



Eindrapport (openbare versie)

Project nummer RVO en/of ISPT(-TKI)	UH-30-07
Project titel + acroniem	Oil free compressor for ammonia based high temperature heat pumps / LESSON
Penvoerder	Agata van Oosten
Naam Cluster directeur	Kees Biesheuvel
Naam Projectleider	Carlos Infante Ferreira
PhD (naam & titel proefschrift)	Vilborg Gudjonsdottir
Financieringsbron	TKI-ISPT
Startdatum project	01-07-2019
Originele einddatum project	31-01-2020
Daadwerkelijke einddatum project	31-01-2020
Publicatiedatum	30-04-2020

Partners

Logo's van de project partners



Dit rapport zal pas worden gepubliceerd nadat eventuele rechten op de kennis zijn vastgelegd.



Publiek eindrapport

Samenvatting

Uitgangspunten

Natte compressie zorgt voor bijna isotherme omstandigheden tijdens compressie, wat resulteert in hogere isentropische rendementen van de compressor. Het voorkomt ook bedrijfscondities in de oververhittingszone van warmtepompwerkmedia. Zulke bedrijfscondities gaan gepaard met grote exergie verliezen en de daarmee verband houdende onaanvaardbaar hoge uitlaattemperaturen die problemen veroorzaken in de compressoren van hoog temperatuur warmtepompen.

In het kader van het "Opwaardering van Laag Temperatuur Rest Warmte Stroom in Scheidingsprocessen met Compressie-Resorptie Warmtepompen" (UH-20-10) project, onlangs afgerond aan de TU Delft, heeft AtlasCopco een prototype olievrije natte compressor geproduceerd. Aan het einde van dit project waren experimenten beschikbaar om de prestaties ervan te bepalen onder hoog temperatuur warmtepompomstandigheden die het potentieel ervan aantoonde.

Doelstelling

De gegevens verzameld en gerapporteerd in UH-20-10 hebben alleen betrekking op de omstandigheden bij de inlaat- en uitlaatflenzen van de compressor. Met deze gegevens kan de globale prestatie van het ontwikkelde model worden gevalideerd, maar kunnen de bronnen van verliezen niet worden geïdentificeerd.

Dit project heeft tot doel het prototype te wijzigen zodat de variatie van de inwendige druk met het compressievolume experimenteel kan worden bepaald. Deze gegevens zorgen voor een gedetailleerde identificatie van de bronnen van verliezen tijdens het compressieproces. Op deze manier kan het in project UH-20-10 ontwikkelde model in meer detail worden gevalideerd en waar nodig aangepast om de verschillende bronnen van verliezen nauwkeuriger weer te geven. Het op deze manier verbeterde compressormodel wordt vervolgens geïntegreerd in het volledige compressie-resorptiewarmtepompmodel om de prestaties van de warmtepomp bij hoog temperatuur toepassingen te voorspellen.

Parallel hieraan zal een compressie-resorptie warmtepomp op papier worden ontworpen die de lessen die zijn geleerd uit het compressorprototype en de modellering integreert in een volgende generatie commerciële compressor die hiervoor is aangepast en waarin ook de andere componenten van de warmtepomp zijn geïntegreerd. De ontworpen capaciteit van de warmtepomp zal qua grootte vergelijkbaar zijn met het huidige compressorprototype tot ongeveer 250 kW verwarmingsvermogen.

Discussie

Resultaten

De inzetbaarheid van warmtepompen gebaseerd op $\text{CO}_2\text{-NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ als werkmedium in CO_2 afvang installaties is onderzocht. Een groot aantal experimenten zijn uitgevoerd met het natte ammoniak-water compressor prototype waarbij de dampfractie aan de compressor inlaat is gevarieerd van 50% tot 90%. In deze experimenten was de werkmediumtemperatuur 40 tot 65 K verhoogd met inlaat temperaturen rond 65 °C. Een gedetailleerd model voor de natte compressor en een globaal model voor de volledige cyclus zijn aangepast. De irreversibiliteit verliezen in de compressor zijn geïdentificeerd. De prototype-compressor is



ontwikkeld en geproduceerd door Atlas Copco. De experimentele prestaties van het door Atlas Copco geproduceerde compressorprototype zijn bepaald en gebruikt om de compressor- en systeemmodellen te verbeteren.

