فصل پنجم

اصول کلی سیکل تبرید

- مختصات یک ماده خالص
- تغییر فاز یک ماده خالص
- اصول کلی سیکل تبرید
- انتخاب ماده برودتی
- اجزای سیکل تبرید:
  - کمپرسور گریز از مرکز
  - چگالنده
  - فشار شکن(شیر انبساط)
  - سرد کننده (چیلر)
- مخازن ذخیره پروپان مایع

مختصات یک ماده خالص

دیاگرام فازی (جامد، مایع و بخار) یک ماده خالص

❖یک ماده خالص عبارت است از سیستم بسته ای که ترکیب شیمیایی در آن یکنواخت و ثابت باشد، حتی اگر تغییر فاز وجود داشته باشد. مخلوط یخ و آب مثال هایی از یک ماده خالص اند.

❖ اگر ظرفی حاوی محلول آب و نمک طعام در نظر گرفته شود تا وقتی محلول به حد اشباع برسد می توان آن را یک ماده خالص نامید چرا که هر قسمت از محلول دارای نسبت ثابتی از آب و نمک است ولی اگر محلول اشباع شد و کمی نمک ته نشین گردید در آن صورت ظرف حاوی ماده خالص نیست زیرا ترکیب شیمیایی ماده در ته ظرف با ترکیب شیمیایی در قسمت محلول متفاوت است .

❖همچنین مخلوط هوای مایع و هوای گازی یک ماده خالص نیست زیرا که ترکیب شیمیایی فاز مایعی با ترکیب شیمیایی فاز گازی متفاوت است.

❖بعضی از اوقات مخلوط گازهایی مانند هوا را ماده خالص فرض می کنند بشرط اینکه تغییر فازی وجود نداشته باشد.

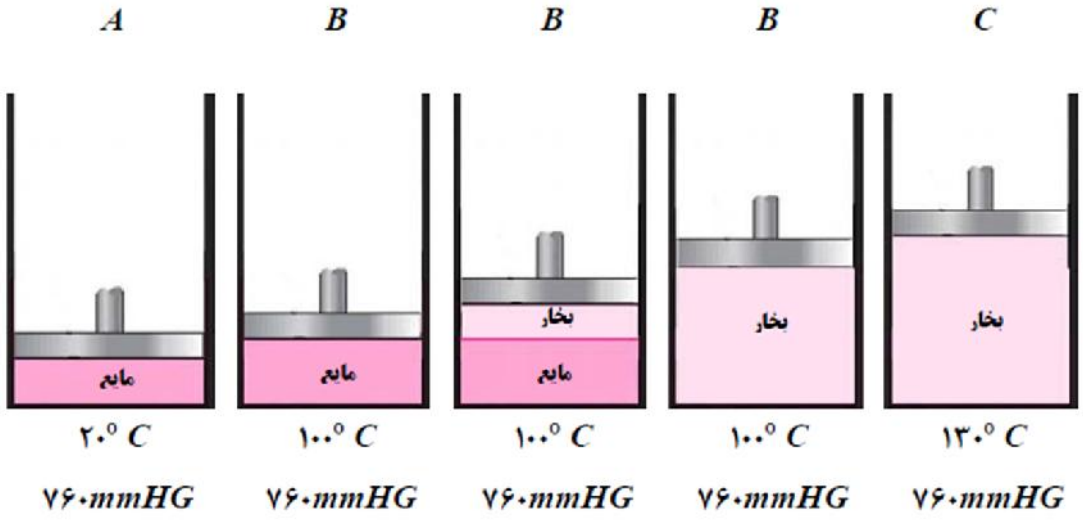
فاز

❖مجموعه از قسمت های یک سیستم را که دارای خواص شدتی (وابسته به مقدار ماده نیست) یکسان باشند فاز می گویند. مثلا مخلوط آب و یخ دارای دو فاز جامد و مایع است زیرا که خواص شدتی آب و یخ متفاوت است.

تغییر فاز یک ماده خالص

تغییر فاز یک ماده خالص

❖سیلندر و پیستونی مطابق با شکل زیر حاوی مقدار آب را در نظر می گیریم بطوریکه پیستون فشار ثابتی بر آب وارد کند.

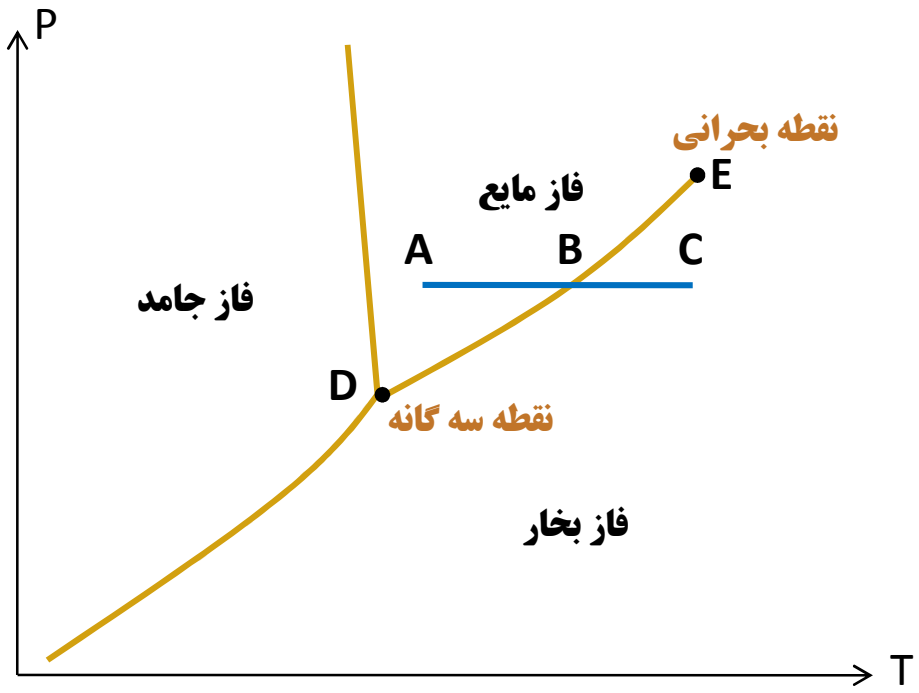


حالات ماده در سیلندر و پیستون با گرم کردن آب داخل سیلندر

❖اگر آب داخل سیلند گرم شود و منحنی تغییرات دمای آب بر حسب حجم آن رسم گردد، منحنی مطابق شکل صفحه بعد بدست خواهد آمد.

❖حالت آب در اثر گرفتن حرارت از شرایط اولیه(A) تغییر می کند و درجه حرارتش زیاد شده منبسط می گردد تا به حالت (B) برسد. از حالت (B) به بعد انتقال حرارت به آب سبب افزایش درجه حرارت آن نمی شود بلکه مقداری از آب به بخار تبدیل می گردد و حجم سیال موجود زیر پیستون زیاد می شود.

