

PSO 2005

Elforsk - Forskning & Udvikling i effektiv energianvendelse

Energibesparelse i køleanlæg ved anvendelse af ny varmevekslertype med flade aluminiumsrør og finner



Fremstilling og afprøvning af testvarmevekslere med luftkølede kondensatorer og fordampere fremstillet i MPE-rør – og udvikling af et beregningsprogram til dimensionering af kondensatorer og fordampere



Resumé

Aluminiumsvarmevekslere har været anvendt i bilindustrien til air condition anlæg i årevis – og de er fremstillet af flade rør i parallel med korrugerede finner i mellemrum mellem rørene. De er meget lette og kompakte – og giver en, i forhold til størrelse og vægt, høj ydelse.

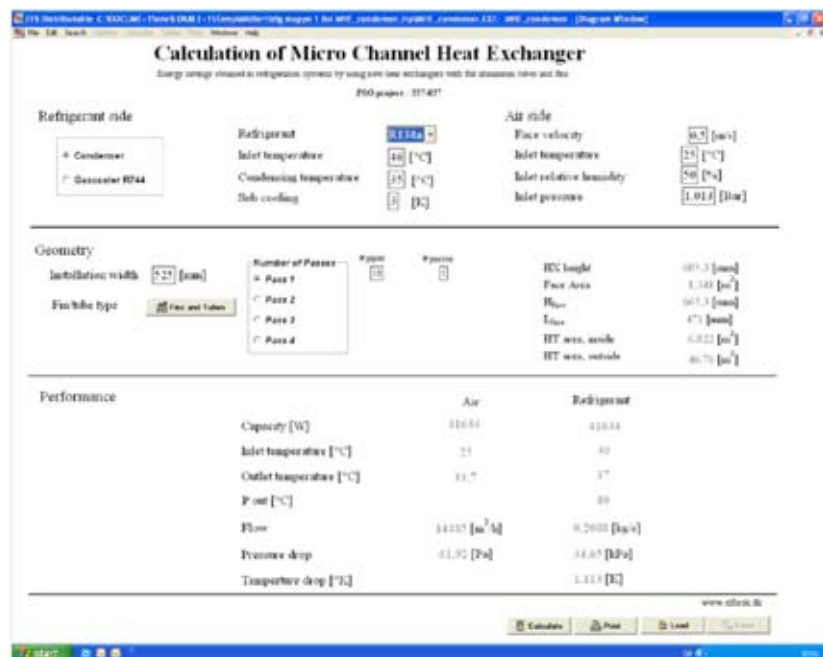
“De effektive aluminiumsvarmevekslere, vi kender fra bilernes air condition anlæg, har nu bevist deres sparepotentiale ved opskalering til stationære køleanlæg – både i teori og praksis”

Målsætning

Formålet med projektet var ikke blot teoretisk, men også praktisk at finde frem til, hvordan man kan fremstille nye varmevekslere med MPE-rør, som er mindst lige så effektive som konventionelle varmevekslere med runde rør. Fordelen ved, at de er meget kompakte er, at de har meget mindre kølemiddelfyldning, så deres forbrug af dyre kølemidler er langt lavere. Ideen var dels at udvikle varmeveksleren, dels et beregningsprogram, der kunne anvendes af rådgivere og fremstillingsvirksomheder, når de skal designe køleanlæg.

Man har derfor haft øje for denne type varmevekslere som et alternativ til traditionelle varmevekslere med runde rør og forskellige finner i stationære køleanlæg, men har ikke været i stand til at dimensionere de nye varmevekslere, så de kunne tage højde for varmeovergang og tryktab ved kondensering/fordampning.

Projektet her ville derfor udvikle, beskrive og afprøve varmevekslere af den nye type – og sammenligne dem med lignende resultater med gængse varmevekslere. Desuden ville man udvikle et beregningsprogram til dimensionering af fremtidige varmevekslere med MPE-rør, som er langt mere energieffektive.



Beregningsprogrammet er tilgængeligt på www.elforsk.dk

Processen:

Projektet blev ledet af Alu Heat Exchanger A/S (som undervejs skiftede navn til Aluventa A/S), Hydro Aluminium Precison Tubing og Center for Køle & Varmepumpeteknik på Teknologisk Institut.

Projektet var opdelt i forskellige 5 faser:

Fase 1 bestod af et litteraturstudie, hvor der blev fundet artikler, der beskriver ligninger til design af varmevekslere fremstillet af MPE-rør. Herefter blev der udviklet et softwareprogram, så det blev muligt at designe en forsøgsvarmeveksler. Teknologisk Instituts Center for Køle & Varmepumpeteknik gennemførte litteraturstudiet og udviklingen af softwareprogrammet til dimensionering af forsøgsvarmeveksleren.

I Fase 2 blev der fremstillet en forsøgsvarmeveksler af Aluventa, baseret på programmet fra Fase 1. Forsøgsvarmeveksleren blev i Fase 3 monteret i en eksisterende forsøgsopstilling på Teknologisk Institut, og der blev gennemført målinger for at fastlægge ydelse og tryktab på luft- og kølemiddelsiden.

