

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده مهندسی
گروه مکانیک

عنوان پایان نامه

مدل سازی عددی انتقال جرم و حرارت در بستر مواد جاذب سیستم تبرید جذب سطحی با فین های شعاعی

مؤلف:

ایمان دابزاده

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

استاد راهنما:

دکتر حمید نیازمند

خرداد ۱۳۸۹

تأییدیه

گواهی می‌شود که این پایان‌نامه تاکنون برای احراز یک درجه علمی ارائه نشده است و تمامی مطالب آن به جز مواردی که نام مرجع آورده شده است، نتیجه کار پژوهشی دانشجوی می‌باشد.

امضا

دانشجو: ایمان دابزاده

تاریخ:

امضا

استاد راهنما: دکتر حمید نیازمند

تاریخ:

پایان نامه حاضر تحت عنوان:

مدل‌سازی عددی انتقال جرم و حرارت در بستر مواد جاذب سیستم تبرید جذب سطحی با

فین‌های شعاعی

که توسط آقای ایمان داب‌زاده تهیه و به هیئت داوران ارائه گردیده است مورد تأیید کمیته تحصیلات تکمیلی گروه می‌باشد.

تاریخ دفاع: ۱۳۸۹/۳/۲۵ نمره: ۱۹/۵ درجه ارزشیابی: عالی

اعضاء هیأت داوران:

| نام و نام خانوادگی | هیأت داوران | مرتبه علمی | امضاء |
|--------------------------|---------------------|------------|-------|
| ۱- دکتر حمید نیازمند | استاد راهنما | دانشیار | |
| ۲- دکتر محمد پسندیده فرد | استاد ممتحن | دانشیار | |
| ۳- دکتر محمد باقر آیانی | استاد ممتحن | استادیار | |
| ۴- دکتر محمد پسندیده فرد | دبیر تحصیلات تکمیلی | دانشیار | |

تشکر و قدردانی:

خداوند حکیم را سپاسگزارم که بی شک طی این مقطع تحصیلی همانند سایر مراحل زندگی‌ام، جز با کمک و یاری او ممکن نبود. امیدوارم که توفیق شکر نعماتش را به من ارزانی دارد. بر خودم لازم می‌دانم که از پدر و مادر فداکارم تشکر نمایم چرا که در تمام مدت زندگی و تحصیلم برای فراهم کردن شرایطی مناسب کوشیدند و همواره پشتیبان و یاورم بودند.

بدین وسیله از اساتید گروه مکانیک دانشگاه فردوسی مشهد متشکرم که آنچه در توان داشتند، در طبق اخلاص گذاشته، در اختیار بنده قرار دادند تا موجب رشد علمی اینجانب گردند. در ادامه از جناب آقای دکتر نیازمند، استاد راهنمای پایان نامه‌ام، نیز کمال قدردانی را دارم. همچنین از آقای دکتر آیانی و آقای دکتر محمد پسندیده فرد نیز متشکرم که توجه کافی به این پایان نامه مبذول داشتند و در بر طرف نمودن نقایص آن کوشیدند.

ایمان داب‌زاده

خرداد ۱۳۸۹

تقدیم به

پدر و مادر

که از هیچ کوششی برای پیشرفتم دریغ ننمودند.

فهرست مطالب

| | |
|----|---|
| | فصل اول: مقدمه |
| ۱ | |
| ۴ | ۱-۱ سیکل ترمودینامیکی تبرید جذب سطحی |
| ۱۲ | ۲-۱ مزایا و معایب تبرید جذب سطحی در مقایسه با تبرید تراکمی و جذب حجمی |
| ۱۳ | ۳-۱ مطالعات انجام شده بر روی تبرید جذب سطحی |
| ۱۴ | ۱-۳-۱ ایجاد تغییر در سیکل |
| ۱۵ | ۲-۳-۱ جفت جاذب و جذب شونده |
| ۱۸ | ۱-۲-۳-۱ کربن اکتیو و متانول |
| ۱۸ | ۲-۲-۳-۱ کربن اکتیو و آمونیاک |
| ۱۹ | ۳-۲-۳-۱ سیلیکاژل و آب |
| ۱۹ | ۴-۲-۳-۱ ژئولیت و آب |
| ۱۹ | ۳-۳-۱ طراحی بستر مواد جاذب |
| ۲۴ | ۴-۱ هدف از انجام پایان نامه |
| ۲۵ | ۵-۱ ساختار پایان نامه |
| ۲۶ | فصل دوم: تعریف مسئله و مدل سازی ریاضی آن |
| ۲۹ | ۱-۲ فرضیات در نظر گرفته شده |
| ۳۱ | ۲-۲ معادلات حاکم |
| ۳۶ | ۳-۲ شرایط اولیه و شرایط مرزی |
| ۳۷ | ۴-۲ مدلسازی محفظه |
| ۳۹ | ۱-۴-۲ محفظه در حالت جرم ثابت |
| ۴۰ | ۲-۴-۲ محفظه در حالت فشار ثابت |
| ۴۱ | ۵-۲ عملکرد سیستم |
| ۴۳ | فصل سوم: مدل سازی عددی |
| ۴۴ | ۱-۳ شبکه بندی |
| ۴۶ | ۲-۳ مجزا کردن |
| ۴۸ | ۱-۲-۳ بقای انرژی در سیال حرارتی |
| ۵۰ | ۱-۱-۲-۳ مرز ورودی |
| ۵۰ | ۲-۱-۲-۳ مرز خروجی |
| ۵۱ | ۳-۱-۲-۳ مرز تقارن محوری |
| ۵۲ | ۴-۱-۲-۳ مرز با لوله |
| ۵۳ | ۲-۲-۳ بقای انرژی در لوله |
| ۵۴ | ۱-۲-۲-۳ مرز ورودی |
| ۵۴ | ۲-۲-۲-۳ مرز خروجی |
| ۵۵ | ۳-۲-۲-۳ مرز با سیال |