تغییر فاز یک ماده خالص



❖با انتقال حرارت بیشتر عمل تبدیل آب به بخار ادامه پیدا می کند تا تمام آب به بخار تمام ماده تبدیل شود بطوریکه در حال (C) تمام ماده زیر سیلندر بصورت بخار است. چنانچه از حال (C) به بعد حرارت دادن ادامه پیدا کند، درجه حرارت بخار زیاد می شود و حجمش نیز افزایش می یابد.

❖درجه حرارتی که درآن آب در یک فشار معین شروع به بخار شدن میکند درجه حرارت اشباع می نامند و فشار مربوط به آن را فشار اشباع در آن درجه حرارت می نامند.

❖مثلا برای آب در درجه حرارت ۱۰۰°C فشار اشباع برابر با ۱ atm و برای آب در فشار ۱ atm درجه حرارت اشباع ۱۰۰ °C است.

❖برای یک ماده خالص رابطه مشخصی بین فشار اشباع و درجه حرارت اشباع وجود دارد و آن را منحنی فشار بخار می نامند.

❖اگر ماده در فاز مایع در درجه حرارت و فشار اشباع وجود داشته باشد آن را مایع اشباع شده(نقطه B در شکل فوق) می نامند.

تغییر فاز یک ماده خالص

❖اگر درجه حرارت مایع در فشاری، کمتر از درجه حرارت اشباع درآن فشار باشد آن مایع را مایع مادون سرد (subcooled liquid) می نامند (یعنی درجه حرارت آن کمتر از درجه حرارت اشباع است) یا آن را مایع فشرده می نامند(compressed liquid) (یعنی فشار آن بیشتر از فشار اشباع در درجه حرارت مایع است). نقطه A در شکل قبل چنین حالتی را نشان می دهد.

❖اگر ماده در فاز بخار در درجه حرارت اشباع باشد آن را بخار فوق داغ(superheated vapor) می نامند (نقطه C در شکل قبل). درجه حرارت و فشار یک بخار فوق داغ مختصاتی مستقل اند و می توان یکی را در عین ثابت ماندن دیگری تغییر داد.

❖حال اگر آزمایش شکل صفحه ۴ را با فشارهای مختلف انجام دهیم، منحنی هایی مشابه منحنی DBE بدست می آید که آن را منحنی اشباع می گویند.

❖نقطه ماکزیمم منحنی اشباع را نقطه بحرانی می گویند (نقطه E) و مشخصات ماده را دراین نقطه مشخصات نقطه بحرانی می خوانند.

❖در نقطه بحرانی حالات مایع اشباع شده و بخار اشباع یکی است. در جدول زیرمشخصات نقاط بحرانی چند ماده درج گردیده است.

مشخصات بحرانی چند ماده خالص

ماده	درجه حرارت بحرانی ($F°$)	فشار بحرانی (Ibf/in^2)	حجم بحرانی (Ft^3/Ibm)
آب	۷۰۵	۲/۳۲۰۶	۰/۰۵۰۳
گاز کربنیک	۸۸	۱۰۷۱	۰/۰۳۴۸
اکسیژن	-۲۰۳	۷۳۵	۰/۰۳۶۴
ازت	-۴۰۰	۱۸۸	۰/۵۳۴

تغییر فاز یک ماده خالص

❖فشارهای بالاتر از فشار بحرانی تغییر فاز مشخصی از مایع به بخار وجود ندارد. معمولا در این فشارها اگر درجه حرارت ماده کمتر از درجه حرارت بحرانی باشد آن را مایع و اگر درجه حرارت ماده بیشتر از درجه حرارت بحرانی باشد آن را بخار می نامند.

❖برای آشنایی بیشتر با تغییر فاز، مقداری یخ °F ۰ را داخل یک سیلندر و پیستونی تحت اثر یک فشار ثابت و قابل کنترل در نظر می گیریم و آن را در فشارهای مختلف حرارت می دهیم و تغییر فازش را روی نمودار (دیاگرام) درجه حرارت – فشار رسم می کنیم.

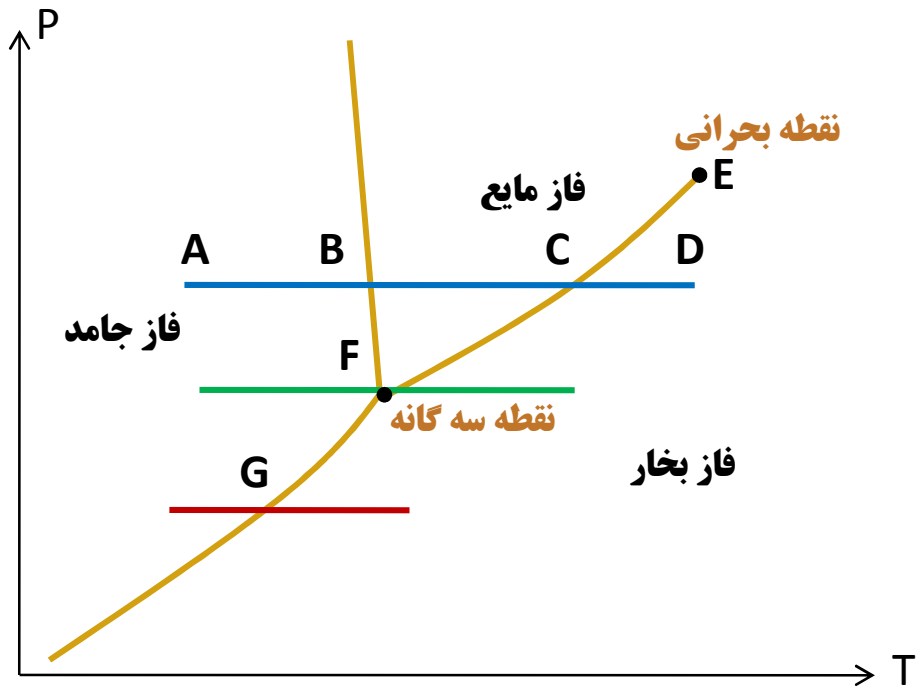
❖اگر فشار وارد بر یخ psia ۱۴/۷ باشد در اثر حرارت دادن در نقطه A در شکل صفحه بعد، درجه حرارت یخ زیاد می شود و به °F ۳۲ می رسد. در این حالت یخ را یخ اشباع شده می نامند(نقطه B روی نمودار).

❖در اثر حرارت دادن یخ در نقطه B درجه حرارت تغییر نمی کند و فقط یخ ذوب می شود. . مقدار گرمایی که lbm ۱ (یک پوند) یخ در نقطه B می گیرد تا تبدیل به آب شود گرمای نهان ذوب نامیده می شود.

❖بعد از آنکه تمام یخ ذوب شد دراثر حرارت دادن بیشتر درجه حرارت آب زیاد می شود تا به °F ۲۱۲ برسد(نقطه C). در این حالت درجه حرارت آب در اثر حرارت دادن زیاد نمی شود بلکه مقداری از آن تبدیل به بخار می شود. آب را در نقطه C آب اشباع شده می نامند و مقدار حرارتی را که lbm ۱ آب اشباع شده می گیرد تا تمام آن تبدیل به بخار شود گرمای نهان تبخیر آب می نامند.

❖بعد از آنکه تمام آب بخار شد در اثر حرارت دادن درجه حرارت بخار زیاد می شود و بخار آب، به حالت فوق داغ در می آید (حالات بخار بعد از نقطه C).

