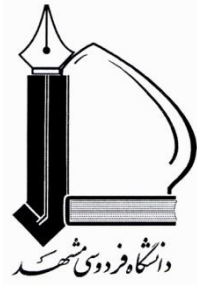


صلى الله عليه وسلم



دانشکده مهندسی
گروه مکانیک

عنوان پایان نامه

مدلسازی سه بعدی بستر ماده جاذب با فین های صفحه ای در چیلرهای جذب سطحی

مؤلف

مهدی مهدوی خواه

ارائه شده جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد
رشته مهندسی مکانیک – گرایش تبدیل انرژی

استاد راهنما

دکتر حمید نیازمند

اسفند ۱۳۸۹

تأییدیه

گواهی میشود این پایاننامه تاکنون برای احراز یک درجهی علمی ارائه نشده است و تمامی مطالب آن به جز مواردی که نام مرجع آورده شده است، نتیجهی کار پژوهشی دانشجو می باشد.

دانشجو: مهدی مهدوی خواه تاریخ:

امضا

استاد راهنما: حمید نیازمند تاریخ:

امضا

جلسه دفاع از پایان نامه آقای **مهدی مهدوی خواه** دانشجوی دوره **کارشناسی ارشد رشته مکانیک** گرایش **تبدیل انرژی** در ساعت **۱۲** روز **۱۳۸۹/۱۲/۴** در محل **کلاس ۱۲۱** دانشکده **مهندسی** با حضور امضا کنندگان ذیل تشکیل گردید. پس از بررسی های لازم، هیأت داوران پایان نامه نامبرده را با نمره به عدد **۲۰** به حروف **بیست** و با درجه **عالی** مورد تأیید قرار داد.

عنوان پایان نامه:

مدلسازی سه بعدی بستر ماده جاذب با فین های صفحه ای در چیلرهای جذب سطحی

امضا

هیئت داوران

- داور: دکتر محمد پسندیده فرد
دانشیار گروه مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد
- داور: دکتر مجتبی ماموریان
استادیار گروه مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد
- نماینده تحصیلات تکمیلی: دکتر محمد پسندیده فرد
دانشیار گروه مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد
- استاد راهنما: دکتر حمید نیازمند
دانشیار گروه مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد

تقدیر و تشکر

خداوند کریم را شاکرم که در تمامی مراحل زندگی مرا در سایه لطف خود نگاه داشت و مرا یاری نمود. از پدر و مادر فداکار و همسر عزیزم سپاسگزارم که با تحمل سختی ها و مشکلات از هیچ کوششی در هموار نمودن مسیر پیشرفتم دریغ ننمودند.

بر خود لازم می دانم از زحمات استاد ارجمند، جناب آقای دکتر حمید نیازمند کمال تشکر را داشته باشم چرا که همیشه با راهنمایی های مفید و ارزشمند موجب رشد علمی من گردیدند. همچنین از آقای دکتر محمد پسندیده فرد و آقای دکتر مجتبی ماموریان متشکرم که با مطالعه پایان نامه در برطرف کردن کاستی های آن کوشیدند.

مهدی مهدوی خواه

اسفند ۱۳۸۹

فهرست مطالب

I.....	فهرست علائم.....
IV.....	فهرست اشکال.....
VI.....	چکیده فارسی.....
VII.....	چکیده انگلیسی.....
۲.....	۱ فصل اول: مقدمه.....
۲.....	۱-۱ سریستمهای رایج تبریدی.....
۴.....	۲-۱ معرفی تبریدی جذب سطحی.....
۴.....	۱-۲-۱ عملکرد چیلر جذب سطحی.....
۶.....	۲-۲-۱ سریکل ترمودینامیکی محفظه جاذب.....
۸.....	۳-۲-۱ مزایا و معایب چیلر جذب سطحی.....
۱۰.....	۳-۱ بهبود عملکرد چیلر جذب سطحی.....
۱۰.....	۴-۱ سریکلهای جذب سطحی پیشرفته.....
۱۱.....	۱-۴-۱ بازطبی جرم.....
۱۱.....	۲-۴-۱ بازطبی حرارت.....
۱۲.....	۵-۱ جفت های جاذب و جذب شونده.....
۱۴.....	۱-۵-۱ سریکالکازل.....
۱۴.....	۲-۵-۱ کربن اکسید.....
۱۵.....	۳-۵-۱ زئولیت.....
۱۵.....	۶-۱ طراحی بستر ماده جاذب.....
۲۱.....	۷-۱ اهداف پلن نامه.....
۲۱.....	۸-۱ بخشهای مختلف پلن نامه.....
۲۴.....	۲ فصل دوم: تعریف مسئله و معادلات حاکم.....
۲۴.....	۱-۲ مقدمه.....
۲۵.....	۲-۲ فرضیات.....

