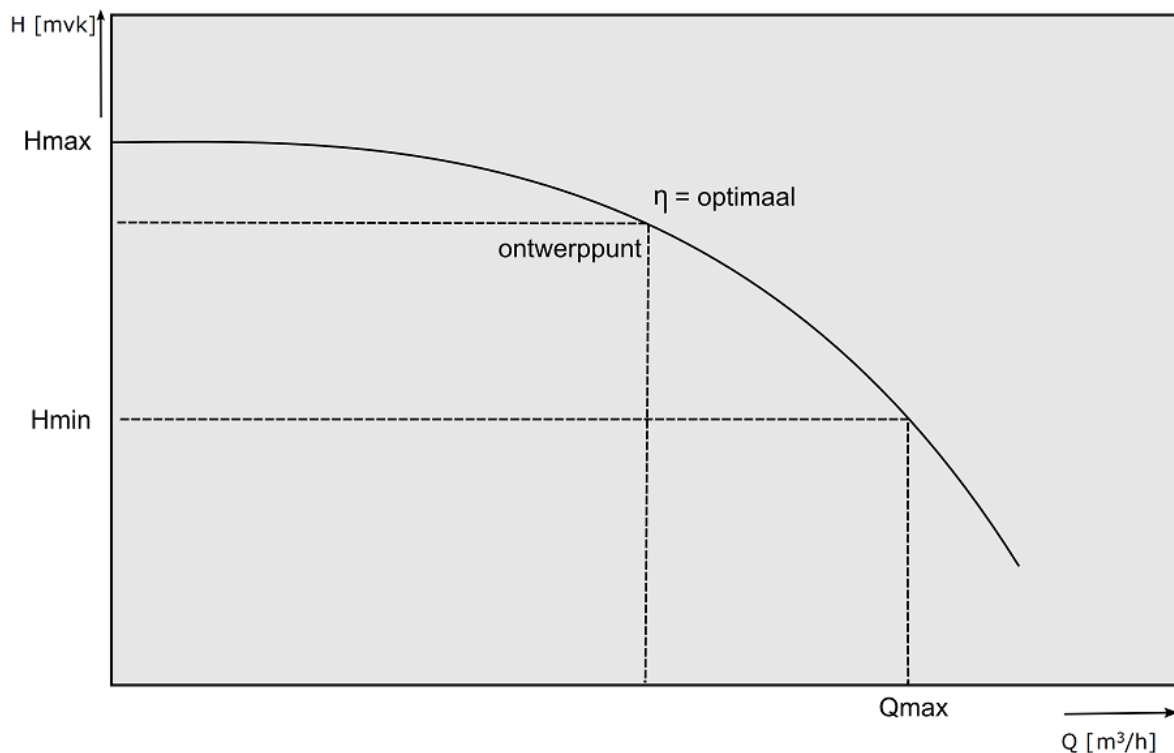
Inleiding

Een goed ontwerp van het leidingwerk aan de zuigzijde van de pomp is één van de factoren om gas in de pomp te voorkomen; belangrijk voor de levensduur van de pomp. Aan de perszijde van de pomp zijn andere factoren belangrijk.

Om te zorgen dat alle verdamper voldoende vloeistof krijgen moet de pomp het drukverlies van het leidingwerk met appendages en eventuele statische hoogte tussen de opstelling van de pompen en de verdamper kunnen overbruggen.

Pompdruk en opvoerhoogte

Het drukverschil dat pompen kunnen leveren wordt vaak opgegeven in meters vloeistof kolom (m_{vk} of m_{vlk}). Dit drukverschil wordt ook vaak de opvoerhoogte genoemd. De eigenschappen van een pomp worden gepresenteerd in de Q-H grafiek, op de horizontale as staat het debiet Q, meestal in m³/h, op de verticale as wordt de opvoerhoogte H in m_{vk} gegeven (grafiek 1).