| | |
|-----|---|
| ۵۶ | ۴-۲-۲-۳ مرز با فین‌ها و مواد جاذب |
| ۶۰ | ۳-۲-۳ بقای انرژی در فین‌ها |
| ۶۱ | ۱-۳-۲-۳ مرز با محفظه |
| ۶۱ | ۲-۳-۲-۳ مرز با لوله |
| ۶۳ | ۴-۲-۳ بقای انرژی در مواد جاذب |
| ۶۴ | ۱-۴-۲-۳ مرز با محفظه |
| ۶۵ | ۲-۴-۲-۳ مرز با فین سمت چپ |
| ۶۵ | ۳-۴-۲-۳ مرز با فین سمت راست |
| ۶۵ | ۴-۴-۲-۳ مرز با لوله |
| ۶۷ | ۵-۲-۳ فشار در مواد جاذب |
| ۶۸ | ۱-۵-۲-۳ مرزهای با دیواره‌های جامد |
| ۶۹ | ۲-۵-۲-۳ مرز با محفظه |
| ۶۹ | ۶-۲-۳ جذب کینتیک |
| ۷۰ | ۷-۲-۳ محفظه |
| ۷۲ | ۳-۳ اعتبار سنجی |
| ۷۲ | ۱-۳-۳ معادله انرژی در لوله |
| ۷۳ | ۲-۳-۳ معادله انرژی در مجموعه چند ناحیه |
| ۷۵ | ۳-۳-۳ معادله فشار |
| ۷۶ | ۴-۳-۳ معادله مومنتوم |
| ۷۷ | ۵-۳-۳ معادله جذب کینتیک |
| ۷۸ | ۴-۳ بررسی استقلال حل از شبکه و گام زمانی |
| ۸۳ | فصل چهارم: بحث و بررسی نتایج |
| ۸۴ | ۱-۴ بررسی معیارهای مختلف برای اتمام مراحل سیکل |
| ۸۴ | ۱-۱-۴ زمان |
| ۸۸ | ۲-۱-۴ رسیدن به مقدار مشخصی از جذب |
| ۹۳ | ۳-۱-۴ انتخاب معیار برای بررسی سایر نتایج |
| ۹۴ | ۲-۴ بررسی جریان سیال عامل، توزیع دما و مقدار سیال جذب شده در بستر |
| ۹۵ | ۱-۲-۴ مرحله اول سیکل: گرمایش جرم ثابت |
| ۱۰۳ | ۲-۲-۴ مرحله دوم سیکل: گرمایش فشار ثابت |
| ۱۰۷ | ۳-۲-۴ مرحله سوم سیکل: سرمایش جرم ثابت |
| ۱۱۲ | ۴-۲-۴ مرحله چهارم سیکل: سرمایش فشار ثابت |
| ۱۱۵ | ۳-۴ اثر تغییرات برخی پارامترها بر عملکرد سیستم |
| ۱۱۶ | ۱-۳-۴ تعداد فین‌ها و ارتفاع آن‌ها |
| ۱۲۱ | ۲-۳-۴ اندازه ذرات جاذب |
| ۱۲۴ | فصل پنجم: نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادات |

پیوست الف: مدل‌های جذب سطحی و مکانیزم‌های انتقال جرم

الف-۱ مدل‌های تعادلی جذب سطحی

الف-۱-۱ معادله لنگمایر

الف-۱-۲ معادله بت

الف-۲ مکانیزم‌های انتقال جرم

الف-۲-۱ جریان لزوج

الف-۲-۱-۱ جریان آرام در بستر

الف-۲-۱-۲ جریان درهم در بستر

الف-۲-۱-۳ ناحیه بین جریان آرام و جریان درهم

الف-۲-۲ نفوذ نودسن

الف-۲-۳ نفوذ پیوسته

الف-۲-۴ نفوذ سطحی

الف-۳ مدل‌های غیر تعادلی در یک ذره جاذب همگن

الف-۳-۱ مدل‌های هم‌دما

الف-۳-۱-۱ مدل خطی

الف-۳-۱-۲ مدل‌های غیر خطی

الف-۳-۲ مدل‌های غیر هم‌دما

الف-۴ مدل نیرو محرکه خطی

پیوست ب: محاسبه شار حرارتی در مرز مشترک

فهرست علائم

| علامت | نام (فارسی) | نام (انگلیسی) | واحد |
|------------|--|--|--------------------|
| A | مساحت | area | m^2 |
| C | غلظت | concentration | $mole/m^3$ |
| C_μ | غلظت سیال جذب شده در واحد حجم قسمت جامد ذره ی جاذب | adsorbed concentration | $mole/m^3_{solid}$ |
| C_p | ظرفیت گرمایی ویژه در فشار ثابت | specific heat in constant pressure | J/(kg.K) |
| C_s | غلظت سطحی | surface concentration | $mole/m^2$ |
| C_v | ظرفیت گرمایی ویژه در حجم ثابت | specific heat in constant volume | J/(kg.K) |
| COP | ضریب عملکرد | coefficient of performance | ---- |
| d_p | قطر ذره، قطر ذره جاذب | particle diameter, adsorbent particle diameter | m |
| d_{pore} | قطر معادل فضاهای خالی در بستر | equivalent pore diameter | m |
| D | قطر لوله، پخشندگی | pipe diameter, diffusivity | m, m^2/s |
| D_{app} | ضریب پخش ظاهری | apparent diffusivity | m^2/s |
| D_c | ضریب پخش پیوسته (مولکولی) | continuum(molecular) diffusivity | m^2/s |
| D_p | ضریب پخش فضای خالی | pore diffusivity | m^2/s |
| D_{eq} | ضریب پخش معادل | equivalent diffusivity | m^2/s |
| D_k | ضریب پخش نودسن | Knudsen diffusivity | m^2/s |
| D_s | ضریب پخش سطحی | surface diffusivity | m^2/s |
| D_{s0} | ثابت در پخشندگی سطحی | pre-exponent constant of surface diffusivity | m^2/s |
| E | انرژی | energy | J |
| E_a | انرژی فعال سازی | activation energy of surface diffusion | J/kg |
| \dot{E} | آهنگ انتقال انرژی | energy rate | W |
| F.H. | ارتفاع فین | fin height ($R_s - R_f$) | mm |
| h | انتالپی | enthalpy | J/kg |
| J | شار مولی | molar flux | $mole/(m^2.s)$ |
| k_{app} | نفوذ پذیری ظاهری | apparent permeability of adsorbent bed | m^2 |
| k_D | نفوذ پذیری بستر | bed permeability | m^2 |
| k_E | ضریب فورشهایمر | Forchheimer coefficient | m^2 |