Knelpunten

Dit project heeft duidelijk gemaakt dat als de meerderheid van alle taken afhankelijk is van de beschikbaarheid van een prototype, een vertraging in de levering van het prototype gepaard gaat met ernstige problemen in de uitvoering van alle werkzaamheden. Toch vormt de beschikbaarheid over een prototype een voorwaarde voor toekomstige implementatie van de technologie en zonder prototype zouden de resultaten van het project minder waardevol zijn.

Perspectief voor toepassing

De resultaten van dit project hebben verschillende aspecten van het compressor prototype ontwerp (positie inlaat / uitlaat poorten, toleranties, hoe extreme temperaturen te voorkomen, ...) geïdentificeerd die verbeterd kunnen worden en die meegenomen kunnen worden om een volgende prototype een stap dichterbij een commercieel product te brengen.

Eventuele spin-off

Natte compressie kan ook tot verbeteringen leiden van de prestaties van compressoren toegepast in andere types thermodynamische omzettingen inclusief ander types warmtepompen.

Voor Atlas Copco (compressorfabrikant) is natte compressie een technologie die prettig is om te hebben, maar die tot nu toe niet is afgestemd op de globale KPI's van het bedrijf. Het marktpotentieel is groot maar onzeker, aangezien de toepassing van compressie-resorptiewarmtepompen vooral zal plaatsvinden in hoofdzakelijk bestaande complexen met bijbehorende hoge aanpassingskosten. De markt voor nieuwbouwfabrieken, die directe integratie mogelijk zou maken, is beperkt. Een nieuw product dat in een demonstratiefabriek wordt geïmplementeerd en deel uitmaakt van de normale bedrijfsactiviteiten, kan binnen 1 tot 3 jaar worden geleverd. Grote ontwerpuitdaging blijft het ontwerp van economisch betaalbare asafdichtingen die minimaal 3000 tot 4000 uur zonder onderhoud, op hoge rotatiesnelheid, kunnen werken. De compressor moet bij voorkeur klein zijn (verwarmingsvermogen: 1 tot 5 MW) maar compact, gestandaardiseerd maar wel geïmplementeerd in een afgestemd warmtepomp ontwerp.

Frames (ontwerper van procesinstallaties), een van de deelnemende bedrijven van dit project, is geïnteresseerd in de ontwikkeling van een demonstratie-installatie waar de volledige warmtepompcyclus kan worden geïmplementeerd en getest. Dit zal helpen om de uitdagingen en kansen voor CRWP verder te identificeren wanneer toegepast op industriële locaties. Een van de belangrijkste uitdagingen zal de besturing van het systeem zijn; vooral als de processtromen niet constant zijn en de temperaturen ook niet constant zijn.

Bijdrage aan de doelstellingen van de regeling

Compressie-resorptiewarmtepompen (CRWP) - kunnen worden gebruikt om afvalwarmtestromen op te waarden naar processtromen die bruikbaar zijn voor verwarmings- en koelingsdoeleinden. Het potentieel wordt ingeschat op 20-35 PJ energiebesparingen per jaar (voor Nederland). Voorwaarde is dat "natte"



compressoren beschikbaar zijn die een isentropisch rendement van tenminste 70% kunnen bereiken. Dit project heeft de haalbaarheid van zulke compressoren experimenteel onderzocht. De potentiële energiebesparing correspondeert met 5 tot 9 % van het energiegebruik in de Nederlandse industrie. Als fossiele elektriciteit wordt gebruikt voor de aandrijving van de compressoren van compressie-resorptiewarmtepompen kan 2,8 tot 4,9 miljoen ton CO₂ emissies worden voorkomen. Als duurzame elektriciteit zou worden ingezet bij compressie-resorptiewarmtepompen dan zou 3,5 tot 8,2 miljoen ton CO₂ emissies voorkomen kunnen worden.

Publieke communicatie / disseminatie

- Project webpagina: <https://ispt.eu/projects/lesson/>
- Public Summary en Project Poster, beschikbaar op: <https://ispt.eu/publications/?project-tag=UH-30-07>
- Openbaar rapport en nieuws item over sluiten van het project (pending, wordt beschikbaar via: <https://ispt.eu/projects/lesson/>)

Acknowledgement

This project is co-funded by TKI-ISPT with the supplementary grant 'TKI- Toeslag' for Topconsortia for Knowledge and Innovation (TKI's) of the Ministry of Economic Affairs and Climate Policy.