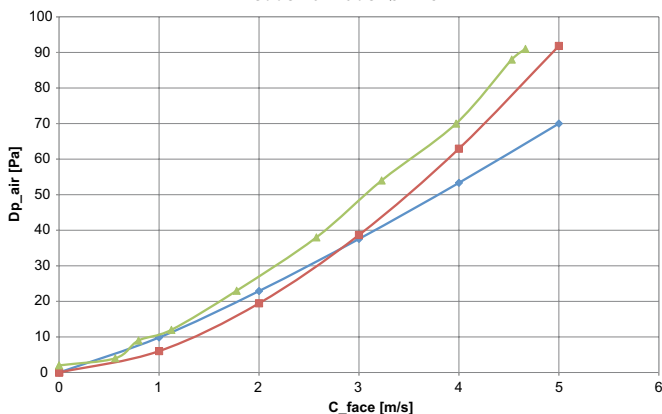
Målingerne blev i fase 4 sammenholdt med beregningerne i fase 1 og dimensioneringsprogrammet blev valideret. Og Fase 5 var så rapporteringen – se den fulde rapport på elforsk.dk

Resultater:

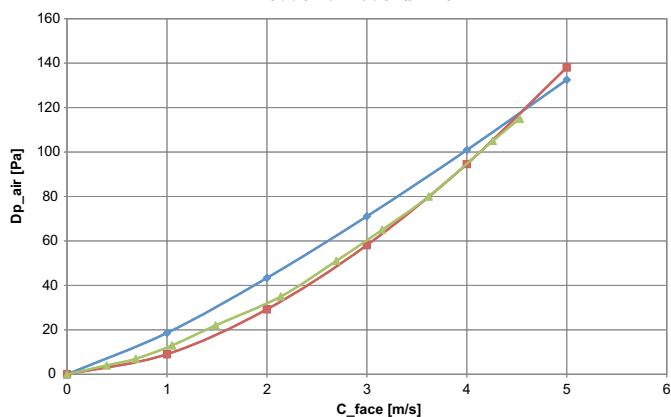
De 3 figurer viser sammenligning mellem de i projektet målte og to forskeres beregnede trykfald over 3 typer varmevekslere. Ud fra disse målinger er en egnet korrelation for tryktabet fundet og implementeret i beregningsprogrammet. Den kinesiske forsker, Dongs ligningsudtryk er anvendt i det udviklede beregningsprogram. Man ser, at ligningen fra Dong giver god overensstemmelse med de målte værdier.

— Bullard, amerikansk forsker
— Dong, kinesisk forsker
— Målt

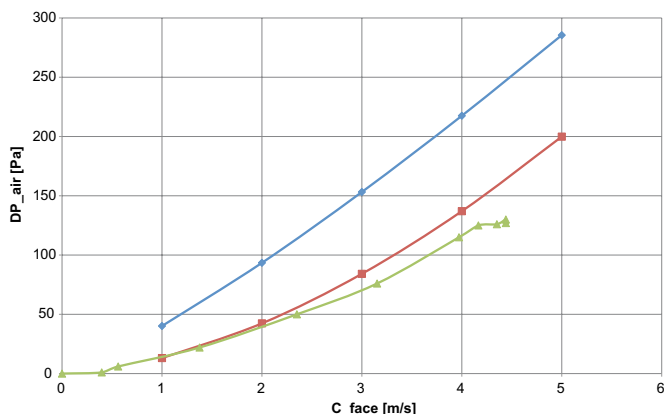
Bredden af flade rør: 18 mm



Bredden af flade rør: 25 mm



Bredden af flade rør: 35 mm



Tabel 1: Sammenligning af forskellige varmevekslertyper.

Finnetype		Spine	Wavy	Slit	CLF	OSF	Louver
Rørtyper		Runde	Runde	Runde	Runde	Flade	Flade
Rækker	Stk.	1	1	1	1	0,59	0,59
Finner pr. m	Stk.	728	433	590	433	866	866
Facehastighed	m/s	0,96	1,07	1,32	1,19	1,39	1,44
Udvendige varmeovergangstal	W/m ² K	65	82	78	93	130	133
Indre varmeovergangstal	W/m ² K	3351	3554	3960	3667	10288	9732
Vægt finner	Kg	1,96	1,58	1,85	1,49	0,97	0,93
Vægt rør	Kg	1,23	1,19	0,96	0,99	0,84	0,84
Vægt varmeveksler	Kg	3,19	2,77	2,81	2,48	1,81	1,77

Af tabellen fremgår, at varmeovergangstal på luftsiden for de nye luftkølere er 130 W/m²K. Det kan sammenholdes med varmeovergangstallet på 65-93 W/m²K for

varmevekslere med runde rør og forskellige finnetyper. Antallet af rørrækker er 0,6 for varmevekslere med flade rør, mod 1 rørrække for varmevekslere med runde rør. Vægten

af varmevekslere med flade rør er ligeledes mindre end varmevekslere med runde rør, da vægten er reduceret med 40%.

