

SIMULATIES IN TNO-LAB MOETEN BELEMMERINGEN VOOR UITROL WEGNEMEN

KICKSTART: ONDERZOEK NAAR INDUSTRIËLE WARMTEPOMPEN

Met restwarmte gevoede warmtepompen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan de verduurzaming van de industrie, maar grootschalige uitrol ervan wordt door verschillende factoren vertraagd. Om de uitrol naar de markt te versnellen, lopen bij TNO al ruim tien jaar onderzoeksprojecten waarin met partners als IBK industriële warmtepompen worden gebouwd en onder praktijkomstandigheden getest. Met het Kickstart-project wordt de reeks onderzoeken de komende jaren afgerond.

Een van de afspraken in het Klimaatakkoord is dat de industriële sector in 2050 bijna geen broeikasgassen meer zal uitstoten. Industriële warmtepompen kunnen in belangrijke mate bijdragen aan het behalen van die doelstelling. Door een temperatuurlift te geven aan restwarmte die voor-

heen naar buiten werd geblazen, kan zonder fossiele energie bruikbare proceswarmte worden gemaakt. Het is bekende techniek en de duurzaamheidsvoordelen zijn groot, maar hij wordt vooralsnog slechts toegepast in een paar procent van de processen die zich ervoor lenen.



De 1MW-warmtepomp die momenteel een testprogramma draait in het Carnot-lab (beeld Mayekawa).

Volgens Simon Spoelstra, Senior project manager bij TNO, zijn daar verschillende oorzaken voor aan te wijzen. “Ten eerste beschouwen potentiële eindgebruikers het nog steeds niet als ‘bewezen techniek’. Ze hebben vragen over de integratie van de warmtepomp in hun proces, er wordt in de markt weinig gecommuniceerd over het rendement van bestaande implementaties, en er zijn technische afwegingen, bijvoorbeeld rond het te gebruiken werkmedium (zie kader ‘Werkmedium of koudemiddel?’). In combinatie met de relatief hoge initiële investering en onbekendheid met de terugverdientijd leidt dit tot terughoudendheid in de markt.”

Volgens Spoelstra liggen de uitdagingen niet alleen aan de vraagzijde. “Wat ook meespeelt, is dat de fabrikanten die componenten voor industriële warmtepompen leveren, historisch gezien vooral actief waren in de koeltechniek. De markt voor industriële verwarmingstechnologie is vanuit dat perspectief veel minder zichtbaar. Hierdoor missen deze bedrijven soms kennis over de toepassingsmogelijkheden, het vermogen en de temperaturen waarmee industriële warmtepompen werken. Ze zijn ook niet altijd bekend met de uitdaging die erbij komt kijken om zo’n installatie in een bestaand industrieel proces te integreren.”

Simulaties van industriële processen

Om belemmeringen zoals die door Spoelstra worden benoemd, weg te nemen en de uitrol van industriële warmtepompen te versnellen, werkt TNO met verschillende partners - zoals IBK - al elf jaar aan opeenvolgende onderzoeksprojecten (zie artikel op pag 32). Voor dat doel is het Carnot-lab in Petten gebouwd, een laboratorium waarin full-scale warmtepompen kunnen worden getest met simulaties van realistische industriële processen. Het doel ervan is om kennis op te doen waarmee warmtepompen kunnen worden ontwikkeld die commercieel levensvatbaar zijn en kunnen worden uitgerold in de industrie. Op die manier moet de onderzoeksreeks bij TNO eraan bijdragen dat op de lange ter-

WERKMEDIUM OF KOUEMIDDEL?

‘Werkmedium’ en ‘koudemiddel’ zijn uitwisselbare termen. Bij onderzoek naar industriële warmtepompen wordt echter nadrukkelijk over ‘werkmedium’ gesproken en niet over ‘koudemiddel’; bij het maken van stoom met een temperatuur van boven de 150 graden kan het verwarring geven als over ‘koude’ middel wordt gesproken, zo is de achterliggende gedachte.



Engineers op het kantoor van IBK in overleg over het Kickstart-project.

mijn een groot deel van de industriële warmtevraag tot 200 °C wordt gedekt zonder gebruik van fossiele energiedragers.

Met ‘commercieel levensvatbaar’ wordt bedoeld dat de warmtepomp een terugverdientijd van maximaal vijf jaar heeft. Om dat te realiseren, moet hij met een redelijke efficiëntie kunnen draaien, maar is het ook belangrijk dat de initiële investeringskosten beperkt blijven. Daarom worden voor alle warmtepompen die in het Carnot-lab zijn gebouwd, standaardcomponenten gebruikt die al op de markt leverbaar zijn. “Ze worden alleen soms iets aangepast om ze bijvoorbeeld geschikt te maken voor toepassing bij hogere temperaturen”, legt Spoelstra uit. “Het gebruik van standaardcomponenten brengt overigens niet alleen een kostenvoordeel met zich mee. Het scheelt ook ontwikkeltijd, en bij een defect kunnen ze veel sneller worden vervangen.”