Grafiek 1: Q-H kromme van een pomp

Koudemiddel pompen zijn vaak geschikt voor meerdere koudemiddelen, de Q-H grafiek met de opvoerhoogte in m_{vk} geldt voor alle koudemiddelen. De opvoerhoogte van de pomp in m_{vk} is altijd de zelfde ongeacht het medium dat verpompt wordt. Het drukverschil dat de pomp levert wordt bepaald door de dichtheid van de verpompte vloeistof en is eenvoudig te berekenen met de volgende formule:

formule 1

$$dP = h * \rho * g \text{ [Pa]}$$

waarbij

h = de opvoerhoogte mvk of meter vloeistof kolom

ρ = dichtheid van de verpompte vloeistof $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

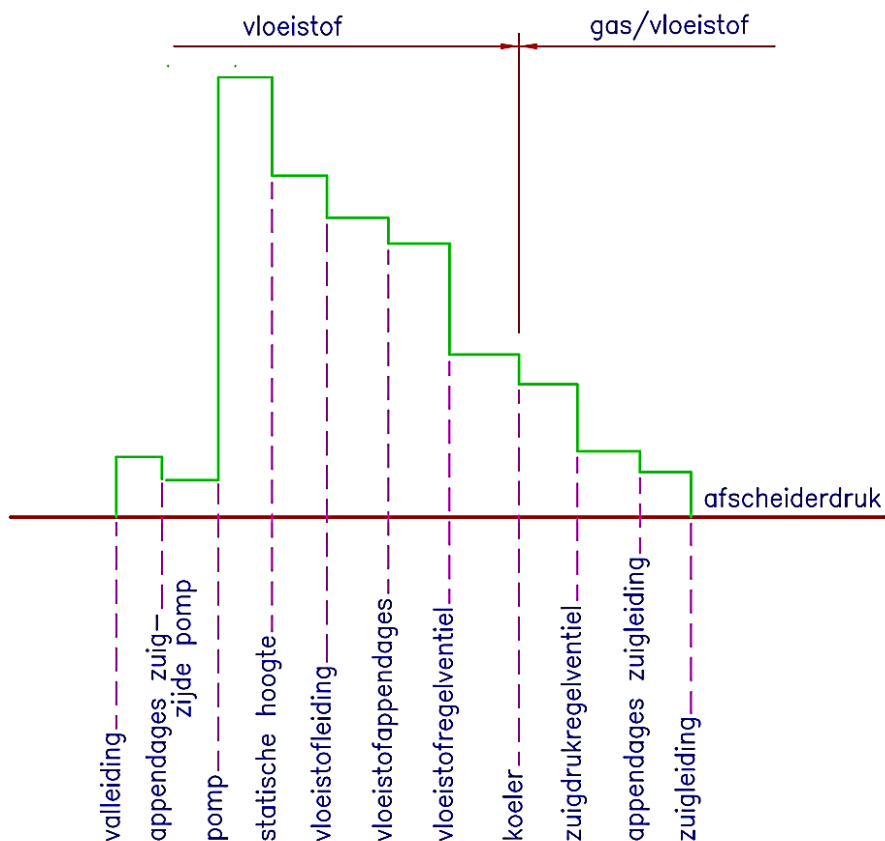
g = versnelling van de zwaartekracht $9,81 \frac{m}{s^2}$

Verschillende koudemiddelen geven een verschillend drukverschil:

Een pomp met een opvoerhoogte van 30mvk levert bij het verpompen van Ammoniak van -10°C een drukverschil van: $dP = 30 * 652,06 * 9,81 = 1,92 \times 10^5 \text{ [Pa]} = 1,92 \text{ bar}$

Dezelfde pomp met 30mvk opvoerhoogte die CO2 bij -10°C verpompt levert een aanzienlijk hoger drukverschil: $dP = 30 * 982,93 * 9,81 = 2,89 \times 10^5 \text{ [Pa]} = 2,89 \text{ bar}$

Het drukverlies in de pomp leiding wordt veroorzaakt door verschillende factoren. Deze factoren worden weergegeven in onderstaande grafiek 2.



Grafiek 2: Overzicht van de verschillende weerstanden in een pompcirculatiesysteem

De hoogste kolom in de grafiek 2 is de opvoerhoogte van de pomp. De kolommen die hier op volgen zijn de verschillende factoren die de opvoerhoogte "verbruiken".

In de eerste plaats dient rekening gehouden te worden met de statische hoogte indien er een hoogte verschil is tussen de pomp en de verdampers. De statische hoogte in meters kan direct van de opvoerhoogte van de pomp in mvk worden afgetrokken als de pomp lager gemonteerd is dan de verdampers. Staan de pompen hoger dan de verdampers, dan kunnen de meters worden opgeteld. Met formule 1 kan het statisch drukverschil in Pa berekend worden. Het statisch drukverschil verandert niet (is statisch) als de capaciteit van de installatie wijzigt, bij de overige weerstanden in de pomppersleiding is dat duidelijk anders, deze zijn allemaal afhankelijk van de snelheid in de leiding, dus van de doorstomende hoeveelheid vloeistof.