۲۶.....	هندسه مورد بررسی.....	۳-۲
۳۰.....	معادلات حاکم.....	۴-۲
۳۰.....	سرکل ناقل حرارت.....	۱-۴-۲
۳۱.....	لوله فلزی.....	۲-۴-۲
۳۲.....	فین ها.....	۳-۴-۲
۳۳.....	بستر ماده جاذب.....	۴-۴-۲
۳۶.....	محفظه.....	۵-۴-۲
۳۶.....	کندانسور و اواپراتور.....	۶-۴-۲
۳۷.....	شرایط مرزی.....	۵-۲
۳۷.....	سرکل ناقل حرارت.....	۱-۵-۲
۳۷.....	لوله فلزی.....	۲-۵-۲
۳۷.....	فین ها.....	۳-۵-۲
۳۸.....	بستر ماده جاذب.....	۴-۵-۲
۳۹.....	شرایط اولیه.....	۶-۲
۴۱.....	فصل سوم: گسسته سازی معادلات حاکم و روش حل عددی.....	۳
۴۱.....	مقدمه.....	۱-۳
۴۱.....	شبکه بندی.....	۲-۳
۴۳.....	گسسته سازی معادلات.....	۳-۳
۴۴.....	سرکل ناقل حرارت.....	۱-۳-۳
۴۵.....	لوله فلزی.....	۲-۳-۳
۴۸.....	فین ها.....	۳-۳-۳
۵۰.....	معادله انرژی ذرات جاذب.....	۴-۳-۳
۵۴.....	معادله پیوستگی ذرات جاذب.....	۵-۳-۳
۵۷.....	معادله مومنتوم ذرات جاذب.....	۶-۳-۳
۵۷.....	معادله رهو و محرکه خطی ذرات جاذب.....	۷-۳-۳
۵۷.....	حل معادلات.....	۴-۳
۵۹.....	الگوریتم حل.....	۵-۳

۶۳	فصل چهارم: نتایج و بررسی	۴
۶۳	مقدمه	۱-۴
۶۴	بررسی استقلال نتایج از تعداد شبکه	۲-۴
۶۶	بررسی استقلال نتایج از گام زمایی	۳-۴
۶۷	بررسی استقلال نتایج از تعداد سریکل	۴-۴
۶۸	اعتبار سنجی نتایج	۵-۴
۷۰	عملکرد در مراحل مختلف سریکل	۶-۴
۷۰	مرحله اول: گرمایش جرم ثابت	۱-۶-۴
۷۳	مرحله دوم: گرمایش فشار ثابت	۲-۶-۴
۷۷	مرحله سوم: سرمایش جرم ثابت	۳-۶-۴
۷۹	مرحله چهارم: سرمایش فشار ثابت	۴-۶-۴
۸۱	تغییرات نسبت به زمان	۷-۴
۸۱	جذب میانگین	۱-۷-۴
۸۲	فشار	۲-۷-۴
۸۳	دما	۳-۷-۴
۸۳	دبی جرمی خروجی از بستر	۴-۷-۴
۸۴	توان بستر	۵-۷-۴
۸۵	بررسی پارامترهای موثر	۸-۴
۸۵	ارتفاع فن و فاصله فن فن ها	۱-۸-۴
۸۹	قطر ذرات	۲-۸-۴
۹۰	دمای آب گرم ورودی	۳-۸-۴
۹۴	فصل پنجم: نتیجه گیری و ارائه پیشنهاد	۵
۹۴	نتیجه گیری	۱-۵
۹۶	ارائه پیشنهاد برای ادامه پلانی نامه	۲-۵
۹۷	مراجع	

فهرست علائم

نماد	نام فارسی	نام انگلیسی	واحد
A	مساحت	Area	m^2
C_p	ظرفیت گرمای ویژه در فشار ثابت	Specific heat in constant pressure	$J/(kg.K)$
COP	ضریب عملکرد	Coefficient of performance	-
CV	حجم کنترل	Control volume	m^3
D_{ek}	ضریب پخش معادل نودسن	Equivalent Knudsen diffusivity	m^2/s
D_i	قطر داخلی لوله فلزی	Tube metal external diameter	m
D_k	ضریب پخش نودسن	Knudsen diffusivity	m^2/s
D_m	ضریب پخش مولکولی	Molecular diffusivity	m^2/s
D_o	قطر خارجی لوله فلزی	Tube metal internal diameter	m
d_p	قطر ذرات جاذب	Particle diameter	m
d_{pore}	قطر معادل فضاهای خالی در بستر	Equivalent pore diameter	m
D_{so}	ثابت در پخشندگی سطحی	Pre-exponent constant of surface diffusivity	m^2/s
E	انرژی	Energy	J
E_a	انرژی فعالسازی	Activation energy of surface diffusion	J/mol
f	ضریب اصطکاک	Friction factor	-
$F.H$	ارتفاع فین	Fin height	m
$F.S$	فاصله بین فین ها	Fin space	m
$F.T$	ضخامت فین	Fin thickness	m
K_{app}	نفوذپذیری ظاهری بستر جاذب	Apparent permeability of adsorbent bed	m^2
K_d	نفوذپذیری بستر	Bed permeability	m^2
L	طول بستر جاذب	The length of adsorbent bed	m
h	ضریب انتقال حرارت جابجایی	Convective heat transfer coefficient	$w/(m^2.K)$
L_v	گرمای نهان تبخیر	Latent heat of vaporization	J/kg
m	جرم	Mass	kg
\dot{m}	دبی جرمی	Mass flow rate	kg/s

