

INDUSTRIELLE PROCESSER

ENERGIEFFEKTIVE
TEKNOLOGIER



**SORPTIONSAFFUGTER MED REGENERERING KAN REDUCERE
ENERGIFORBRUGET TIL AFFUGTNING**

PROJEKT 346-033

Regenerering af sorptionsaffugtere i overhedet damp med MVR varmepumpe (Steamreg)

MÅLSÆTNING:

Med inspiration i lovende resultater fra EL-FORSK-projekt 345-047 Udvikling af dessiccant dugpunktsskøler – fase 2 ville Cotes i samarbejde med DryingMate, Teknologisk Institut og DTU Mekanik udvikle en mere

energieffektiv metode til industriel affugtning. Beregningsmodellen fra 345-047 skulle tilpasses den nye applikation, og et affugtningssystem med en langsomt roterende rotor og en varmepumpe med mekanisk damp-

kompression (MVR) skulle testes på et særligt laboratorieanlæg på Teknologisk Institut. Projektgruppens mål var at genvinde hovedparten af den tilførte energi og derigennem halvere energjudgiften til sorptionsaffugtning.

MÅLGRUPPE:

Det nyudviklede koncept er primært anvendeligt til affugtning af store industrielle lagre og produktionslokaler, men Cotes, der producerer sorptionsaffugtere, forventer også at kunne tilpasse systemkonceptet til brug for industrielle tørreprocesser ikke mindst i fødevarerindustrien. Projektets resultater har derfor særlig relevans for ejere af store lagerhaller og produktionsfaciliteter med fugtudfordringer samt virksomheder, der anvender spraytørring. Målgruppen omfatter både slutbrugere, anlægsleverandører og energirådgivere, der kan bruge konceptet som et omkostningseffektivt alternativ til "state-of-the-art sorptionsaffugtning".

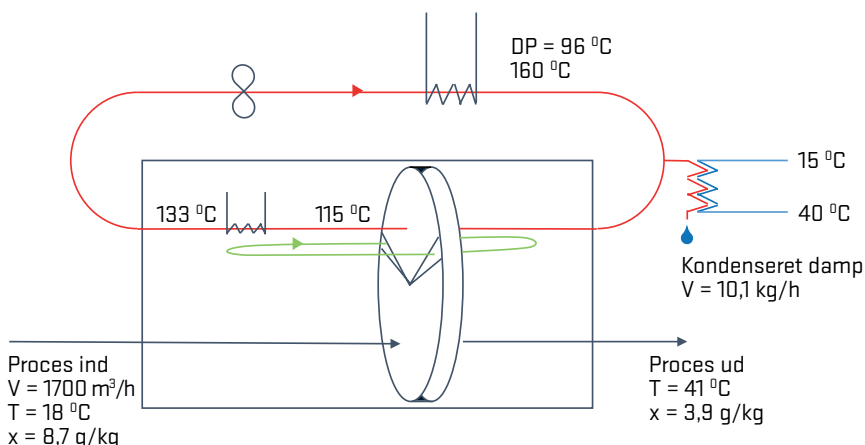
PROCESSEN:

Cotes A/S har i samarbejde med DryingMate A/S været ansvarlige for tilrettelæggelse og gennemførelse af projektet, mens Teknologisk Institut har opbygget en speciel måleopstilling til måling af nogle grundlæggende fysiske parametre, som var essentielle for projektet og stået for målinger. DTU Mekanik har i projektet analyseret potentielle sorptionsmaterialer og videreudviklet en beregningsmodel fra projekt 345-047.

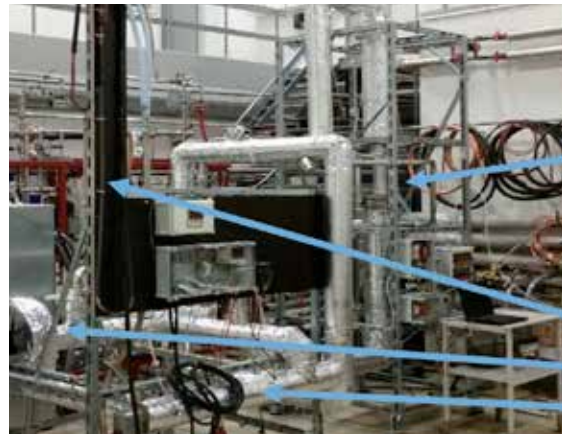
En konventionel industriel sorptionsaffugter består af en langsomt roterende rotor, der kan suge fugt til sig, ofte med silicagel som rotormateriale. Rotoren består af en fugtabsorberende del (proces) og en fugtafgivende del (regenerering). Der tilføres energi under regenerering for at fjerne fugt fra rotoren, så den kan absorbere ny fugt på processiden.