De volgende belangrijke factor is het leidingverlies dat per leidingdeel berekend wordt met de formule:

formule 2:
$$dP = Z * \frac{1}{2} * \rho * v^2 [Pa]$$

waarin

Z = weerstandscoefficiënt

ρ = dichtheid van de vloeistof [kg/m³]

v = snelheid van de vloeistof [m/s]

De parameter v , de snelheid van de vloeistof, is afhankelijk van de hoeveelheid vloeistof die verpompt wordt en de gekozen leidingdiameter. De hoeveelheid vloeistof, in kg/s, is afhankelijk van de koelcapaciteit en het benodigde circulatievoud (CV). Verdampers in een Ammoniak koelinstallatie vragen vaak een CV van 3; de voor de koelcapaciteit benodigde hoeveelheid vloeistof wordt 3 voudig naar de verdamper gepompt, 1 deel verdampt, 2 delen komen via de natte retour als vloeistof terug naar de afscheider. Bij CO₂ wordt vaak met een CV van 1,5 gerekend.

Als de hoeveelheid vloeistof bekend is kan een leidingdiameter gekozen worden. Over het algemeen wordt een snelheid van 1m/s in de vloeistof leiding aangehouden. Ervaring leert dat deze snelheid een acceptabel drukverlies per meter leiding geeft. Als de verdampers ver van de pompen verwijderd zijn, dus lange leidingen, dan kan het nodig zijn om de snelheid in de pompleidingen te verlagen om het drukverlies in de pompleiding beperkt te houden. Uit formule 2 blijkt dat het drukverlies toe- of afneemt met het kwadraat van de snelheid. Een verdubbeling van de snelheid geeft daarmee een viervoudige toename van het drukverlies.

De vloeistofleiding is volledig gevuld met koudemiddelvloeistof die een schijnbare onderkoeling heeft. De druk bij de uittrede van de pomp is gelijk aan de afscheiderdruk plus de opvoerhoogte, dit betekent dat de druk in de vloeistofleiding hoger is dan de verzadigingsdruk. De vloeistofleiding kan daarom dalen en stijgen zonder dat verdamping van de vloeistof optreedt. Als er "zakken" in de vloeistofleiding zitten, dan dient hier in wel een aftap voorzien te worden.

Drukverlies door appendages

In de vloeistofleiding worden verschillende appendages gemonteerd, bij de verdamper achtereenvolgens: een handafsluiter, filter, magneetventiel, inregelventiel en vaak een terugslagklep. In de hoofdleiding kunnen ook afsluiters en of filters gemonteerd worden. Al deze appendages leveren een drukverlies dat wordt berekend met behulp van de Kvs waarde volgens de formule:

formule 3:

$$dP = \frac{\rho}{1000} * \left(\frac{v}{Kvs}\right)^2$$

$v = \text{volumestroom} \left[\frac{m^3}{h}\right]$

$\rho = \text{dichtheid van de vloeistof} [kg/m^3]$

$Kvs = \text{kengetal} \left[\frac{m^3}{h}\right]$ geeft de doorstromende hoeveelheid water per uur aan bij een drukverschil van 1 bar over het appendage.

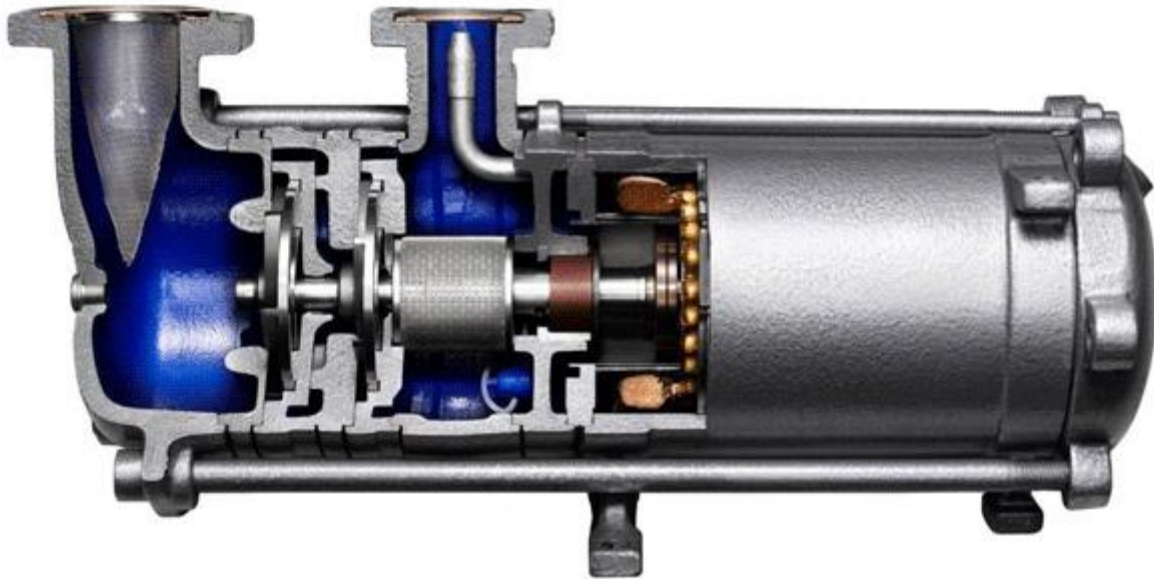
De Kvs van een afsluiter wordt gegeven bij 100% geopende afsluiter, de Kvs van een filter wordt gegeven bij schoon filter. De Kvs waarde wordt door de fabrikant bepaald en wordt vermeld in de documentatie.

