

RESTWARMTE BENUTTEN MET MEMBRAANDESTILLATIE

CONCEPTEN DIE MOMENTEEL VERMARKT WORDEN

Op basis van membraandestillatie zijn de laatste veertig jaar een aantal interessante technologische concepten ontwikkeld, waarmee een relatief hoogwaardige waterstroom kan worden geproduceerd uit uiteenlopende waterbronnen. De technologie benut bij voorkeur restwarmte uit bestaande processen en kan bijvoorbeeld worden gebruikt om demiwater te bereiden. In deel 1 wordt ingaan op de verschillende uitvoeringsvormen die momenteel worden vercommercialiseerd en in deel 2 (decembereditie NPT Procestechologie) zullen twee cases en de nog in ontwikkeling zijnde concepten worden beschreven.

Dr. Ir. N.J.M. Kuipers, ing. J. van Medevoort, ir. J.W. Assink en ing. W.G.J.M van Tongeren, TNO, afdeling Water Treatment

MEMBRAANDESTILLATIE IN OPMARS

De aandacht voor membraandestillatie (MD) is de laatste jaren sterk toegenomen en ook de eerste commerciële toepassingen zijn inmiddels op de markt. MD gebruikt het dampdrukverschil aan weerszijden van een niet door de vloeistof bevochtigd, poreus membraan, waardoor damptransport door het membraan op gang komt. De techniek leent zich voornamelijk, maar niet uitsluitend, voor waterige stromen om een relatief schone waterstroom te genereren. Belangrijke toepassingen zijn onder meer de bereiding van drinkwater uit zeewater en ketelvoedingswater uit oppervlaktewater of andere waterbronnen. Vanwege de grote betekenis van water in het algemeen en de procesindustrie in het bijzonder (proceswater, ketelwater) zal in dit artikel alleen op deze toepassing worden ingegaan.

Werkingsprincipe

Voor membraandestillatie is het essentieel dat er over het gehele membraanoppervlak een drijvende kracht is voor damptransport. Dit wordt bereikt door een temperatuurverschil van enkele graden Celsius tussen het relatief

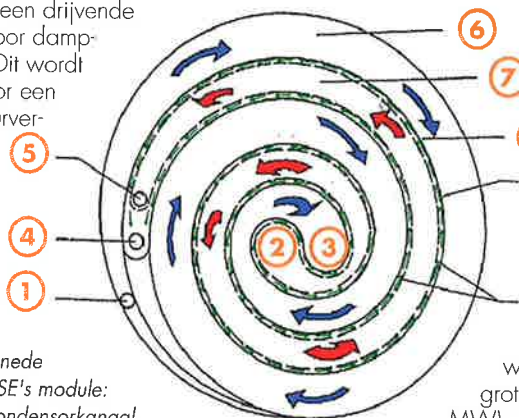


Fig 2: doorsnede

Fraunhofer ISE's module:

- 1) toevoer condensorkanaal
- 2) toevoer membraankanaal
- 3) afvoer condensorkanaal
- 4) afvoer distillaat
- 5) afvoer membraankanaal
- 6) condensorkanaal
- 7) membraankanaal
- 8) condensorfolie
- 9) distillaatkanal
- 10) hydrofoob membraan

warme retentat en het relatief koude permeaat of productwater te hanteren. Er worden in de praktijk altijd spacers gebruikt om de grenslaag voor stoftransport aan het membraan te minimaliseren. Verder dient het membraan zelf niet te worden bevochtigd, omdat dit tot een minder efficiënt proces kan leiden en zelfs een ongewenste 'doorslag' van het membraan.

Toepassingen

MD is interessant in situaties waar veel restwarmte beschikbaar is, omdat bij kleine dampdrukverschillen en een lage absolute dampdruk nog een voldoende grote dampstroom op gang gehouden kan worden om het proces rendabel te bedrijven. Het speciaal opwekken van warmte als drijvende kracht voor deze technologie is economisch veel minder aantrekkelijk, ondanks dat interne warmterugwinning het warmtegebruik bij MD momenteel tot ongeveer 250 à 400 kJ/kg water reduceert. Dit komt overeen met ca. 90 tot 145 kg stoom per m³ productwater, wat een Gained Output Ratio (GOR) tussen 5,6 en 9 is ten opzichte van de situatie waar geen warmterugwinning plaatsvindt. Restwarmte in Nederland is daarentegen volop aanwezig, met name bij de procesindustrie en in energiecentrales. Volgens de Warmteatlas zijn er in Nederland meer dan 200 puntbronnen met warmteaanbod < 120 °C van elk groter dan 25 TJ per jaar (> 0,8 MW). Daarnaast zijn er meer dan 120 bronnen boven 120 °C en talloze bronnen kleiner dan 25 TJ/jr. De totaal geschatte emissie is 18 – 20 GW, afgevoerd naar zowel zoet als zout water. In potentie kan hiermee ca. 180.000 m³ water per uur worden geproduceerd.