| | | | |
|-------------|---|---|--------------------------------|
| L | طول بستر | the length of adsorbent bed | m |
| L_1 | طول ورودی بدون فین لوله | inlet finless length of the tube | m |
| L_2 | طول خروجی بدون فین لوله | outlet finless length of the tube | m |
| L_v | گرمای نهان تبخیر | latent heat of vaporization | J/kg |
| $Lengh$ | طول لوله یا بستر | length of pipe or bed | m |
| m | جرم، شمارنده تکرار | mass, iteration number | kg, ---- |
| \dot{m} | دبی جرمی | mass flow rate | kg/s |
| M | جرم مولی | molar mass | kg/kmole |
| M_s | دبی جرمی سطحی | surface mass flow | mole/s |
| $m - flux$ | شار مولکولی | molecular flux | molecule/(m ² .s) |
| \vec{n} | بردار یکه عمود بر سطح مواد جاذب در مرز با محفظه | outward normal vector of adsorbent interface with chamber | ---- |
| n | چگالی مولکولی، شمارنده گام زمانی | molecular density, time step counter | molecule/m ³ , ---- |
| N | تعداد فین‌ها | fin number | ---- |
| P | فشار | pressure | Pa |
| Q | انرژی حرارتی | heat | J |
| q | دبی حجمی، آهنگ انتقال انرژی حرارتی | volumetric flow rate, heat rate | m ³ /s, W |
| q'' | شار حرارتی | heat flux | W/m ² |
| r | محور شعاعی | radial coordinate | m |
| R | ثابت جهانی گازها، شعاع | universal gas constant, radius | J/(mole.K), m |
| R_g | ثابت گاز | gas constant | J/(kg.K) |
| $R_{t,c}''$ | مقاومت تماسی | thermal contact resistance | (m ² .K)/W |
| Res | باقیمانده | residual | ---- |
| S | سطح مشترک میان مواد جاذب و محفظه | area of adsorbent interface with chamber | m ² |
| S_f | سطح مقطع داخلی لوله | inner cross-sectional area of tube | m ² |
| SCP | توان تبرید مخصوص | Specific Cooling Power | W/kg |
| t | زمان | time | s |
| T | دما | temperature | K |
| t_{cycle} | مدت زمان سیکل | cycle time | s |
| TCP | توان تبرید کلی | Total Cooling Power | W |
| u | سرعت در راستای محوری، | velocity in axial direction, | m/s, |

| | | | |
|------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|
| | انرژی داخلی | internal energy | J/kg |
| v | سرعت در راستای شعاعی | velocity in radial direction | m/s |
| \vec{V} | بردار سرعت | velocity vector | m/s |
| V | حجم | volume | m^3 |
| V_{pore} | حجم فضاهای خالی در ذرات جاذب | pore volume of adsorbent particles | cm^3/gr |
| w_{eq} | سیال جذب شده در حالت تعادلی | adsorbed phase in equilibrium | $kg_{adsorbate} / kg_{adsorbent}$ |
| w_0 | حداکثر سیال قابل جذب در ماده جاذب | maximum adsorbed phase | $kg_{adsorbate} / kg_{adsorbent}$ |
| \bar{w} | متوسط سیال جذب شده در یک ذره جاذب | average adsorbed amount | $kg_{adsorbate} / kg_{adsorbent}$ |
| z | محور طولی | axial coordinate | m |

علائم یونانی

| علامت | نام (فارسی) | نام (انگلیسی) | واحد |
|-----------------|---|--|------------------------------------|
| ΔH | گرمای جذب | heat of adsorption | J/kg |
| ε | تخلخل | porosity | ---- |
| ε_t | تخلخل کلی | total porosity | ---- |
| ε_b | تخلخل بستر | bed porosity | ---- |
| ε_p | تخلخل ذره | 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 | ---- |
| Ω | انTEGRال برخورد | collision integral | |
| δ | ضخامت فین | fin thickness | m |
| ρ | چگالی | density | kg/m ³ |
| ρ_s | چگالی مواد جاذب | density of adsorbent particles | Kg/m ³ _{solid} |
| η | شمارنده فین ها و نواحی مواد جاذب بین دو فین | | ---- |

زیر نویس ها

| علامت | نام (فارسی) | نام (انگلیسی) |
|-------|--------------|----------------|
| 0 | شرایط اولیه | initial state |
| a | سیال جذب شده | adsorbed phase |
| av | متوسط | average |

| | | |
|-------------|---|---|
| <i>c</i> | سرد | cold |
| <i>cham</i> | محفظه | chamber |
| <i>co</i> | کندانسور | condenser |
| <i>e</i> | شرق | east |
| <i>eff</i> | مؤثر | effective |
| <i>eq</i> | معادل | equivalent |
| <i>ev</i> | اوپراتور | evaporator |
| <i>f</i> | سیال حرارتی | thermal fluid |
| <i>fin</i> | فین | fin |
| <i>g</i> | سیال جذب شونده | gaseous adsorbate |
| <i>h</i> | داغ | hot |
| <i>in</i> | ورودی | inlet |
| <i>int</i> | مرز مشترک، سطح مشترک مواد جاذب و محفظه | interface, adsorbent and chamber interface |
| <i>n</i> | شمال | north |
| <i>t</i> | لوله فلزی | metal tube |
| <i>out</i> | خروجی | outlet |
| <i>ref</i> | مرجع | reference |
| <i>s</i> | ماده جاذب، جنوب | adsorbent, south |
| <i>sat</i> | اشباع | saturation |
| <i>w</i> | غرب | west |