تغییر فاز یک ماده خالص



❖می توان با تکرار آزمایش مزبور در فشارهای مختلف نقاط نظیر B و C را بدست آورد و بهم وصل کرد تا دو شاخه منحنی بدست آید. این دو منحنی حد فاصل فاز مایع و بخار و فاز جامد و مایع اند.

❖اگر فشار وارد بر یخ psia ۰/۰۸۸۵۴باشد در اثر حرارت دادن درجه حرارت یخ از صفر درجه فارنهایت به °F ۳۲ می رسد ودر اینحالت (نقطه F) مقداری از یخ تبدیل به آب، و مقدار دیگر آن تبدیل به بخار می شود بطوریکه در این نقطه سه فاز جامد و مایع و بخار با هم در حال تعادلند و این نقطه را نقطه سه گانه می نامند.

❖در اثر حرارت دادن در نقطه F دو فاز جامد و مایع ایجاد شده نیز سرانجام تبدیل به بخار زیاد می شود و تبدیل به بخار فوق داغ در فشار psia ۰/۰۸۸۵۴می شود.

چانچه فشار وارد بر یخ از psia ۰/۰۸۸۵۴ کمتر باشد (مثلا ۰/۰۵۰۵) در اثر حرارت دادن درجه حرارت آن از صفر درجه به °F ۲۰ ۲۰ می رسد و در این حالت چنانچه باز هم حرارت داده شود یخ مستقیما تبدیل به بخار می شود. تبدیل بی واسطه جامد به بخار را تصعید می نامند.

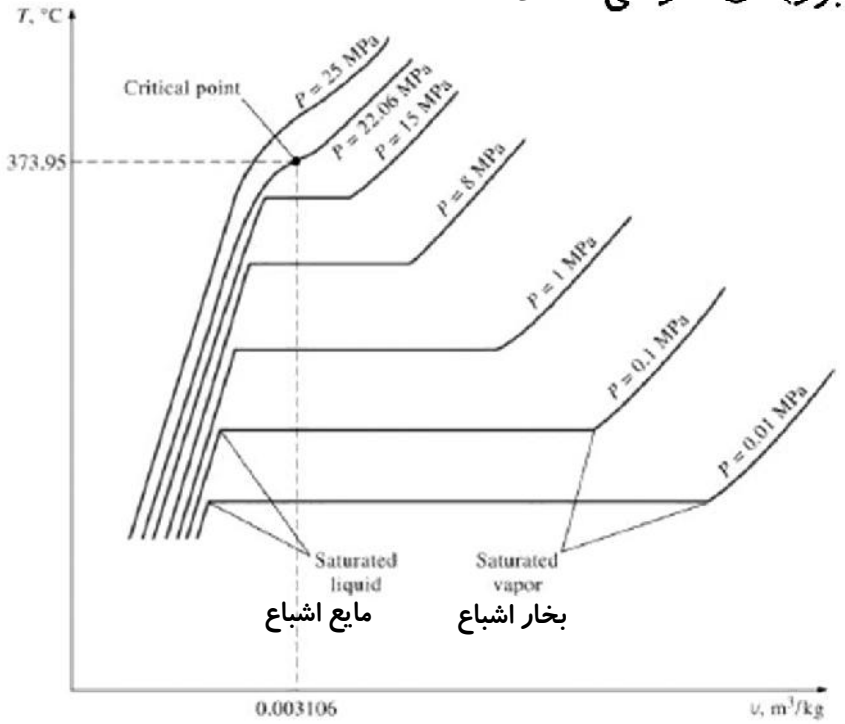
تغییر فاز یک ماده خالص

❖چنانچه آزمایش را در فشارهای بین صفر و psia ۰/۰۸۸۵۴ تکرار کنیم نقاطی نظیر نقطه G بدست می آید که از وصل کردن آنها به هم منحنی تصعید بدست می آید.

❖در شکل صفحه قبل منحنی های تصعید و تبخیر و ذوب و نقطه سه گانه و منحنی تبخیر تا فشار بحرانی نشان داده شده است. همانطوریکه توضیح داده شد بعد از فشار بحرانی حد فاصلی بین فاز مایع و بخار وجود ندارد.

❖تعریف نقطه شبنم گاز : در فشار معین، دمایی که اولین قطره مایع (آب یا هیدروکربور) از گاز بر اثر برودت ظاهر می گردد دمای نقطه شبنم (آب یا هیدروکربور) آن گاز می نامند.

❖می توان هم چنین نمودار تغییرات دما – حجم برای یک ماده خالص مانند آب را در فشارهای متفاوت رسم کرد. در این صورت نموداری مشابه نمودار شکل صفحه قبل بدست می آید.



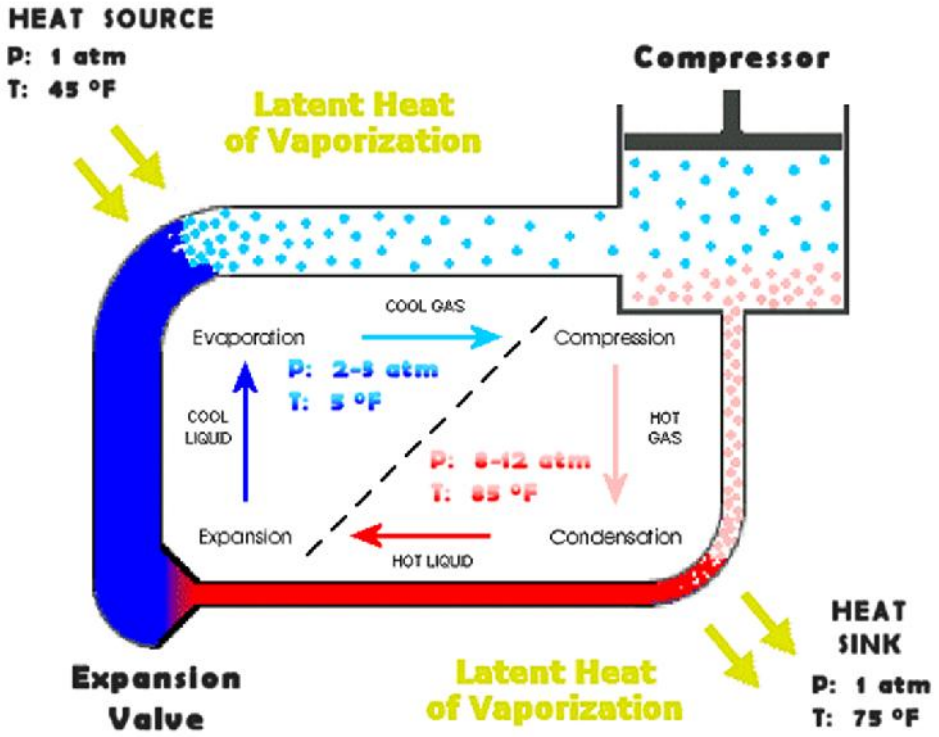
نمودار تعادلی دما – حجم برای آب

اصول کلی سیکل تبرید

❖تعریف تبرید(Refrigeration):
به فرایند تولید سرما از طریق انتقال حرارت، تبرید می گویند.