n	بردار عمود بر صفحه	Normal vector	-
N	تعداد فین ها	Fin number	-
P	فشار	Pressure	Pa
M	جرم مولی	Molar mass	$kg/mole$
Nu	عدد ناسلت	Nusselt number	-
Pr	عدد پراتل	Prandtl number	-
Q	انرژی حرارتی	Heat	w
r	محور شعاعی	Radial axis	m
R_p	شعاع ذرات جاذب	Particle diameter	m
Re	عدد رینولدز	Reynolds number	-
R_u	ثابت جهانی گازها	Universal gas constant	$J/mol.K$
R_g	ثابت گاز	Gas constant	$J/kg.K$
Res	باقیمانده	Residual	-
SCP	ظرفیت سرمایش مخصوص	Specific Cooling Power	w/kg
t	زمان	Time	s
T	دما	Temperature	K
u	سرعت	Velocity	m/s
w	مقدار متوسط سیال عامل جذب شده	Average adsorbed amount	$kg_{adsorbate} / kg_{adsorbent}$
w^*	سیال عامل جذب شده در حالت تعادلی	Adsorbed phase in equilibrium	$kg_{adsorbate} / kg_{adsorbent}$
w_∞	حداکثر سیال قابل جذب	maximum adsorbed phase	$kg_{adsorbate} / kg_{adsorbent}$
علائم یونانی			
ΔH	گرمای جذب	Heat of adsorption	J/kg
∇	اپراتور دلتا	Delta operator	$1/m$
ε_t	تخلخل کلی	Total porosity	-
ε_b	تخلخل بستر	Bed porosity	-
ε_p	تخلخل ذرات	Porosity of the particle	-
λ	ضریب هدایت حرارتی	Thermal conductivity	$w/(m.K)$
μ	لزجت	Viscosity	$N.s/m^2$
σ	قطر برخورد	Collision diameter for Lennard-Jones potential	Å
τ	ضریب پیچیدگی	Tortuosity factor	-

III

Ω	انتگرال برخورد	Collision integral	-
ρ	چگالی	Density	kg/m^3
δ	فاصله	Distance	m
\forall	حجم	Volume	m^3
زیرنویس ها			
a	ماده جذب شده	Adsorbate	
b	بستر	Adsorbent Bed	
B	سمت پایین	Bottom	
$cham$	محفظه	Chamber	
$cond$	کندانسور	Condenser	
E	سمت شرقی	East	
$evap$	اواپراتور	Evaporator	
f	سیال ناقل حرارت	Fluid	
fin	فین	Fin	
ref	مرجع	Reference	
g	فاز گاز	Gaseous phase	
in	ورودی	Inlet	
N	سمت شمال	North	
out	خروجی	Outlet	
P	ذره، مرکز حجم کنترل	Particle, Center of control volume	
S	سمت جنوب، جمله چشمه	South, Source term	
sat	اشباع	Saturation	
T	سمت بالا	Top	
$tube$	لوله فلزی	Metal tube	
W	سمت غربی	West	

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ طرح کلری سربستم سرمایش تراکم‌ی ۲
- شکل ۲-۱ طرح کلری چیلر جذب حجمی ۳
- شکل ۳-۱ طرح کلری از یک چیلر جذب سطحی با دو محفظه جاذب ۵
- شکل ۴-۱ نمونه صنعتی چیلر جذب سطحی ۵
- شکل ۵-۱ سیکل ترمودینامیکی محفظه جاذب ۷
- شکل ۶-۱ فرآیند بازطبی جرم در چیلر جذب سطحی ۱۱
- شکل ۷-۱ طرح کلری از عملکرد یک چیلر جذب سطحی با فرآیند موج حرارتی ۱۲
- شکل ۸-۱ نمونه هایی از یک بستر پوشش داده شده ۱۶
- شکل ۹-۱ دو نمونه از بستر جاذب که با استفاده از مبدل حرارتی دارای فن‌های شعاعی ساخته شده ۱۷
- شکل ۱۰-۱ نمونه ای از یک مبدل حرارتی با فن‌های صفحه ای به‌همه ۱۸
- شکل ۱-۲ یک محفظه جاذب در چیلر جذب سطحی ۲۷
- شکل ۲-۲ یکی از مبدلهای استفاده شده در محفظه جاذب ۲۷
- شکل ۳-۲ اطراف یک لوله ۲۸
- شکل ۴-۲ یک چهارم اطراف لوله و حوزه نهایی حل ۲۸
- شکل ۵-۲ حوزه نهایی حل در صفحه YX ۲۹
- شکل ۶-۲ حوزه نهایی حل در صفحه YZ ۲۹
- شکل ۷-۲ شبکه اتصال بین لوله فلزی و فن ۳۲
- شکل ۸-۲ شبکه بین فن و ناحیه متخلخل ۳۳
- شکل ۹-۲ سطوح اطراف حوزه حل ۳۸
- شکل ۱-۳ حوزه محاسباتی (الف) و حوزه فن‌یکی (ب) ۴۲
- شکل ۲-۳ شبکه بندی حوزه های حل در دو صفحه عمود بر هم ۴۲
- شکل ۳-۳ شبکه بندی حوزه های مختلف حل ۴۳
- شکل ۴-۳ معرفی شبکه های اطراف حجم کنترل ۴۴
- شکل ۵-۳ الگوریتم حل ۶۱
- شکل ۱-۴ مقادی ضریب عملکرد مخصوص و زمان سیکل برای تعداد مختلف حجم کنترل بین دو فن ۶۴
- شکل ۲-۴ مقادی جذب میانگین نسبت به زمان برای تعداد مختلف شبکه بین دو فن ۶۵
- شکل ۳-۴ مقایسه مقدار جذب میانگین نسبت به زمان برای تعداد شبکه لوله فلزی در امتداد شعاع ۶۶
- شکل ۴-۴ تغییرات زمان مراحل سوم و چهارم نسبت به گام زمانی ۶۷
- شکل ۵-۴ مقایسه توان بستر با استفاده از نتایج عددی و تجربی ۶۹
- شکل ۶-۴ مقایسه مقادی محاسبه شده فشار و دمای میانگین بستر به روش عددی و تجربی ۶۹

