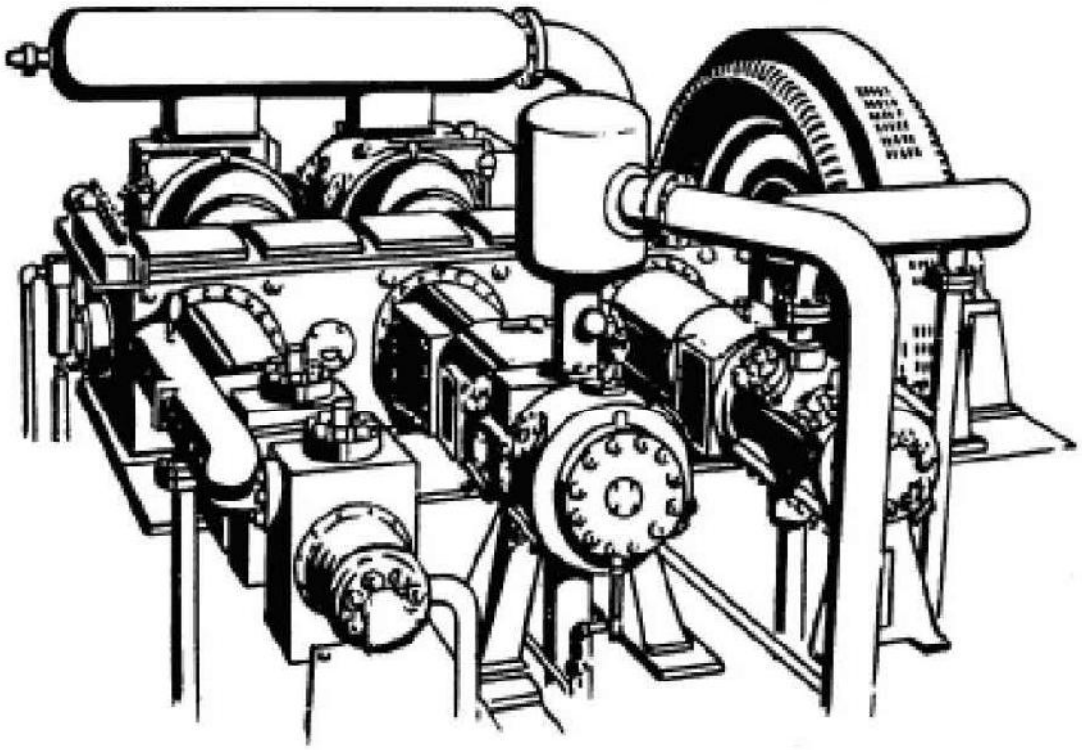
شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده های نفتی ایران
شرکت پالایش نفت اصفهان (سهامی خاص)

اداره آموزش شرکت پالایش نفت اصفهان

کمپرسورهای جابجائی مثبت

POSITIVE DISPLACMENT COMPRESSORS



تهیه وتنظیم:
مهندس مهدی نصر آزادانی

ویرایش اول مهرماه ۱۳۸۶

فهرست مطالب

مقدمه	۳
تعریف گازومقدمه ای برشناخت وقوانین حاکم برگازها	٤
طبقه بندی کمپرسورها	۲٤
کمپرسورهای جابجائی مثبتPositive Displacement Compressors	۲۷
مقایسه کمپرسورهای دینامیکی باجابجائی مثبت	٤۲
انتخاب کمپرسور	٤۳
کمپرسورهای رفت وبرگشتی پیستونی	٤٤
ولوکمپرسورهاCompressor Valves	۶۲
سیستم اب بندی کمپرسورهای رفت و برگشتی	۷۷
کراسCross Head	۹٤
یاتاقان های میل لنگBearings	۱۰۳
کلرنس های قطعات متحرک کمپرسورهای۶۰۱	۱۱۲
روش های بارگذاری کمپرسورهای رفت و برگشتی	۱۱٤
چک های روتین کمپرسورهای رفت و برگشتی	۱۲۹
راه اندازی اولیه یا پس از تعمیرات اساسی کمپرسورهای رفت و برگشتی	۱۲۶
معایب روتین وروش های رفع عیب انهادر کمپرسورهای رفت و برگشتی	۱۳۵
سیستم هایCondition Monitoringکمپرسور های رفت وبرگشتی	۱٤۱
سیستم های حفاظتی کمپرسور های رفت وبرگشتی	۱۵۰
چک های روتین کمپرسور های رفت وبرگشتی	۱٤۳
ولو کمپرسورهاCompressor Valves	۱۵۱
روغن وسیستم هی روغنکاریLubrication	۱۷۳
روش تمیزنمودن سیستم روغن کاری Oil Flushing	۱۸۵
تالیز روغنOil Analysis	۱۹۱
کمپرسورهای پیچیScrew Compressors	۱۹۵
عیوب مکانیکی کمپرسورهای پیچی وروش های رفع آنها	۲۱۱
ضمائم	۲۱۶

بسمه تعالی

مقدمه

توانا بود هرکه دانا بود زدانش دل پیر برنا بود

باعنایت به کاربردفراوان انواع واقسام کمپرسورهادرصنایع مختلف کشورواشنائی هرچه بیشترمهندسین وتکنسین های تعمیرونگهداری وپرسنل واحدهای عملیاتی درسال ۱۳۸۱جزوه ای تحت عنوان کمپرسورهای رفت وبرگشتی تهیه وتدوین گردیدکه بااستقبال همکاران مواجه گردیدکه خوشبختانه توفیقی حاصل گردیدکه مجدد درسال۱۳۸۶موردویرایش وتجدیدنظرقرارگیردوبانکمیل مصالب ان وترجمه اغلب متن های انگلیسی مجدد چاپ ودراختیارعلاقه مندان قرارگیرد.

مسائل مطروحه از Manual Bookها ی کمپرسور های ۶۰۱وشرکت Cooperکه سازنده کمپرسور های ۱۰۱و۲۰۱و۵۰۱و۶۰۳و۱۱۰۱و۲۰۰۱ است وکاتالوگ های شرکت اطلس کوپکو گرد اوری وتدوین شده ولی بحث های اصلی کمپرسورهای رفت وبرگشتی و وابعاد واندازه های ارائه شده مربوط به کمپرسورهای ۶۰۱ واحدهای ایزوماکس است که ازبزرگترین ومهم ترین کمپرسورهای رفت وبرگشتی پالایشگاه اصفهان می باشند.در این مقوله به شناخت انواع کمپرسورها و طبقه بندی واصول کار واجزا و قطعات وعلل خرابی قطعات ومسائل تعمیراتی وموارددعملیاتی و عیب یابی ورفع عیوب وشناخت سیستم های Monitoring Condition ومسائل ومشکلات ولوهای کمپرسور های رفت وبرگشتی وهمچنین شناخت واصول کارواجزاقطعات ورفع عیوب کمپرسور های پیچیScrew Compressorsپرداخته شده است.

البته این مقوله بزهم خالی ازاشکال نبوده وبی صبرانه منتظردریافت نقطه نظرات کلیه دوستان و سروران گرامی هستیم تالنشا...درچاپ های بعدی مدنظرواقع گردد.درپایان لازم می دانم ازکلیه عزیزانی که درامرتهیه وتدوین این جزوه وجزوات دیگربصورت تنگاتنگ همکاری نمودندبخصوص مسئولین محترم اداره اموزش شرکت پالایش نفت اصفهان که درهمه عرصه ها درتهیه کتب وجزوات آموزشی مشوق اینجانب بوده اندصمیمنه تشکروقدردانی نمایم وازدرگاه ایزدمنان برای آنان وتمامی کسانی که درجهت اعتلاوآبادانی این مرز وبوم قدم برداشته وبرمی دارند آرزوی توفیق روزافزون وزندگی همراه باموفقیت نمایم وامیدوارم توانسته باشم بااین حرکت گامی هرچندکوچک درجهت آشنانمودن مهندسین وتکنسین های تعمیرات وعملیات برداشته باشم . اگراین مجموعه اجری داشته باشد آن راتقدیم روح ملکوتی امام راحل و شهد و تمامی کسانی که درجهت پیشرفت،آبادانی و اعتلای بن اب وخاک قدم برداشته اندوانانی که عزیزترین گوهر هستی خود را درطبق اخلاص نهدیم پروردگار خود نمودندونلاش کرده اند تا ماامروز بتوانیم مفتخر و سر بلند زندگی کنیم می نمیم .

ماه مبارک رمضان سال ۱۳۸۶

مهدی نصر آزادانی

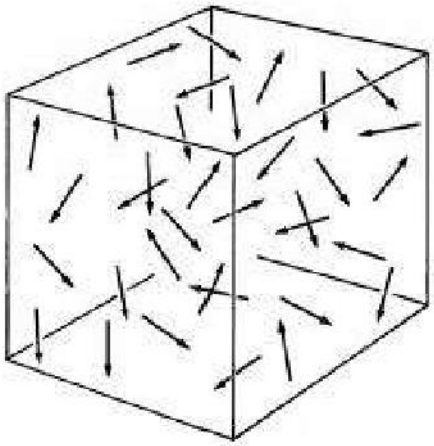
مقدمه ای برررفتارگازهاThe Behavior Of Gases

تعریف گاز

گازبه سیالی گفته می شودکه قادربه تحمل تنش های برشی نباشدبه عبارت دیگرگازهابه راحتی تغییرشکل می دهند ودرمحیط پراکنده می شوند.گازهادارای مشخصاتی هستندکه آنهاازسیالات دیگر متمایزمی کندکه ذیلا به شرح اینامی پردازیم.

فشارگازGas Pressure

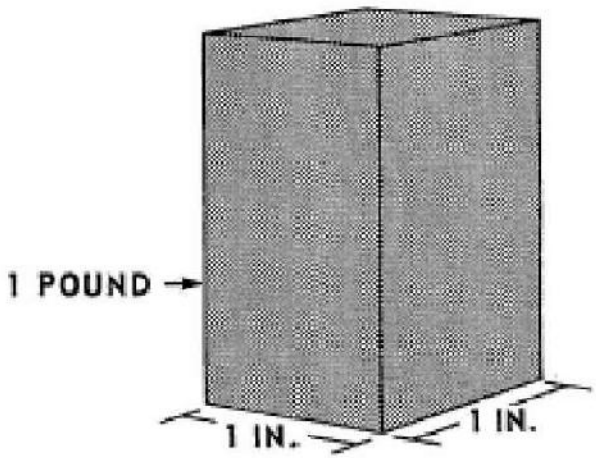
به نیروی ناشی از برخوردمولکول های گازباسطوح ودیواره های تماسی فشارگفته می شودبه دلیل ازادی حرکت گازهاکه می توانددرجهات مختلف حرکت کنندفشارروی تمامی سطوح باهم یکسان است بطورمثال بانصب یک عددPressure Guageروی هرقسمت ازیک مخزن تحت فشارفشارهای اندازه شده درتمامی نقاط باهم یکسان هستند.



ازنظرریاضی فشارعبارتست ازنیروی واردبرواحدسطح یا:

$$P=F/A$$

واحدفشارعبارت ازواحدنیروبرواحدسطح است وبراساس واحدنیرو(نیوتن کیلوگرم پوند و.....)وهمچنین واحدسطح(سانتی مترمربع میلی مترمربع اینچ مربع و.....)فشاربرحسب واحدهای مختلف بیان می شود.
بطورمثال فشاردناشی ازیک وزنه یک پوندی که روی یک سطح یک اینچ مربعی اعمال می شود فشاری معادل یک پوندبراینچ مربع 1Psiبرآن واردمی کند.



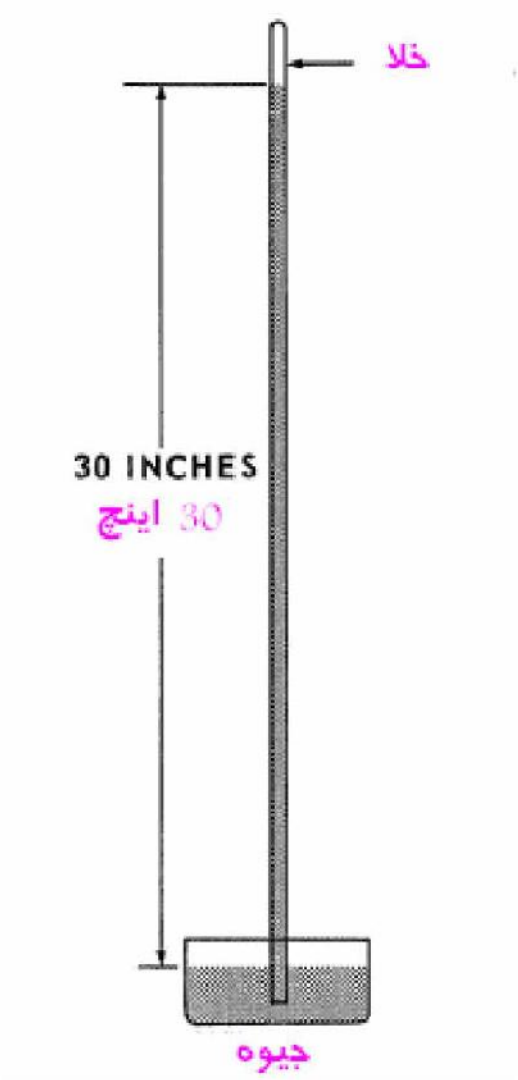
وفشارمعادل زفرارگرفتن یک وزنه یک کیلوئی روی یک سطح یک سنتیمترمربعی برابریک کیلوگرم برسانتیمترمربع(تقریبایک بار) است.

فشارجوAtmospheric Pressure

به فشاراعمال شده ناشی ازوزن هوای اطراف که روی کلیه سطوح واردمی شودفشارجوگفته می شود.این فشار درکناردریا ۱٤/۷پوندبراینچ مربع یایک اتمسفریایک بار است وهرچه بالاترازسطح زمین واقع شویم به دلیل این که ارتفاع ستون هوای بالای سرماکم می شودفشارهوانیزکمترازفشارروی سطح زمین خواهدشد به عبارت دیگرفشارجوباارتفاع نسبت عکس دارد.

روش اندازه گیری فشارجوتوسط بارومتراست که این دستگاه فشارراابرحسب ستونی ازجیوه یاهرمایع دیگر(که فشاربخارآن پایین باشد) اندازه گیری می کندوشامل یک لوله ازمایش است که برازجیوه می شودوبطورواروونه درداخل یک ظرف(تشت) جیوه قرارمی گیرد.

ارتفاع یک ستون ۷۶سانتیمتری (۳۰ اینچی)جیوه معادل یک اتمسفر یا۱٤/۷پوندبراینچ مربع وبرابر ده مترستون آب است.



فشارازلحاظ مبنای اندازه گیری به دوروش اندازه گیری وبیان می شود:

الف-فشارنسبی Gage Pressure

ب-فشارمطلق Absoloute Pressure

فشارنسبی Gage Pressure

اگرمبنای اندازه گیری فشار،فشاراتمسفریافشارجوباشدبه ان فشارنسبی Gage Pressure گفته می شود(فشارنسبت به فشارجو)دراین دسته بندی فشاراتمسفرصفردرنظرگرفته می شودوفشارهای بالاتر از فشار اتمسفربه عنوان فشارمثبت وفشارهای کمترازفشارجوفشارمنفی یاخلا Vacuumدرنظرگرفته می شود .حداقل فشارمنفی(خلا)صفرمطلق ۱٤/۷-پوندبراینچ مربع است.روی فشارسنج هائی که قادربه اندازه گیری فشارمطلق هستندهم مقیاس های مثبت وهم مقیاس های منفی درج می شود.

فشارمطلق Absoloute Pressure

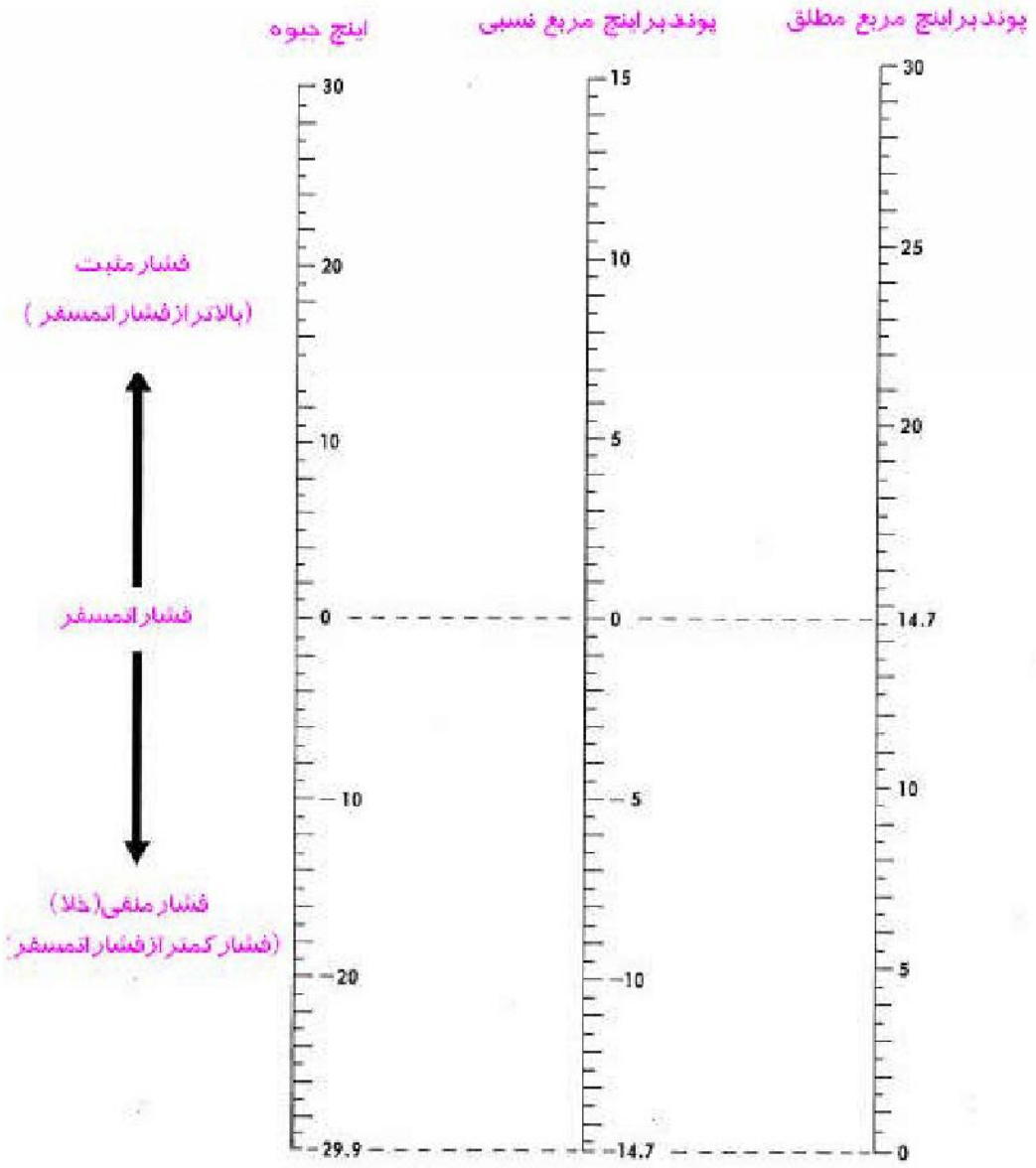
اگرمبنـای انـدازه گیـری فـشارخلا(کمتـرین فـشارممکن)درنظرگرفتـه شـودبه فـشاراندازه گیـری شـده فشارمطلقAbsoloute Pressureگفته می شود.به عبـارت دیگرفـشارمطلق عبارتـست ازمجمـوع فشارنـسبی وفشاراتمسفریا:

Absoloute Pressure=Atmospheric Pressure+Gage Pressure

فشارنسبی+فشاراتمسفر=فشارمطلق

دراین مقیاس همه فشارهامثبت درنظرگرفته می شوند.