❖می دانیم که انتقال حرارت از محیطی با دمای بالا به محیطی با دمای پایین خود به خودی است. ولی برای اینکه حرارت از محیطی در دمای پایین تر به محیطی دیگر با دمای بالاتر منتقل شود، احتیاج به صرف کار مکانیکی است که این کار از طریق کمپرسور بر روی گاز اعمال می شود.

❖شکل زیر، سیکل تبرید مربوط به یک سیستم ایجاد سرما از نوع تراکمی را به صورت شماتیک نشان می دهد:

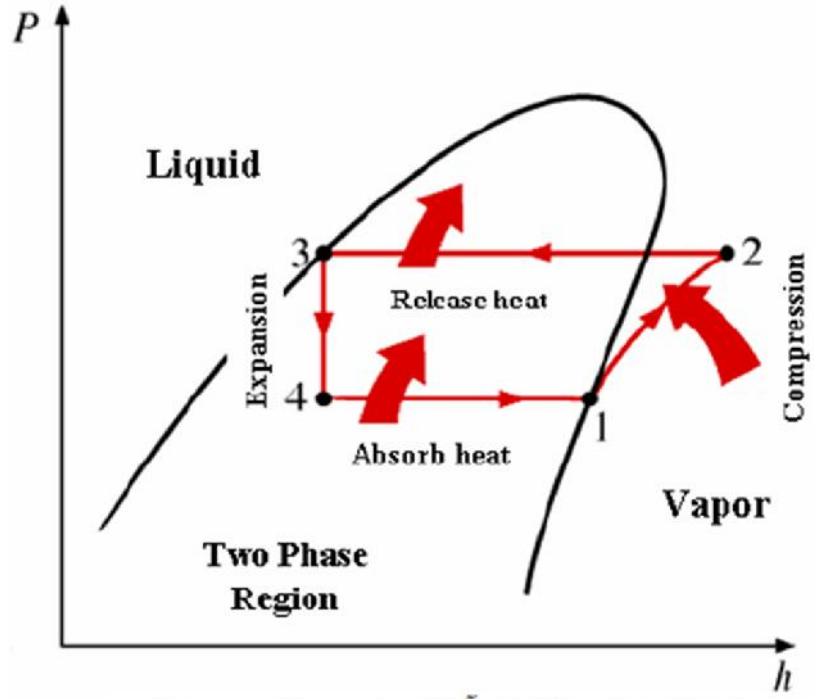


اصول کلی سیکل تبرید

❖جهت کاهش دمای جریان سیالی به زیر دمای محیط، از سیستم تبرید خاص با مبردهایی چون آمونیاک و پروپان استفاده می شود.

❖در فرآیندهای تصفیه و تنظیم نقطه شبنم گاز جهت این روش، استفاده از سیکل پروپان متداول است و همانطور که در نمودار زیر دیده می شود، سیکل تبرید شامل یک کاهش فشار در مایع پروپان از نقطه ۳ به ۴ ، ایجاد تبخیر و سرماسازی مخلوط فشار پایین همراه با جذب حرارت از نقطه ۴ به ۱، فشرده شدن بخار اشباع از ۱ به ۲ ، ۲ و آزاد سازی حرارت از بخار فوق داغ در فشار تقریبا یکسان از ۲ به ۳ بوده که در این شرایط با بازگشت گاز پروپان بصورت مایع، سیکل مجددا آغاز بکار خواهد نمود.

❖جهت کارایی بهتر سیکل تبرید که منجر به کاهش تعداد مراحل فشرده کردن و افزایش راندمان سیکل می گردد، از روش اکونومایزر(Economizer) استفاده می شود. دراین روش همانطور که در شکل صفحه بعد دیده می شود ابتدا مایع پروپان پس از عبور از شیر فشار شکن و جذب حرارت از گاز طبیعی در چیلر تبخیر شده بصورت فاز گاز وارد ورودی مرحله اول کمپرسور می شود و پس از تراکم، در مرحله میانی به گاز خروجی از مخزنی بنام فلش درام یا اکونومایزر پیوسته و مراحل تراکم را تا مرحله خروجی کمپرسور طی می کند.



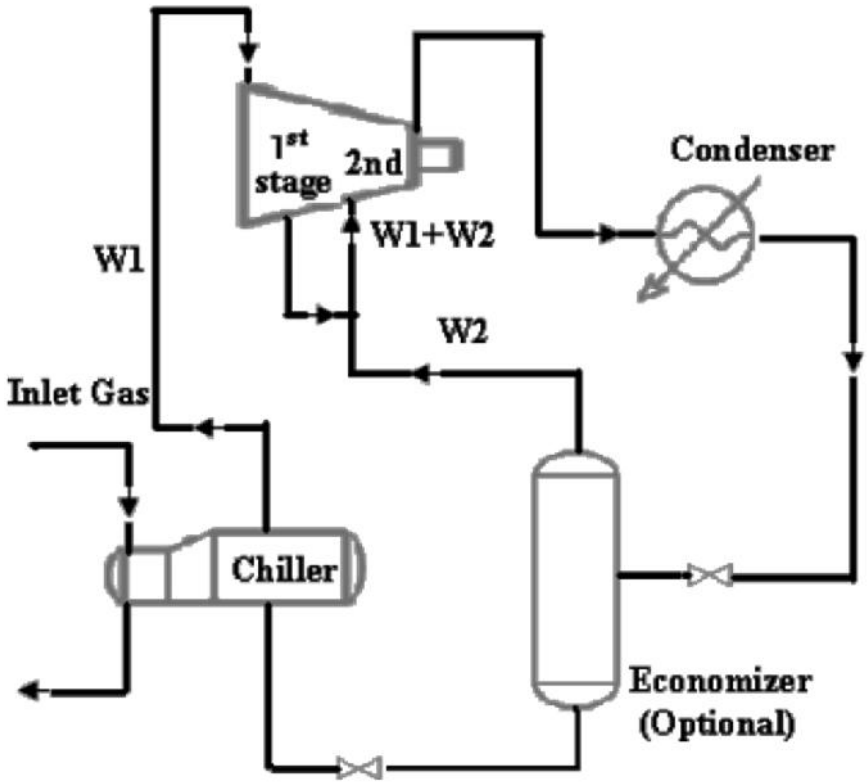
نمودار مولیر (فشار-آنتالپی) و سیکل سرمایش

اصول کلی سیکل تبرید

❖ گاز خروجی در یک چگالنده به کمک جریان هوا و یا آب خنک کننده بصورت مایع درآمده بخشی از مایع مزبور در اکونومایزر پس از عبور از یک شیر فشار شکن تبخیر شده و به قسمت میانی کمپرسور هدایت می شود و بخش عمده آن پس از عبور از همین شیر و مخزن ، بصورت مایع جهت سرماسازی بسمت چیلر حرکت خواهد کرد.

❖با استفاده از روش اکونومایزر کلیه مایعات در چیلر تبخیر نشده طبعا حجم گاز ورودی به مرحله اول کاهش یافته و قطر لوله حامل آن کوچکتر بوده در ضمن کلیه بخارات پروپان مرحله اول طی نکرده و از صرف انرژی در کمپرسور کاسته خواهد شد.