Hidtil har det været vanskeligt at genvinde energien, men i det nyudviklede koncept regenererer rotoren i en overheded dampatmosfære, og den frigivne damp komprimeres i en MVR-varmepumpe. Dermed kan dampens kondenseringsenergi bruges som energikilde til selve regenereringsprocessen, og processen bliver derigennem delvis selvforsynende med energi (se figur 2).

Efter indledende forsøg med en første fleksibel prototype udviklede Cotes en optimeret prototype med et mere enkelt design og større omhu med tætning mod systemets rotor. Der blev tilført et purgesystem for at adskille dampsystem fra tørluftsystem, og den anden prototype viste sig i stand til at udnytte kondenseringsenergien fra dampsystemet til at opvarme processtrømmen.



Figur 2. Diagrammet viser en repræsentativ måling på MVR systemet med en afvigelse på mindre end 8 % i forhold til modellen.



Figur 1. Tørreforløbene i rotoren er analyseret i Teknologisk Instituts specialbyggede måleopstilling.

Der blev gennemført levetidstest i tre måneder ved 140 °C overhedningstemperatur og yderligere tre måneder ved 160 °C. Målingerne viste ingen eller normal slitage af rotoren.

På grundlag af DryingMates koncept for en mere robust højtryks MVR-varmepumpe blev der opbygget en 10 kW prototype, som blev testet i projektet. Udgangspunktet for valg af kompressor var en velafprøvet væskeringskompressor, men forsøgsresultater tidligt i projektet medførte, at kravspecifikationen til kompressoren måtte skærpes. Der blev derfor ændret til en oliesmurt skruekompressor, som blev redesignet fra luftkompression til kompression af damp. Kompressorens samlede driftstid under forsøgene med damp var ca. 70 timer, og driften forløb uden komplikationer.

I DET NYUDVIKLEDE KONCEPT REGENERERER ROTOREN I EN OVERHEDET DAMPATMOSFÆRE, OG DEN FRIGIVNE DAMP KOMPRIMERES I EN MVR-VARMEPUMPE.

RESULTATER:

Den udvidede beregningsmodel er blevet valideret gennem de praktiske forsøg på Teknologisk Instituts testrig, og der er påvist god overensstemmelse mellem teori og praksis, så modellen kan bruges til at beregne forskellige sorptionsmaterialer og dimensionere hovedkomponenterne i en sorptionsaffugter med regenerering i overhedet damp.

Målinger på den anden prototype dokumenterede, at det er muligt at regenerere en adsorptionsaffugter med overhedet damp, og at det er muligt i kraft af bedre tætning og en fast inddeling af affugtning, purgezone og regenerering at holde et tilfredsstillende dugpunkt på overskudsenergien.

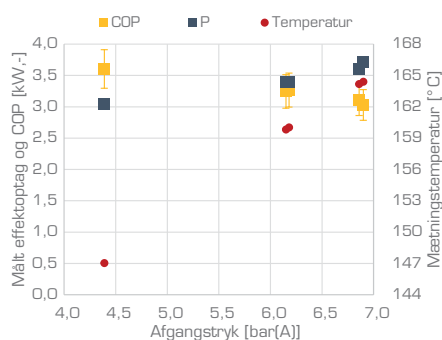
Forsøgsdriften med MVR-varmepumpen gav ikke anledning til kritiske faresignaler. Således var akseltætningen og termiske spændinger ikke problematiske gennem hele forsøgsdriften. Systemets ydeevne målt som COP (coefficient of performance) blev beregnet til mellem 3 og 4 (se figur 3), og at det var muligt at "booste" energien leveret ind i systemet med 170 % og samtidig som en mere varm og tør luft. Det lykkedes at fastholde systemets kapacitet og virkningsgrad gennem alle 70 timer. Den oliesmurte skruekompressor viste sig velegnet til kompression af damp.