درشکل های زیرشمائی ازاین مقیاس هاآورده شده است.



اندازه گیری فشارگازها

باتوجه به این که مولکول های گازهادرتمامی جهات حرکت می کنندبرای گازبدون حرکت(ساکن)بانصب یک سیستم اندازه گیرفشارمی توان فشاران رااندازه گیری نمودولی وقتی گازدرحال حرکت باشدموقعیت نصب سنسوراندازه گیرفشاربسیارمهم است که بانصب ان درچه موقعیت امکان اندازه گیری سه نوع فشاروجوددارد:

۱-فشاراستاتیکی(فشاردرزی فشاری)

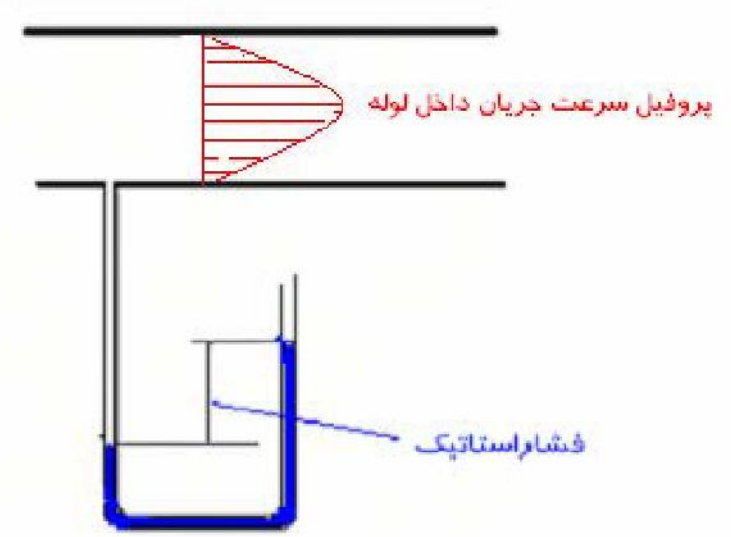
۲-فشاردینامیکی

۳-فشارکلی

که شامل مجموع فشارهای دینامیکی واستاتیکی است.

فشاراستاتیکی عبارتست ازفشارلعمال شده روی دیواره ای که سیال ازروی آن عبورمی کند وبانصب فشارسنج روی دیواره لوله اندازه گیری می شود که برای اندازه گیری دقیق تر می توان بااستفاده ازیک لوله Lشکل که سیال بادانسیته مناسبی درآن ریخته شده است بصورت زیرآن را اندازه گیری کرد که میزان اختلاف ارتفاع بین لوله ها مبین فشاراستاتیکی است که برحسب واحداندازه گیری(میلیمترزیبا....)ارتفاع ستون مایع است بطورمثال ده سانتیمترستون جیوه یا....است .

درشکل زیرشمائی ازان نشان داده شده است.



به هدمربوط به فشاراستاتیک هداستاتیک نیز گفته می شودزیرا این فشاردرمحلی اندازه گیری می شود (روی سطح لوله)که سیال سرعت ندارد .

۲-فشاردینامیکی(هدانرژی جنبشی) .

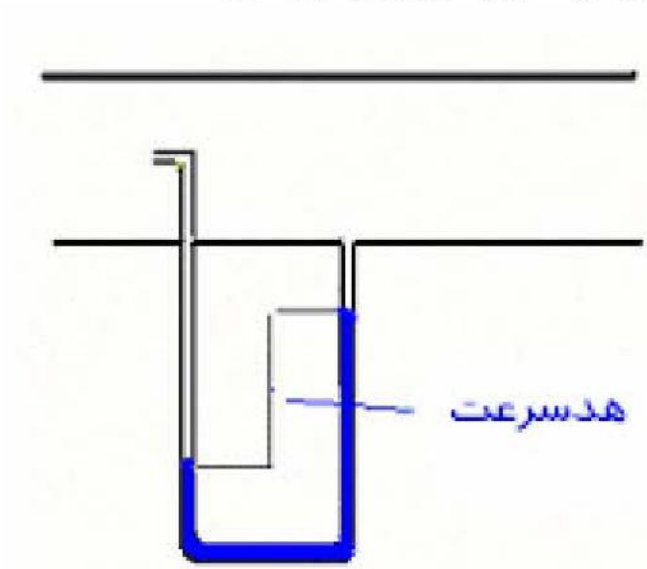
این فشارناشی ازانرژی جنبشی سیال است شامل سرعتی است وبه عنوان هد دینامیکی محسوب می شودوبه دلیل این که بیشترین سرعت سیال درمرکزلوله است محل نصب سنسوراندازه گیرفشاربیردرمرکزلوله قرارداده می شود.

فشاردینامیکی ازلحاظ ریاضی عبارتست از:

$$\frac{V^2}{2g}$$

که دران Vسرعت سیال برحسب متربرثانیه وgشتاب ثقل زمین برحسب متربرمجذورثانیه است که مقدارهددبرحسب مترستون مایع بیان می شود.

روش اندازه گیری هددینامیکی به توسط پیتوت تیوب و بصورت زیراست:



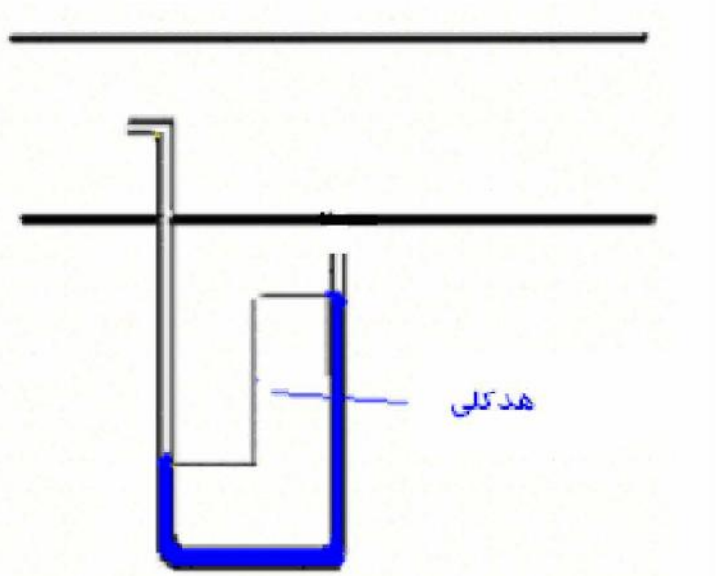
توضیح:برای اندازه گیری فلوی جریان عبوری ازیک لوله می توان با استفاده ازاندازه گیری نمودن هددینامیکی وبدست اوردن سرعت سیال باندازه سطح مقطع ان رااندازه گیری نمود که روش بسیارمناسبی است وبا کمترین افت فشارسیال (برخلاف اریفیس ها)قابل محاسبه است.

$$V=\sqrt{2gh}$$

دررابطه فوق Hهددینامیکی یاجنبشی است.

۳-فشارکلی

روش اندازه گیری فشارکلی نیزمثل فشاردینامیکی است بااین تفاوت که دراین حالت فشاراستاتیکی که روی جداره لوله واردمی شودازفشاردینامیکی کم نمی شود(فشاراستاتیکی درجهت عکس روی فشاردینامیکی اعمال نمی شود.



درجه حرارت گازGas Temperature

درجه حرارت گازناشی ازحرارت وجنبش مولکول های آن است .هرچه گازگرم ترباشدسرعت مولکول های آن افزایش پیدامی کندوباعث می شودباسرعت بیشتری حرکت کنندبه عدرت دیگردرجه حرارت گازمبین انرژی داخلی آن است وهرچه گازگرم ترباشدانرژی داخلی آن نیزبیشترخواهدبود.

واحداندازه گیری درجه حرارت گازهادرسیستم متریک برحسب درجه سانتی گراد(سلسیوس)ودرسیستم اینچی برحسب درجه فارینهایت بیان می شود.درسیستم متریک دمائی که درآن دماآب یخ میزندبه عنوان صفردرجه سنتیگرادمعرفی می شودودرجه حرارتی که درآن آب بجوش می آید(درکنارسطح دریاکه فشارجویک اتمسفراست)صددرجه سانتیگرادفرض می شودواین فاصله روی دماسنج به صدقسمت مساوی تقسیم می شودوهرقسمت آن معادل یک درجه سانتیگراددرنظرگرفته می شودولی درسیستم اینچی این نقاط(یخ زدن آب)۳۲درجه و(جوشیدن آب)۲۱۲درجه تعریف می شودواین فاصله روی دماسنج به ۱۸۰ قسمت مساوی تقسیم می شودکه به هرقسمت ان یک درجه فارینهایت گفته می شود.

بسته به مقیاس سیستم اندازه گیربه دوصورت زیراندازه گیری وبیان می شود:

الف-درجه حرارت نسبیGage Temperature

ب-درجه حرارت مطلقAbsolute Temperature

درجه حرارت نسبیGage Temperature

درجه حرارت نسبی درجه حرارتی ست که دمای گاز نسبت به درجه حرارت وشرایط فیزیکی مشخصی شوداندازه گیری می شود. مثلا دمائی که درآن آب به یخ تبدیل می شود(صفردرجه سانتی گراد)که دراین مقیاس دماهای کمترازیخ زدن آب بصورت یک عددمنفی و دمای بالاترازدمای یخ زدن آب مثبت بیان می شود.

درجه حرارت مطلقAbsolute Temperature

درجه حرارت مطلق گازعبارتست ازدمائی که دران حرکت مولکول های گازمتوقف می شودبه عبارت دیگرکمترین دمای ممکن که می توان به ان رسید. درسیستم متریک دمای مطلق با درجه کلوین بیان می شودوصفردرجه کلوین معادل۲۷۳- درجه سانتی گراداست.

رابطه درجه کلوین بادرجه سیسیوس بصورت زیراست:

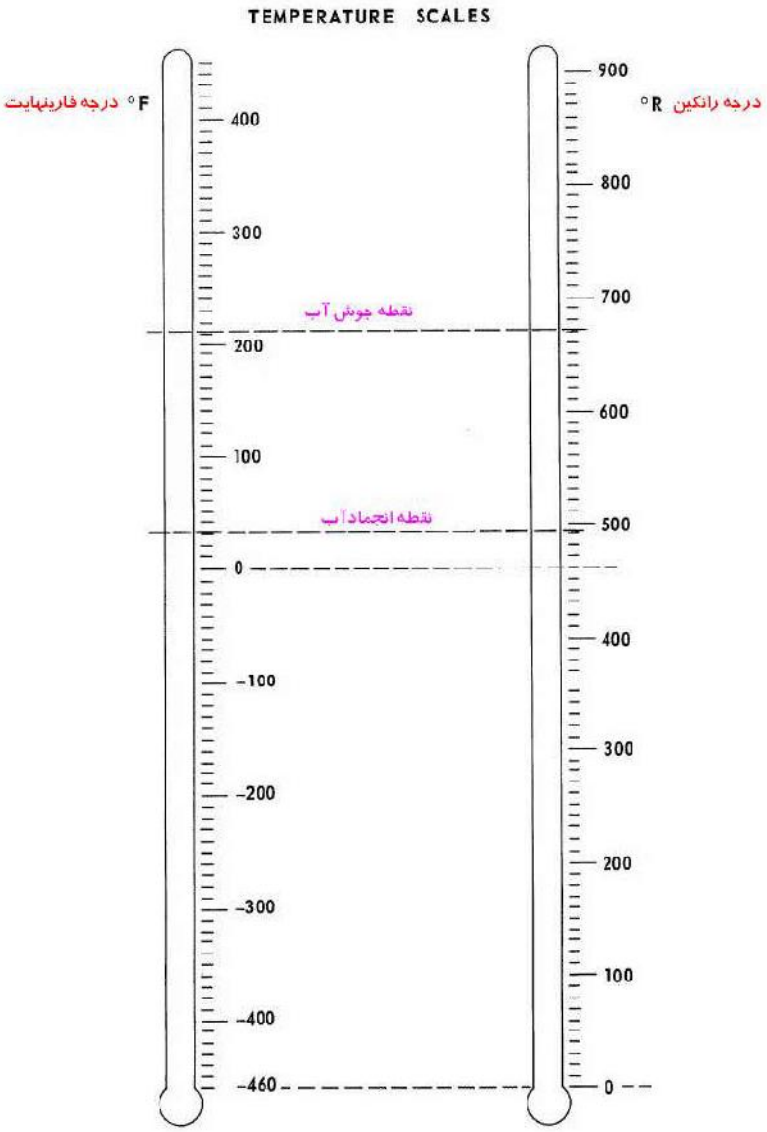
$$K=C+273.16$$

درسیستم اینچی دمای نسبی با درجه فارنهایت ودرجه حرارت مطلق بادرجه رانکینRankineبیان می شودو رابطه آنها بصورت زیر است :

$$R=F+460$$

و رابطه بین درجه حرارت سانتیگرادوفارنهایت نیزبه قرارزیراست:

$$C=5/9(F-32)$$



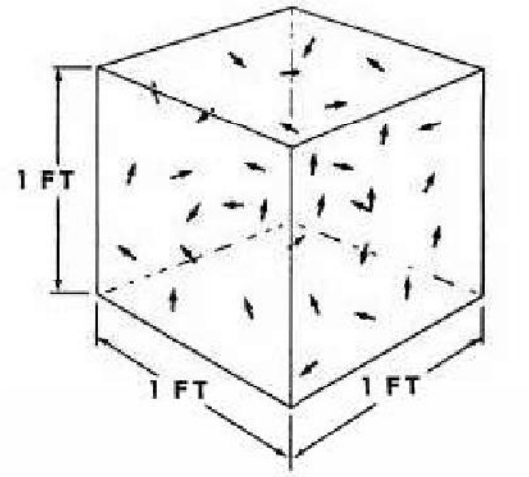
درشکل های زیراین مقیاس های اندازه گیری دماودرواحدهای مختلف نشان وواحدهای آنهابایکدیگر مقایسه شده اند.

حجم گاز Gas Volume

حجم گازعبارتست ازمقدارفضائی است که گازاشغال می کندیه عبارت دیگرحجم مقدارفضائی است که گازدران قرارگرفته است وواحدان ,واحدحجم است ویافوت مکعب Cubic Footمترمکعب ,سانتیمترمکعب و..... بیان می شود.

حجم گازباتغییرفشاروذرجه حرارت آن تغییرمی کندوبااین پارامترهابیان می شود.ولذابرای اندازه گیری حجم گازها محصول است که حجم گازدرشرایط معینی(متعارفی یااستاندارد) فشارآتمسفر وذرجه حرارت ۰ درجه فارینهایت اندازه گیری می شود.

به حجم گازاندازه گیری شده درشرایط استانداردحجم استانداردگفته می شودبطورمثال یک فوت مکعب استاندارد(Standard Cubic Foof)SCFt یبان می شود.



گرمای ویژه گازGas Specific Heat

گرمای ویژه یک گاز عبارت است از مقدارگرمائی که بایستی به واحد وزن گاز داده شود تا درجه حرارت آن یک درجه بالاتررود . نکته مهم در اینجا روش گرما دادن به گاز است زیرا مقدار گرمائی که به واحد وزن گاز باید داد تا درجه حرارتش یک درجه بالا رود در روش های مختلف فرق خواهد کرد . اگر در حجم ثابت گاز را گرم کنیم تمام انرژی داده شده بصورت انرژی داخلی در می آید یعنی صرف بالابردن درجه حرارت گاز می شودوبه آن گرمای ویژه درحجم ثابت گفته می شودو آن را با C_V نشان می دهند .

گرمای ویژه درفشارثابت عبارتست از مقدارگرمائی که باید به واحد وزن گاز در فشار ثابت داده شود تا درجه حرارت آن یک درجه بالا رود اگر بجای حجم فشار گاز را ثابت نگهداریم گرمای ویژه را با C_p نشان خواهیم داد در این حالت گرمای بیشتری لازم است تا درجه حرارت واحد وزن گاز را یک درجه بالابرد زیرا علاوه بر گرمائی که بصورت انرژی داخلی یا در حقیقت ازدیاد درجه حرارت لازم است مقداری نیز برای انبساط گاز مصرف می شود . در اثر گرم کردن گاز منبسط می شود یا به عبارت دیگر کار مکانیکی روی آن انجام می گیرد که مقدار آن برابر pdv است . C_p و C_V برای گازهای کامل مقداری ثابت هستند و بستگی به شرایط گاز ندارند بطوری که در هر حالت $C_p-C_V=R$ می باشدکه به Rثابت جهانی گازهاگفته می شووبرای تمامی گازهایک عددثابت است . برای گازهای حقیقی C_p و C_V تابعی از درجه حرارت می باشند .

انتالپی گاز Gas Entalpy

کل انرژی واحد وزن گاز را انتالپی آن می گویند و معمولاًبا حرف H ان رانشان می دهند . انرژی هائی که یک گاز وجوددارد عبارتند از انرژی داخلی آن E(انرژی حرارتی) و انرژی خـارجی (انـرژی فـشاری وجنبـشی)کـه بستگی به حالت گاز دارد .

$$H=E+PV$$

درهیچ شرایطی انتالپی گاز صفر نیست ولی این موضوع در عمل اشکالی هم بوجود نخواهد آورد زیرا در هـر تحولی تغییرات انرژی مورد نظر است نه مقدار مطلق آن. بنابر این رابطه فوق را برای هر تحولی مـی تـوان بصورت زیر نوشت .

$$\Delta H = \Delta E + \Delta(PV)$$

برای تحولی که در آن حجم گاز ثابت نگاه داشته شده باشد کارمکانیکی صفر است

آنتروپی گاز Gas Antropy

آنتروپی یکی از خصوصیات بسیار مهم ولی غیر قابل لمس گاز است . آنتروپی را نمی توان با وسیله ای انـدازه گرفت ولی کمیتی ست واقعی که در محاسبات ترمودینامیکی بسیار مفید است ومانـند گرمـا مقـدار مطلقـی ندارد ولی می توان آنرا نسبت به یک مبدی دلخواه محاسبه کرد . مانند انرژی داخلی وانتالپی هیچ گاه مقـدار مطلق آن مورد نظر نیست بلکه همواره تغییرات آن در تحول مورد محاسبه و ارزیابی قرار می گیرد . تغییـر آنتروپی در طول یک تحول از رابطه $ds = \int_a^b dQ/T$ بدست می آید که در آن dQ مقدار گرمای تبـادل شـده در حین تحول است . می توان از طریق محاسبات ترمودینامیکی نشان داد که مقدارش فقط بستگی بـه مقـدار گرمای تبادل شده دارد و مستقل از مسیر تحول می باشد.