- شکل ۷-۴ کانتورهای فشار و بردارهای سرعت در مرحله اول در صفحه $z=0.5FS$ ۷۱
- شکل ۸-۴ خطوط جرئین در مرحله اول در صفحه $z=0.5FS$ ۷۱
- شکل ۹-۴ کانتورهای فشار و بردارهای سرعت در مرحله اول در صفحه $x=0$ ۷۲
- شکل ۱۰-۴ خطوط جرئین در مرحله اول در صفحه $x=0$ ۷۲
- شکل ۱۱-۴ کانتورهای دما به صورت سه بعدی در مرحله اول ۷۳
- شکل ۱۲-۴ کانتورهای فشار و بردارهای سرعت در مرحله دوم در صفحه $z=0.5FS$ ۷۴
- شکل ۱۳-۴ خطوط جرئین در مرحله دوم در صفحه $z=0.5FS$ ۷۴
- شکل ۱۴-۴ کانتورهای فشار و بردارهای سرعت در مرحله دوم در صفحه $x=0$ ۷۵
- شکل ۱۵-۴ خطوط جرئین در مرحله دوم در صفحه $x=0$ ۷۵
- شکل ۱۶-۴ کانتورهای دما به صورت سه بعدی در مرحله دوم ۷۵
- شکل ۱۷-۴ تغییرات جذب تعادلی نسبت به دما در فشار کندانسور و اواپراتور ۷۷
- شکل ۱۸-۴ کانتورهای فشار و بردارهای سرعت در مرحله سوم در صفحه $z=0.5FS$ ۷۸
- شکل ۱۹-۴ خطوط جرئین در مرحله سوم در صفحه $z=0.5FS$ ۷۸
- شکل ۲۰-۴ کانتورهای فشار و بردارهای سرعت در مرحله سوم در صفحه $x=0$ ۷۹
- شکل ۲۱-۴ خطوط جرئین در مرحله سوم در صفحه $x=0$ ۷۹
- شکل ۲۲-۴ کانتورهای فشار و بردارهای سرعت در مرحله چهارم در صفحه $z=0.5FS$ ۷۹
- شکل ۲۳-۴ خطوط جرئین در مرحله چهارم در صفحه $z=0.5FS$ ۸۰
- شکل ۲۴-۴ کانتورهای فشار و بردارهای سرعت در مرحله چهارم در صفحه $x=0$ ۸۰
- شکل ۲۵-۴ خطوط جرئین در مرحله چهارم در صفحه $x=0$ ۸۰
- شکل ۲۶-۴ تغییرات مقدار جذب می‌انگین بر حسب زمان ۸۱
- شکل ۲۷-۴ تغییرات فشار می‌انگین بستر و فشار محفظه بر حسب زمان ۸۲
- شکل ۲۸-۴ تغییرات دمای می‌انگین لوله فلزی، فنن ها و بستر ماده جاذب ۸۳
- شکل ۲۹-۴ تغییرات دبی جرمی خروجی از بستر بر حسب زمان ۸۴
- شکل ۳۰-۴ تغییرات توان بستر بر حسب زمان ۸۵
- شکل ۳۱-۴ تغییرات زمان سریکل بر حسب ارتفاع فنن برای فاصله فنن های متفاوت ۸۶
- شکل ۳۲-۴ تغییرات ضریب عملکرد و ظرفیت سرمایش مخصوص بر حسب ارتفاع فنن در فاصله فنن های متفاوت ۸۷
- شکل ۳۳-۴ سهم قسمتهای مختلف از انرژی حرارتی ورودی به سریکل ۸۸
- شکل ۳۴-۴ تغییرات زمان سریکل بر حسب قطر ذرات جاذب ۸۹
- شکل ۳۵-۴ تغییرات ضریب عملکرد و ظرفیت سرمایش مخصوص بر حسب قطر ذرات جاذب ۹۰
- شکل ۳۶-۴ تغییرات مقدار جذب می‌انگین نسبت به زمان برای منابع حرارتی با دمای مختلف ۹۱
- شکل ۳۷-۴ تغییرات زمان سریکل بر حسب دمای آب گرم ورودی ۹۲
- شکل ۳۸-۴ مقادیر ضریب عملکرد و ظرفیت سرمایش مخصوص بر حسب دمای آب گرم ورودی ۹۲