Af varmepumpekredsens 15 kW effekt lykkedes det kun at overføre godt halvdelen til regenereringskredsen på grund af forskellige praktiske problemer med systemopbygningen. Men selve dampkompressionen, der er baseret på en kommercielt tilgængelig oliesmurt skruekompressor, har givet posi-

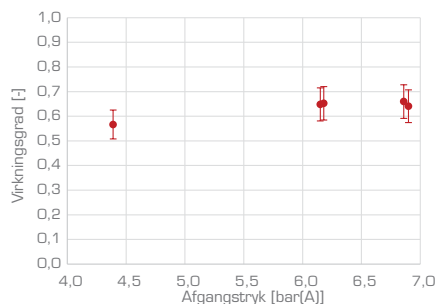
EFFEKT:

Løsningen på denne udfordring kan ifølge projektgruppen være at udvikle et hybridssystem, hvor al den damp, som dannes i processen, genvindes, mens den sidste del af varmebehovet dækkes fra en anden energikilde, enten en gaskedel eller direkte elvarme. I et sådant system vil varmepumpen varetage den første opvarmning af dampen i regenereringen. Det medfører en forholdsvis lav kondenseringstemperatur og deraf høj COP på ca. 4. Den eksterne energikilde kan derefter hæve procestemperaturen til de 160 °C, som er nødvendig i mange applikationer.

Med et sådant hybridssystem vil energiomkostningerne til affugtning kunne reduceres



Figur 3. COP, kompressorens effektoptag P, samt måtningstemperatur for dampforsøgene.



Figur 4. Kompressorens virkningsgrad i dampforsøgene.

tive resultater. Kompressorens isentropiske virkningsgrad har ligget i intervallet 0,5-0,7 (se figur 4), og der er gennemført forsøg med kondenseringstemperaturer på op til 165 °C.

Typisk bruger en adsorptionsproces 1,2-1,6 kWh for at fjerne et kg vand. Heraf udgør fordamningsvarmen 0,7 kWh. Det resterende energiforbrug anvendes til proces og som tab i purge systemet (se figur 5). Projektgruppen forventer, at en optimering af det samlede system kan reducere energiforbruget til 1,07

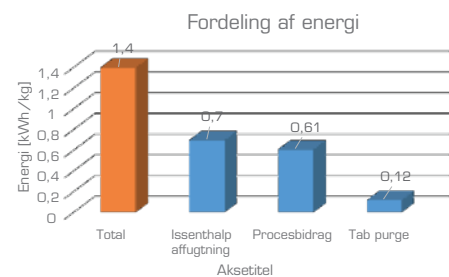
med ca. 17 % under forudsætning af, at industrien betaler 75 øre/kWh el og 25 øre/kWh gas. Hvis industriens elpris ikke var belastet af så høj en PSD-betaling, så prisforholdet mellem el og alternativ energikilde var mere gunstigt for elanvendelse, ville hybridssystemet kunne udløse en større økonomisk besparelse.

Cotes forventer, at en produktmodnet sorptionsaffugter med varmegenvinding, der markedsføres som FØNIX, kan opnå et hjemmemarked på op til 60 anlæg frem til 2020 til brug for affugtning i industrielle lagre og produktionslokaler. Det vil udløse en energibesparelse på 21 GWh med en CO₂-reduktion

kWh/kg vand. Det indebærer, at en affugter kombineret med en eldrevet varmepumpe ikke - som forventet ved projektstart - kan drive hele processen alene med den effekt, der tilføres vanddamp-kompressoren.



Forsøgsopstilling med dampgenerator.



Figur 5. Energi, som under testen tilføres affugteren (FØNIX), fordelt på de enkelte processer.

på ca. 9.000 tons. Dertil kommer et potentielt hjemmemarked inden for industrielle tørreprocesser og affugtning i fødevarerindustrien samt et boom i virksomhedens eksport, der p.t. omfatter ca. 90 % af omsætningen, og som forventes at kunne øges med omkring 20 mio. kr. i løbet af de kommende år.

