

Wijbenga info sheet 33:

Thermosyphon systemen

Inleiding:

Thermosyphon (of thermosifon) is een methode van warmte uitwisseling gebaseerd op natuurlijke circulatie. Het laat vloeibaar koudemiddel over een warmtewisselaar circuleren zonder gebruik te maken van een mechanische pomp. In koelsystemen vind deze natuurlijke circulatie bijna altijd plaats in een gesloten circuit.

Toepassingen zijn voornamelijk te vinden in (semi) industriële systemen die met ammoniak als koudemiddel werken. Thermosyphon systemen kunnen met een klein temperatuurverschil werken, zijn over een grote capaciteitsrange regelbaar, vereisen geen complexe regelingen en passen prima in een lage koudemiddelvulling concept. Een natuurlijke circulatie systeem bestaat uit een verdamper en een vloeistofafscheider. De verdamper kan uitgevoerd zijn als een spiraal (luchtkoeler), buizen (shell & tube) of platen (platenwisselaar, falling film). Vloeistof afscheiders zijn er tegenwoordig in vele vormen (traditionele zwaartekracht, HAM, cycloon, demistors, uniflow etc.) maar hebben allemaal tot doel de druppels uit de verdamper af te scheiden en de vloeistoffluctuaties als gevolg van wisselende capaciteiten op te nemen. Praktijkvoorbeelden van veel voorkomende toepassingen zijn oliekoeling, water of glycol koeling en NH₃/CO₂ cascade condensors

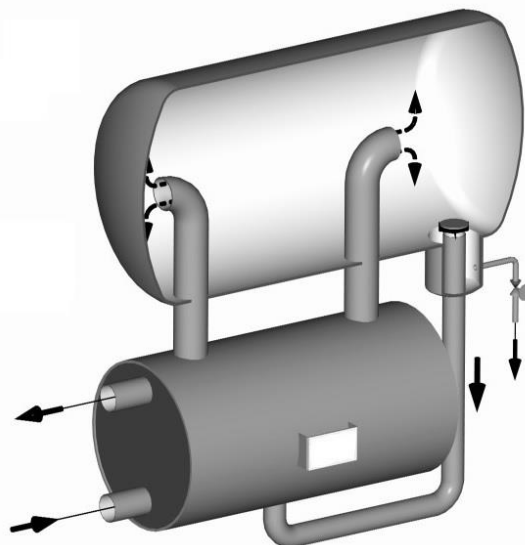


Fig 1. Een thermosyphon verdamper met afscheider

Statische hoogte:

Drijvende kracht achter de werking van een thermosyphon systeem is de zwaartekracht en de verhouding tussen en het soortelijk gewicht van de ingaande vloeistof aan de intrede en het (natte) zuiggas aan de uitrede.

$$P \text{ statisch valleiding} - \Delta P \text{ vloeistofleiding} \geq \Delta P \text{ warmtewisselaar} + \Delta P \text{ nat retour leiding}$$

P statische hoogte (valleiding) = $\rho * g * h$

Waarin ρ de dichtheid is van de vloeistof (kg/m³) en h het hoogte verschil tussen het vloeistofniveau in de afscheider en de inlaat van de warmtewisselaar (m).

ΔP vloeistofleiding bestaat uit leidingweerstand en appendages zoals een handafsluiter of regelventiel.

ΔP warmtewisselaar is de weerstand aan de koudemiddelzijde van de warmtewisselaar. De berekening van de weerstand in warmtewisselaars met faseveranderingen is uiterst gecompliceerd, deze moet dan ook altijd door de fabrikant worden opgegeven. Hierbij is het ook van belang te weten of de fabrikant alleen de wrijvingsdrukverliezen opgeeft of dat hierbij ook al de statische drukverliezen zijn opgeteld.

ΔP nat retour leiding bestaat uit leidingweerstand en appendages zoals een handafsluiter of regelventiel.