 <p>بسمه تعالی</p> <p>مشخصات پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد</p> <p>دانشگاه فردوسی مشهد</p>	
عنوان پایان نامه: مدلسازی سه بعدی بستر ماده جاذب با فین های صفحه ای در چیلرهای جذب سطحی	
نام نویسنده: مهدی مهدوی خواه	
نام استاد راهنما: دکتر حمید نیازمند	
دانشکده: مهندسی رشته: مکانیک گرایش: تبدیل انرژی مقطع: کارشناسی ارشد	
تاریخ دفاع: ۱۳۸۹/۱۲/۴	تعداد صفحات: ۱۰۰
<p>چکیده:</p> <p>استفاده از چیلرهای جذب سطحی یک روش مناسب برای تولید سرمایش با استفاده از انرژی حرارتی در گستره وسیع دمایی است و در سالهای اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. این چیلرها از چهار قسمت اصلی محفظه های جاذب، کندانسور، شیر اختناق و اواپراتور تشکیل شده است. مهمترین قسمت چیلر محفظه های جاذب هستند که حاوی ذرات جاذب مانند سیلیکاژل می باشند و اساس کار چیلر جذب سطحی، جذب و احیا سیال عامل در این ذرات است. با توجه به اهمیت محفظه های جاذب در عملکرد چیلرهای جذب سطحی در این پایان نامه به مدلسازی بستر ماده جاذب پرداخته شده و کندانسور و اواپراتور با استفاده از روابط ساده مدل شده اند. در کاربردهای عملی برای بستر ماده جاذب از تبدیل حرارتی استفاده می شود و ذرات جاذب در اطراف لوله و بین فین ها قرار می گیرند. به منظور مدلسازی عملکرد چیلر معادله انتقال حرارت یک بعدی برای سیال ناقل حرارت و انتقال حرارت سه بعدی در دستگاه مختصات استوانه ای برای لوله فلزی در نظر گرفته شده است. با توجه به پایین بودن ضریب انتقال حرارت ذرات جاذب استفاده از فین توان تبرید چیلر را تا حد زیادی بهبود می بخشد. در این مطالعه از فین های صفحه ای پیوسته روی لوله فلزی استفاده شده و با استفاده از معادله انتقال حرارت دو بعدی در دستگاه مختصات عمومی مدلسازی شده است. برای مدلسازی بستر ماده جاذب معادلات پیوستگی، مومنتوم و انتقال حرارت سه بعدی در دستگاه مختصات عمومی حل شده است. برای حل همزمان معادلات وابسته به زمان در چهار حوزه سیال ناقل حرارت، لوله فلزی، فین ها و بستر ماده جاذب از روش حجم کنترل استفاده شده است.</p> <p>پس از بررسی نتایج بدست آمده مشاهده شد با افزایش فاصله بین فین ها و ارتفاع فین ها، ظرفیت سرمایش مخصوص کاهش یافته و ضریب عملکرد و زمان سیکل افزایش می یابد. مقدار ظرفیت سرمایش مخصوص نسبت به قطر ذرات دارای یک مقدار بهینه است که با کاهش یا افزایش قطر ذرات نسبت به مقدار بهینه مقدار ظرفیت سرمایش مخصوص کاهش می یابد و مقدار ضریب عملکرد تغییرات ناچیزی نسبت به قطر ذرات جاذب دارد. همچنین مشاهده شد استفاده از منابع حرارتی با دمای بالاتر باعث افزایش ظرفیت سرمایش مخصوص و ضریب عملکرد چیلر می شود.</p>	
کلید واژه:	امضای استاد راهنما:
۱. چیلر جذب سطحی	تاریخ:
۲. مدلسازی عددی	
۳. سیلیکاژل	
۴. ضریب عملکرد	
۵. فین های صفحه ای پیوسته	



بسمه تعالی

Graduate Studies Dissertation Information
Ferdowsi University of Mashhad

Title of Dissertation: Three dimensional modeling of adsorbent bed with plate-fins in adsorption chillers

Author: Mahdi mahdavihah

Supervisor: Dr. Hamid niazmand

Faculty: Engineering **Branch:** Mechanical Eng.

Tendency: Energy Conversion **Grade:** M.Sc

Defence Date: 2011/2/23

Number of Pages: 100

Abstract:

Applications of adsorption chiller as heat-operated refrigeration systems, working at large range of heat source temperatures, have received significant attention in recent years.

An adsorption chiller mainly consists of an adsorbent chamber, a condenser, an evaporator and an expansion valve, however, the most important part of this system is the adsorbent bed, filled with porous particles, such as silica gel. The working principle of this system is based on adsorption and desorption of refrigerant in the adsorbent bed. Therefore, the main purpose of this thesis is modeling the adsorbent bed, while condenser and evaporator are modeled according to simple physical considerations.

In practice, a fine tube heat exchanger is used as the adsorbent bed with the adsorbent filled around the metal tube and between the fins. To model the performance of the adsorption bed, one dimensional heat transfer equation is solved for thermal fluid and three dimensional conduction equation in cylindrical coordinate is used for metal tube.

Employing extended surfaces can improve the cooling power of the system and compensate for the low conductivity of the bed. In this study, the continuous plate fins are utilized and the two dimensional heat transfer equation in a general coordinate system is used for its modeling. For the adsorbent bed, the continuity, momentum and heat transfer equations are solved in three dimensional body fitted coordinate system. The governing equations are solved using a control volume technique in a time accurate fashion in all four domains of thermal fluid, metal tube, fins and adsorbent bed.

The results show that the specific cooling power (SCP) of the system decreases with an increase in fin spacing and fins height, while the coefficient of performance (COP) and the cycle time increases. It was also found that there exists an optimum value for particle diameter that maximizes the SCP of the system. However, COP of the system is basically not influenced by the particle diameter. Moreover, it was observed that using high temperature heat sources can improve the SCP and COP of the cooling system noticeably.