❖ بدین ترتیب با ورود گاز پروپان از قسمت میانی به کمپرسور موجب سرد شدن گاز مرحله اول شده و بعنوان یک کولر داخلی در کمپرسور نقش خواهد داشت و در نهایت موجب کاهش دمای گاز خروجی از کمپرسور خواهد شد و راندمان سیکل را بهبود خواهد بخشید.



نمایی از سیکل سرمایش با اکونومایزر

انتخاب ماده برودتی

❖در فرآیند تبرید از سیالات مختلف می توان استفاده نمود. انتخاب یک سیال مناسب برای این امر با در نظر گرفتن جوانب مختلف و عواملی نظیر درجه برودت لازم در چیلر و در دسترس بودن سیال مورد نظر انجام می گیرد.

❖اصولا یک سیال مناسب برای فرآیند تبرید باید دارای مشخصات زیر باشد.

) غیر سمی باشد تا در صورت نشت و خروج از سیستم باعث آلودگی محیط نشود.
) قیمت آن مناسب و بطور معمول در دسترس باشد.
) حتی الامکان قابل اشتعال نباشد.
۴) در شرایط فشار و درجه حرارت چیلر دارای انرژی نهان تبخیر بالایی باشد.
۵) خاصیت انتقال حرارت خوبی داشته باشد.
۶) سیال مورد انتخاب نباید در سیستم ایجاد خورندگی کند.

❖ با توجه به درجه برودت چیلر انتخاب شده برای تنظیم نقطه شبنم گاز در پالایشگاهها و همچنین بدلیل سهولت دسترسی، پروپان معمولا بعنوان سیال مبرد در نظر گرفته شده است.

❖ با این حال در صنعت تبرید در صورتی که دمای بسیار پایین تری مورد احتیاج باشد از اتان و یا حتی از متان در واحدهای استفاده می شود.

انتخاب ماده برودتی از نقطه نظر ترمودینامیکی

❖ از مختصات مهم سیال در گردش برای سیستم های تبرید:

۱) رابطه بین درجه حرارت اشباع و فشار اشباع آن است که فشار و دمای کارکرد یک سیکل را تعیین می کند.

انتخاب ماده برودتی

۲) ضریب عملکرد یک سیکل، که از تقسیم حرارت دریافتی سیکل از منبع سرد به کار لازم جهت انجام گرفتن سیکل بدست می آید. برای حدود معینی از درجه حرارت یک سیستم تبرید، بستگی زیادی به نوع سیال در گردش خواهد داشت و علت آن تفاوت تغییر آنتالپی سیال ها جهت تبخیر شدن و یا کندانس شدن در فشارهای معین می باشد.

۳) یکی دیگر از عوامل مهم جهت انتخاب سیال در گردش، درجه حرارت تبخیر کننده است که منبع سرد سیستم باید در آن دما کار کند. بدین معنی که سیال انتخاب شده باید در آن دما دارای فشار اشباع بسیار کمی نباشد که درصورت زیاد بودن حجم ویژه، دستگاههای بزرگی لازم باشد.

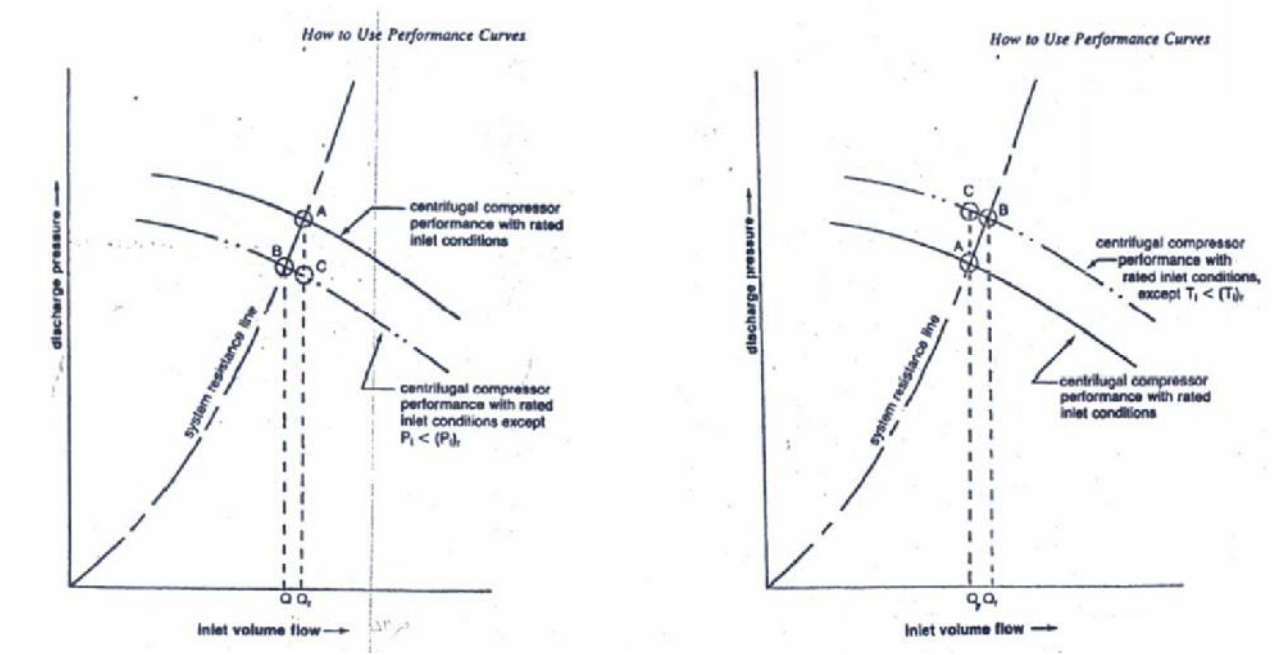
۴) ازطرف دیگر فشار اشباع این سیال در درجه حرارت چگالنده نباید آنقدر زیاد باشد که نیاز به طراحی دستگاه هایی با فشار زیاد در سیستم باشد.