دفتر مدیریت تحصیلات تکمیلی فرم چکیده پایان نامه تحصیلی دوره تحصیلات تکمیلی

نام خانوادگی دانشجو: دابزاده نام: ایمان

استاد راهنما: دکتر حمید نیازمند

دانشکده: مهندسی رشته: مکانیک گرایش: تبدیل انرژی مقطع: کارشناسی ارشد

تعداد صفحات: ۱۵۸ تاریخ دفاع: ۱۳۸۹،۳،۲۵

عنوان پایان نامه: مدل سازی عددی انتقال جرم و حرارت در بستر مواد جاذب سیستم تبرید جذب سطحی با فین های شعاعی

واژه های کلیدی: انتقال جرم و حرارت، بستر مواد جاذب، تبرید جذب سطحی، فین های شعاعی، محیط متخلخل، مدل عددی،

چکیده

سیستم تبرید جذب سطحی، سیستمی است که به جای استفاده از کمپرسور مکانیکی، از کمپرسور حرارتی برای به گردش در آوردن سیال عامل در سیکل استفاده می کند. در سال های اخیر سیستم های تبرید جذب سطحی و پمپ گرمایی جذب سطحی به شدت مورد توجه قرار گرفته اند. عمر طولانی، اصول کارکرد ساده، نیاز اندک به تعمیر و نگهداری، قابلیت استفاده از منابع حرارتی دما پایین مانند انرژی خورشیدی و منابع زمین گرمایی، بی ضرر بودن برای محیط زیست و کارکرد بدون لرزه و سر و صدا را می توان به عنوان تعدادی از مهم ترین مزایای این سیستم ها به شمار آورد.

هندسه ی به کار رفته در کمپرسور حرارتی (بستر مواد جاذب)، خواص مواد جاذب و سیال عامل به کار رفته و شرایط ترمودینامیکی سیکل اثر قابل توجهی بر عملکرد این سیستم ها دارد. برای طراحی بستر، بایستی آن را مدل سازی نمود و معادلات حاکم را حل کرد. این مدل سازی شامل انتقال حرارت میان اجزای مختلف بستر و انتقال جرم سیال عامل در بخش متخلخل مواد جاذب می باشد. برای افزایش آهنگ انتقال حرارت و افزایش سرعت جذب و احیا در بستر از فین های شعاعی استفاده شده است. جریان سیال عامل در میان دانه های مواد جاذب بر اساس مکانیزم های جریان لزوج، جریان نودسن و جریان پیوسته (مولکولی) محاسبه می گردد و نفوذ سیال عامل در درون مواد جاذب با مکانیزم نفوذ سطحی کنترل می شود. از آنجایی که معادلات به دست آمده در این مدل سازی غیر خطی و وابسته به یکدیگر می باشند، چاره ای جز حل عددی این معادلات نمی باشد.

اثر تعدادی از پارامترها مانند ضخامت بستر، تعداد فین ها و قطر دانه های مواد جاذب به دقت مورد بررسی قرار گرفته اند. افزایش تعداد فین ها، توان تبرید کلی را افزایش و ضریب عملکرد را کاهش می دهد. افزایش ضخامت بستر (ارتفاع فین ها)، موجب کاهش توان تبرید مخصوص و افزایش ضریب عملکرد سیستم خواهد شد. مقدار بهینه برای اندازه ی قطر ذرات جاذب در بازه ی ۰/۱ میلی متر تا ۰/۲۵ میلی متر به دست آمده است.

امضای استاد راهنما

Abstract form Supplementary Curriculum Dissertation

O.S.C.M

Student Name: **Iman** Student Surname: **Dabzadeh**

Supervisor: **Dr. H. Niazmand**

Faculty: **Engineering** Branch: **Mechanical** Tendency: **Energy Conversion** Grade: **M.Sc.**

Advocating Date: **June 15th, 2010**

Pages Number: **158**

Dissertation Title: **Numerical Simulation of Heat and Mass Transfer in the Adsorbent Beds with Annular Fins**

Keywords: **Adsorbent bed; Adsorption cooling; Annular fins; Heat and mass transfer; Porous media; Numerical model**

Abstract

Adsorption refrigeration system is a system which uses thermal compressor instead of conventional mechanical compressors. In recent years, the importance of adsorption heat pumps and adsorption refrigeration systems has increased considerably. Long life time, simple principle of working, requiring less frequent maintenance, working with low temperature driving energy sources such as waste heat, solar, and geothermal energies, being environmental friendly, operating without noise and vibration, are some of the important advantages of the adsorption systems.