Signature of Supervisor:

Key Words:

1. Adsorption chiller
2. Numerical modeling
3. Silica gel
4. Coefficient of performance
5. Continuous plate fins

Date:

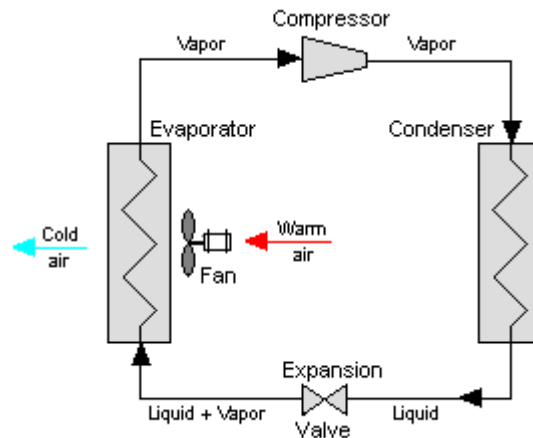
فصل اول:

مقدمه

فصل اول: مقدمه

۱-۴ سیستم‌های رایج تبرید

در میان روش‌های بسیاری که برای ایجاد برودت وجود دارد، دو روش تراکم بخار^۱ و جذبی کاربرد بیشتری در صنعت تبرید و تهویه مطبوع دارند. در سیکل تبرید تراکمی، فشار سیال عامل در کمپرسور افزایش می‌یابد و سپس وارد کندانسور می‌شود. سیال عامل پس از تبدیل شدن به مایع در کندانسور، وارد شیر انبساط شده و پس از افت فشار، وارد اواپراتور می‌گردد. مکش سیال عامل از اواپراتور توسط کمپرسور، باعث تبخیر سیال عامل در اواپراتور می‌شود و عمل تبرید در اواپراتور صورت می‌گیرد. سیال عامل پس از ورود به کمپرسور مجدداً افزایش فشار می‌یابد تا به کندانسور وارد شود و به این ترتیب سیکل ادامه می‌یابد. در چیلرهای تراکمی برای افزایش فشار از انرژی الکتریکی استفاده می‌شود که بسیار مفید بوده و هزینه زیادی صرف تولید آن شده است. مصرف بالای انرژی الکتریکی بزرگترین عیب سیستم‌های تراکمی به شمار می‌رود. اجزای اصلی سیکل چیلر تراکمی در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱ طرح کلی سیستم سرمایش تراکمی

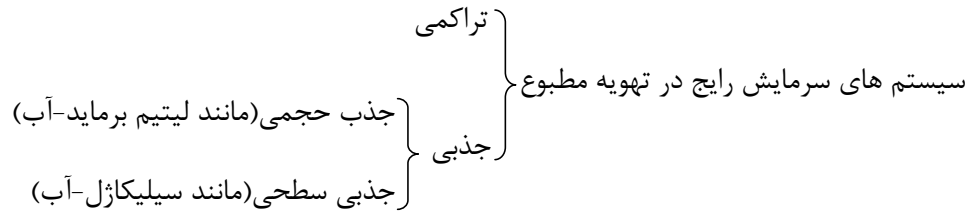
سیستم تبرید دیگری که در صنعت برای سرمایش و تهویه مطبوع بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد سیکل تبرید جذبی است. مهمترین مزیت این سیستم استفاده از انرژی حرارتی بجای انرژی الکتریکی می‌باشد. چیلرهای جذبی از جهات زیادی مشابه با چیلر تراکمی هستند با این تفاوت که به جای کمپرسور مکانیکی در آنها از کمپرسور حرارتی^۲ استفاده می‌شود. چیلرهای جذبی را می‌توان به دو دسته کلی جذب حجمی^۳ و جذب سطحی^۴ تقسیم بندی کرد.