گازهای کامل وقوانین حاکم برآنها

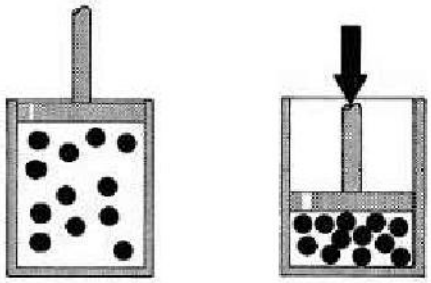
به گازهائی که ازقوانین عمومی گازهاتبعیت می کنندگازکامل اطلاق می شودولی بایدتوجه داشت ممکن است گازی را دریک شرایط معین بتوان بـه عنـوان گازکامـل درنظرگرفـت(مثـل بخارسـوپرهیت)ونـی درشـرایط دیگر(بخاراشباع)ازقوانین گازهای کامل تبعیت نکندکه دراین شرایط نمـی تـو ن ان رامـه عنـو ن یـک گازکامـل محسوب کرد.

گازهای کامل ازقوانینی پیروی می کنندکه ذیلا به شرح آنهامی پردازیم.

قانون بویل Boyle Law

طبق قانون بویل فشار مطلق یک گاز کامل در درجه حرارت ثابت باحجم ان نسبت عکس داردیعنی:

$$PV = \text{ثابت}$$



به عبارت دیگر باکاهش حجم یک گازفشارآن بالامی رودوباکم شدن حجم فشارکم می شودکه درصورت ثابت بودن درجه حرارت(آرام متراکم کردن گاز) این تغییرات بصورت خطی خواهدبودولی درصورت ثابت نبودن درجه حرارت این رابطه بصورت خطی عمل نخواهدکردکه به علت پیچیدگی تحول ازبحث راجع به آن خودداری می شود.

قانون چارلز Charles Law

طبق قانون چارلز Charles فشار مطلق یک گاز کامل در حجم ثابت مستقیماً متناسب با درجه حرارت آن است یعنی باافزایش فشاریک گازدرجه حرارت آن نیزافزایش پیدامی کندبه عبارت دیگرازلحاظ ریاضی رابطه فشاردرجه حرارت رامی توان بصورت زیرنوشت:

$$P=C_2T$$

که C یک ضریب ثابت است وبرای گازهای مختلف تغییرمی کند.

همچنین در فشار ثابت حجم مستقیماًمتناسب با درجه حرارت مطلق گاز است یعنی:

$$V=C_3T$$

درجدول زیرارتباط بین این پارامترهاشان داده شده است.

Temperature	*Pressure*	*Volume*
↑	remains the same	
↑		remains the same
remains the same		↑
↑	remains the same	
↑		remains the same
remains the same	↑	

قانون عمومی گازها

از ترکیب قوانین فوق معادله کلی گازهای کامل به شکل زیر بدست می آید:

$$PV=nRT$$

که در آن P فشار مطلق ،V حجم ،T درجه حرارت مطلق و n تعداد مولکولهای گاز است(اگر وزن گاز را W و وزن ملکولی آنرا M بنامیم n=W/M می باشد) و R مقداری است ثابت که به ثابت عمومی گازهامعروف است و قدر مطلق آن بستگی به واحدهای انتخاب شده برای T,V,P,n دارد .

لازم به توضیح است که درمعادلات فوق درصورتی که ازسیستم انگلیسی استفاده شودفشارمطلق بایدبرحسبpsiدرجه حرارت مطلق برحسب درجه رانکین وحجم برحسب فوت مکعب درنظرگرفته شودودرصورتی که ازسیستم متریک استفاده شودفشارمطلق بایدبرحسبBarودرجه حرارت مطلق برحسب درجه کلوین وحجم برحسب مترمکعب محاسبه می شود.

ضمناشرایط متعارفی درسیستم اینچی دمای ۶۰درجه فارنهایت(۵۲۰درجه رانکین)وفشار۱۴/۷psiودرسیستم متریک دمای ۲۵درجه سانتیگراد وفشاریک اتمسفر(یک بار)است.

متراکم کردن گازها

در طراحی کمپرسورها و دمنده ها باید نوع تحولی که روی گاز صورت می گیرد مشخص شود . معمولاً این گونه ماشین ها را بر مبنای تحول های ایزوترم(تحول دردمای ثابت)یا آدیاباتیک(تحول بدون انتقال حرارت)طراحی می کنندولی رفتارو قعی گازدرداخل کمپرسورها به دلیل وجودپارامترهای متعددتابع واقعی هیچ کدام ازتحولات فوق نمی باشند ولی باتوجه به نوع طراحی کمپرسورمی توان تحول انجام شده درداخل کمپرسورراباپکی ازدوتحول فوق تقریب زدکه دراین قسمت این دو نوع تحول را از نظر ترمودینامیکی مورد بحث وبررسی قرار می دهیم.

متراکم کردن گازهابصورت آدیاباتیک

اگر درحین تراکم گازهیچ گونه حرارتی بین گاز و محیط اطراف آن مبادله نشود به این تحول، تحول آدیاباتیک گفته می شودبطورکلی دو نوع تحول آدیاباتیک وجود دارد:

الف-تحول آدیاباتیک قابل برگشت به حالت اول Reversible Adiabatic Process

ب-تحول آدیاباتیک غیر قابل برگشت به حالت اولIrrevesrsible Adiabatic Process

در تحول آدیاباتیک قابل برگشت آنتروپی سیستم (گاز) ثابت می ماند ولی در نوع غیرقابل برگشت آنتروپی ثابت نمی ماند .

در تحول آدیاباتیک بین فشار و حجم گاز رابطه زیر وجود دارد .

$$pv\lambda = c = consant$$

$$\lambda = \frac{Cp}{Cv}$$

$$W = \frac{\delta}{\delta \quad 1} RT_a[(\frac{P_b}{P_a})^{\frac{\delta\ 1}{\delta}} \quad 1] = C_pT_a[(\frac{P_b}{P_a})^{\frac{\delta\ 1}{\varepsilon}} \quad 1]$$

معادله فوق نشان دهنده مقدارکار لازم برای فشردن گاز بصورت آدیاباتیک است تا فشار آن از P_a به P_b رسانده شود . اگر مقدار جریان گاز W پوند در ثانیه باشد توان لازم از رابطه زیر بدست می آید .

$$hp.ud. = \frac{\delta}{\delta \quad \sqrt{\ }} * \frac{WRT_a}{?}[(\frac{P_b}{P_a})^{\frac{\delta\ \Box}{\delta}} \quad \Phi$$

از معادله فوق بخوبی نتیجه گرفته می شود که هر چه T_a یعنی درجه حرارت گاز هنگام ورود به کمپرسور بیشتر باشد قدرت یا نیروی بیشتر برای فشردن آن باید بکار برد .

متراکم کردن گازبصورت ایزوترم

اگر هنگام فشرده کردن گازآن را سرد کنیم بطوری که در طول عملیات تراکم درجه حرارت گاز ثابت بماند به این تحول تراکم از نوع ایزوترم گفته می شود .

در این حالت رابطه بین فشار و حجم گاز بصورت زیر است :

$$PV = C = CONSTANT$$

$$P_b = P_a \frac{V_a}{V_b} = \frac{RT}{V_b}$$

$$V_b = V_b \frac{P_a}{P_b} = \frac{RT}{P_b}$$

$$T_a = T_b = \frac{P_b V_a}{R} = \frac{P_a V_a}{R}$$

وکار انجام شده روی گاز در این حالت عبارتست از :

$$W = \int PDV = P_a V_a \ell \frac{V_a}{V_b} = RT\ell \frac{V_a}{V_b}$$

$$W = P_a V_a \ell \frac{P_a}{P_a} = RT\ell \frac{P_b}{P_a}$$

برای متراکم کردن گازاگرکمپرسوربصورتی طراحی شودکه درحین تراکم درجه حرارت گازافزایش پیدانکندیا درحین تراکم حرارت بالارفته درگازتوسط سیستم Jacket Cooling جذب شودمقدارکارموردنیازبرای متراکم کردن گاز(توان مصرفی کمپرسور)کاهش پیداخواهدکردورانـدمان کمپرسوربالاترخواهدرفت زیراهرچه دمای گازکمترباشدفاصله بین مولکول های آن نیزکمترخواهدشد(عملیات متراکم کردن گازباعث کم شدن فاصله بین مولکول هامی شود)وخنک کردن گازنیزدرحین متراکم کردن کمک به کم کردن فاصله بین مولکول ها وافزایش راندمان کمپرسورمی شودکه البته باعث فزایش هزینه های جبی و Utilityنیزخواهدشدودرمواردی که نسبت تراکم بالاباشدحتما بایدکمپرسورطوری طراحی شودکه دمای گاز متراکم شده ازحدتعیین شده بالاترنرود.

نسبت تراکمRatio Of Comprssion

نسبت تراکمRatio که باحرف لاتینR بیان می شودعبارتست از نسبت فشارمطلق خروجی کمپرسوربه فشارمطلق ورودی آن ونشان دهنده مقدارفشاری است که کمپرسوربه گازاضافه کرده است.

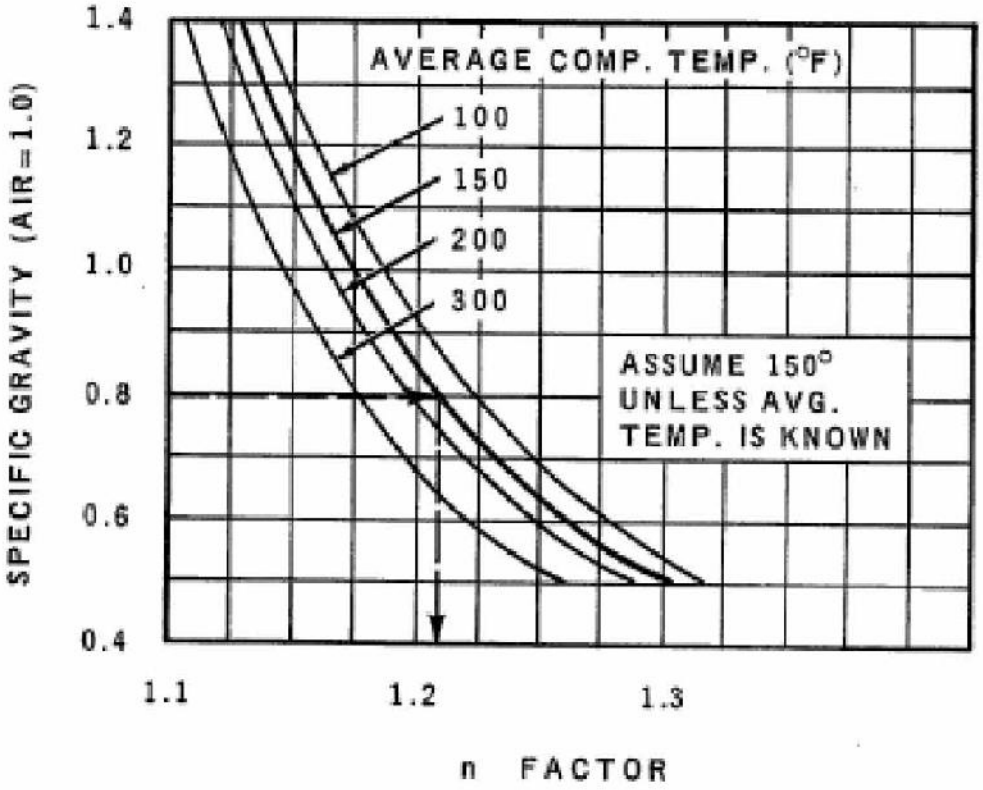
برای مثال نسبت تراکم کمپرسوری که فشارهوای محیط (یک اتمسفر)رابه فشارهشت بارمی رساندعبارتست از:

$$R=(8\ \ 1)/1=9$$

چنانچه فشارورودی کمپرسورافزایش پیداکندفشارخروجی نیززیادمی شودهرچندکه نسبت تراکم ثابت باشد.

حرارت ناشی ازتراکم گازهاThe Heat Of Compression

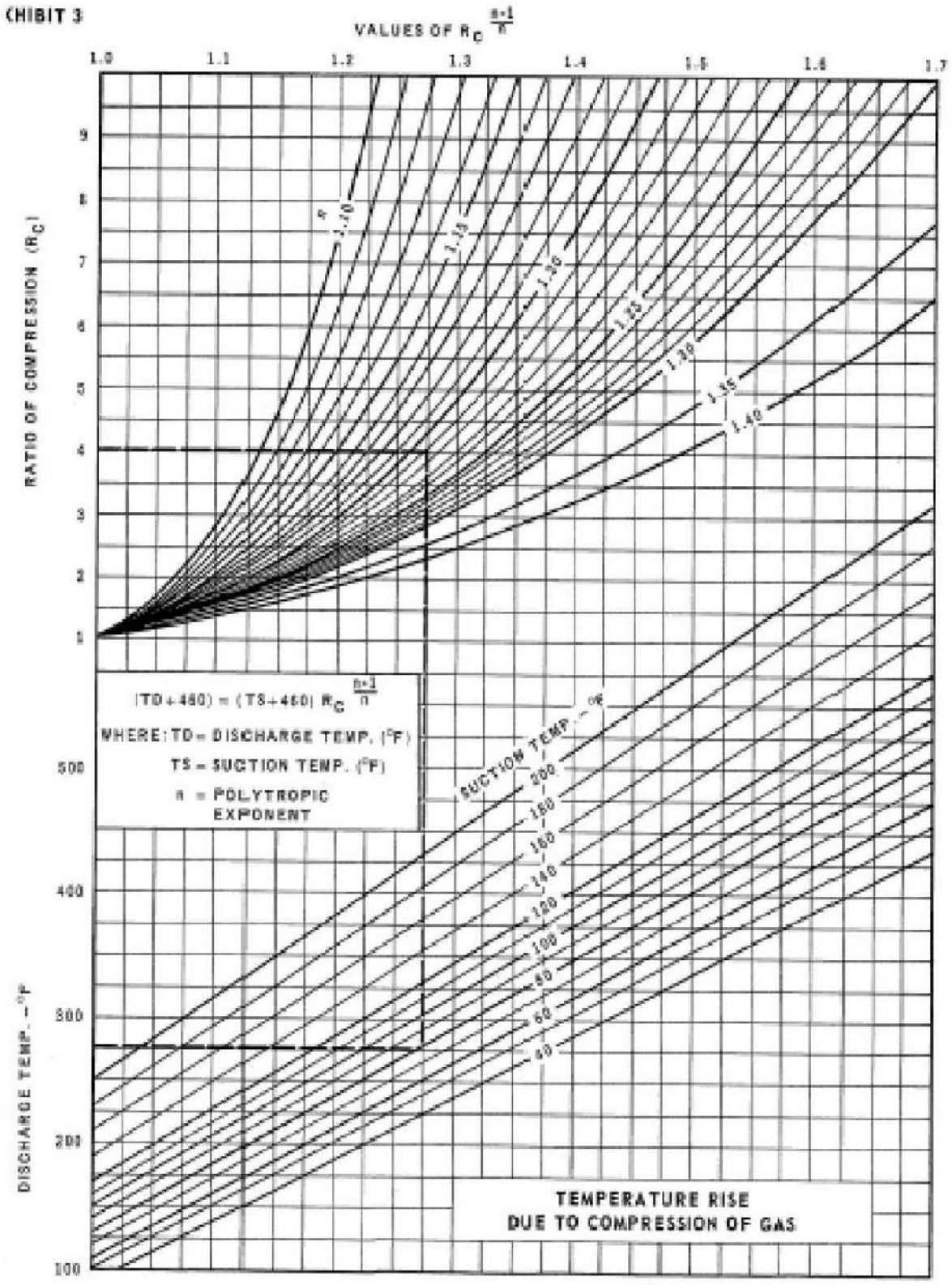
تراکم گازهاباعث افزایش سرعت مولکول هاونزدیک ترشدن انها به همدیگرمی شود. افزایش سرعت گازها باعث افزایش درجه حرارت گازمی شود.افزایش درجه حرارت بستگی به ماهیت گاز، فشاراولیه ونسبت تراکم گازدارد.گازهای سبک بانسبت تراکم مساوی نسبت به گازهای سنگین ترحرارت بیشتری تولیدمی کنند.



میزان افزایش درجه حرارت گازدرهنگام فشرده شدن ازفرمول های مربوط به گازهای کامل بدست می آیدکه ازپرداختن به آن دراین مقوله صرف نظرمی شود ولی از منحنی های زیرنیزمی توان مقدرحرارت تولید شده دراثرتراکم گازدرداخل کمپرسوررابدست آورد.

همین طورکه درمنحنی زیرملاحظه می شودافزایش درجه حرارت ناشی ازتراکم تابعی است ازدمای ورودی گازونوع گاز(جرم مولکولی)وهمچنین نسبت تراکم گاز(مقدارفشرده شدن گاز)که بامعلوم بودن پارامترهای فوق می توان درجه حرارت گازخارج شده ازکمپرسور(پس ازفشرده شدن)رابدست آورد.

CHIBIT 3


VALUES OF $R_C^{\frac{n-1}{n}}$
1.0
1.1
1.2
1.3
1.4
1.5
1.6
1.7
RATIO OF COMPRESSION (R_C)
n
1.10
1.15
1.20
1.25
1.30
1.35
1.40
$(TD+460) = (TS+460)\ R_C^{\frac{n-1}{n}}$
WHERE: TD = DISCHARGE TEMP. (°F)
TS = SUCTION TEMP. (°F)
n = POLYTROPIC EXPONENT
SUCTION TEMP. — °F
200
180
160
140
120
100
80
60
40
DISCHARGE TEMP. — °F
500
400
300
200
100
TEMPERATURE RISE
DUE TO COMPRESSION OF GAS

تعریف

دستگاه هائی که برای انتقال ، جا به جا کردن و یا فشرده کردن گازها مورد استفاده قرار می گیرند بر اساس اختلاف فشار بین ورودی وخروجی آنها(نسبت فشارخروجی به ورودی) وحجم گاز جابه جا شده درواحد زمان به دسته های زیر طبقه بندی می شوند :

الف-فن هاFans

ب-بلورهاBlowers

ج-کمپرسورهاCompressors

فن ها Fans

اصطلاحابه دستگاهی که حجم زیادی از گاز یا هوا را با فشار پایین (تا حدود 300میلی متر آب) جا به جا می کند فن گفته می شودومورداستفاده آنها فقط برای انتقال هوااست .