Geometry and properties of the employed adsorption working pairs and their associated thermodynamic cycle conditions have great effects on the performance of the system. Adsorbent bed design requires modeling and solving the governing equations in such porous adsorbent bed. The model that describes the process is related to the heat transfer between different components of the whole adsorbent bed and the mass transfer of the refrigerant vapour in the porous region. Fins are employed to increase the heat transfer rate to the adsorbents and increase adsorption and desorption rates. The flow between the adsorbent particles in the adsorbent bed includes Poiseuille flow, Knudsen flow and continuum flow while the diffusion inside the particles is controlled by surface diffusion. Since the equations are nonlinear and coupled, a numerical approach with iterative nature has to be used.

Effects of some parameters such as adsorbent bed thickness, fins number, and adsorbent particle diameter are examined in details. It was found that increasing the fins number increases the total cooling power (TCP) and decreases the coefficient of performance (COP) whereas increasing the bed thickness (fins height) decreases the Specific Cooling Power (SCP) and increases COP. The optimum value for the particles diameter is found to be between 0.1 mm to 0.25 mm.

Supervisor Signature

فصل اول

مقدمه

مقدمه

تبرید تراکمی و تبرید جذبی را می‌توان به عنوان دو نوع از سیستم‌های تبرید معرفی کرد. در سیکل تبرید تراکمی [۱] سیال عامل در کمپرسور افزایش فشار می‌یابد و وارد کندانسور می‌شود. سیال عامل پس از تبدیل شدن به مایع در کندانسور، به شیر انبساط می‌رسد و بعد از افت فشار، وارد اواپراتور می‌گردد. مکش سیال عامل از اواپراتور توسط کمپرسور، موجب تبخیر سیال عامل در اواپراتور می‌شود و عمل تبرید صورت می‌گیرد. سیال عامل پس از ورود به کمپرسور مجدداً افزایش فشار می‌یابد تا به کندانسور وارد شود و به این ترتیب سیکل به پایان می‌رسد (شکل ۱-۱). انرژی مورد استفاده در کمپرسور این سیستم، برای به حرکت در آوردن سیال عامل، انرژی الکتریکی است.

سیکل‌های تبرید جذبی مشابه با سیکل تبرید تراکمی هستند با این تفاوت که به جای کمپرسور مکانیکی در آن‌ها از کمپرسور حرارتی^۱ استفاده می‌شود. در کمپرسور حرارتی، انرژی حرارتی نیروی محرکه کمپرسور را برای به حرکت در آوردن سیال عامل مهیا می‌کند. از آن جایی که در بسیاری از صنایع، خانه‌ها و اتومبیل‌ها، انرژی حرارتی تلف می‌شود، سیکل‌های تبرید جذبی نقش مهمی در صرفه-جویی انرژی دارند. به علاوه می‌توان از انرژی‌های پاک و رایگان نظیر انرژی خورشیدی برای راه اندازی آن‌ها استفاده کرد. سیکل‌های تبرید جذبی را می‌توان به دو دسته تبرید جذب حجمی^۲ و تبرید جذب سطحی^۳ تقسیم کرد. در سیکل تبرید جذب حجمی (شکل ۱-۲) با گرمایش یک محلول خاص مانند آب و آمونیاک در ژنراتور^۴، آمونیاک به صورت بخار از آب جدا شده و به کندانسور می‌رود. پس از گذشتن از کندانسور، شیر انبساط و اواپراتور، با سرمایش بخش جاذب^۵، آمونیاک در فضای حجمی آب جذب