¹ Vapor compression

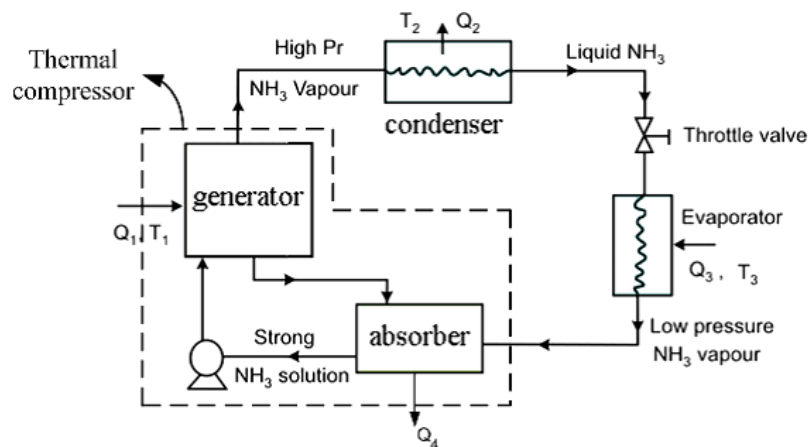
² Thermal compressor

³ Absorption

⁴ Adsorption



در چیلرهای جذبی انرژی حرارتی نیروی محرکه را برای به حرکت در آوردن سیال عامل مهیا می کند و میزان مصرف انرژی برق نسبت به چیلرهای تراکمی بسیار کاهش می یابد. در سیکل تبرید جذب حجمی با گرمایش یک محلول خاص مانند آب و آمونیاک در ژنراتور^۱، آمونیاک به صورت بخار از آب جدا شده و وارد کندانسور می شود. آمونیاک پس از گذشتن از کندانسور، شیر انبساط و اواپراتور، با سرمایه‌ش بخش جذب^۲، در فضای حجمی آب جذب می شود. بنابراین به علت مکش آمونیاک از اواپراتور توسط بخش جذب، تبخیر رخ داده و سرمایه‌ش در اواپراتور به وجود می آید. محلول آمونیاک و آب موجود در جذب به کمک یک پمپ به ژنراتور می رود تا در آنجا آمونیاک از آب جدا شود و آمونیاک تبخیر شده به کندانسور رود. محلول رقیق شده ی آب و آمونیاک مجدداً به جذب باز می گردد تا آمونیاک را از اواپراتور جذب کند و به این ترتیب سیکل کامل می شود. مجموعه ی ژنراتور، جذب و پمپ میان این دو بخش، کمپرسور حرارتی را تشکیل می دهند که جایگزین کمپرسور مکانیکی در سیستم تبرید تراکمی شده است و در آن به کمک گرمایش ژنراتور، آمونیاک در سیکل به گردش در می آید. با وجود اینکه در پمپ موجود در کمپرسور حرارتی این سیستم، از انرژی الکتریکی استفاده می شود، این انرژی الکتریکی در مقایسه با انرژی الکتریکی مصرف شده در سیستم تبرید تراکمی بسیار ناچیز می باشد. طرح کلی از یک چیلر جذب حجمی در شکل ۲-۱ نشان داده شده است.



شکل ۲-۱ طرح کلی چیلر جذب حجمی

¹ Generator

² Absorber

۴ ۱ معرفی تبرید جذب سطحی

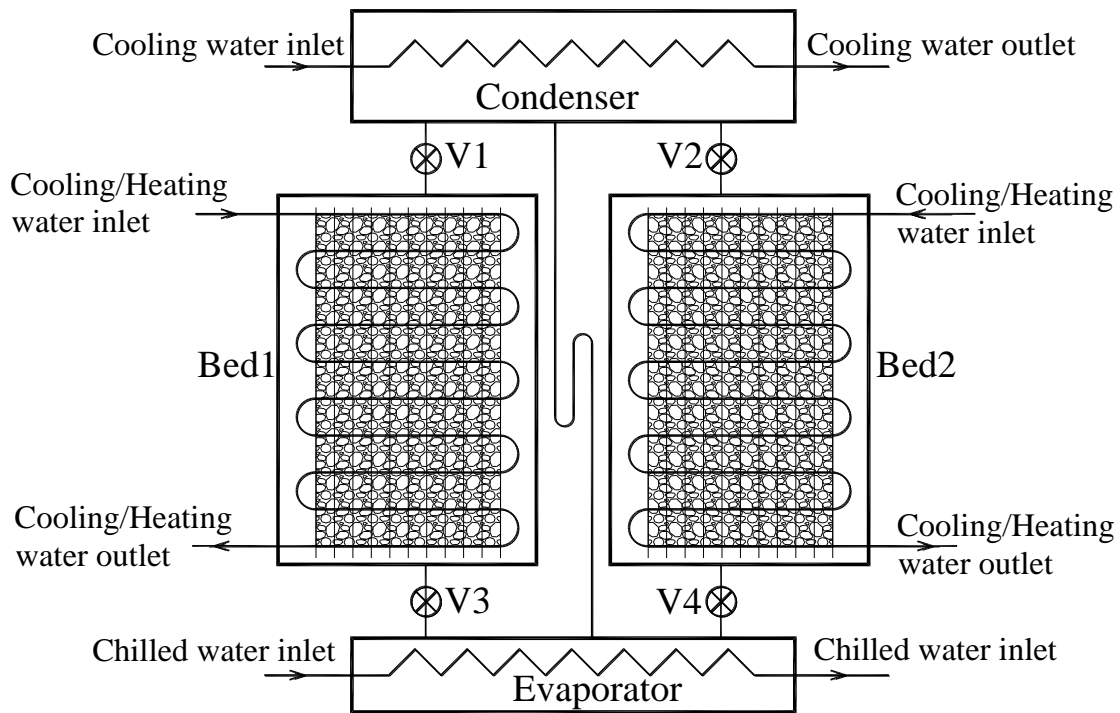
سیکل تبرید جذب حجمی دارای مزایای زیادی نسبت به سیکل تراکمی می باشد و بسیار مورد توجه قرار گرفته است اما علیرغم برتری های فراوانی که نسبت به چیلرهای تراکمی دارند، خود دارای معایبی هستند و در سالهای اخیر توجه ویژه ای به سیکلهایی که بر اساس جذب سطحی کار می کنند شده است. این فناوری ابتدا در سال ۱۹۸۶ توسط شرکت ژاپنی Nyshiyodo kuchouki ابداع گردیده است و اکنون چیلرهای جذب سطحی توسط شرکت های زیادی مانند GBU آلمان، KRUM international آمریکا و Sortech تولید می شود.