Tabellen viser en sammenligning mellem forskellige luftkølere. De første fire vekslere (Spine, Wavy, Slit samt CLF) er luftkølere med runde rør, og de to sidste er luftkølere med flade rør. Alle vekslere er beregnet med et trykfald på luftsiden på 75 Pa samt en total ydelse på 2400 W. Det ses, at ved samme tryktab kan facehastigheden hæves til 1,4 m/s for varmevekslere med flade rør.

Konklusion:

En analytisk sammenligning af varmevekslere fremstillet med runde rør og forskellige finnetyper viser, at ved at anvende varmevekslere med MPE-rør og louvered finner kan der opnås lavere tryktab på luftsiden og højere ydelse. Ligeledes er kølemiddelfyldningen i MPE varmevekslere lavere end i konventionelle varmevekslere med runde rør. Dette har stor betydning ved valg af varmevekslere på grund af de høje kilopriser på HFC-kølemidler. Ved en

eventuel lækage vil det også være en fordel med mindre fyldning.

Korrelationer for varmeovergang og tryktab ved kondensering/fordampning er nu implementeret i beregningsprogrammer til dimensionering af kondensatorer og fordampere, der er tilgængeligt på www.elforsk.dk, under værktøjer.

“
Det udviklede beregningsprogram gør det muligt at fremstille meget kompakte anlæg med meget stor ydelse og meget lille kølemiddelfyldning
”



Dansk Energi
Rosenørns Allé 9
1970 Frb. C
Tlf: 35 300 400

Anbefalinger for videre anvendelse af forskningsresultaterne

Hvad kan projektet bruges til?

Projektet har vist, at varmevekslere fremstillet med flade aluminiumsrør er effektive sammenlignet med de mere konventionelle varmevekslere med runde rør og finner. Tryktabet på luftsiden er meget lavt, hvilket sparer energi til ventilatoren, der cirkulerer luften gennem varmeveksleren. Kølemiddelfyldningen er meget lille. Dette giver store fordele, når der anvendes kulbrinter eller ammoniak som kølemiddel.

Aluventa har allerede igangsat produktionen af varmevekslerne. Varmevekslerne anvendes primært som kondensator i køleanlæg.

I forbindelse med projektet er der udviklet et beregningsprogram, der kan downloades fra elforsk's hjemmeside: www.elforsk.dk. Programmet anvendes allerede af Aluventa i forbindelse med

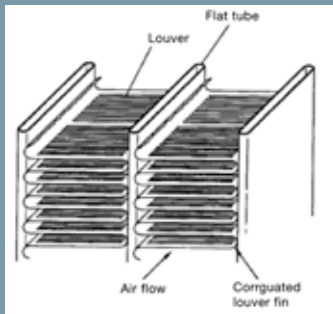
dimensionering af deres varmevekslere til køleanlæg. Det kan også bruges af rådgivende ingeniører. Udover til dimensionering af kondensatorer, kan programmet benyttes til at sammenligne den nye varmevekslertype med de mere konventionelle varmevekslere.

Effekt:

Varmeovergangen på luftsiden er meget høj for den nye varmeveksler. Det betyder, at temperaturforskellen i fordampere og kondensatorer i køleanlæg bliver mindre end normalt. En tommelfingerregel siger, at for hver grad differencen kan mindskes, spares der 3% på kompressorens energiforbrug.



Ovenstående viser tværsnittet af et MPE-rør. MPE er en forkortelse for Multi Port Extruded, hvilket betyder, at der er mange parallelle kanaler. Det øverste rør viser et MPE-rør egnet til lavtryks-kølemidler som R717, R134a og R290. Røret bliver forstærket med de tværgående ribber i røret. Det nederste rør er til højtrykskølemidler som R744.



På grund af de meget små strømningstværsnit vil fyldningen i varmevekslere fremstillet af MPE rør være meget lavere end traditionelle varmevekslere, hvilket er økonomisk fordelagtigt. Når varmeveksleren opbygges af MPE-rør, forsynes den med udvendige finner for at øge det varmeoverførende areal på luftsiden.

Finnerne er forsynet med louvereds, der er korrugeringsringer, der er præget ind i finnerne. Korrugeringsringer sørger for stor turbulens af luften ved gennemstrømning gennem varmeveksleren. Det medfører et højt varmeovergangstal og dermed også en høj ydelse pr. volumen sammenlignet med traditionelle varmevekslere.

www.elforsk.dk

Kontaktperson:

Peter Schneider
Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Århus C

E-mail:
psc@teknologisk.dk
Telefon: 72 20 12 79
Web: www.teknologisk.dk

Projekt:

Energibesparelse i køleanlæg ved anvendelse af nye varmevekslertyper med flade aluminiumsrør og finner
Nr. 337-037
PSO Program 2005
Budget: 1.957.000 kr. heraf 844.000 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.01.2005 – 31.01.2009

Programkoordinator:

Forskningskoordinator
Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Rosenørns Allé 9
1970 Frederiksberg C.
E-mail: jbj@danskeenergi.dk
Telefon: 35 300 934
Web: www.elforsk.dk