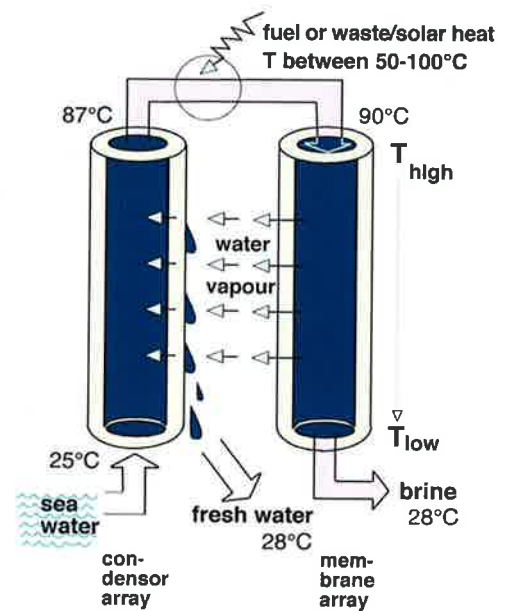


Fig 1: Principe van MD met interne warmterugwinning

PROCESVARIANTEN

Tot ongeveer tien jaar geleden werd veel aandacht gegeven aan Direct Contact Membraandestillatie (DCMD), Air Gap MD (AGMD), Vacuüm MD (VMD) en Sweep Gas MD (SGMD). De laatste jaren komt het accent echter te liggen op processen en modules waarmee energierugwinning intrinsiek mogelijk is en het netto energiegebruik per m³ productwater sterk daalt:

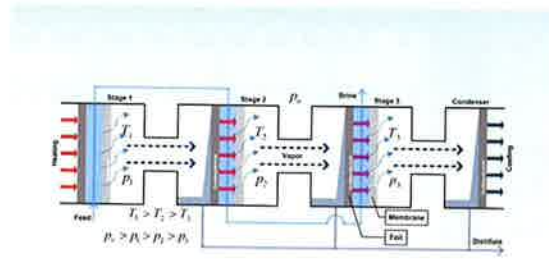
- Gebruik van tegenstroommodules, zoals Memstill
- Multi-effect MD

Tegenstroommodules

In de tegenstroommodules stroomt de warme vloeistof via membraankanalen in tegenstroom



Fig 3: Aquastill module, membraanoppervlakken tot 120 m² (links)
Fig 4: Vacuum Multi-Effect Membraan Destillatie (V-MEMD) van Memsys (onder)
Fig 5: test unit Scarab AB (rechts)



met de iets koelere toevoerstroam die opgesloten is in een impermeabel condensorkanaal dat tegen een membraankanaal aanligt. Door condensatie van waterdamp vormt zich zuiver water tussen het membraan- en condensatiekanaal en wordt het water in het condensorkanaal in de stroomrichting geleidelijk opgewarmd. In theorie is dit een ideale tegenstroomsituatie waar een temperatuurverschil van 3 - 5 °C tussen membraankanaal en condensorkanaal volstaat om een voldoende flux te bereiken. Die drijvende kracht wordt aan de warme kant van de module toegevoegd, in beginsel met behulp van beschikbare restwarmte (Fig 1).

Het bedrijf richt zich onder andere op rurale toepassingen, waarbij zonnewarmte zorgt voor de drijvende kracht. Het thermische energieverbruik kan ca. 470 kJ/kg bereiken, wat overeenkomt met een GOR van 4,8. Aquastill heeft nog betere resultaten bereikt met GOR-waarden tot net boven 9.