Niet-technische aspecten

Aan de engineering en opbouw van een warmtepomp in het Carnot-lab gaat een periode van uitgebreid onderzoek vooraf. Spoelstra: “Daarbij wordt het proces waarbij de warmtepomp uiteindelijk zal worden ingezet, minutieus in kaart gebracht. Over welke temperaturen praat je, welke restwarmtebron ga je gebruiken, hoe steekt het leidingwerk in elkaar en welk werkmedium is geschikt? Op die - en veel meer - aspecten worden uitgebreide berekeningen losgelaten om een zo concreet mogelijk beeld te krijgen.”

Bij Kickstart gaat het echter niet alleen om technische aspecten en thermische berekeningen, benadrukt Bas van Noorden, Hoofd Technical Department bij IBK en als Kickstart-coördinator vanuit dit bedrijf bij het project betrokken. Anders dan bij de

voorgaande innovatieprojecten is IBK nu niet alleen de bouwer van de warmtepompen, maar ook penvoerder van het project. “Behalve naar technische mogelijkheden en uitdagingen, analyseren we ook niet-technische aspecten die marktimplementatie kunnen belemmeren”, vertelt van Noorden. Daarbij gaat het volgens hem niet alleen om aspecten die betrekking hebben op de ontwikkeling van de warmtepomp zelf, maar ook om belangrijke zaken daar omheen. Van Noorden: “Zo doen we onderzoek naar de manier waarop bij potentiële eindgebruikers het besluit tot investering in een warmtepomp tot stand komt. Verder is het bijvoorbeeld belangrijk om te weten welke marktpartijen hoogwaardige componenten voor de installatie kunnen leveren, tegen de gewenste prijs.”

Met Kickstart wordt een reeks onderzoeksprojecten rond industriële warmtepompen bij TNO afgesloten. Dit laatste project moet twee full-scale warmtepompen opleveren die uiteindelijk beide bij een andere eindgebruiker in het proces worden geïntegreerd, om als operationeel demoproject te gaan draaien. Eén van de warmtepompen draait al enige tijd een testprogramma in het Carnot-lab. Dit systeem, met een thermisch vermogen van 1 MW, is door Mayekawa ontwikkeld en gebouwd in het kader van FUSE, een onlangs afgerond project waar Kickstart op verder bouwt. Binnen Kickstart wordt de installatie getuned en voorbereid op toepassing in een ‘echte’ operationele procesomgeving bij een eindgebruiker. De andere warmtepomp is in ontwikkeling bij IBK, maar daar kan op dit moment nog niets over worden gemeld.

Eerste serie tests

De tests die nu in het Carnot-lab worden losgelaten op de al gerealiseerde warmtepomp gaan uit van ‘full-scale brownfield’ (zie kader ‘Brownfield/greenfield’). De installatie wordt onderworpen aan

simulaties van industriële processen waarin hij in de toekomst kan worden geïntegreerd. De warmtepomp gebruikt de koolwaterstof pentaan als werkmedium. Hij wordt gevoed met restwarmte variërend van 55 tot 85 °C en maakt hier stoom van 120 tot 150 °C van.

“Bij de opstart van een nieuwe test wordt de productie van restwarmte in eerste instantie steeds gesimuleerd met een elektrische ketel”, legt Ertan Törün, sales manager bij IBK, uit tijdens een rondleiding in het Carnot-lab. “Als de warmtepomp eenmaal proceswarmte op temperatuur maakt, wordt hij gevoed met een deel van zijn eigen productie. Het restant, de voor het lab overtollige warmte, wordt afgevoerd via een drycooler.”

Inmiddels is de eerste serie van vijftig tests onder uiteenlopende condities afgerond. Daarmee is veel inzicht verkregen in de prestaties van de warmtepomp onder deze condities, en dus in de toepasbaarheid van dit systeem. Tevens is veel specifieke informatie verkregen over het functioneren van de compressor onder deze hogetemperatuurcondities. Aan de hand van de eerste testresultaten zijn wat kleine optimalisaties aan de warmtepomp doorgevoerd. De enige grotere revisie betreft de rotor in de schroefcompressor, vertelt Spoelstra. “Bij het ontwerp van een compressor wordt vaak wat conservatief gerekend en een relatief grote spleet tussen de rotor en de behuizing aangehouden. We gaan hem vervangen door een ander model, waardoor die spleet kleiner is. Dat zal een positieve invloed hebben op de algehele efficiëntie van de warmtepomp. Bij de volgende serie tests is dit hopelijk terug te zien in de resultaten.”