Bij het ontwerp van een thermosyphon systeem moet altijd aandacht worden besteedt aan het ontwerp van het leidingwerk. Wanneer de leidingdiameter van de retourleiding te groot is geselecteerd kan de stroming onregelmatig worden waardoor de verdamper slecht gaat werken. De twee fase retourleiding moet bij voorkeur een ringvormige (annular) stroming hebben. Turbulente stroming met grote gasbellen, ook wel slug of chern flow genoemd, moet worden vermeden. In extreme gevallen kan de circulatie stoppen of zelfs een omgekeerde stroming ontstaan waarbij de verdamper "droog" kookt. Bij een te kleine diameter of te veel bochten en kleppen zal de totale drukval zo hoog worden dat de natuurlijke circulatie niet kan worden gehandhaafd. Het kan zelf leiden tot een verstikking van de stroming.

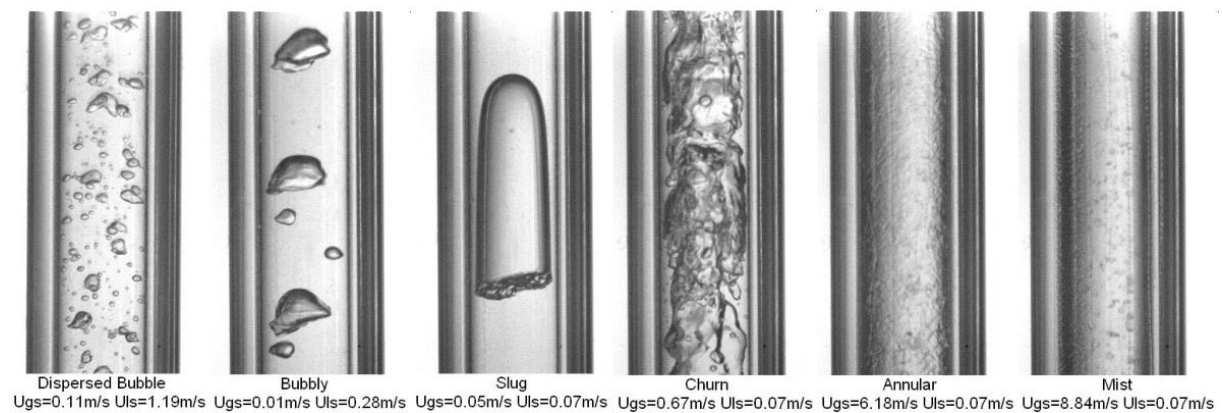


Fig 2. Verschillende soorten 2-fase stromingen

Circulatievoud:

Een thermosyphon systeem werkt als een "flooded" systeem, er circuleert meer vloeistof over de warmtewisselaar dan er verdampt. Hierdoor vindt in de verdamper een goede distributie van het koudemiddel plaats en werkt deze optimaal. Hoe hoger het circulatievoud zal liggen, hoe hoger de weerstand over de warmtewisselaar en leidingwerk zal zijn. Hier ontstaat op een zeker moment een evenwicht. Waar dit punt zal liggen en hoe hoog het circulatievoud dan zal zijn is moeilijk te voorspellen. Het is wel meetbaar met een flowmeter en kan zelfs, indien gewenst, beïnvloed worden door een (hand) regelventiel in de vloeistofleiding te plaatsen. In de nat retour leiding tussen de verdamper en de afscheider mag geen regelventiel worden geplaatst.

Wanneer een thermosyphon systeem niet goed werkt kan dit verschillende redenen hebben. Vaak kan ook een combinatie van factoren een rol spelen.

Vervuiling kan een goede warmteoverdracht belemmeren. Deze vervuiling kan zich aan de koudemiddelzijde bevinden in de vorm van bijvoorbeeld een overmaat van olie. Maar deze kan ook aanwezig zijn aan de secundaire kant zoals een water of glycol circuit. Voor het aftappen van olie of koudedragers dienen daarom altijd voldoende service aansluitingen aanwezig te zijn.