Multi-effect membraandestillatie

Memsys heeft het Multi-Effect MD concept geïntroduceerd (V-MEMD). Hierbij wordt de laatste sectie van een module vacuüm getrokken en zijn de voorafgaande 4 tot 6 secties van de module in serie geplaatst: de condensatiewarmte van damp uit een voorafgaande sectie zorgt voor verdamping in de volgende sectie (Fig 4). Het principe komt overeen met multi-effect destillatie zoals bekend uit de zoutwinning. De vlakkeplaat-modules hebben bij vier secties een thermische energiebehoefte van 625 kJ/kg (GOR 3,6), en een totale elektrische behoefte van 0,75 - 1,75 kWh/m³. Scarab AB is de laatste aanbieder die zich richt op conventionele AGMD met een air gap van 1 mm. De modules zijn volgens een vlakkeplaatstelsel opgebouwd en hebben een GOR kleiner dan 1, omdat geen warmterugwinning wordt toegepast (Fig 5). Recentelijk worden verdere verbeteringen aan de module doorgevoerd en

wordt de mogelijkheid van een zonnewarmte-aangedreven systeem verkend.

Het aantal praktijktoepassingen van vornoemde leveranciers is nog beperkt, omdat veel toepassingen nog demonstratieprojecten of pilots betreffen. De projecten dienen met name inzicht te verschaffen in de lange termijn prestaties van de modules en de wenselijke voorbehandeling van het voedingswater.

MEMBRAANDESTILLATIE VERSUS ALTERNATIEVEN

Voor de ontzouting van water zijn er vele alternatieven, die elk hun voor- en nadelen hebben (tabel). Voor grootschalige zee-waterontzouting worden met name RO en MED toegepast, naast het steeds minder gebruikte MSF. Voor brak water komen RO en ED in aanmerking. Het doel is daarbij primair om drink- of proceswater te maken, terwijl een polishing stap nodig is op de conventionele ontzoutingsprocessen om het product geschikt te maken voor toepassing als ketelwater of ultra-puur water. Een belangrijk voordeel van MD in de praktijk lijkt de beperkte voorbehandeling van het ingenomen water te zijn, vooral in vergelijking met RO en ED. Ook kan MD ten opzichte van conventionele destillatieprocessen beter gebruik maken van laagwaardige restwarmte, omdat met extra modules eenvoudig een groter verdampend oppervlak kan worden aangeboden en het proces geen enkele last heeft van onderdruk door de lage dampspanning van water. Zolang geen membraandoorslag optreedt, kan met MD een zeer goede kwaliteit water worden geproduceerd.

CONCLUSIES

Het membraan zorgt ervoor dat membraandestillatie zeer compact kan worden uitgevoerd in vergelijking met conventionele destillatieprocessen. Door gebruik van cascades of het tegenstroomprincipe kan het netto warmtegebruik sterk gereduceerd worden. Deze factoren, in combinatie met een goede werking bij lage dampdrukken, zorgen ervoor dat restwarmte onder 80 °C kan worden gebruikt om zuiver water uit brijnen, zeewater of oppervlaktewater te produceren. □

norbert.kuipers@tno.nl

TECHNOLOGIEËN VOOR ZEEWATER- EN BRAKWATERONTZOUTING			
	VOORDELEN	NADELEN	OPMERKINGEN
MEMBRAANDESTILLATIE (MD)	- te bedienen bij < 80 °C - kleine footprint - geen corrosie-risico - uitstekende product-waterkwaliteit	- nog niet commercieel bewezen - relatief grote voedingsstroam (beperkte recovery per trap)	- kostenvoordeel bij restwarmte en relatief zoute stromen (> 20 g/l)
OMGEKEERDE OSMOSE (RO)	- bewezen technologie - laag corrosie-risico - kleine footprint	- risico op vervuiling - uitgebreide voorbehandeling nodig - vrij hoge investeringen	- elektrisch aangedreven (3 - 4 kWh/m ³ bij zeewater)
MULTI-EFFECT DESTILLATIE (MED)	- bewezen technologie - robuust	- grote footprint, omvangrijk - hoge investeringen - sealing risico	- te bedienen tussen ca. 50 en 100 °C - vooral bij cogeneratie (water en elektriciteit) - GOR 3-6 en 2 kWh/m ³ elektrisch
ELEKTRODIALYSE (ED)	- bewezen maar beperkt aantal toepassingen	- gevoelig voor organisch stof, voorbehandeling nodig - slechts beperkte ontzouting mogelijk	- met name voor brak water (tot 20 g/l NaCl)