فن ها به دو دسته زیر طبقه بندی می شوند :

الف- دمنده ها Forced Draft Fan

ب-مکنده هاInduced Draft Fan

دمنده هاForced Draft Fan

وظیفه دمنده هاحرکت دادن گازهاوبیرون راندن(هل دادن) آنهاازیک محیط بطرف محیط دیگر است وموارداستفاده آنهادرپالایشگاه هاشامل:

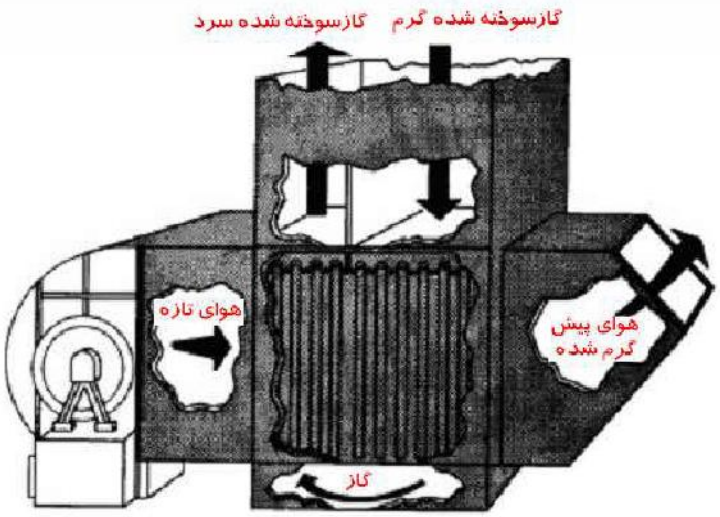
۱-برای راندن هوا به داخل سیستم بویلرها و کوره هاجهت احتراق سوخت.

۲- عبور دادن هوا از روی Fin Fan های هوایی برای خنک کردن سیال گرم داخل لوله های فن.

۳-واردکردن هوا به داخل چاه هاوحوضچه ها برای جلوگیری ازخفگی

و... است.

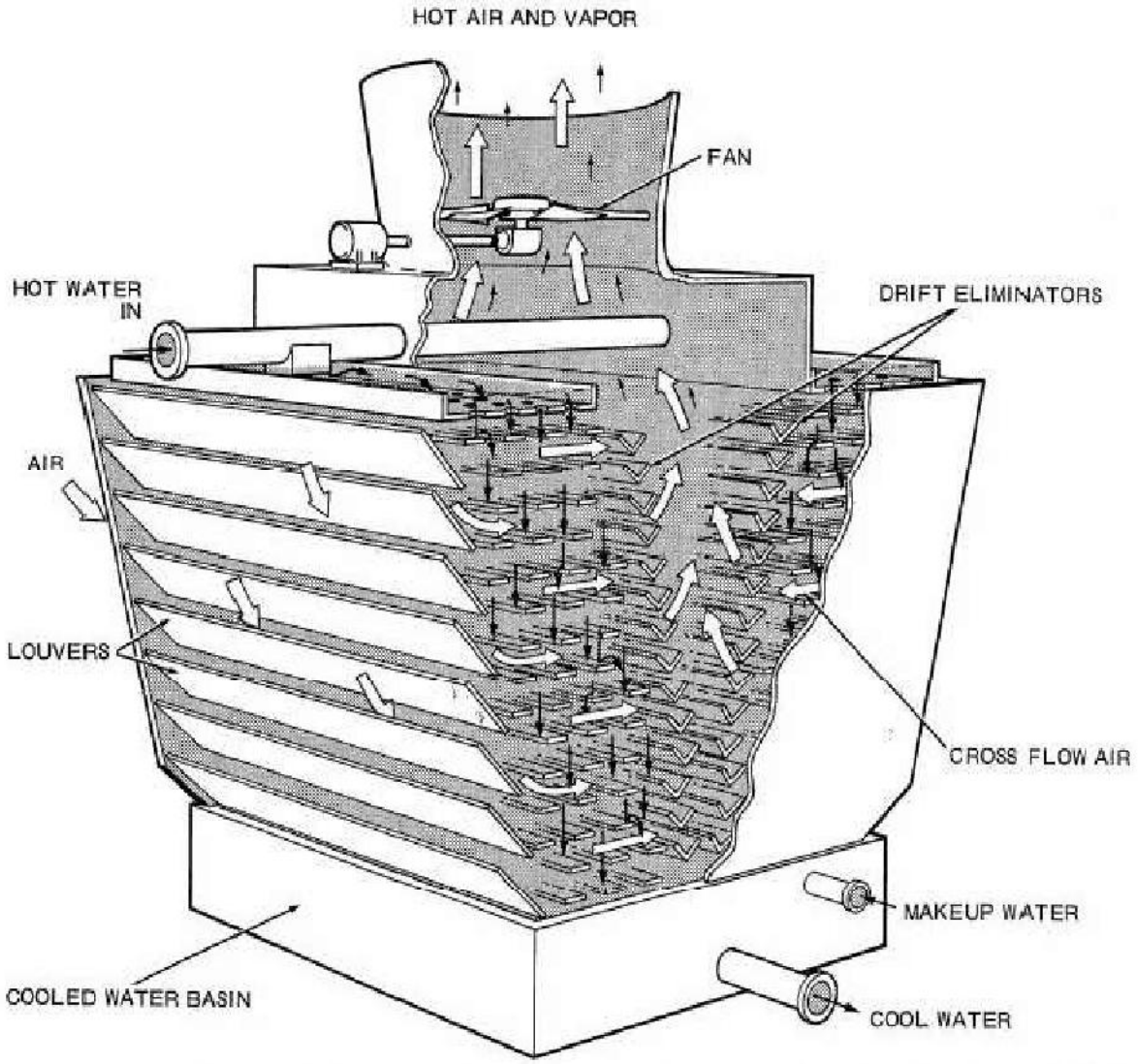
درشکل زیرشماتی ازیک دمنده هوا که روی بویلرنصب شده وهوای بیرون راوارد بویلرمی کندنشان داده شده است .



مکنده ها Induced Draft Fan

وظیفه مکنده ها مکش کردن گازهاازیک محیط بطرف محیط دیگراست مثل فن های تهویه(مثل فن آشپزخانه) که وظیفه آنهابیرون بردن هوای داخل بطرف بیرون است و بیشترین استفاده صنعتی آنهادر برج های خنک کننده مرطوب برای خنک کردن آب ازطریق تبخیرآن است .

درشکل زیرشماتی ازیک مکنده هوا که درقسمت فوقانی یک برج خنک کننده درداخل تنوره آن واقع شده است رانشان می دهد.



هواازاطراف دیواره های جانبی واردبرج می شودوسپس ازوسط برج وتوسط فن نصب شده درتنوره همراه بابخارات آب ازآن خارج می شودکه عبورجریان هواباعث کاهش فشاروتبخیرشدن آب می شودکه انرژی ناشی ازتبخیرآب ازآب باقیمانده دربرج(کم شدن درجه حرارت آب) تامین می شودوباعث خنک شدن آب می شودکه البته همواره مقداری آب باهواازبرج خارج می شودکه نیازبه تامینMake Upدارد.

بلورها Blowers

بلوور اصطلاحا به دستگاههائی اطلاق می شود که برای جا به جا کردن حجم متوسط گاز با فشارهای پایین و متوسط (تا حدود 3 bar) مورد استفده قرار می گیرند .

بلورهاوکمپرسورها از لحاظ ساختمان و اصول کار نیز بسیار شبیه به هم می باشند ولی تمامی بحث این مقوله بحث راجع به کمپرسورهااست

کمپرسورهاCompressors

کمپرسوربه دستگاههائی اطلاق می شود که برای فشرده کردن ، کوبیدن و انتقال گازها مورد استفاده قرار می گیرند که بسته به نوع و ساختمان آنها برای حجم ها و فشارهای مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند .معمولا اختلاف فشار ورودی و خروجی بلورهابیشتر از 3 bar است .

البته فشارهای ذکر شده و وجه تمایز بین کمپرسورها و بلورها خیلی به هم نزدیک است و گاها ممکن است یک دستگاه در یک واحد به عنوان بلور و در واحد دیگر به عنوان کمپرسور شناخته شود.

موارد استفاده کمپرسورها درپالایشگاهها

کمپرسورها دستگاههائی هستند که در اکثر مراکز صنعتی مورد استفاده قرار می گیرند و برخی موارد کاربرد آنها در صنایع نفت عبارتند از :

۱-کمپرسورهای هواAir Compressorsکه برای تولید هوای فشرده مورد نیاز سیستم های ابزار دقیقی Instrumentو هوای فشرده مورد نیاز برای واحدهای عملیاتی Air Plant و همچنین هوای مورد نیاز جهت ماشین آلات و ابزارهایی که با هوای فشرده کار می کند مورد استفاده قرار می گیرند و حداکثر فشار خروجی آنها 8 Bar است.

۲-کمپرسورهای Make Up که درپالایشگاهها برای فشرده کردن گاز هیدروژن با فشارهای بالا تا حدود 200Bar جهت تزریق هیدروژن به راکتورهای واحدهای آیزوماکس مورد استفاده قرار می گیرندکه معمولااز کمپرسورهای نوع رفت وبرگشتی پیستونی استفاده می شود .

۳-کمپرسورهای گاز گردشی Recycle Gas که برای چرخش گاز هیدروژن در داخل سیستم های راکتورهای واحدهای آیزوماکس و تبدیل کاتالیستی مورد استفاده قرار می گیرند که با توجه به ناخالصی گاز و فلوی بالای آن معمولا از کمپرسورهای گریز از مرکزی استفاده می شود.

٤-کمپرسورهای گاز مایع LPG که برای فشرده کردن و جا به جا نمودن گازهایی مثل C_3 و C_2 و C_1 ..... که در عملیات تقطیر نفت خام به دست می آیند مورد استفاده قرار می گیردومعمولااز کمپرسورهای نوع رفت وبرگشتی استفاده می شود .

۵-کمپرسورهای ازت Nitrogenکه برای شارژ ازت به داخل تانک ها و مخازن مربوطه جهت مصارف عملیاتی Purgingمسیرهای لوله کشی ودستگاه ها و همچنین شارژ کردن ازت داخل کپسول های ازت درکپسول های آتش نشانی مورد استفاده قرار می گیرند که غالبا از کمپرسورهای دیافر گمی استفاده می شود .

۶-کمپرسورهای تزریقی که برای تزریق گاز به داخل چاه های نفت در مناطق نفت خیز برای راندن نفت خام به داخل لوله های خروجی از چاه های نفت مورد استفاده قرار می گیرند .

۷-کمپرسورهای سیستم های تبرید که روی چیلرها و سیستم های تهویه مطبوع و برای عملیات خنک کاری مورد استفاده قرار می گیرندوغالبااز نوع کمپرسورهای رفت وبرگشتی استفاده می شود .

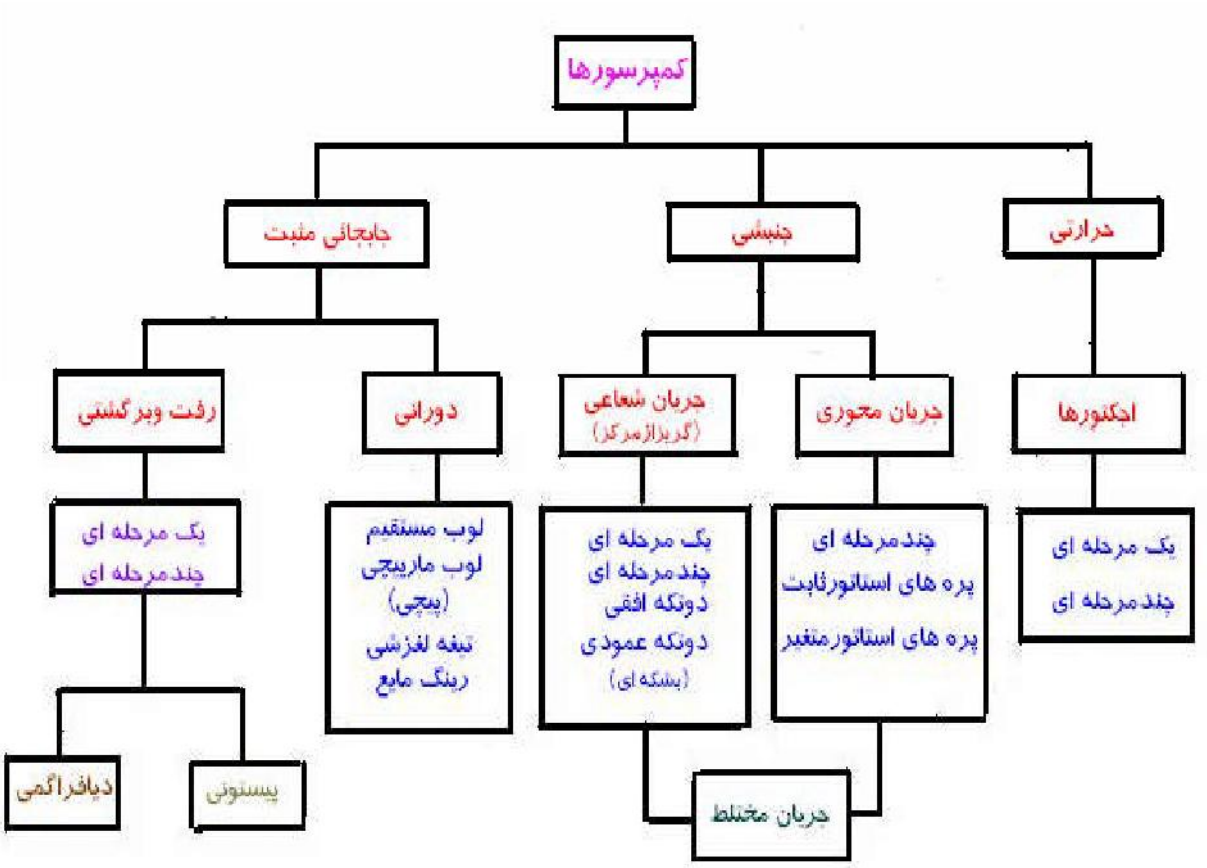
طبقه بندی کمپرسورها

همانگونه که درجدول زیرنشان داده شده است کمپرسورها از لحاظ اصول کار در سه دسته کلی زیر طبقه بندی می شوند:

کمپرسورهای جنبشیDynamic Compressors

کمپرسورهای جابجائی مثبتPositive Displacement Compressors

کمپرسورهای حرارتیThermal Compressors



که ذیلا به شرح اصول کاروانواع هرکدام ازآنهاپرداخته می شود.

کمپرسورهای دینامیکی Dynamic Compressor

این نوع کمپرسورها عملیات بالا بردن فشار گاز را توسط حرکت دینامیکی یا سرعتی که توسط پره های دوارکمپرسوربه گاز اعمال می کنندانجام می دهندو باعث بالا بردن انرژی جنبشی گازمی شوندکه به توسط ولوت ها یا دیفیوزرها این انرژی جنبشی به انرژی فشاری تبدیل می گردد .

این نوع کمپرسورها از لحاظ جریان گاز خروجی از پره ها دردو دسته زیر طبقه بندی می شوند:

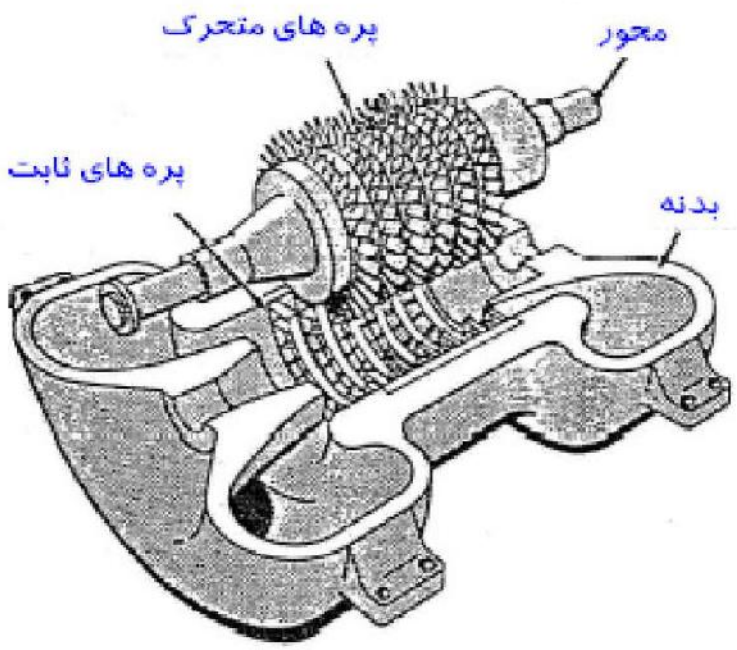
الف- کمپرسورهای جریان محوری Axial Flow

ب-کمپرسورهای جریان شعاعی Radial Flow

کمپرسورهای جریان محوری Axial Flow Compressor

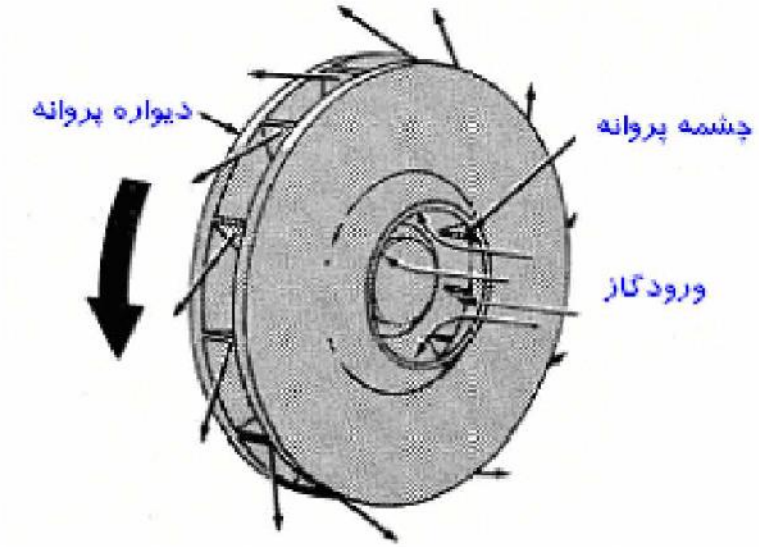
اصول کاراین نوع کمپرسورهابراساس حرکت دادن گاز(هل دادن)توسط پره های دوارنصب شده روی رتوراست وبیشتر استفاده این نوع کمپرسورهادر توربین های گازی است ویا برای جاهایی که نیازبه جریان وفلوزیادگازشد. معمولا فشارخروجی آنهاپایین ومتوسط است .

درشکل زیرشمائی ازاین نوع کمپرسورنشان داده شده است همینطورکه ملاحظه می شودجریان گازدرداخل کمپرسوردرجهت محوریAxial است وعلاوه برپره های نصب شده روی رتور(پره های متحرک) که وظیفه انتقال انرژی ازرتوربه سیال رابه عهده دارند (وبامحورمی چرخند) پره های ثابت دیگری نیز روی بدنه کمپرسورنصب گردیده که به آنهپره های راهنما گفته می شودکه علاوه برجهت دادن به سیال, برای انتقال ازیک مرحله به مرحله دیگروظیفه تبدیل انرژی جنبشی به انرژی فشاری رانیزبه عهده دارند.افزایش فشاردراین نوع کمپرسورها به این صورت است که گازرابه تدریج ازفضای باز(سطح مقطع زیاد)به فضای تنگ تری می رانندوباعث کم شدن حجم وافزایش فشارآن می گردد.



