

CO₂-KÄLTEMITTELPUMPE VON HERMETIC AN PROOF OF CONCEPT VON CTES BETEILIGT – PROMOTIONSPROJEKT „ENTWICKLUNG VON KALTEN THERMISCHEN ENERGIE-SPEICHERN FÜR DIE INDUSTRIELLE KÄLTEERZEUGUNG“ ERFOLGREICH BEENDET

Die HERMETIC-Pumpen GmbH, weltweit führend in der Entwicklung und Herstellung von Spaltrohrmotorpumpen, spendete 2019 eine hermetische Hochdruckpumpe für das Kältemittel CO₂ für ein PhD-Forschungsprojekt an der Norwegian University of Science and Technology (NTNU). Die Kältemittelpumpe wurde in einer experimentellen Testanlage installiert, um die Technologie der thermischen Kältespeicherung (CTES – cold thermal energy storage) in Kombination mit industriellen Kältesystemen zu untersuchen. Das Forschungsprojekt wurde von SINTEF Energy Research in Kooperation mit der NTNU durchgeführt. Die in der Versuchsanlage durchgeführten Experimente haben den ‚Proof of Concept‘ der Technologie erbracht. Unter den anspruchsvollen Forschungsbedingungen stellte die HERMETIC Pumpe ihre Leistungsfähigkeit unter Beweis und sorgte für eine zuverlässige Verteilung des Kältemittels in der Testanlage.

Hintergrund des Promotionsvorhabens „Entwicklung von thermischen Kältespeichern für die industrielle Kältetechnik“ ist, dass Kälteanlagen heute für die höchste auftretende Kühllast, auch Spitzenlast genannt, ausgelegt werden müssen. Viele Prozesse, bei denen größere Kälteanlagen zum Einsatz kommen, sind Batch-Prozesse, wie zum Beispiel das Einfrieren von Lebensmitteln. Aus diesem Grund tritt die Spitzenlast nur für einen kurzen Zeitraum auf und die Kälteanlage arbeitet die meiste Zeit im Teillastbereich. Die Einführung von thermischen Kältespeichern in diese Systeme ermöglicht eine Verlagerung der Kältebereitstellung in die Schwachlastzeiten, wodurch der Planer die Kälteanlage näher an der Durchschnittslast als an der Spitzenlast dimensionieren kann. Ein besonders großes Potenzial für diese Technologie wird in Anlagen gesehen, die im Tagesverlauf große Unterschiede im Kältebedarf aufweisen, wie beispielsweise Großklimaanlagen und Lebensmittelverarbeitungsbetriebe.

Proof of Concept erbracht: Nutzung von CO₂ zum Be- und Entladen eines Kältespeichers mit einem Phasenwechselmaterial (PCM – phase change material)

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde ein neuartiges CTES-Gerät mit einer speziellen Art von Wärmetauschern (Kissenplattenwärmetauschern) entwickelt und eine experimentelle Testanlage gebaut, bei der als Kältemittel CO₂ im Pumpenumlauf eingesetzt wird. Die Technologie basiert auf der Nutzung des Kältemittels CO₂ zum Be- und Entladen des Kältespeichers mit unterschiedlichen Phasenwechselmaterialien (PCM). Während des Ladevorgangs des CTES-Systems wird Wärme vom PCM ans verdampfenden CO₂ übertragen. Bei diesem Prozess verfestigt sich das PCM, dh.



die relativ hohe latente Wärmemenge wird dem Speicher entzogen. Wenn das CTES-System die Kälteanlage unterstützt, erfolgt eine Wärmeübertragung vom CO₂ (verflüssigt) auf das PCM (schmilzt). Die in der Versuchsanlage durchgeführten Experimente haben den ‚Proof of Concept‘ der Technologie erbracht. Es wurde nachgewiesen, dass eine effektive und kompakte Kältespeicherung mit PCM in Kombination mit der Kondensation und Verdampfung von CO₂-Kältemittel möglich ist. Um den Temperaturanforderungen verschiedener Kälteanwendungen gerecht zu werden, wurden mehrere PCMs getestet. Für Klimaanlage ist Wasser/Eis ein attraktiver, natürlicher und günstiger Kandidat, der in der Anlage getestet wurde. Schließlich wurde auch ein kommerzielles Niedertemperatur-PCM (–10° C), das für Lebensmittelverarbeitungsanlagen geeignet ist, erfolgreich demonstriert.