اجزای سیکل تبرید: کمپرسور گریز از مرکز

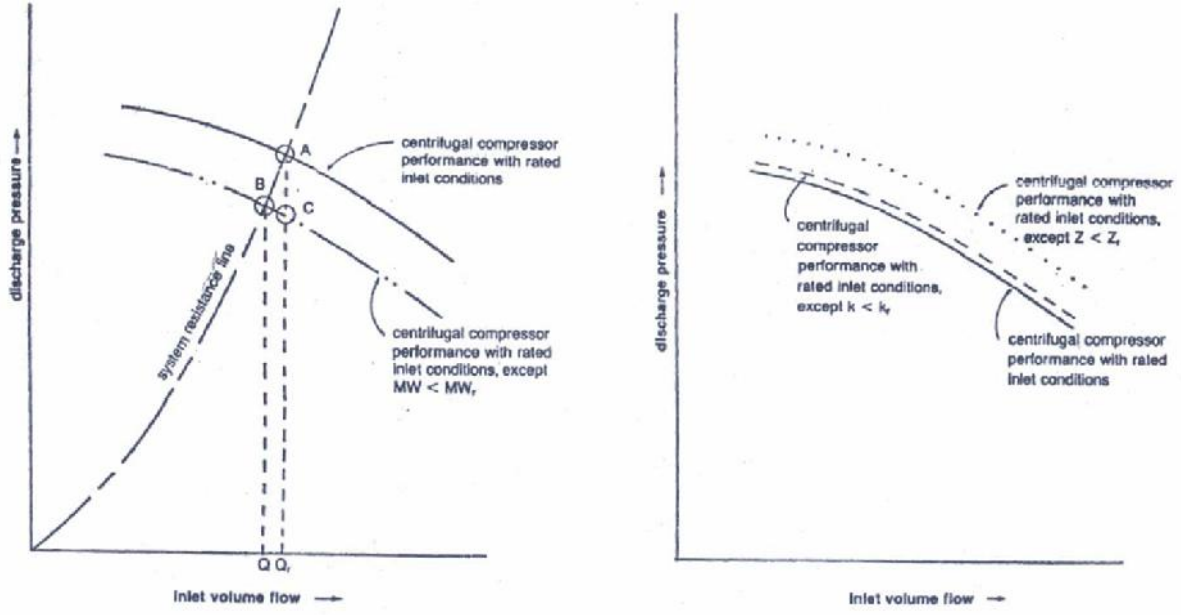
- در ادامه به بررسی اجزای مختلف یک سیکل تبرید می پردازیم. با توجه به آشنایی با کمپرسور از دروس قبل، در اینجا تنها به بررسی نقش منحنی مشخصه کمپرسور گریز از مرکز به کار رفته در سیکل تبرید خواهیم پرداخت.
- همانطوریکه در شکلهای صفحات بعد نشان داده شده است، این منحنی مشخص کننده رابطه بین جریان واقعی ورودی به کمپرسور(دبی جریان ورودی) و فشار خروجی آن و یا توان مورد نیاز جهت فشرده نمودن گاز می باشد.
- منحنی مزبور جهت دور های مختلف کمپرسور (بر حسب درصد دور طراحی) رسم می شود و در هر دور، نقطه ای از منحنی بعنوان محدوده حداقل جریان پایداری کمپرسور بعنوان **نقطه سرج** تعیین می گردد. از تقاطع این نقاط **خط سرج** بدست می آید.
- از طرفی در هر دور نیز، حداکثر جریان به عنوان نقطه محدوده کننده دیگری به نام **نقطه دیوار سنگی** نامیده می شود. از تقاطع این نقاط نیز، **خط دیوار سنگی** بدست می آید.
- منحنی عملکرد، با توجه به شرایط طراحی کمپرسور از نظر نوع و اندازه پروانه، شرایط طراحی عملیاتی آن (فشار ورودی کمپرسور ، دمای ورودی کمپرسور، جرم مولکولی گاز، راندمان عملی کمپرسور در زمان تست، ضریب تراکم پذیری گاز و نسبت گرمای ویژه) بدست می آید.
- در هر کمپرسور گریز ازمرکز می توان تغییرات در شرایط عملیاتی و منحنی های مشخصه عملکرد را در اثر تغییرات در شرایط ورودی یا خروجی کمپرسور برآورد و پیش بینی نمود.

اجزای سیکل تبرید: کمپرسور گریز از مرکز

- با کاهش وزن مولکولی گازهای ورودی، مقدار چگالی گاز ورودی به کمپرسور کم شده و اختلاف فشار بین ورودی و خروجی کمپرسور را کاهش می دهد.
- کاهش مقدار نسبت گرمای ویژه ($\gamma = \frac{C_P}{C_V}$) ، باعث افزایش نسبت تراکم می گردد و اختلاف فشار بین ورودی و خروجی کمپرسور را افزایش می دهد. بدلیل اینکه پارامتر γ در محاسبات مربوط به کمپرسور همزمان در صورت و مخرج فرمول ها ظاهر می گردد، تاثیر آن در مقدار نسبت تراکم در کمپرسور جزیی است.
- کاهش فشار گاز ورودی به کمپرسور باعث کاهش چگالی آنها و نهایتا موجب پایین رفتن نسبت تراکم درکمپرسور می گردد.
- باکاهش درجه حرارت ورودی به کمپرسور ، چگالی گازهای ورودی افزایش یافته و نسبت تراکم بیشتر می شود.
- کاهش در مقدار ضریب تراکم پذیری گاز (Z) باعث افزایش چگالی گازهای ورودی به کمپرسور، و نهایتا موجب افزایش نسبت تراکم می گردد.
- در شکلهای بعد، تاثیر پارامترهای فوق در تغییر وضعیت منحنی مشخصه دیده می شود.
- بدین ترتیب با توجه به شرایط ترمودینامیکی تقریبا ثابت گاز ورودی کمپرسور ارتباط جریان ورودی به کمپرسور و نسبت تراکم در دوره های مختلف قابل پیش بینی بوده و تغییر شرایط عمده این ورودی موجب تغییر منحنی مشخصه شده که با رسم آن وضعیت جدید کارکرد کمپرسور تعریف خواهد شد.



نمودار سمت راست اثر دمای ورودی و نمودار سمت چپ اثر فشار ورودی بر عملکرد کمپرسور سانتریفوژ



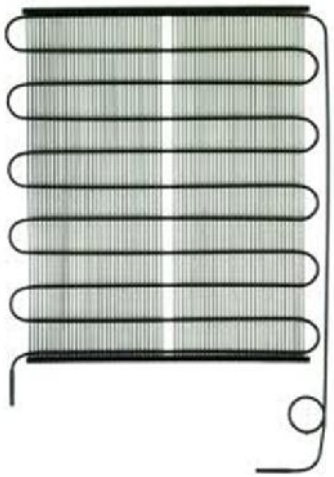
نمودار سمت راست اثر ضریب تراکم پذیری (Z) و نسبت گرمای ویژه (k) و نمودار سمت چپ اثر وزن مولکولی بر روی عملکرد کمپرسور سانتریفوژ

اجزای سیکل تبرید: چگالنده – فشار شکن(شیر انبساط)

- چگالنده، همانطور که در سیکل سرمایش ملاحظه گردید در خروجی کمپرسور قرار دارد و هدف آن خنک کردن گاز خروجی از کمپرسور(cooler) و در نهایت چگالش(condenser) آن می باشد. بعبارتی این عضو از سیکل نقش خنک کننده و چگالنده را در سیکل تواما ایفا می کند.

- عمل خنک کردن و چگالش گاز مبرد در چگالنده معمولا توسط آب خنک کننده (water cooler) و یا هوای محیط (air cooler) صورت می گیرد . دمای هوای محیط در هر دو محیط، نقش تعیین کننده فشار اشباع سیال چرخه را خواهد داشت.

- با توجه به توضیحات فوق، در نظر گرفتن شرایط طراحی فشار خروجی کمپرسور تا چگالنده عملا اجباری می باشد.