Vloeistofinregelventiel

Een bijzondere appendage in de vloeistofleiding is het vloeistofinregelventiel. Dit ventiel heeft een instelbare Kv waarde waarmee het circulatievoud over de verdamper wordt ingesteld. Het vloeistofdrukverschil over de verdamper dat minimaal nodig is om het gewenste circulatievoud te realiseren moet bekend zijn. Met het inregelventiel wordt de beschikbare pompdruk zo ver gereduceerd dat de benodigde druk op verdeler van de verdamper bereikt wordt en de juiste hoeveelheid vloeistof in de verdamper komt. Als het inregelventiel te ver is opengedraaid, dan zal te veel vloeistof door de verdamper gaan. Deze verdamper kan dan mogelijk niet goed werken omdat er te veel vloeistof door heen gaat en deze "niet de kans krijgt" om te verdampen. De andere verdamperen kunnen te weinig vloeistof krijgen waardoor het benodigde circulatievoud niet gehaald wordt en ze niet de capaciteit halen waarvoor ze zijn uitgelegd. Het juist instellen van de inregelventielen is belangrijk om de juiste hoeveelheid koudemiddel naar alle verdamperen te laten stromen.

Uit grafiek 2 blijkt dat ook het drukverlies in de retourleiding naar de afscheider, de natte retour, mede bepalend is voor de benodigde opvoerhoogte. Het drukverlies in de retourleiding, inclusief het eventueel aanwezige zuigdruk regelventiel, bepaald de druk in de verdamper. Als de druk in de verdamper door de drukverliezen in de retourleiding 1K hoger is dan in de afscheider, dan betekent dit bij NH3 op -10°C een extra benodigde opvoerhoogte van 0,12bar (1,9m) en bij CO2 0,76bar (7,9m) extra. Kortom, bij het bepalen van de persleiding van een pomp is ook de natte retourleiding een factor van belang.

*Zie voor deel 1 van dit verhaal Wijbenga info sheet 20, valleidingen van koudemiddelpompen.



Afbeelding 1: Hermetische koudemiddelpomp

Tegenwoordig wordt in de meeste pompkoelinstallaties een hermetische pomp toegepast. De elektrische aandrijving wordt door koudemiddel gekoeld, hiervoor is een minimaal debiet van de pomp noodzakelijk. Om dit debiet te waarborgen wordt in de pomp persleiding een overstort opgenomen die bij een ingestelde persdruk vloeistof overstort naar de lage druk. Ook kan hiervoor een overstort met een smoorplaat worden toegepast, deze laat constant een hoeveelheid vloeistof vanuit de pers naar de lage druk. Er zijn pompen waarbij het maximale debiet begrensd moet worden. Hiermee wordt voorkomen dat het drukverlies in de zuig zo groot wordt dat gas gevormd wordt. De max-blende zorgt er ook voor dat de pomp altijd voldoende drukverschil levert om intern vloeistof over het motordeel te pompen voor voldoende koeling. Nog een functie van de Q-max-blende kan zijn het beperken van het benodigde vermogen van de pomp. Het vermogen van de pomp is afhankelijk van de opvoerhoogte en het debiet
 $(P_{th}[W]=Q[m^3/s]*dP[Pa])$

Voor het berekenen van het leidingwerk wordt meestal een selectie programma gebruikt. Als alle appendages en leidingen in een het selectie programma zijn ingevoerd, dan zal het drukverlies over het systeem gegeven worden en kan een geschikte pomp op basis van de benodigde opvoerhoogte en debiet gekozen worden.

Versie 1, 27-5-2021 GW