Kältemittel im Pumpenumlauf: Hohe Anforderungen an die Förderung von CO₂

Für diese Anwendung eignet sich gepumptes Kältemittel, da das flüssige Kältemittel gleichmäßig in den speziellen Wärmetauscherplatten des neu entwickelten Kältespeichers verteilt werden muss. Der kritische Punkt von CO₂ liegt bei 31 °C und erfordert zur Wärmeabgabe viel höhere Drücke, als sie üblicherweise in der industriellen Kühlung zum Einsatz kommen. Die eingesetzten Komponenten müssen diesen Anforderungen standhalten. In der Pilotanlage zirkuliert das CO₂ in einem Temperaturbereich von 5 °C bis –50 °C, mit einem maximalen Nenndruck von 52 bar. Neben der Beherrschung des Drucks stellt die niedrige Viskosität von CO₂ eine Herausforderung für die Tragfähigkeit der Gleitlager dar. Darüber hinaus werden absolute Dichtigkeit sowie ein geringer MTBF-Wert und damit höchste Zuverlässigkeit der eingesetzten Pumpe gefordert.

Zuverlässige Kältemittelzirkulation unter anspruchsvollen Testbedingungen

HERMETIC stellte eine CO₂-Pumpe des Typs CAMh2 zur Verfügung. Als Hochdruck-Ausführung ist die Spaltröhrenmotorpumpe bestens an bestehende Anlagenverhältnisse angepasst. Diese Baureihe wurde speziell für CO₂-Anwendungen entwickelt, um den Anforderungen bei 52 bar Betrieb und Stillstandsdruck gerecht zu werden.

Das Forschungsteam stellte der von HERMETIC gespendeten Pumpe ein hervorragendes Zeugnis aus, insbesondere angesichts der anspruchsvollen Bedingungen in einer experimentellen Testanlage. So war die Pumpe im Vergleich zu industriellen Anwendungen mit häufigeren Start-Stopp-Zyklen sowie mit wechselnden Betriebsdrücken und Durchflussmengen konfrontiert. Die Pumpe wies während des gesamten Versuchs keine Probleme oder Leckagen auf und sorgte für eine zuverlässige Verteilung des Kältemittels in der Testanlage.

an, ob der Kreislauf gasfrei ist. Während eine Wärmesperre den Wärmeübergang vom Pumpen- zum Motorteil verhindert, sorgt ein externer Wärmetauscher für die Abführung der Motorverlustwärme. Zur Vermeidung von Überhitzung ist eine Temperaturüberwachung der Motorwicklung integriert. Ein weiterer Sensor überwacht die Temperatur des Motorkühlkreislafs, was der Sicherstellung der Kühlleistung und der Funktionssicherheit dient. Weitere Komponenten wie Sicherheitsventile



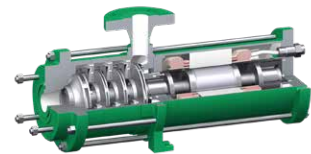
und ein aufwendiges, rigores Test- und Prüfverfahren einschließlich Röntgenkontrollen, Vibrationstests und Ultraschallprüfungen sowie eine umfangreiche Dokumentation komplettieren den Lieferumfang zu einem höchst zuverlässigen System. Weltweit stellen HERMETIC Pumpen ihre Sicherheit und Leistungsfähigkeit in derzeit 15 Großraffinerien unter Beweis.

HERMETIC CAMh-Pumpe bietet konstruktiv Sicherheit und hohe MTBF-Werte

Spaltrohrmotorpumpen bietet konstruktiv Sicherheit durch ihre absolute Leckagefreiheit und hohe MTBF-Werte durch den Verzicht auf verschleißanfällige Wellendichtungen und Kupplungen. Bei dieser Technologie kommen vom Kältemittel geschmierte Gleitlager zum Einsatz. Problematisch ist die niedrige Viskosität von Flüssiggasen wie CO₂, die mit Temperaturanstieg weiter abfällt und negativ auf die Tragfähigkeit der Gleitlager wirkt. Falsche Lagerwerkstoffe oder eine zu kleine Oberfläche verursachen Mischreibung im Betrieb. Verschleiß und ein Pumpenausfall sind die Folge. Großzügig dimensioniert und aus modernen gesinterten Werkstoffen, gewähren die Gleitlager der HERMETIC Pumpe einen berührungsfreien und damit praktisch verschleißfreien Lauf. Die Konstruktion und Werkstoffauswahl der Pumpenbaureihe CAMh deckt den Nenndruck PN 52 sicher ab. Drucktragende Teile sind beispielsweise in Stahlguss ausgeführt. Gemäß den gültigen Normen wie ISO 15783 für Spaltrohrmotorpumpen, wurde eine Druckprobe mit 78 bar durchgeführt. Zusätzlich wurde die zweite Sicherheitshülle mit Stickstoff (N₂) auf Dichtigkeit geprüft. Damit sorgte die HERMETIC Pumpe für einen sicheren und kontrollierten Weg des Kältemittels in der Pilotanlage.