کمپرسورهای جریان شعاعی Radial Flow

این نوع کمپرسورها به گریز از مرکز معروف هستند و اصول کار آنها، استفاده از نیروی گریزاز مرکزبرای بالابردن انرژی جنبشی گاز است این عمل توسط Vane های نصب شده روی پروانه به سیال اعمال می شود دراین نوع کمپرسورهاعامل اصلی انتقال انرژی، پروانه کمپرسورImpellerاست که روی محورنصب می شودوباآن می چرخدو پس ازورود شدن سیال به چشمه پروانهImpller Eyeروی تیغه هائیVane که روی آن نصب می شود هدایت می شودوپس ازقرارگرفتن درنوک پروانه توسط نیروی گریزازمرکزاعمال شده ازپروانه خدامی شودووارددمحفظه اطراف آنVoloute یاDifuserمی شودتاانرژی جنبشی دریافت شده به انرژی فشاری تبدیل شود.خلاناشی ازپرتاب سیال بطرف بیرون(در ثرسرعت گرفتن سیال روی پروانه وجداشدن آن ازپروانه) باعث جایگزینی مجدد سیال به نوک پروانه می شودوباعث جریان یافتن مداوم سیال به کمپرسوروکسب انرژی وخارج شدن آن ازکمپرسورمی شود.



باتوجه به این که حرکت سیال درداخل کمپرسورتوسط نیروی گریزازمرکزانجام می شودبایددورکمپرسوربه اندازه ای بالابتدتابتواندسیال قرارگرفته درنوک پروانه راازپروانه جداکندناامکان جایگزینی ذرات قبلی بجای آن فراهم شوددرغیراین صورت فشاروفلوی کمپرسورکاهش خواهدیافت که با توجه به سبک بودن گازها برای انرژی د دن به سیال نیازبه دورهای بالا می باشد(نسبت به مایعات)همچنین به دلیل فاصله زیادبین مولکول های گازهاتعدادVaneهای نصب شده روی پروانه هاوهمچنین زاویه آنها نسبت به پروانه های پمپ های گریزازمرکزبیشتراست. مجموعه Volute و یا دیفیوزرها مثل کارآنهادرپمپ هابا زیاد کردن سطح مقطع عبوری جریان انرژی جنبشی به انرژی فشاری تبدیل می کنند.

این نوع کمپرسورها بیشترین کاربردرادرصنایع دارندوازآنها برای فشرده کردن هواوگازهای دیگردرحجم ها وفشارهای مختلف استفاده می شودکه دربخش های بعدی بطورمفصل تر راجع به انواع وساختمان آنها و..... بحث خواهدشد.

کمپرسورهای جابجائی مثبتPositive Displacement Compressors

به کمپرسورهائی که در هرسیکل کاری(دورانی یارفت وبرگشتی) مقدارحجم مشخصی ازگازرا جابجا می کنند کمپرسورهای جبجائی مثبت گفته می شود.ازمشخصه های اصلی این نوع کمپرسورهمناسب بودن مقدارگازخروجی باتعدادکورس کمپرسوراست بدین معنا که برخلاف دیگرکمپرسورهابادوبرابرکردن دورکمپرسورفلوی کمپرسورنیزدوبرابرمی شود. وهمچنین اگر مسیرخروجی آنها مسدودگردد فشار خروجی آنهامی تواندتابی نهایت افزایش پیدا کند و در صورت تامین توان موردنیازمی تواند باعث ترکیدن بدنه کمپرسور یا سیستم لوله کشی گردد.

کمپرسورهای جبجایی مثبت در دو دسته کلی زیر تقسیم می شوند :

الف-کمپرسورهای نوع روتاری Rotary Compressor

ب-کمپرسورهای نوع رفت و برگشتی Reciprocating Compressor

کمپرسورهای نوع روتاری Rotary Compressors

در این نوع کمپرسورها عمل بالابردن انرژی سیال (بالا بردن فشار گاز)برخلاف کمپرسورهای گریزازمرکز باعل دادن ارطریق حرکت چرخشی ,گاز از طرف ورودی(که حجم بیشتری دارد) به طرف خروجی(که به تدریج حجم کم می شود) انجام می شود و بسته به ساختمان داخلی کمپرسور در انواع زیرطبقه بندی می شوند :

۱-کمپرسورهای نوع لوب Lobe Compressor

۲-کمپرسورهای نوع لوپ مارپیچیHelical Lobe Compressors

۳ کمپرسورهای نوع تیغه لغزشی Sliding Vane Compressors

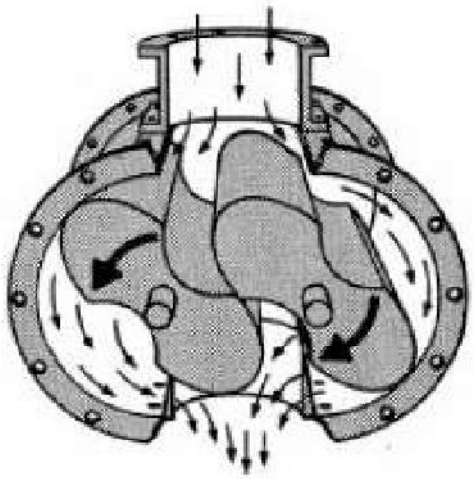
٤-کمپرسورهای نوع رینگ مایع Liquid Ring Compressors

که ذیلا به بحث راجع به هرکدام ازانواع آنهاپرداخته می شود.

کمپرسورهای نوع لوبLobe Compressor

در این نوع کمپرسور که شکل آن درصفحه قبل نشان داده شده است Gas از قسمت ورودی Suctionوارد کمپرسور می شود و با حرکت چرخشی Lobe هاکه توسط الکتروموتور به آنهاداده می شودودرجهت عکس همدیگرمی چرخندگاز Gasحبس شده بین رتورهاوبدنه کمپرسورر به سمت راهگاه خروجی Discharge کمپرسورکه به تدریج حجم ان کم می شودمی راندوباعث می گرددفشارگازافزایش پیداکند .

شکل لوب هاطوری طراحی می شودکه درحین چرخش همواره کمترین فاصله بین آنهاوبدنه وجودداشته باشد و در صورتی که این فاصله ها به هردلیلی افزایش پیدا کندمی تواند باعث شود گاز فشرده شده نشت کند وبه دلیل وجوداختلاف فشارمجددا وارد مراحل فشارپایین سیلندر Low Pressure شود که می تواند باعث نشتی های داخلی وکم شدن فلو وفشار کمپرسور شود .

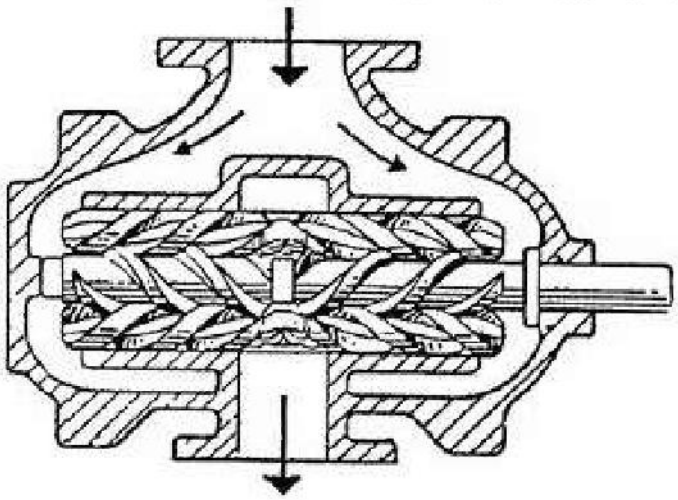


کمپرسورهای نوع لوب مارپیچی Helical Lobe Compressor

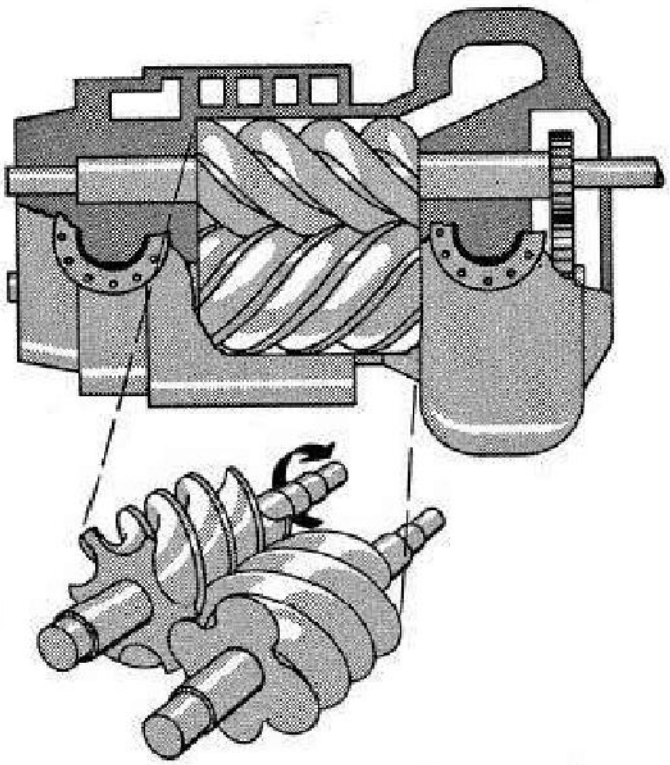
باتوجه به شباهت رتورابن نوع کمپرسورها به پیچ اصطلاحا به این نوع کمپرسورها،کمپرسورهای نوع پیچی یا Screw Compressor نیز گفته می شود و نحوه کار آنهابراساس حبس شدن گازبین لوب های مارپیچی که بصورت نرومادده در داخل هم می چرخند وبدنه (سیلندر)است. حرکت دورانی Screwها باعث جلو راندن گاز(مثل چرخ گوشت) از مسیرورودی تاخروجی می شودکه هرچه گاز به طرف خروجی کمپرسور نزدیکتر می شود انرژی بیشتری دریافت می کندوبا کاهش حجم آن فشارش افزایش پیدا می کند.

بسته به تعداد Lobeهایی که روی یک رتور قرار می گیرد این نوع کمپرسور ها درانواع مختلفی اعم از دولوبDouble Lobe وسه لوبTrial Lobe وهمچنین لوب مارپیچی ساخته ومورد استفاده قرار می گیرند هرچه تعدادLobeهابیشترباشد راندمان کمپرسورنیزافزایش پیدامی کندکه به طبع آن هزینه هاوظرافت ساخت نیزبالاترخواهد رفت.

درزیرتک کمپرسوردوع لوب نوع سه لوب نشان داده شده است.



حرکت چرخشی Screw ها به توسط الکتروموتور وازطریق چرخ دنده هایی که در قسمت انتهایی محور قرار داردTiming Gear به رتور دیگر منتقل می شود وباعث می گردد رتورها درخلاف جهت همدیگر بچرخند. برای جلوگیری ازبرخی های داخلی بایدهمواره فاصله کمی بین Lobe ها و محفظه های که Lobe ها در آن حرکت می کندCylinder وجودداشته باشد که بانوجه به زیادبودن طول رتورامکان کم کردن این فواصل بادشواری مواجه است که دربعضی ازانواع این کمپرسورها برای جلوگیری از تماس مستقیم قطعات ثابت ومتحرک باایجادیک فیلم نازک روغن روانکاری که همراه گازواردکمپرسورمی شود ازتماس واصطکاک قطعات ثابت ومتحرک ممانعت می شود.



براین اساس این نوع کمپرسورها در دو دسته زیر تقسیم بندی می شود :

۱-کمپرسورهای نوع بدون روغن Oil Free Compressor

۲-کمپرسورهای نوع روغنی Oil Compressor

درکمپرسورهای نوع روغنی به دلیل کمتر بودن فاصله بین قطعات ثابت و متحرک(رتورها وسیلندر) به گازی (هوائی) که وارد کمپرسور می شود روغن تزریق می کنند تا یک فیلم روغن بین قطعات ثابت ومتحرک بوجود اید واز تماس قطعات جلوگیری کند که روغن تزریق شده مجددا در قسمت خروجی کمپرسور از گاز یا هوای خروجی به توسط سیستمهای جداکننده روغن وگازSeparator جدا می شود ومجددا وارد سیکل اصلی خودجهت روغنکاری قطعات می شود که گاها نیاز به اضافه کردن روغن به داخل مخزن می شود .

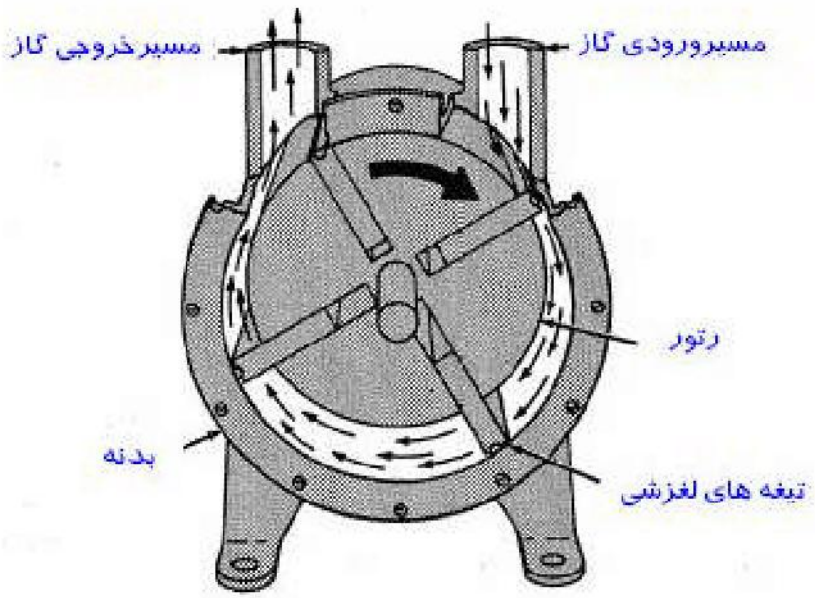
دربخش های بعدی بازبطورمفصل تری راجع به این کمپرسورهابحث خواهدشد.

کمپرسورهای نوع تیغه لغزشی Sliding Vane Compressors

دراین نوع کمپرسورهارتوربصورت خارج ازمرکزدرداخل سیلندرCasingقرارمی گیرد وتوسط حرکت چرخشی تیغه هایVaneنصب شده روی ان باعث ورود سیال ازقسمتSuctionبه داخل کمپرسوروحبس شدن ان بین تیغه هاوبدنه می شود وتوسط حرکت دورانی پره هابه قسمت خروجی کمپرسور رانده شودکه هرچه به قسمت ورودی نزدیک ترمی شودحجم بین تیغه هاوبدنه به تدریج کم می شود وباعث افزایش فشارگازمی شود. دراین نوع کمپرسورهانیز فاصله بین بدنه و تیغه هابایددرحدمعینی تنظیم گرددتاباعث برگشت هوا وایجادنشتی داخلی نشود.دراین نوع کمپرسورها Vane ها یا تیغه ها عمل راندن گاز را انجام می دهند ومعمولا آب بندی بین تیغه ها و سیلندر با استفاده از نیروی گریز از مرکزناشی ازحرکت دورانی تیغه هاکه باعث چسبیدن تیغه هادرجداره داخلی سیلندرمی شود انجام می شود ولی دربعضی از انواع این کمپرسورهاکه دورآنهاپایین است جهت تماس مداوم بین Vane ها و Casing فنرهایی نیزدرزیرتیغه ها نصب می شودکه می تواند به نیروی گریزازمرکزکمک کندوکار اب بندی داخلی بهترانجام شود.

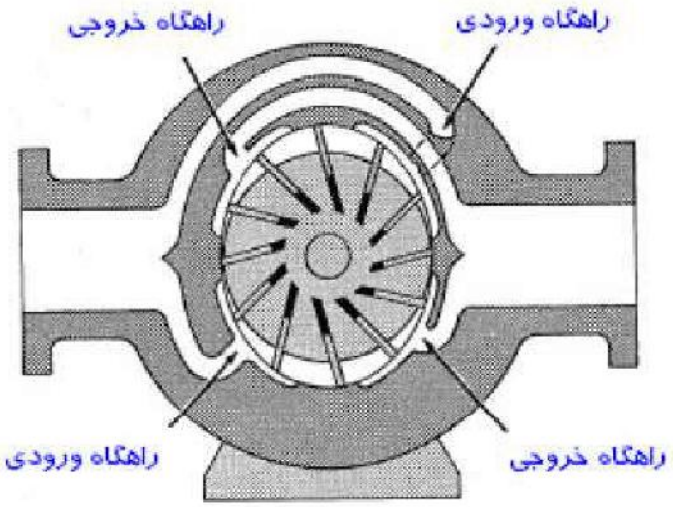
درکمپرسورهای باسایز های بالاتر جهت کم کردن اصطکاک بین Vaneها و بدنه نبایه روغنکاری است که معمولابانزریق مقداری روغن درقسمت ورودی کمپرسوریه گاز این کار انجام می شود .

این نوع کمپرسورهابرای شرایط فشارهای پایین ودورهای کم وفلوهای متوسط کارایی بسیاربالائی دارند.



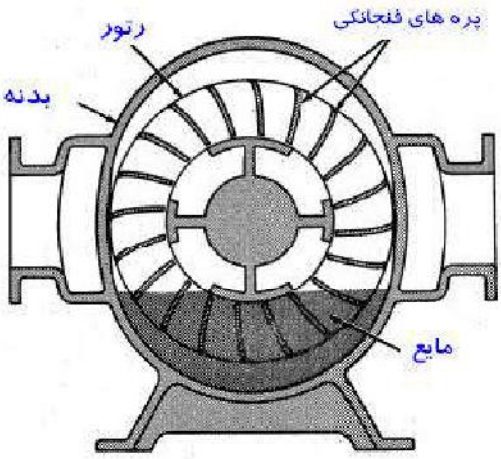
به دلیل طول عمربالاوسروصدای کم آنهادرحین کارازاین نوع کمپرسورهادرپخچال های قدیمی به وفوراستفاده شده است.

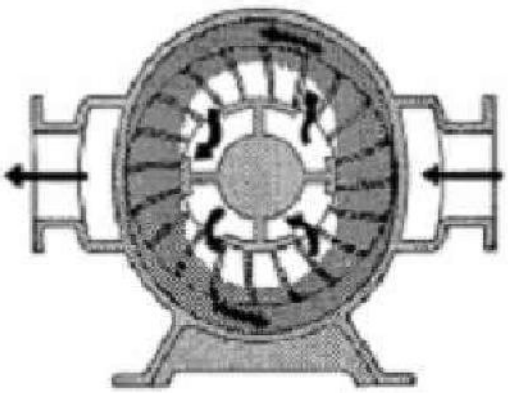
دربعضی ازانواع این کمپرسورها برای کاهش بارهای شعاعی روی یاتاقان هاوافزایش طول عمر آنهابدنه پمپ بصورت دوراهگاهی ساخته می شود که باعث متعادل شدن فشاراطراف روتوروفیلترا بالنس نیروهای شعاعی روی روتورمی شود.