Mede op basis van de uitkomsten van de brownfield-tests in het Carnot-lab wordt modelmatig aan de processen gerekend om te zien of optimalisatie van het proces bij de eindgebruiker - dus ‘greenfield’ in plaats van ‘brownfield’ - tot betere werkomstandigheden voor de warmtepomp leidt. “Veel bedrijven gaan er standaard vanuit dat ze stoom nodig hebben binnen hun processen”, legt Spoelstra uit. “Maar als je eraan gaat rekenen, blijkt dat ze ook prima toekunnen met heet water dat een lagere temperatuur heeft. Daarvoor is een kleinere temperatuurlift nodig, wat betekent dat de COP van de warmtepomp hoger wordt. Op basis van rekenmodellen hiervoor kun je de eindgebruiker de vragen stellen waarin hij wil investeren: in een nieuw proces dat is aangepast op integratie van een warmtepomp, of in het inpassen van de warmtepomp in het bestaande proces? Vaak wordt daar wat behoudend op gereageerd, vanuit de wens om vast te houden

FINANCIERING EN PARTICIPANTEN

De ontwikkeling van de warmtepompen binnen Kickstart wordt medegefinancierd vanuit de inmiddels gesloten subsidie-regeling MOOI (Missiegedreven Onderzoek, Ontwikkeling en Innovatie). RVO.nl is het uitvoeringsorgaan van beide regelingen. Vanuit Kickstart onderhoudt IBK als penvoerder van het project het contact hiermee. Binnen het project zelf heeft IBK de rol van integrator. Naast IBK en TNO participeren onder andere De Kleijn Energy Consulting, KWA Bedrijfsadviseurs, TU Delft, TU Eindhoven, Universiteit Twente, Recoy, KWA, Kiremko, Yeager Energy, Corbion, Farmfrites, Shell, Bunge Loders Croklaan en papierfabriek Smurfit Kappa in Kickstart.



Installateur aan het werk met de demontage van een compressor in het lab van TNO.

aan het bestaande, vertrouwde proces. Dat is met het oog op rendement niet altijd de beste insteek.”

Procesintegratie als uitdaging

De integratie van de warmtepomp in het proces is een onderschat, maar cruciaal aspect, vult Törün aan. “De warmtepomp kan technisch volledig zijn geoptimaliseerd en prima presteren in het Carnot-lab. Als je hem vervolgens in het bestaande proces van een eindgebruiker integreert, kun je echter tegen allerlei uitdagingen aanlopen die wellicht niet waren voorzien. Hier krijg ik ook regelmatig vragen over van bedrijven die overwegen om afscheid te nemen van hun gasgestookte stoomketels.” Integratie in het proces - of het nu ‘greenfield’ of ‘brownfield’ is - zal altijd maatwerk blijven, benadrukt Törün. “Elke productielocatie heeft een eigen ontwerp en vloerplan, elk proces heeft een eigen warmtevraag.”

Als alles volgens plan verloopt, wordt de warmtepomp die nu in het Carnot-lab wordt getest, komend jaar uit het lab getakeld om bij een eindgebruiker als operationele ‘demo-installatie’ proceswarmte te maken. “Er zijn verschillende industriële omgevingen waarbij zowel de warmtevraag als de restwarmte aansluiten bij wat deze

BROWNFIELD / GREENFIELD

Bij de ontwikkeling van warmtepompen in Petten worden ‘brownfield’- en ‘greenfield’-modellen opgesteld. Bij brownfield wordt uitgegaan van integratie van de warmtepomp in het bestaande productieproces. Bij ‘greenfield’ wordt een industrieel proces opnieuw ontworpen (of een bestaand proces herzien) zodat de basis ervan is geoptimaliseerd voor integratie van de warmtepomp.

warmtepomp biedt”, aldus Törün. “Denk bijvoorbeeld aan de papierproductie, de aardappelverwerkende industrie, de chemische industrie, en tal van food- en beveragebedrijven.” Volgens de sales manager van IBK is de interesse naar industriële warmtepompen de afgelopen jaren gegroeid, onder andere door de oorlog in Oekraïne en de gasprijs die tot begin dit jaar flink steeg. Törün: “Ik denk dat veel bedrijven de afgelopen jaren wakker zijn geworden en serieus kijken naar alternatieve manieren om met niet-fossiele energie proceswarmte te maken. Met de kennis die is opgedaan in de projecten die de afgelopen elf jaar zijn uitgevoerd, hebben we met TNO en andere partners een belangrijke bijdrage geleverd aan het wegnemen van de belemmeringen waar Simon Spoelstra eerder over sprak.” ■