Allgemeine Betriebsdaten der CAMh Serie:

Betriebstemperaturen: -50 °C bis +10 °C
Fördermenge: 1 m³/h bis 14 m³/h
Förderhöhe: bis 85 m
Nenndruck: 52 bar
Prüfdruck: 78 bar
Motorleistung: 3 kW bis 7,4 kW
Gleitlager-Werkstoff: 1.4571/W5 – 1.4571/SiC30



Weitere technische Informationen zur Baureihe CAMh finden Sie [hier](#).

Das Interesse an der CTES-Technologie nimmt sowohl in der Industrie als auch im akademischen Bereich zu. In der Forschungsgruppe laufen mehrere weitere Forschungsprojekte zu diesem Thema, und der nächste Schritt bei SINTEF/NTNU ist die Einrichtung eines Demo-Piloten in einer industriellen Kälteanlage.

Hinweise auf veröffentlichte Forschungsarbeiten (Konferenzbeiträge und wissenschaftliche Zeitschriften) zu den experimentellen Tests finden Sie unter diesen Links:

Entwicklung der CTES Einheit:

sintef.brage.unit.no

Ergebnisse der Tests mit Wasser als PCM:

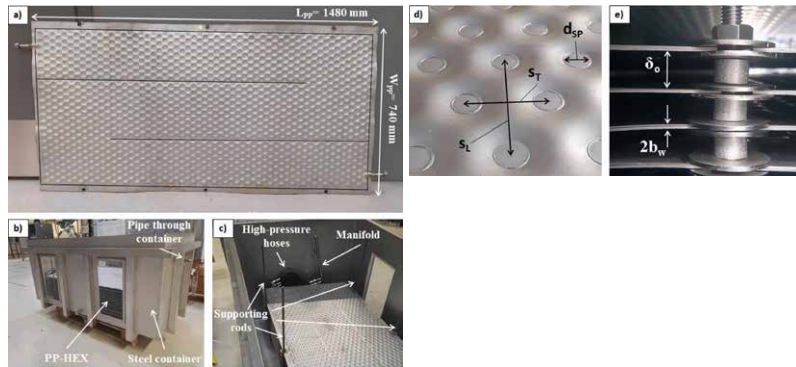
sciencedirect.com

iifiir.org

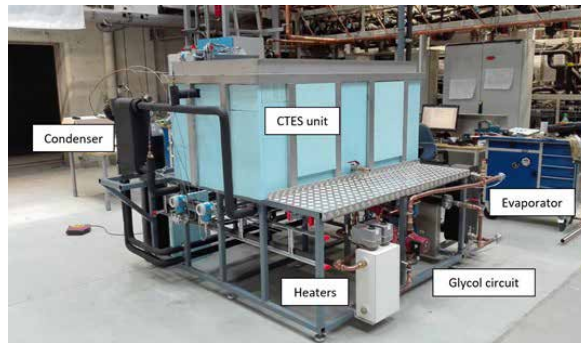
Ergebnisse der Tests mit einem kommerziellen Niedertemperatur-PCM:

www.sciencedirect.com

iifiir.org



Überblick über die im Rahmen des Forschungsprojekts entwickelte neuartige CTES-Einheit. Die Abbildungen zeigen a) eine Kissenplatte für die CO₂-Kühlung mit Einlass-/Auslassrohren und den mit schwarzen Linien markierten Schweißnähten (b) die CTES-Einheit vor dem Zusammenbau in der Versuchsanlage (c) Ansicht des Kissenplattenwärmetauschers im Inneren des Behälters (d) die wellige Kissenplattenoberfläche mit den Parametern des Schweißmusters (e) den Stapel von Kissenplatten in der CTES-Einheit mit vertikaler Plattenteilung. (Bildmaterial: SINTEF Energy Research, www.sintef.no)



Experimentelle Versuchsanlage mit pumpenumlaufendem CO₂ als Kältemittel, (Bildmaterial: SINTEF Energy Research, www.sintef.no)



Mehrstufige HERMETIC Spaltröhrenmotorpumpe des Typs CAMh, die in der Versuchsanlage eingesetzt wird und mit einem drehzahlgeregelten Antrieb ausgestattet ist. (Bildmaterial: SINTEF Energy Research, www.sintef.no)