نمایی از چگالنده به کار رفته در یخچال خانگی

- پس از بررسی چگالنده، به بررسی فشار شکن(چوک، choke) می پردازیم. وقتی که یک گاز حقیقی از چوک عبور کرده، به دلیل افت فشار، منبسط می شود. حتی اگر آنتالپی نیز ثابت بماند، تغییری در درجه حرارت گاز بوجود می آید، درصورتی که در گازهای کامل در تحول آنتالپی ثابت درجه حرارت نیز ثابت می ماند.

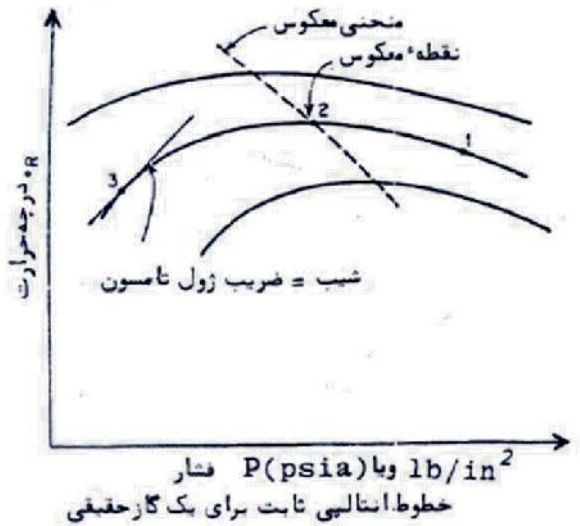
اجزای سیکل تبرید: فشار شکن(شیر انبساط)

- در یک گاز حقیقی درجه حرارت ممکن است در این شرایط ، یا کم و یا زیاد شود و یا ثابت بماند.
- مرحله ای که شامل تغییرات زیاد و موثر درجهت حرارت است با ضریب ژول تامسون و بصورت زیر بیان می شود:

$$\text{Joule - Thomson} \quad \text{Coefficient} = \left(\frac{dT}{dP}\right)_H$$

که عبارتست از تغییرات دما نسبت به فشار در انتالپی ثابت.

- با توجه به شکل زیر که در آن منحنی انتالپی ثابت در دیاگرام فشار– درجه حرارت برای یک گاز حقیقی رسم شده است، شیب خط مماس به منحنی (انتالپی ثابت) نمایشگر ضریب ژول تامسون است.
- مناسبترین راه برای حفظ انتالپی ثابت در عملیات انبساط، ایجاد خفگی (throttling) است .
- تا زمانی که افت فشار در این حالت روی منحنی انتالپی ثابت از راست به چپ بوده و حالت خفگی ازنقطه ۱ به ۲ باشد، درجه حرارت افزایش می یابد.



منحنی انتالپی ثابت در دیاگرام فشار– درجه حرارت برای یک گاز حقیقی

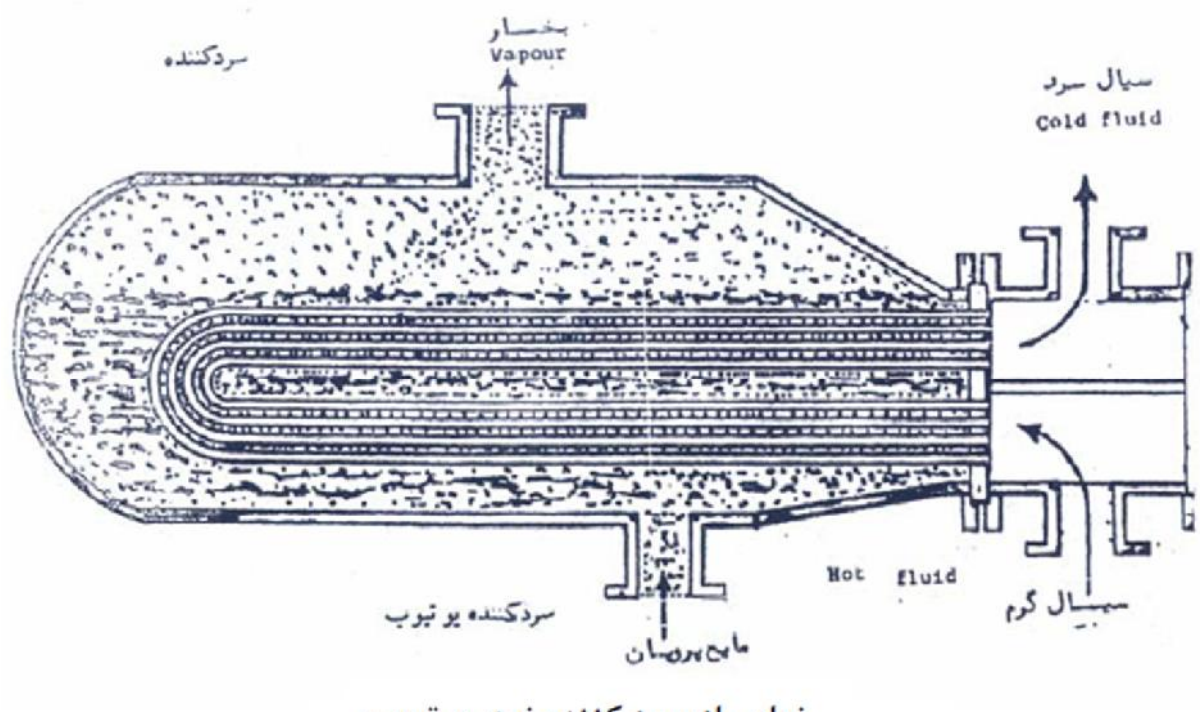
اجزای سیکل تبرید: فشار شکن(شیر انبساط)- سرد کننده (چیلر)

- در نقطه ۲ درجه حرارت ماکزیمم بوده و ضریب ژول تامسون صفر است. این نقطه را نقطه معکوس می نامند، زیرا بعد از آن از نقطه ۲ به ۳ و حتی از ۱ به ۳ درجه حرارت کاهش خواهد یافت.
- بطور کلی میتوان گفت چون گازها در فاز مایع خود و در فشار معمولی دارای درجه حرارت بسیار پایین اند، موارد استفاده صنعتی زیادی، همچون عملیات سرمایش و یا جداسازی مایعات سبکتر از آنها در شرایط فشار پایین را دارند.
- شرایط مایع کردن گازها این است که ضریب ژول تامسون آن مثبت باشد، یعنی دمای آن با کاهش فشار کم شود. به عبارتی دیگر پس از این فرآیند گازدر حالت دو فاز و مخلوط قرار گیرد.
- پس از مرحله عبور سیال از چگالنده و فشار شکن، معمولا بخش عمده ای از آن به مایع مادون سرد تبدیل شده و قابلیت جذب گرما و انجام عملیات تبرید را خواهد داشت.

- می دانیم هر مایعی که بخواهد تبخیر شود احتیاج به انرژی حرارتی دارد و اگر این انرژی حرارتی را از محیط بگیرد بناچار محیط سرد خواهد شد.
- در صنایع نفت و گاز و عموما در تجهیزات سرد کننده، معمولا از مایعاتی برای تولید سرما استفاده می شود که در شرایط استاندارد یا متعارفی به حالت بخار در آیند مانند مایعات هیدروکربوری نظیر پروپان ، بوتان و یا مایع فرئون در یخچال و ... .
- در صنایع نفت و گاز معمولا از گاز پروپان برای تولید سرما استفاده می شود که از نظر اقتصادی به صرفه است و تهیه آن نیز از گازهای هیدروکربوری امکان پذیر است.