Hvis det lykkes at overvinde de aktuelle udfordringer med MVR-varmepumpen, forventer DryingMate et salg i Danmark i løbet af de kommende 4-5 år på omkring 20 varmepumper udover kombinationen med sorptionsaffugteren. Det er beregnet til en yderligere besparelse på 7 GWh.

Sammenkoblingen af varmeafgiveren og dampkredsen i affugteren.

DEN NYUDVIKLEDE SORPTIONSAFFUGTER MED VARMEGENVINDING ER ET ENERGIEFFEKTIVT ALTERNATIV TIL KONVENTIONEL AFFUGTNING MED KØLE/VARMEPUMPEANLÆG.

Projektledelse:

Thomas Rønnow
Cotes A/S
Ndr. Ringgade 70C, 4200 Slagelse

E-mail: tro@cotes.com
Telefon: 22 94 33 18
Web: www.cotes.dk

Ebbe Nørgaard
DryingMate A/S
Rudolfgaardsvej 1a, 8260 Viby

E-mail: en@dryingmate.com
Telefon: 20 75 56 20
Web: www.DryingMate.com

Projekt:

Titel: Regenerering af sorptionsaffugtere i overhedet damp med MVR varmpumpe (Steamreg)
Nr. 346-033
PSO Program 2014
Budget i alt: 3.220.000 kr., hvoraf 2.180.000 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.03.2014-31.12.2015

Programkoordinator:

Forskningskoordinator Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Vodroffsvej 59
1970 Frederiksberg C.

E-mail: jbj@danskenergi.dk
Telefon: 35 300 934
Web: www.elforsk.dk

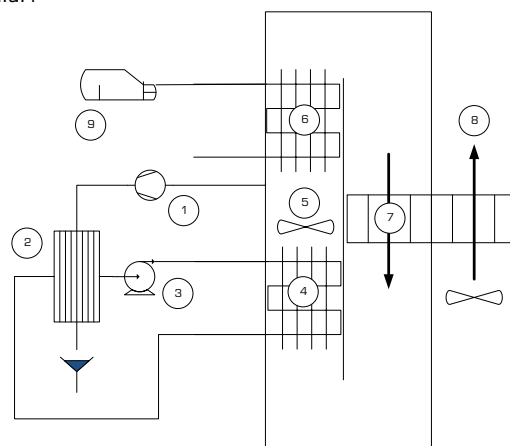
HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Forudsætningen for den fremtidige markedsføring af den nyudviklede energieffektive sorptionsaffugter er, at dens ydeevne og resultater kan demonstreres i et fuldskala anlæg. Cotes ligger derfor i aktuelle forhandlinger med en stærk kommerciel partner om at løfte denne opgave i fællesskab, ligesom det kan komme på tale at søge om projektstøtte til et demonstrationsanlæg, der kan lægge grunden til yderligere eksport.

Cotes vil også benytte både den optimerede beregningsmodel og de positive målinger fra testanlægget til at markedsføre sorptionsaffugteren som en energieffektiv løsning specielt til processer med industriel tørring, bl.a. i fødevarerindustrier.

DryingMate har i samarbejde med Ingeniørhøjskolen i Aarhus igangsat en levetidstest af den valgte skruekompressor for at eftervise den beregnede robusthed gennem mindst 500 driftstimer. Det kan danne grundlag for gennemførelse af et fase-2 projekt, hvor de resterende udfordringer kan søges løst.

Med et produktmodnet kombineret system bestående af sorptionsaffugter og MVR-varmpumpe er der også basis for at markedsføre den energieffektive løsning over for kommunale svømmehaller og skøjtehallen, hvor der er et mere gunstigt prisforhold mellem el og gas.



Figur 6. Princip diagram for MVR anlægget hvor 1. dampkompressor, 2. kondensator, 3. hedtvandspumpe, 4. varmevexler til afsættelse af kondenseringsvarmen, 5. dampventilator, 6. gasopvarmet varmevexler, 7. rotor, 8. tørrer procesluft, og 9. gaskedel.



TEKNOLOGISK
INSTITUT

DTU Mekanik
Institut for Mekanisk Teknologi



DryingMate A/S

COTES EXPERTS
IN HUMIDITY
MANAGEMENT