Een andere oorzaak kan een te geringe statische hoogte van de vloeistofkolom zijn waardoor de natuurlijke circulatie niet goed op gang kan komen. De circulatie kan ook negatief beïnvloed worden als de weerstand over het koudemiddelcircuit groter is dan verwacht. Deze weerstand kan komen uit de warmtewisselaar, vervuiling, appendages of het leidingwerk

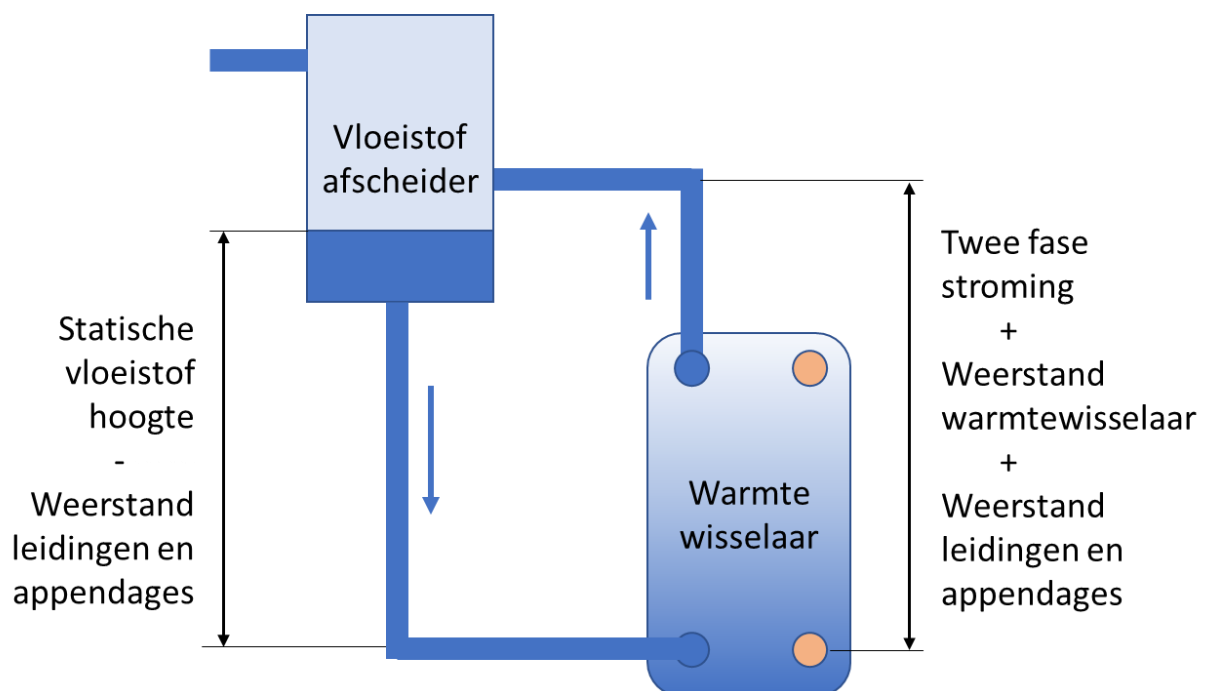


Fig 3. De balans in een thermosyphon systeem

Thermosyphon met CO₂

Natuurlijke koudemiddelen hebben de toekomst! In dit perspectief ontstaan ook installaties waarbij CO₂ in thermosyphon systemen wordt gebruikt. Bij het toepassen van CO₂ in thermosyphon systemen moet rekening gehouden worden met de hoge dichtheid van het gas en de hogere drukvallen die daarvan het gevolg zullen zijn. Het kan daarom nodig zijn met grotere statische hoogtes te werken om deze weerstanden te overbruggen.

Versie 1, 24-8-2022 JS