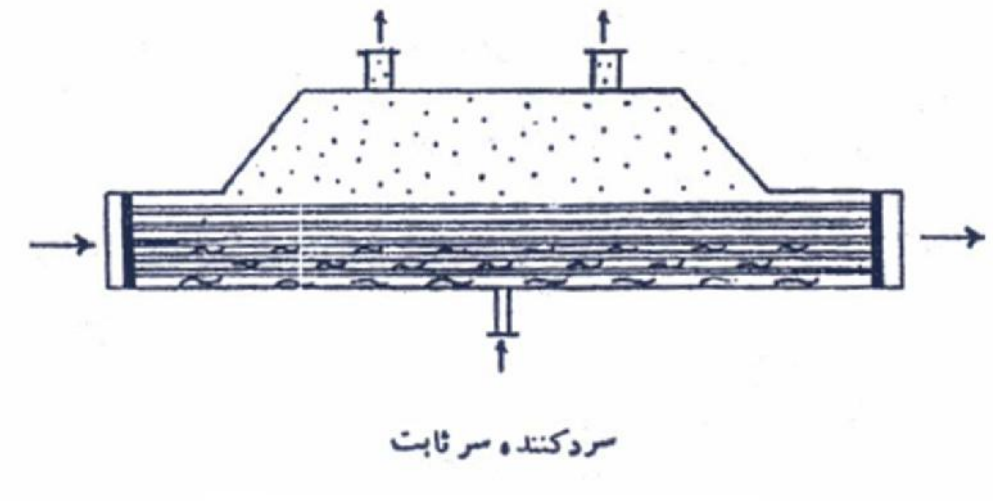
اجزای سیکل تبرید: سرد کننده (چیلر)

- وسیله ای که پروپان را برای تولید سرما در صنایع نفت و گاز بکار می گیرد چیلر(chiller) نامیده می شود.
- لوله های چیلر ممکن است به شکل U، مستقیم و یا ثابت باشند. بکار گرفتن این وسیله تولید سرما وقتی لازم است که بخواهیم سرمایی با درجه حرارتی کمتر از درجه حرارت محیط تولید کنیم.
- وسیله سرد کننده یا چیلر، معمولا دارای ساختمان لوله و پوسته بوده و در قسمت فوقانی پوسته دارای فضایی جهت تبخیر پروپان می باشد.



نمایی از سرد کننده نوع یو تیوب

اجزای سیکل تبرید: سرد کننده (چیلر)



نمایی از سرد کننده نوع سر ثابت

- استفاده از پروپان جهت تولید سرما در چیلر معمولا به دو صورت انجام می گیرد:
  ۱) مایع پروپان سرد از ته مبدل حرارتی وارد و در اطراف لوله ها تبخیر شده و تولید سرما می کند.
  ۲) مایع پروپان سرد از قسمت های میانی مبدل حرارتی وارد و بر روی لوله ها پاشیده و تبخیر می شود.

- در حالت اول مبدل حرارتی، ارتفاع مایع در مبدل وجود دارد و یا به عبارتی مایع سطح می گیرد، ولی در حالت دوم معمولا مایع سطح نمی گیرد.

مخازن ذخیره پروپان مایع

- این مخازن جهت ذخیره سازی پروپان تولیدی در راستای انتقال آن برای پروپان تامینی برای سرریز واحدهای تبرید و یا انتقال به تانکرها جهت فروش استفاده می شود.
- معمولا مخازن مزبور بصورت کروی و یا استوانه ای بوده و با نصب در ارتفاع معینی به لوله کشی و پمپ هایی مجهز است که عمل انتقال و دریافت در آن به سهولت انجام می گیرد.
- مخازن مزبور بدون عایق بوده و طراحی آن براساس دمای فلز در شرایط محیط و آفتاب محل و فشار بخار مرتبط به آن صورت می گیرد و فشار طراحی براساس حداکثر فشار عملیاتی منظور می گردد.
- این مخازن مجهز به سطح سنج شیشه ای، سطح سنج الکترونیکی جهت انتقال اطلاعات به اتاق کنترل و سوییچ های مربوط به سطح پایین – فوق پایین و سطح بالای پروپان می باشد.
- جهت کنترل فشار این مخازن از شیرهای اطمینان با توجه به فشار طراحی مخزن استفاده می گردد و در ضمن، قبل از عملکرد شیر اطمینان، سوییچ فشار بالای بر روی مخزن موجود است که عمل خواهد کرد و alarm را به اتاق کنترل اعلام می نماید.
- پمپ های مخزن ذخیره پروپان معمولا از نوع گریز از مرکز مخزن دار قائم بوده که با موتور برقی کار می کند. کارکرد این پمپ ها در جهت انتقال پروپان از تانکرهای پروپان به مخازن و برعکس، انتقال پروپان از مخازن به واحدهای تبرید، انتقال پروپان از مخزنی به، مخزن دیگر می باشد.
- در مسیر خروجی این پمپ با توجه به شرایط بسته بودن خروجی پمپ، فشاری را تعیین و شیر اطمینان با نقطه تنظیمی برابر با این فشار تعبیه می کنند که پس از عملکرد شیر اطمینان، پروپان به ورودی پمپ برگشت داده می شود و یا در بعضی موارد آن را به شبکه جمع آوری هیدروکربن های خشک هدایت می نماید.

مخازن ذخیره پروپان مایع

- جهت کنترل جریان خروجی این پمپ در مسیر خروجی آن یک شیر کنترل جریان برگشتی به مخزن تعبیه شده است. این پمپ ها در صورت عملکرد سطح بسیار پایین مخزن از سرویس خارج خواهند شد.
- در هنگام شارژ مخازن پروپان توسط تانکر، ابتدا باید تانکر کامیون را با تسمه مخصوص به دستگاه تخلیه الکتریسته ساکن متصل و سپس شلنگ پروپان مایع جهت تخلیه مایع و شلنگ بخار پروپان جهت ارتباط خط بالانس فشار مخزن و تانکر وصل نمود و پس از خاتمه عملیات باید محتویات شلنگ از طریق لوله تخلیه تلمبه به شبکه جمع آوری هیدروکربن های خشک ارسال تا پروپان در محیط تخلیه نشود.
- در نقطه اتصال شلنگ بخار پروپان، یک شیر وجود دارد که باید پس از استفاده بسته و صفحه کور کننده مجاور آن نیز دوباره در جای خود مستقر گردد تا از انتشار بخار پروپان جلوگیری گردد.
- در مسیر خروجی پایین و زیر مخزن بین دو شیر مسدود کننده یک سری شیر بنام شیر جریان اضافی وجود دارد که دارای مکانیزمی است که در زمان تخلیه ناگهانی مخزن و اختلاف فشار زیاد در دو طرف آن، بسرعت بسته شده و مانع از تخلیه مخزن و حوادث بعدی می گردد.