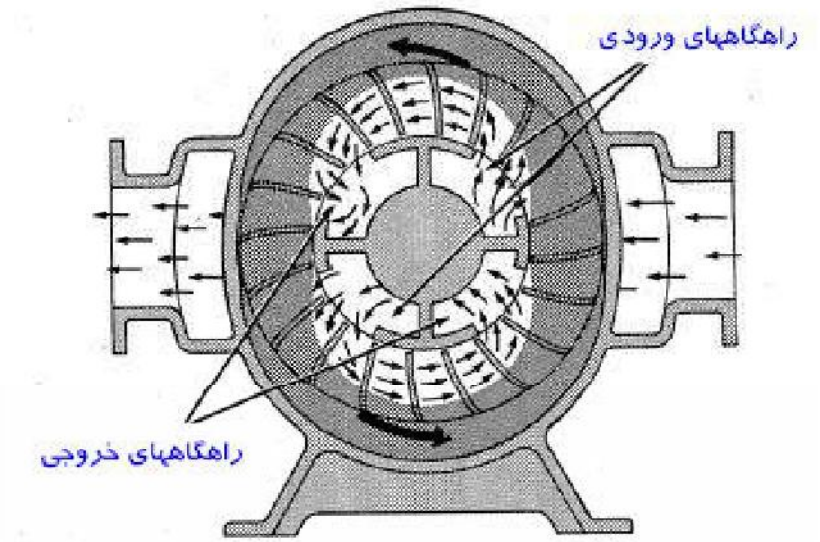
کمپرسورهای نوع رینگ مایع Liquid Ring Compressors

شکل بدنه این نوع کمپرسورها بصورت تخم مرغی شکلEgg Shaped است و پره های آن از نوع فنجانکی Cupped Bladeساخته می شود . این نوع کمپرسورهامعمولا برای سیالات دوفازی(گاز همراه بامایع) مورداستفاده قرارمی گیرند.یکی ازمهمترین مواردکاربردان درپالایشگاه ها درسیستم مشعل Flareکه همواره مقدارمایعات گازی همراه گازوجوددارداست. عمل اب بندی داخلی این نوع کمپرسور توسط دیواره ای از مایع که داخل کمپرسورریخته می شودوبین رتوروبدنه قرارمی گیردوبااستفاده ازنیروی گریزازمرکز انجام می شود.نوع مایع مورداستفاده برای اب بندی بستگی به نوع گاز کمپرسور داردولی معمولا ازاب که یک مایع ارزان قیمت است استفاده می شود.قبل ازراه اندازی کمپرسور ابتدادر داخل ان مایع مناسبی ریخته می شودوسپس اقدام به راه اندازی ان می شود. وقتی کمپرسور ساکن است مایع در قسمت ته بدنه می ماند و وقتی در حالت چرخش قرار گرفت در اثر نیروی گریز از مرکز مایع به سمت بیرون Casing پرتاب می شودوباایجادیک دیواره اب گاز اب بندی وممانعت از فرار گاز فشرده شده انجام می شود.





در قسمت نزدیک به مرکز روتورچهار عدد کانال Stationary Port Chamberقرار گرفته که دوعدد از آنها مربوط به مسیر ورودی گازودو تای دیگری مربوط به مسیر خروجی گاز می باشد که با چرخش روتور گاز وارد راهگاههای ورودی می شود وبا حرکت چرخشی روتور گازحبس شده بین تیغه ها ودیواره مایع وشکل بدنه کمپرسورباعث می شود که فشاردیواره مایع گازرافشرده کندوان رابطرف مسیرخروجی کمپرسور ازطریقStationary Port Chamber هدایت کند. در این نوع کمپرسورها بطور هم زمان جریان گاز و مایع برقراراست ومایع داخل کمپرسورهم کارآب بندی وهم کارروانکاری را هم انجام می دهدو نیازی به استفاده از روغنکاری خارجی نیست وتنها نیاز این نوع کمپرسور به اضافه نمودن مایع داخل Casing است که احتمالا مقداری از آن با گاز خروجی از کمپرسور با آن خارج می شود که لیته در مراحل خروجی کمپرسور توسط Separator های مخصوص جدا می شود.مایع آب بند کننده معمولا مایع ارزان قیمتی مثل آب است که باید دارای ناخالص وجامد آن جداشده باشد.



کمپرسورهای نوع رفت و برگشتی Reciprocating Compressors

اصول کار این کمپرسور از طریق مکانیزم حرکت رفت و برگشتی و تغییر حجم حاصل از آن انجام می شود افزایش حجم درداخل کمپرسورباعث کاهش فشاردرآن وبنابجا باعث ورودگازبه داخل محفظه کمپرسور می شودودرسیکل دراتم بعد کاهش حجم داخل کمپرسورباعث خارج شدن گاز ازداخل سیلندرمی شود که انرژی منتقل شده به گازدرحین کم شدن حجم آن باعث افزایش فشارگازمی شود.مقدارگاز فشرده شده متناسب مستقیم باتعدادکورس کمپرسوردارد

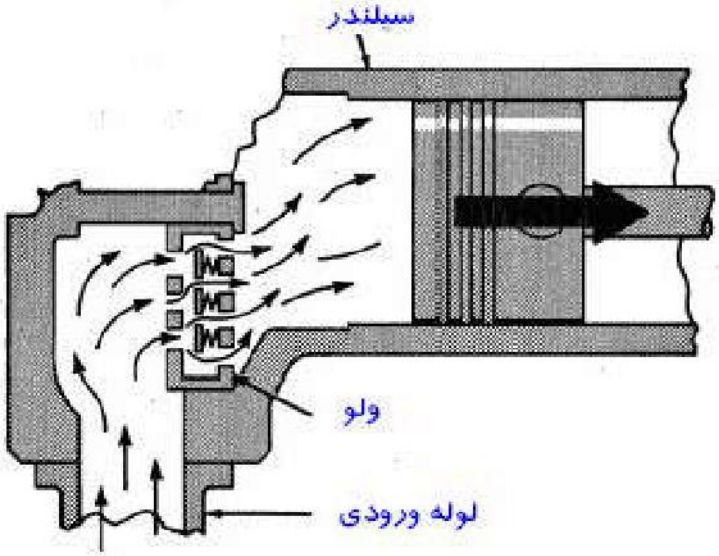
این نوع کمپرسورها معمولا برای تولید فشار های بالا مورد استفاده قرار می گیرند وبطورکلی دردودسته کلی زیرطبقه بندی می شوند

۱-کمپرسورهای رفت و برگشتی نوع پیستونی

۲-کمپرسورهای نوع دیافراگمی

کمپرسورهای رفت و برگشتی نوع پیستونی

در این نوع کمپرسور ها حرکت رفت وبرگشتی پیستون در داخل سیلندر باعث تغییر حجم در سیلندر شده که افزایش حجم سیلندر باعث کاهش فشار در آن وباعث مکش گاز به داخل سیلندر می شود ودر مرحله تراکم کاهش حجم سیلندردر اثر حرکت پیستون به سمت جلو باعث افزایش فشار داخل سیلندر (متراکم شدن گاز)وبالاتا خارج شدن گاز بافشاربالاتر داخل سیلندر در مسیر لوله خروجی کمپرسور می شود. کنترل کردن اتوماتیک ورود و خروج گاز به داخل سیلندر توسط کمپرسور واوها یاشیرهای ورودی وخروجی کمپرسور Compressor Valves انجام می شود .



حرکت دورانی الکتروموتور یا توربین بخار به توسط میل لنگ به حرکت رفت و برگشتی تبدیل می شود و به توسط مجموعه Cross Head کاملا خطی شده و روی پیستون اعمال می گردد.

کمپرسورهای رفت و برگشتی در دو دسته زیر تقسیم بندی می شوند :

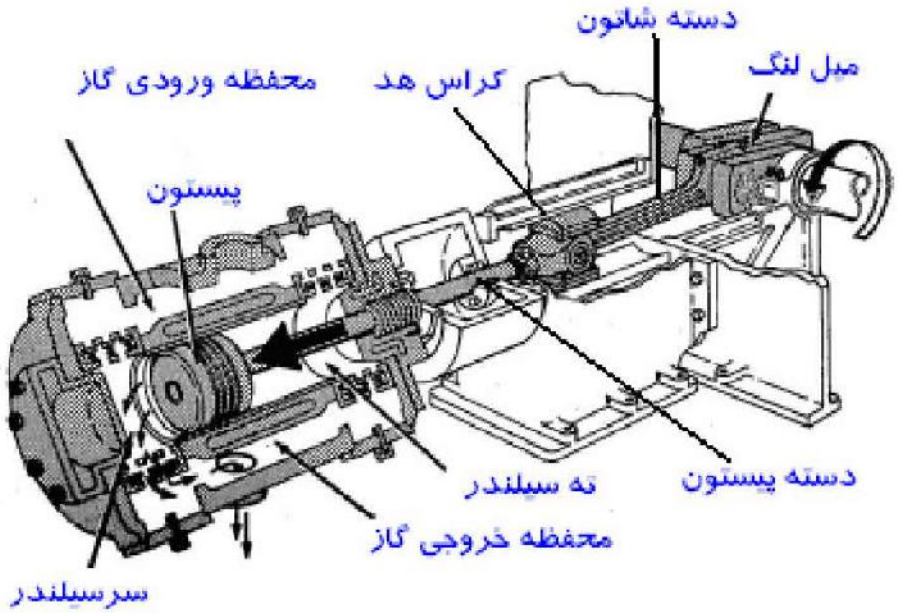
الف-کمپرسورهای یک طرفه Single Acting

ب-کمپرسورهای دو طرفه Double Acting

درکمپرسورهای نوع Single Acting عملیات تراکم گاز فقط درقسمت جلوی پیستون یاسرسیلندر انجام می شود و در نوع Double Acting هم قسمت جلو پیستون (سر سیلندر) و هم قسمت عقب آن(ته سیلندر) انجام می شود که به عنوان دو کمپرسور موازی عملیات مکش و تراکم را با تاخیر زمانی 180 درجه ای انجام می دهند . کمپرسورهای نوع دوطرفه که غالبا دراکثر صنایع موردااستفاده قرار میگیرد علاوه بر بالا بردن ظرفیت کمپرسور باعث کم شدن نیروهای لرزاننده Shaking Force به بدنه کمپرسور و میل لنگ نیز می شود که باعث افزایش طول عمر قطعات و کمپرسور می گردد .

در قسمت های بعدی مفصلا در رابطه با ساختمان اجزاء مختلف و اصول کار آن بحث خواهد شد .

درشکل زیرشمای کلی یک کمپرسوررفت وبرگشتی نوع پیستونی دوصرفه نشان داده شده است.



کمپرسورهاازلحاظ تعدادمرحله نیزبه دودسته زیرطبقه بندی می شوند:

الف-کمپرسورهای یک مرحله ایSingle Stage Compressors

ب- کمپرسورهای چند مرحله ای Multistage Compressors

برای مواردی که حجم زیاد گاز با فشار بالا مورد نیاز است حتما باید از کمپرسورهای چند مرحله استفاده شود بدین معنی که مراحل افزایش فشار در چندین مرحله انجام می شود .

دلایل اجباربه استفاده ازکمپرسورهای چندمرحله ای به شرح زیر است :

کم کردن تنشهای کششی وفشاری روی قسمت های مختلف کمپرسور .

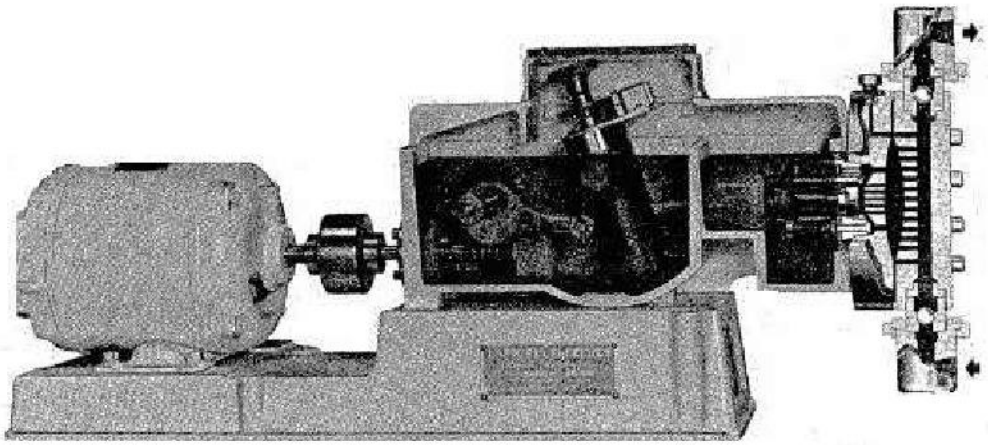
فرصت خنک کاری گاز در مراحل میانی به توسط Inter Cooler ها .

صرفه جویی در مصرف انرژی .

کمپرسورهای چندمرحله ای معمولا برای تولید فشار های بالا مورد استفده قرار می گیرند و بصورت های مختلف طراحی و ساخته می شوند:

کمپرسورهای نوع دیافراگمی

اصول کار این نوع کمپرسورها نیز مانند کمپرسورهای پیستونی بر اساس تغییرات حجم داخل کمپرسور است که به توسط حرکت رفت و برگشتی ، دیافراگم انجام می شود (مثل پمپ بنزین اتومبیل ها) و کنترل کردن ورود و خروج گاز داخل کمپرسور به توسط ولوهایی که بطور اتوماتیک بر اساس اختلاف فشار کار می کنندComressor Valve انجام می شود .



درکمپرسورهای نوع دیافراگمی حرکت رفت وبرگشتی روی دیافراگم اعمال می شودوحرکت رفت وبرگشتی آن باعث تغییرحجم داخل کمپرسورونغییرفشارداخل آن می شودکه افزایش حجم وکاهش فشار درداخل سیلندرباعث ورودگازبه داخل سیلندروکاهش حجم قسمت بالای دیافراگم باعث افزایش فشار و نهایتا خروج گازازبطرف لوله خروجی کمپرسور می شود.

بسته به طراحی کمپرسور دیافراگم ها براساس فشاردرجه حرارت و.... ازجنس های مختلفی نظیرلاستیک فلز ویاپلاستیک های مخصوصی ساخته می شوند.

محاسن کمپرسور ها ی دیافراگمی

۱- عدم تماس بین گاز وقطعات داخلی کمپرسور است وتنها دیافراگم و مجاری ورودی و خروجی کمپرسور باگازکمپرس شونده در تماس هستند.

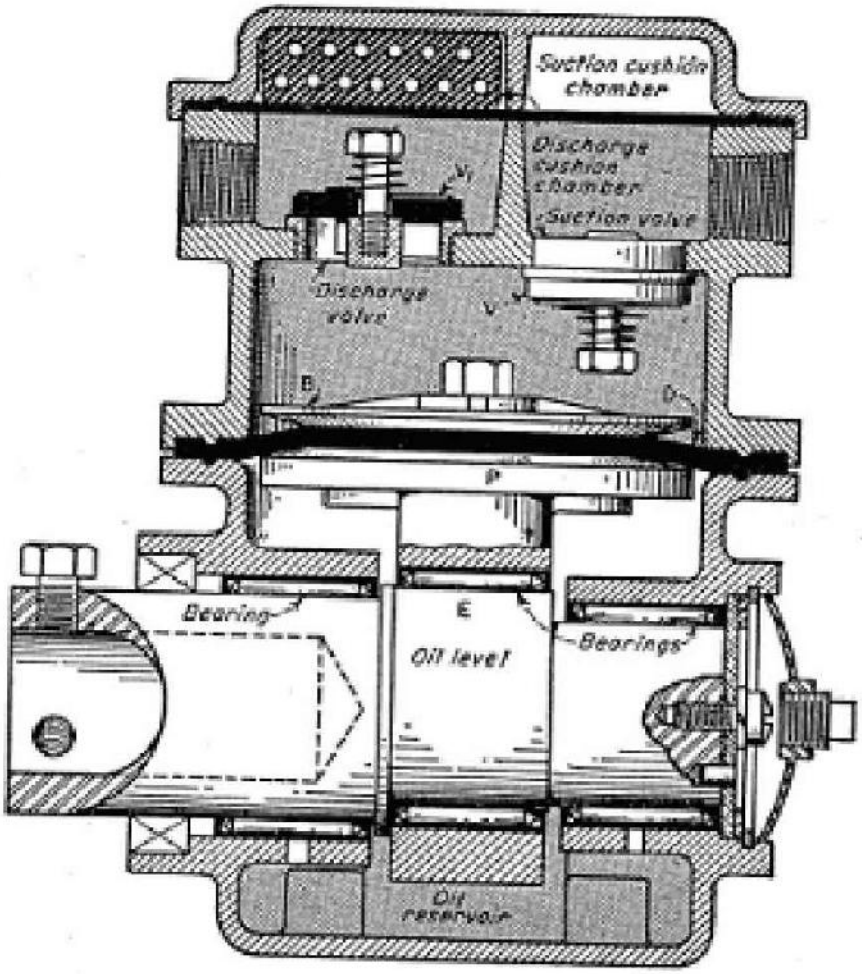
۲- این نوع کمپرسورها هانیازبه آب بندی ندارند ومی توان ادعا کرد که نشتی در این گونه کمپرسور ها صد درصدصفراست.

ظرفیت این کمپرسور ها با قطر دیافراگم ، میزان حرکت دیافراگم (کورس حرکت) و تعداد تکرار حرکت رفت و بر گشتی در واحد زمان (سرعت حرکت) نسبت مستقیم دارد . از آنجائی که مقدار حرکت قابل دستیابی دیافراگم محدوداست .حداکثر ظرفیت کمپرسور(با قطر دیافراگم ثابت)عملاً به حداکثر سرعت رفت و برگشت دیافراگم که معمولاً کم است بستگی خواهد داشت.

بسته به نوع مکانیزم تحریک دیافراگم این نوع کمپرسورهادر چنددسته زیرطبقه بندی می شوند:

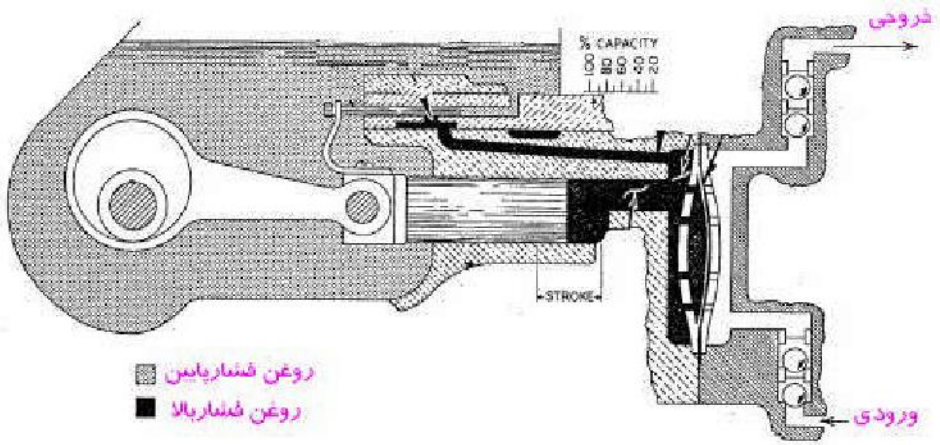
الف- کمپرسورهای دیافراگمی باعملگر هیدرولیکی

ب- کمپرسورهای دیافراگمی باعملگر مکانیکی



باتوجه به طرفیت پایین کمپرسورهای دیافراگمی وهمچنین عدم تحمل دیافراگم هابرای فشارهای زیاد،مورد استفاده این نوع کمپرسورهامحدوداست وبیشتر بری جابجاکردن یافشرده کردن گازهائی نظیراکسیژن وبرای پرکردن کپسول های حاوی این گازهاموردااستفاده قرارمی گیرند.