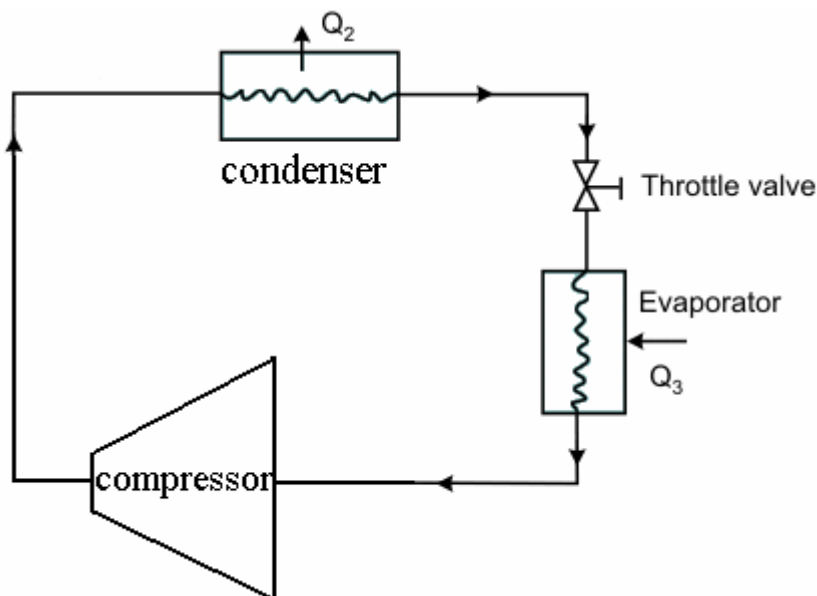
¹ thermal compressor

² absorption refrigeration

³ adsorption refrigeration

⁴ generator

⁵ absorber

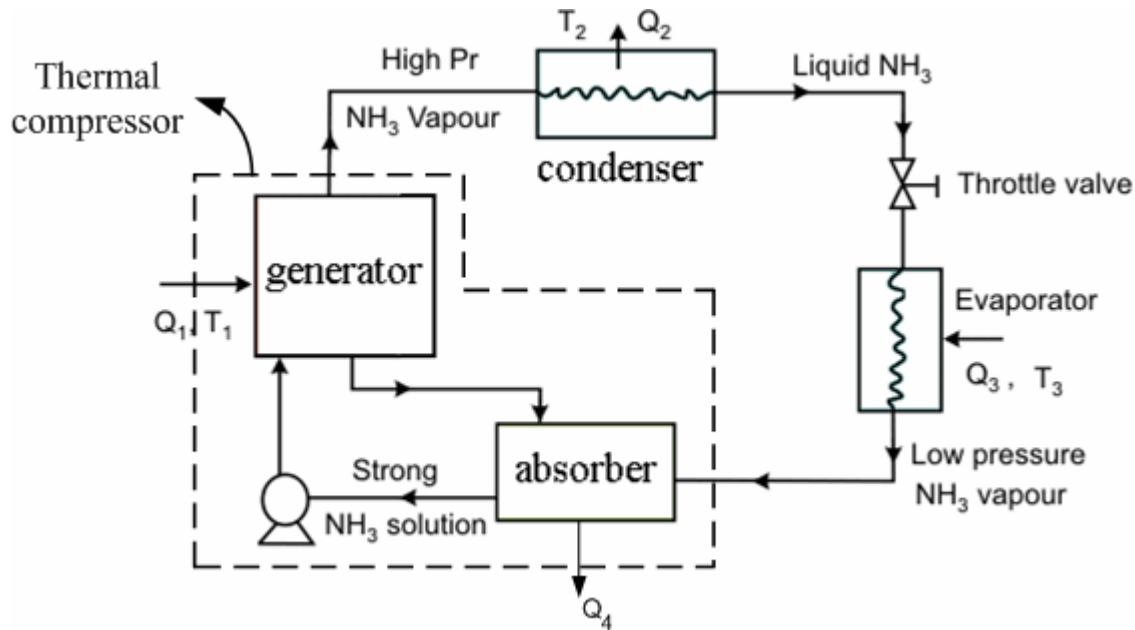


شکل ۱-۱ شمایی از سیکل تبرید تراکمی

می‌شود. بنابراین به علت مکش آمونیاک از اواپراتور توسط بخش جاذب، تبخیر رخ داده و سرمایش در اواپراتور به وجود می‌آید. محلول آمونیاک و آب موجود در جاذب به کمک یک پمپ به ژنراتور می‌رود تا در آنجا آمونیاک از آب جدا شود و آمونیاک تبخیر شده به کندانسور رود. محلول رقیق شده‌ی آب و آمونیاک مجدداً به جاذب باز می‌گردد تا آمونیاک را از اواپراتور جذب کند و به این ترتیب سیکل کامل می‌شود.

مجموعه‌ی ژنراتور، جاذب و پمپ میان این دو بخش، کمپرسور حرارتی را تشکیل می‌دهند که جایگزین کمپرسور مکانیکی در سیستم تبرید تراکمی شده است و در آن به کمک گرمایش ژنراتور، آمونیاک در سیکل به گردش در می‌آید. با وجود اینکه در پمپ موجود در کمپرسور حرارتی این سیستم، از انرژی الکتریکی استفاده می‌شود، این انرژی الکتریکی در مقابل انرژی الکتریکی مصرف شده در سیستم تبرید تراکمی بسیار ناچیز می‌باشد.

اصول کارکرد سیستم تبرید جذب سطحی در بخش ۱-۱ توضیح داده خواهد شد.