۴ ۱ + عملکرد چیلر جذب سطحی

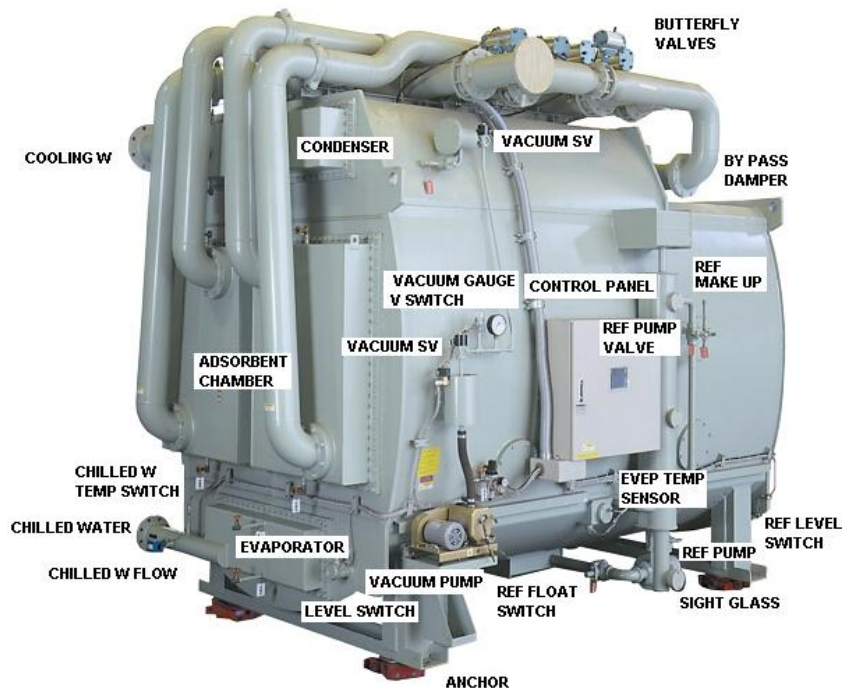
چیلر جذب سطحی مانند چیلر تراکمی از چهار قسمت اصلی تشکیل شده است. کندانسور، شیر اختناق و اواپراتور در هر دو مشترک هستند اما در چیلر جذب سطحی، محفظه های جاذب^۱ نقش کمپرسور را ایفا می کنند. محفظه جاذب از مواد جامدی پر شده است که می توانند سیالات خاصی را جذب کرده و مجدداً احیا کنند. این جامدات متخلخل هنگامی که سرد شوند سیال را جذب کرده و با گرم کردن آنرا احیا می کنند و این فرآیند می تواند به صورت تکرار پذیر برای مدت طولانی انجام شود. به منظور بهبود عملکرد چیلر و افزایش میزان انتقال جرم و حرارت معمولاً از مبدل های حرارتی در محفظه استفاده می شود و ذرات جاذب روی سطوح مبدل حرارتی قرار می گیرند. در شکل ۱-۳ طرح کلی یک چیلر جذب سطحی ساده با دو بستر جاذب که معمولاً در کاربردهای صنعتی استفاده می شود نشان داده شده است. عملکرد چیلر به این صورت است که در ابتدا شیرهای V1، V2، V3 و V4 بسته اند، آب گرم وارد لوله های فین دار بستر ۱ شده و فرآیند احیای سیال عامل موجود در ذرات جاذب آغاز می شود و فشار محفظه ۱ در جرم ثابت تا فشار کندانسور سریعاً افزایش می یابد. در همین زمان آب سرد وارد لوله های بستر ۲ شده و فرآیند جذب سیال عامل در ذرات جاذب شروع می شود و فشار محفظه ۲ در جرم ثابت تا فشار اواپراتور کاهش خواهد یافت. در مرحله دوم شیر V1 باز شده و سیال عامل احیا شده از بستر ۱ وارد کندانسور می شود. سیال عامل پس از آزاد کردن گرما در کندانسور وارد شیر اختناق شده و با افت فشار، دمایش کاهش می یابد. در این مرحله شیر V4 باز است و سیال عامل پس از دریافت گرما از منبع دما پایین، جذب مواد جاذب در بستر ۲ خواهد شد. در این مرحله گرما دادن به بستر ۱ و خنک کردن بستر ۲ ادامه دارد تا هر دو بستر به حالت اشباع برسند. در مرحله سوم شیرهای V1، V2، V3 و V4 بسته اند و عکس مرحله ۱ انجام می شود یعنی بستر ۱ خنک شده و بستر ۲ گرم خواهد شد. بدین ترتیب فشار بستر

^۱ Adsorbent Bed

۱ تا فشار اواپراتور کاهش یافته و فشار بستر ۲ تا فشار کندانسور افزایش می یابد. در مرحله چهارم عکس مرحله دوم انجام می شود و بستر ۱ به اواپراتور و بستر ۲ به کندانسور متصل خواهد شد. پس از پایان مرحله چهارم، سیکل کامل می شود. در این چهار مرحله از سیکل، تنها در دو مرحله سرمایش انجام می شود و در مراحل جرم ثابت (اول و سوم) که نسبت به مراحل فشار ثابت (دوم و چهارم) مدت زمان کوتاهی می باشد عمل تبرید صورت نمی گیرد.



شکل ۳-۱ طرح کلی از یک چیلر جذب سطحی با دو محفظه جاذب



شکل ۴-۱ نمونه صنعتی چیلر جذب سطحی