درکمپرسور های دیافراگمی صنعتی معمولاحرکت رفت و برگشتی دیافراگم ها(که معمولا از جنس فلزی St.St ند)توسط فشار روغن زیر آنها وبه توسط حرکت رفت و برگشتی پلنجر (پیستون)زیرآن که به توسط میل لنگ رفت وبرگشت می کند انجام می شود برای کنترل کردن فلوی خروجی کمپرسور فشار روغن(مقدار) زیر دیافراگم تغییر داده می شودکه این عمل توسط یک عددپمپ روغن Plunger Pump ای که به توسط میل لنگ تحریک می شود نجام می شودو روغن زازیر دیافراگم تزریق می کند تا هم جبران نشتی روغن از زیرپلانجر یاپیستون را بنمایدوهم باعث بالابردن فشارروغن زیردیافراگم شود ونهایتا باعث حرکت بیشتردیافراگم و بالابردن فلوی کمپرسور گردد.



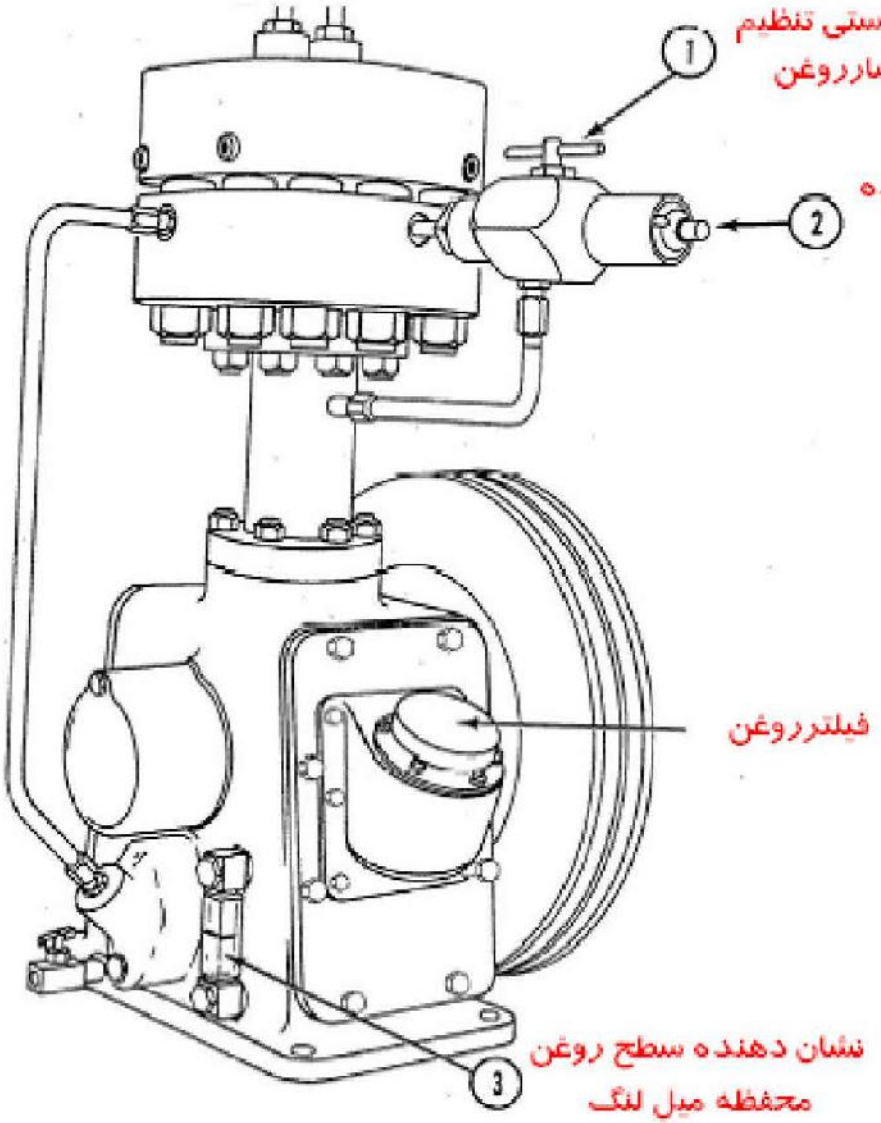
روش های تغییرفلوی این کمپرسورهاشامل:

۱-کم وزیادکردن میزان کورس یا حرکت دیافراگم که درکمپرسورهای نوع عملگر هیدرولیکی باکم وزیادکردن فشار(مقدار)روغن زیر دیافراگم انجام می شود.

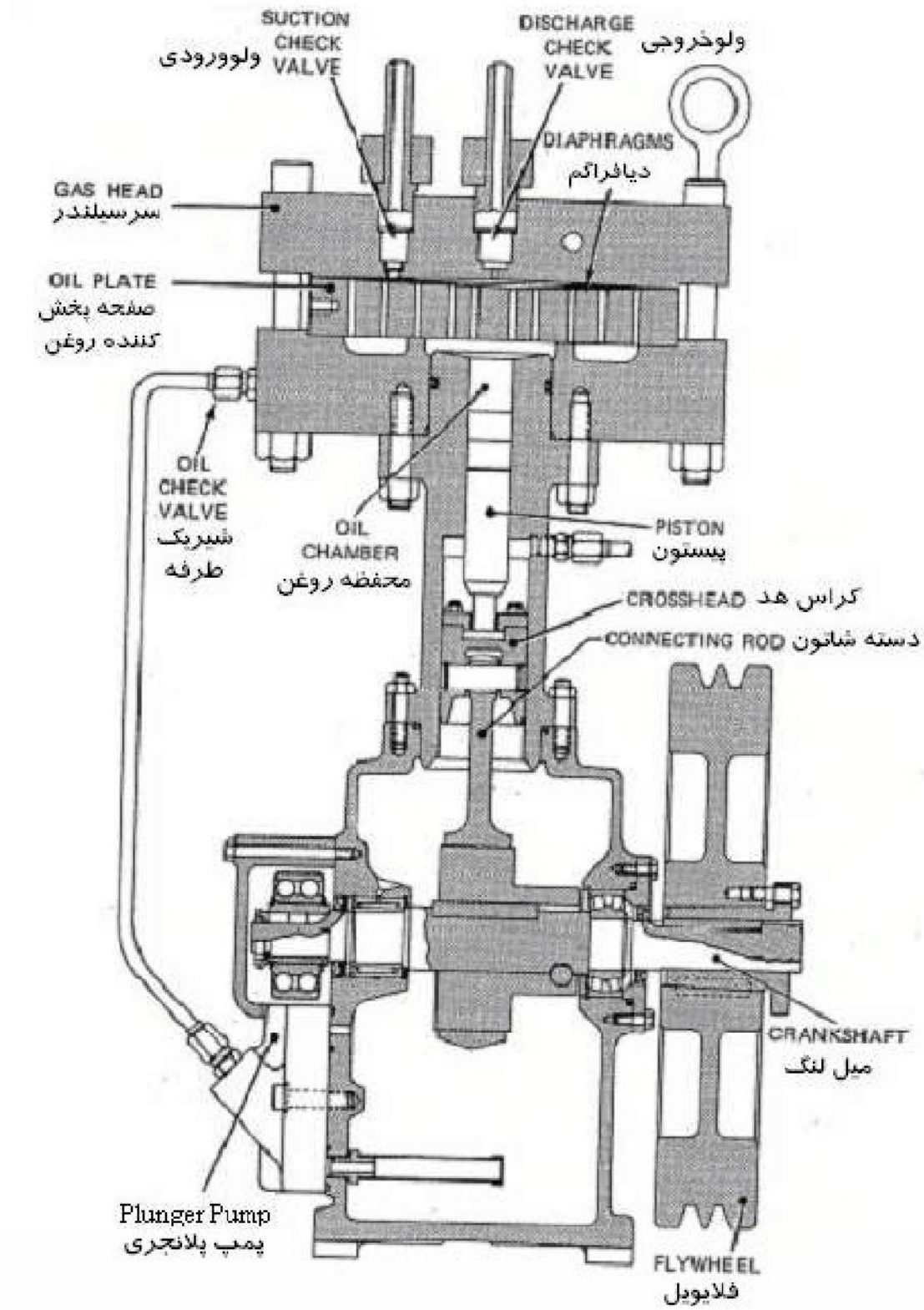
۲-تغییردادن سرعت پمپ(تعدادکورس درواحدزمان) و یااستفاده از هر دو روش فوق می توان ظرفیت این کمپرسور ها را تغییر داد . در صورت لزوم می توان از دو یاسه دیافراگم متوالی که روی هم قرارمی گیرند استفاده کرد که در صورت پاره شدن یکی از آنها دیگری جلوی نشتی مایع را بگیرد.همچنین بانصب سوراخ وشیارهای ریزروی دیافراگم وانتقال آنهاروی یک عددPressure Switchدرصورتی که یکی ازدیافراگم ها پاره شودفشارگازباروغن روی سوئیچ عمل می کندوباعث تحریک آن می شودکه باتحریک سوئیچ علامت هشدارارسال می شودیاباعث ازسرویس خارج شدن کمپرسورمی شود.دراین نوع طراحی دیافراگم شیاردار دروسط قرارمی گیردوسوراخ دیافراگم های دیگرکه یکی ازیرودیگری روی آن قرارمی گیرددقیقاباید مقابل شیاردیافراگم وسطی واقع شوند.

همچنین به توسط مکانیزمی به نامRelief Valve شمواره مقداری روغن ازاریر دیافراگم تخلیه می شود تابتوان بانتغییردادن فشارروغن مقدارفلوی کمپرسوررانحت کنترل قرارداد.هرچه میزان باربودن وتخلیه روغن ازRelief ValveیاPressure Limiterبیشترباشدفلوی کمپرسور کمترمی شود وبرعکس بابسته شدن آن وحبس روغن زیردیافراگم باعث بیشترشدن فشارزیردیافراگم وافزایش کورس پیستون وزیادشدن فشاروفلوی کمپرسورمی شود. لازم به توضیح است کهRelief Valve عبارتست از یک شیرسوزنی Needle Valveکه مقدارروغن تخلیه شده ازاریردیافراگم راکنترل می کند و برای Unloadکردن یانتغییرLoadکمپرسور ازآن استفاده می شودروغن راازاریردیافراگم به محفظه روغن برمی گردانند.

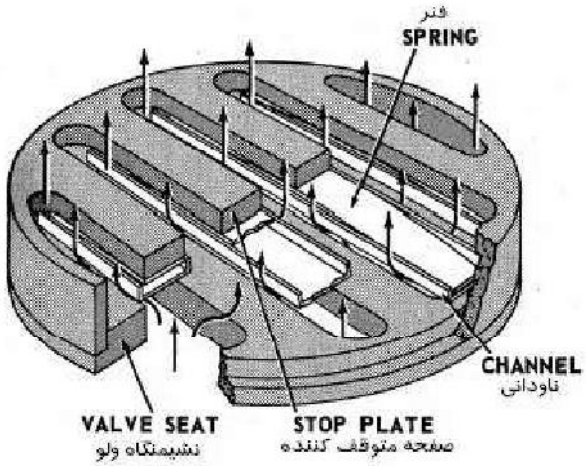
درشکل زیرشمائی ازساختمان داخلی یک کمپرسوردیافراگمی نشان داده شده است.



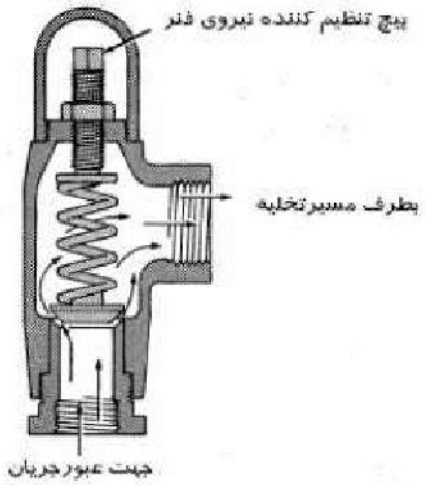
برای کنترل کردن مسیرهای ورودی وخروجی گازازکمپرسورولوهاCompressor Valveها ستعاده می شود. ولوهاازمهمترین قطعات کمپرسورهای رفت وبرگشتی می باشندکه خرب شدن آنهاباعث عدم اب بندی آنهاوبرگشت مجددگازبه داخل کمپرسوروگرم شدن کمپرسورونهایتاکاهش ظرفیت وفلوی کمپرسورمی شودوعملکردمناسب آنهانیزباعث کاهش کارائی ان می شودکه دربخش ولوهابطورمفصل راجع به آنهابحث خواهدشد.



درزیرشمائی ازولونوع JChannel Type آن نشان داده شده است.



برای محافظت از کمپرسورهای نوع جابجائی مثبت دربرابر فشارهای بالا که باعث ترکیدن کمپرسور و ایجاد خسارت های جانی و مالی فراوانی می شود معمولا در قسمت خروجی آنها یک عدد شیر اطمینان Safety Valve نصب می شود و روی فشار مورد نظر Set می گردد و در صورت افزایش فشار به هر دلیل مقداری از گاز داخل کمپرسور از آن خارج می شود و به یک محیط مطمئنی منتقل می شود.
در زیر شمائی از آن نشان داده شده است.

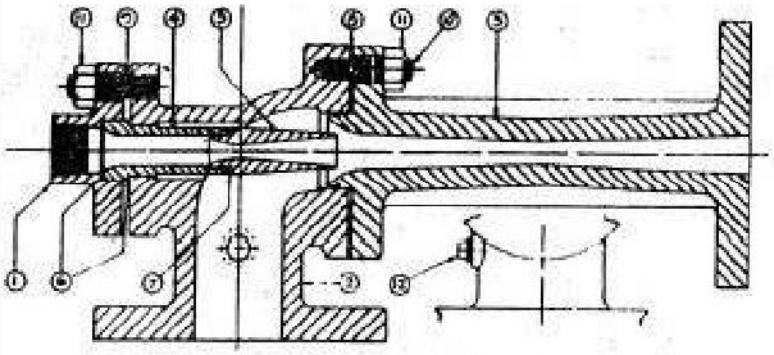


کمپرسورهای حرارتی Thermal Compressors

حرارت دادن گاز باعث افزایش جنبش مولکول های گاز و افزایش فشار گاز در حجم ثابت می شود (دقیقا مثل دیگ های زودپز که برای پخت غذا از آن استفاده می شود) که در بعضی از پمپ ها مثل پمپ های دفنی یا گازی که با سیکل گازی کار می کنند از این استفاده می شود و با افزودن فشار گاز که در کمپرسورهای برقی به توسط کمپرسور انجام می شود در این سیستم با با حرارت دادن گاز (سیکل حدی) انجام می شود که توضیح بیشتر آن خارج از حوصله این مقوله می باشد.

در طبقه بندی فوق از اکتورها Ejectors یا اجکتور جز دسته سوم کمپرسورها طبقه بندی می شوند که ساختمان و اصول کار آنها کمپرسورها متفاوت است و اساس کار آن بر افت فشار داخل اکتور است که در اثر سرعت گرفتن سیال در آن بوجود می آید.

در شکل زیر شماتی از ساختمان آن نشان داده شده است.



REF. NO.	PART NAME
1	STEAM CHEST
2	AIR CHAMBER
3	DIFFUSER
4	NOZZLE EXTENSION
5	STEAM NOZZLE
6	GASKETS, Extension
7	GASKET, Nozzle
8	GASKET, Air Chamber
9	STUDBOLTS, Steam Chest
10	STUDBOLTS, Air Chamber
11	NUTS, Hex.
12	PIPE PLUG

STEAM JET EJECTORS

اکتورها بصورت یک شیپوره همگرا واگرا هستند که با سرعت گرفتن سیال عبوری از آن ایجاد خلا می کنند و با استفاده از خلا ایجاد شده بخار اطراف را از داخل سیستم مربوطه مکیده و از انجا خارج می کنند. از اکتورها برای کاربردهائی نظیر تخلیه آب موضچه ها یا استفاده از آب اش نشانی و همچنین روی کندانسورهای توربین های بخار پاپرج های خلا برای بیرون کشیدن بخار اطراف Non Condense که محصولات کارهای همراه هستند مورد استفاده قرار می گیرند. اکتورها در اسمت فولانی دستگاه های خلا نصب می شوند. در توربین های بخار محصولا اکتورها با بخار اب Steam با فشار مناسب (بسته به شرایط عملیاتی ۱۶ تا ۳۰ بوندی) کار می کنند. در اکتورهای کوچک که با بخار با فشار پایین کار می کنند بخار اطراف خارج شده از اکتور بطرف محیط بیرون Vent می شود ولی در اکتورهای بزرگ که با فشارهای بالا کار می کنند به دلیل زیاد بودن حجم بخار اطراف عبوری از اکتور Vent کردن بخار اطراف مقرون به صرفه نیست اگر فشار خروجی از اکتور در حد مناسبی باشد بخار اطراف خارج شده وارد شبکه بخار مناسب با ان فشار می شود و به مصرف دستگاه های دیگر می رسد و در غیر این صورت بخار اطراف خارج شده وارد مبدل های حرارتی دیگری (کندانسورهای داخلی و هوائی) می شود و در انجا به مایع تبدیل می شود و همچنین بخار اطراف کندانس شده این مبدل ها نیز توسط اکتورهای دیگری مکیده می شوند.

مقایسه کمپرسورهای دینامیکی و جابجائی مثبت

۱-اصول کاراین دونوع کمپرسورباهم متفاوت است درکمپرسورجابجائی مثبت ابتداحجم معینی ازگازبه تله می افتدوسپس مکانیزم داخلی کمپرسوربه تدریج آن رابه جائی که دارای حجم کمتری است می فرستدکه کم شدن حجم گارباعث افزایش فشارخواهدشدکه این کاربصورت تناوبی انجام می شوددرحالی که درکمپرسورهای دینامیکی گازدراثرنیروی اعمال شده درآن(نیروی گریز زمرکزیا نیروی عکس العملی رتور) که ناشی ازپروانه کمپرسوراست مولکول های گازرابه سمت بیرون پروانه پرتاب می کندوباعث می شودجریان گاربطوردائم درکمپرسورادامه پیدا کند.

۲-ساختمان کمپرسورهای دینامیکی ساده تراست ونیازبه تعمیرکمتری دارندولی توان موردنیازبرای کمپرسورهای دینامیکی بیشترازکمپرسورهای جابجائی مثبت است به عبارت دیگررانندمان آنهانسبت به کمپرسورهای جبجائی مثبت پایین تراست.

۳-زمانی که قیمت وهزینه های تعمیرات بیشترمدنظرباشدکمپرسورهای دینامیکی هرچنددارای راندمان کمتری هستندولی ترجیح داده می شوند.