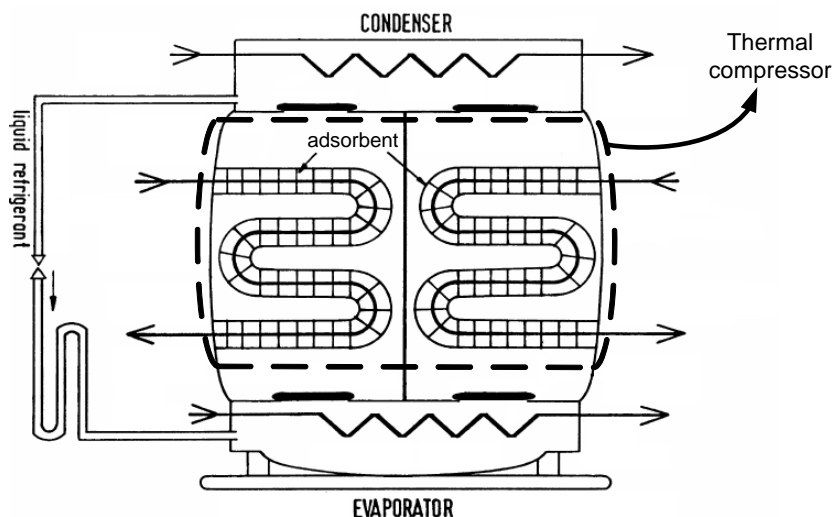


شکل ۱-۲ شمایی از سیستم تبرید جذب حجمی

۱-۱ سیکل ترمودینامیکی تبرید جذب سطحی

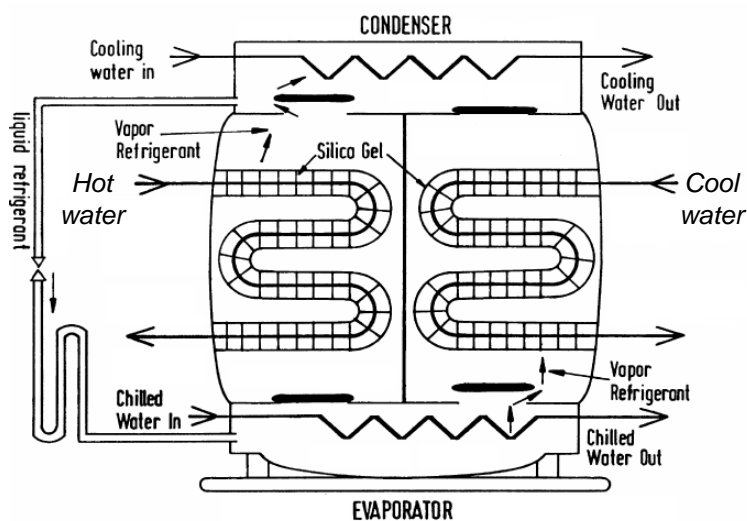
سیستم تبرید جذب سطحی از چهار قسمت عمده تشکیل شده است [۳]: کمپرسور حرارتی، کندانسور، شیر انبساط و اواپراتور. کمپرسور حرارتی از دو قسمت تشکیل شده است (شکل ۱-۳) که به هر کدام از این دو قسمت، جاذب^۱ یا بستر ماده جاذب^۲ گفته می‌شود. بستر ماده جاذب از مواد جاذب^۳ (مانند زئولیت^۴، کربن اکتیو^۵، سیلیکاژل^۶ و...) پر شده است. مواد جاذب، مواد متخلخل^۷ جامدی هستند که این توانایی را دارند که برخی سیالات را جذب^۸ و یا از خود دفع (احیا^۹) کنند. به این ترتیب که با گرم شدن سیال اطراف، شروع به احیای آن می‌کنند و با سرد شدن سیال، آن را جذب می‌کنند.

¹ adsorber
² adsorbent bed
³ adsorbent
⁴ Zeolite
⁵ Activated Carbon
⁶ Silica-gel
⁷ porous material
⁸ adsorption
⁹ desorption



شکل ۳-۱ شمایی از سیستم تبرید جذب سطحی

شکل ۴-۱ شمایی از یک سیستم تبرید جذب سطحی را نشان می‌دهد که در آن از سیلیکاژل به عنوان ماده جاذب استفاده شده است. با فرستادن آب گرم به بستر سمت چپ، عمل احیا آغاز می‌شود و دانه‌های سیلیکاژل موجود در این بستر، شروع به احیای سیال عامل می‌کنند. سیال عامل پس از خروج از محفظه‌ی مواد جاذب، وارد کندانسور می‌شود و در آنجا متراکم شده، به مایع تبدیل می‌گردد. در ادامه، سیال عامل به شیر انبساط می‌رسد و پس از طی یک فرآیند اختناقی، فشار آن کاهش یافته و وارد اواپراتور می‌گردد. در همین شرایط، با فرستادن آب خنک به بستر سمت راست، دانه‌های سیلیکاژل موجود



شکل ۴-۱ احیای سیال عامل در بستر سمت چپ و جذب سیال عامل در بستر سمت راست [۴]