٤ بطورمعمول هنگامی که نیازبه جابجائی حجم زیادی گازباشداستفاده ازکمپرسورهای دینمیکی مقرون به صرفه تراست ولی چنان چه گازبافشارکم وحجم زیادمدنظرباشدکمپرسورهای جابجائی مثبت مورداستفاده قرارمی گیرند.

۵-هد(فشارخروجی)کمپرسورهای دینامیکی ثابت است ولی درکمپرسورهای جابجائی مثبت هد متغیراست وحتی ازلحاظ تئوری تا بی نهایت نیزمی تواندافزایش پیداکند.

۶-درصورت بسته شدن مسیرخروجی کمپرسورهای جابجائی مثبت فشارخروجی آنهاتا بی نهایت افزایش پیدامی کندو می تواندباعث ایجادخسارت های زیادی روی کمپرسورو تاسیسات و...گرددوحتما مسیرخروجی این نوع کمپرسورهابایدمجهزبه شیرهای اطمینانSafety Valveباشند.

۷-فشارخروجی کمپرسورهای جابجائی مثبت متناوب(پالسی) است ومی تواندباعث ایجادلرزش وشکسته شدن سیستم لوله کشی و...گرددکه برای خطی نمودن ان نیازبه نصب سیستم های اضافیSnuberاست.

۸-بعضی ازانواع کمپرسورهای جابجائی مثبت(نوع رفت وبرگشتی)بایدمجهزبه شیرهای داخلی باشندتاکنترل ورودوخروج جریان گازبه کمپرسوررانحت کنترل درآوردبه عبارت دیگرکمپرسورهای رفت وبرگشتی نیازبه تجهیزات اضافی بیشتری نسبت به کمپرسورهای دیگرد رند.

انتخاب کمپرسور

برای انتخاب یک کمپرسور برای شرایط عملیاتی نیاز به پارامترهای زیادی اعم از :

۱-مقدار فلو .

۲-نسبت تراکم یا فشار خروجی.

۳-سرمایه گذاری اولیه اقتصادی.

۴-هزینه های نگهداری .

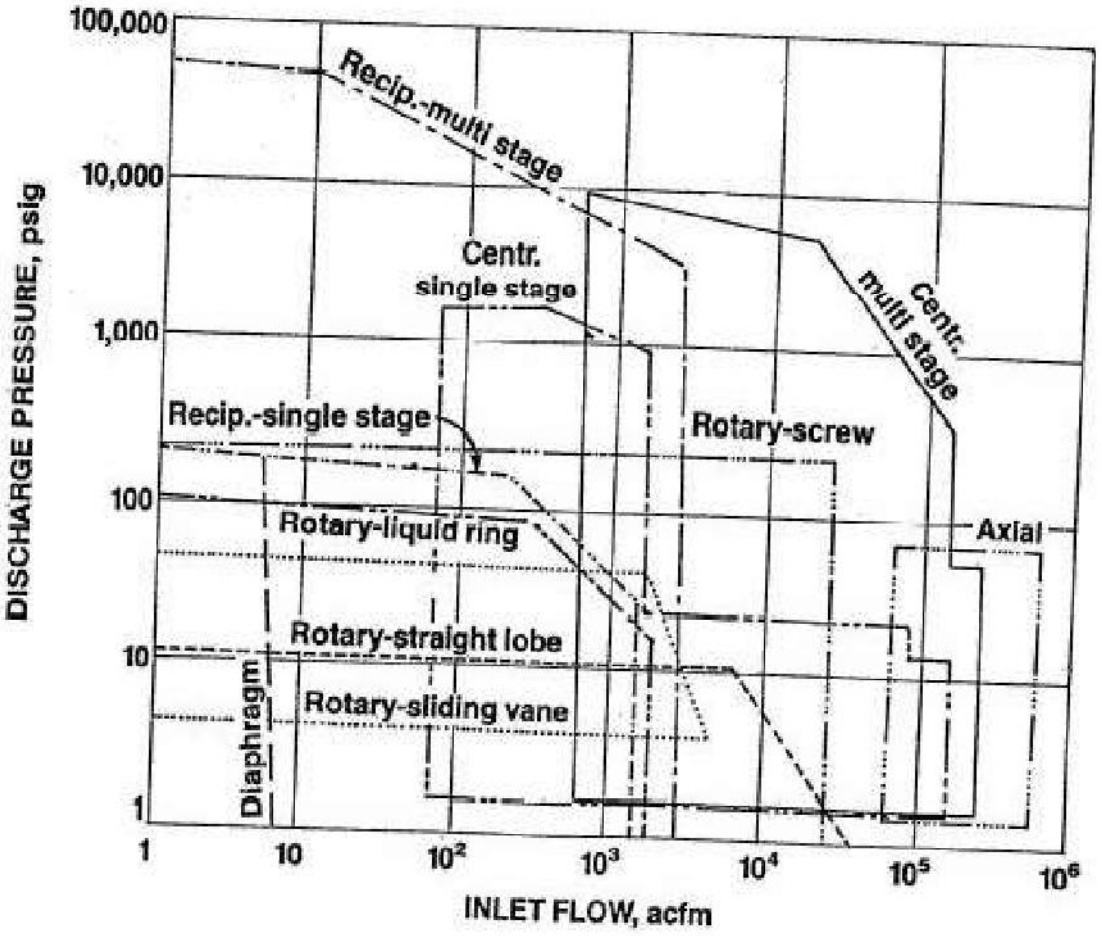
۵-نوع گازی که باید کمپرس شود .

۶-راندمان و ....

۷-هزینه های تعمیراتی.

می باشد.

جدول زیر راهنمای خوبی جهت انتخاب کمپرسور بر اساس فشار خروجی و فلوی کمپرسورمی باشد .



کمپرسورهای رفت و برگشتی نوع پیستونی

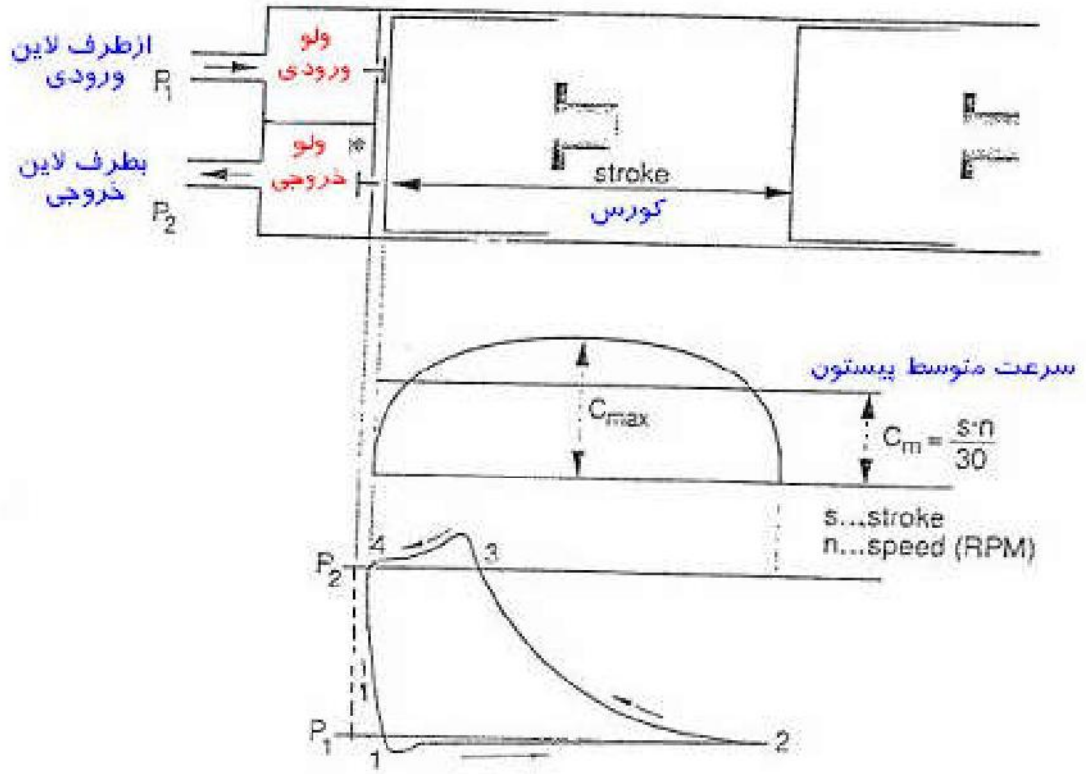
با توجه به اهمیت زیاد این نوع کمپرسورها در واحدهای عملیاتی و با عنایت به اینکه این نوع کمپرسورها برای تولید فشارهای بالا مورد استفاده قرار می گیرند در این بخش سعی می شود بطور مفصل تری به مسائل تعمیراتی و عملیاتی این نوع کمپرسور پرداخته شود .

همانگونه که قبلا نیز گفته شد در این نوع کمپرسور ها حرکت رفت وبرگشتی پیستون در داخل سیلندر باعث تغییر حجم آن شده که افزایش حجم سیلندر باعث کاهش فشار در آن و باعث مکش گاز به داخل سیلندر می شود(دراثر زیاد شدن حجم داخل کمپرسورونهایتا کاهش فشارداخل سیلندر) ودر مرحله تراکم کاهش حجم سیلندر در اثر حرکت پیستون به سمت جلو باعث افزایش فشار داخل سیلندر (در اثرکاهش حجم سیلندر باعث متراکم شدن گاز)ونهایتا خارج شدن گاز بافشاربالا از داخل سیلندر در مسیر لاین خروجی کمپرسور می شود. کنترل کردن اتوماتیک ورود و خروج گاز به داخل سیلندر به توسط ولوهای کمپرسور یاشیرهای ورودی وخروجی یا Compressor Valves انجام می شود .

حرکت دورانی الکتروموتور یا توربین بخار به توسط میل لنگ به حرکت رفت و برگشتی تبدیل می شود و به توسط مجموعه Cross Head کاملا خطی شده و روی پیستون اعمال می گردد.

اصول کار کمپرسورهای رفت و برگشتی بر اساس منحنی های P-V

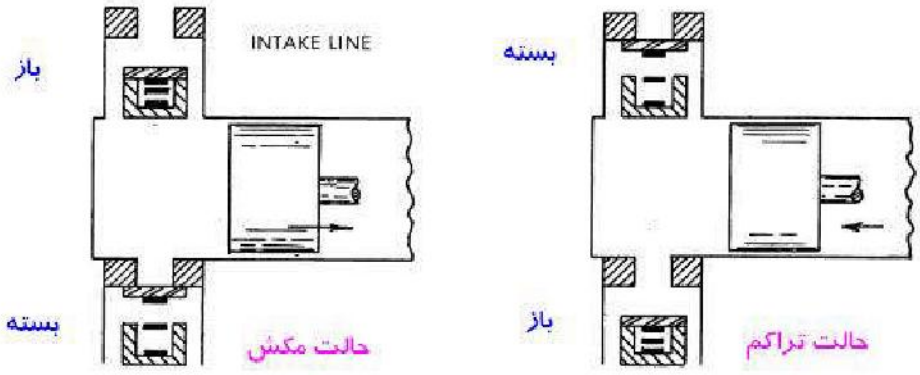
شکل زیر شمایی ازاصول کاریک کمپرسور رفت و برگشتی یک طرفه یا Single Acting رابراساس منحنی های فشار-حجم نشان می دهد.



همانطور که ملاحظه می کنید وقتی پیستون به سمت عقب (درحالت مکش) حرکت می کند در اثر افزایش حجم داخل سیلندر فشار داخل آن کاهش پیدا کرده و وقتی فشار داخل کمپرسور کمتر از فشار لاین و ورودی (Suction Pressure) شد ولو ورودی باز شده (در نقطه ۱) و تا انتهای سیکل مکش گاز وارد کمپرسور می شود. وقتی پیستون تغییر جهت می دهدولوورودی بسته شده(وخروجی) وجهت حرکت پیستون عکس می شود (شروع مرحله تراکم)و به تدریج فشار داخل سیلندر افزایش پیداکرده تا جایی که فشارداخل سیلندر کمی بیشتر از فشار لاین خروجی (Discharge Pressure)شود(نقطه ۳) که در این موقعیت ولو خروجی کمپرسور باز شده و تا منتهی الیه حرکت پیستون به سمت جلو (نقطه ٤) گازاز داخل سیلندربه طرف لاین خروجی تخلیه می شود و مجددابا تغییر جهت حرکت پیستون سیکل تکرار می شود.

لازم به توضیح است که سطح زیر منحنی PV مبین کار انجام شده(توان مصرفی) توسط کمپرسور است که هر چه این سطح زیادتر شود کمپرسور مقدار توان بیشتری مصرف کرده و این بدان معنی است که حجم بیشتری از گاز در داخل کمپرسور متراکم شده است(زیادشدن فلو)و هر عاملی که در جهت کم کردن سطح زیر منحنی عمل کند باعث کاهش فلوی کمپرسور می شود که مهمترین عامل در این جهت عملکرد ولوها می باشد یعنی اگر مثلا ولو ورودی بجای اینکه در نقطه ۱ مسیر را باز کند کمی دیرتر این عمل انجام دهد یا اینکه بجای اینکه در نقطه ۲ (یا کمی جلوتر) بسته شود دیرتر مسیر را ببندد باعث وارد شدن حجم کمتری گاز به داخل می شود و نهایتا روی فلوی خروجی کمپرسور تاثیر مستقیم خواهد گرفت منحنی های PVمبین وضعیت عملکرد کمپرسورهای رفت وبرگشتی است ومسایل ومشکلات موجود روی کمپرسور باعث تغییر ات روی این منحنی می شود که درصفحات بعد مفصلا راجع به ان بحث خواهد شد.

نکته ای که لازم است روی این منحنی توضیح داده شود این است که موقعیت باز و بسته شدن ولو ورودی در جایی است که سرعت پیستون صفر است (پیستون در حال تغییر جهت است) و همینطور بسته شدن ولو خروجی و این در حالی است که ولو خروجی کمپرسور در موقعیتی (نقطه ۳) باز می شود که پیستون تقریباحداکثر سرعت خود را دارد و این مبین این است که ولوهای خروجی همیشه با ضربه بسته می شوند و بیشترین خرابی ولوهای خروجی به دلیل همین ضربات شدید است که در بخش های بعدی درباره آن مفصلا بحث خواهد شد .



نحوه عملکردولوباحرکت پیستون

کمپرسورهای رفت و برگشتی نوع پیستونی

۱-ظروف متعادل کننده فشارپاSnuber ها

۲-تراپ هاTraps

۳-سیلندر Cylinder

٤- پیستون Piston

٥- رینگ ها Rings

٦- والوها Compressor Valves

۷-پکینگ رینگ های گازPacking Rings (سیستم آب بندی گاز)

۸-پکینگ رینگ های روغنPacking Rings

۸- سیستم های روغنکاری قطره ای(سیلندروپکینگ ها)

۹- کراس هد Cross Head

۱۰- دسته پیستون Rod Piston

۱۱- دسته شاتونConnecting Rod

۱۲- فلایویلFlywheel

۱۳- محفظه میل لنگCrank Case

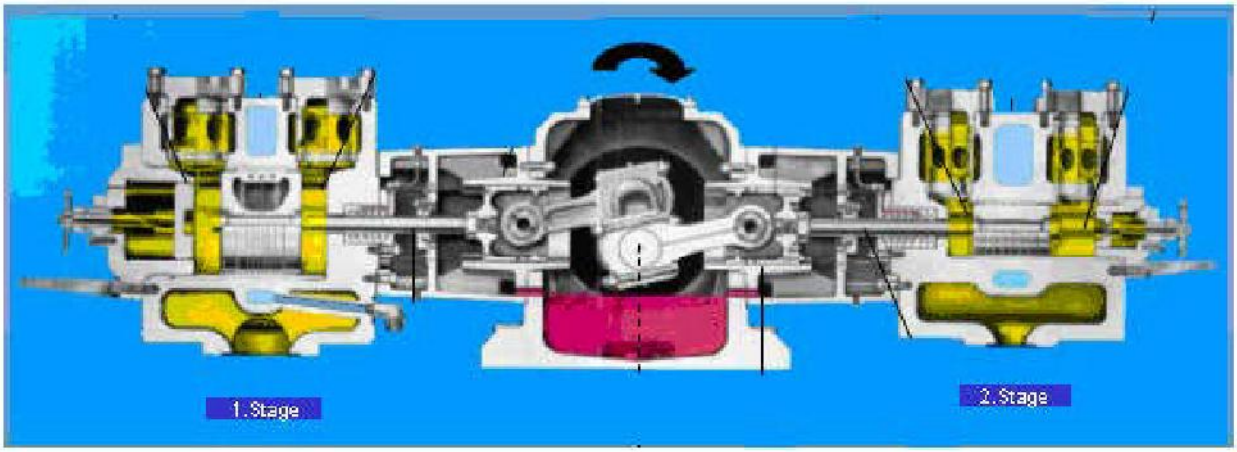
۱٤- میل لنگCrank Shaft

۱٥- یاتاقان های میل لنگBearings

۱٦-سیستم روغنکاری یاتاقان ها

۱۷-کولرهاInter Cooler&After Coolers

درشکل زیرشمائی ازیک کمپرسور رفت وبرگشتی پیستونی دومرحله ای نشان داده شده است.



ذیلا توضیحات مختصری راجع به اجزاوقطعات این کمپرسورهاداده می شود.

ظروف متعادل کننده فشار Snubber

باتوجه به نوسانی بودن ذاتی فشارهای ورودی و خروجی کمپرسورهای رفت و برگشتی برای جلوگیری از انتقال ارتعاشات کمپرسور روی سیستم های لوله کشی Piping ورودی و خروجی این نوع کمپرسورها از Snuber استفاده می شود که بسته به طراحی و میزان فشار کمپرسور به فرم ها و شکل های مختلفی طراحی و ساخته می شوند که اکثر بصورت استوانه های افقی یا عمودی و برای فشارهای بالا بصورت کروی ساخته می شوند که هم درمسیر ورودی وهم در مسیر خروجی نصب می شوند.

وظایف Snubber

برای تبدیل فشارهای نوسانی به فشارهای تقریبا خطی در ورودی و خروجی کمپرسورها .

به عنوان Dampener Separatorبرای جدا نمودن مایعات گازی داخل کمپرسور در ورودی کمپرسورها مورد استفاده قرار می گیرندکه مایعات جمع آوری شده در قسمت پایینی Snuber به توسط سیستم های لوله کشی بهCondensate Tank و از انجا بهOil Trap ها (یا مستقیما به سیستم تراپ) منتقل می شوند و به این طریق از ورود آنها به داخل کمپرسور که باعث مسایل متعددی روی ولوها ، رینگ ها و ..... می شود جلوگیری می شود .

لازم به توضیح است که در فصول سرد که احتمال تشکیل این نوع مایعات بیشتر است از سیستم هایSteam Tracing (گرم کننده های بخاری) برای تبخیر این نوع مایعات در داخل Snuber و یا از سیستم های Tracing Electrical در قسمت بیرونی Snuberهای ورودی استفاده می شود .

مسائلی که ورود مایعات برای کمپرسور ها بوجود می آورد

۱ ایجاد صردت زیادناشی از Hammeringروی CompressorValveهاوخرابی بسیارزودرس آنها.

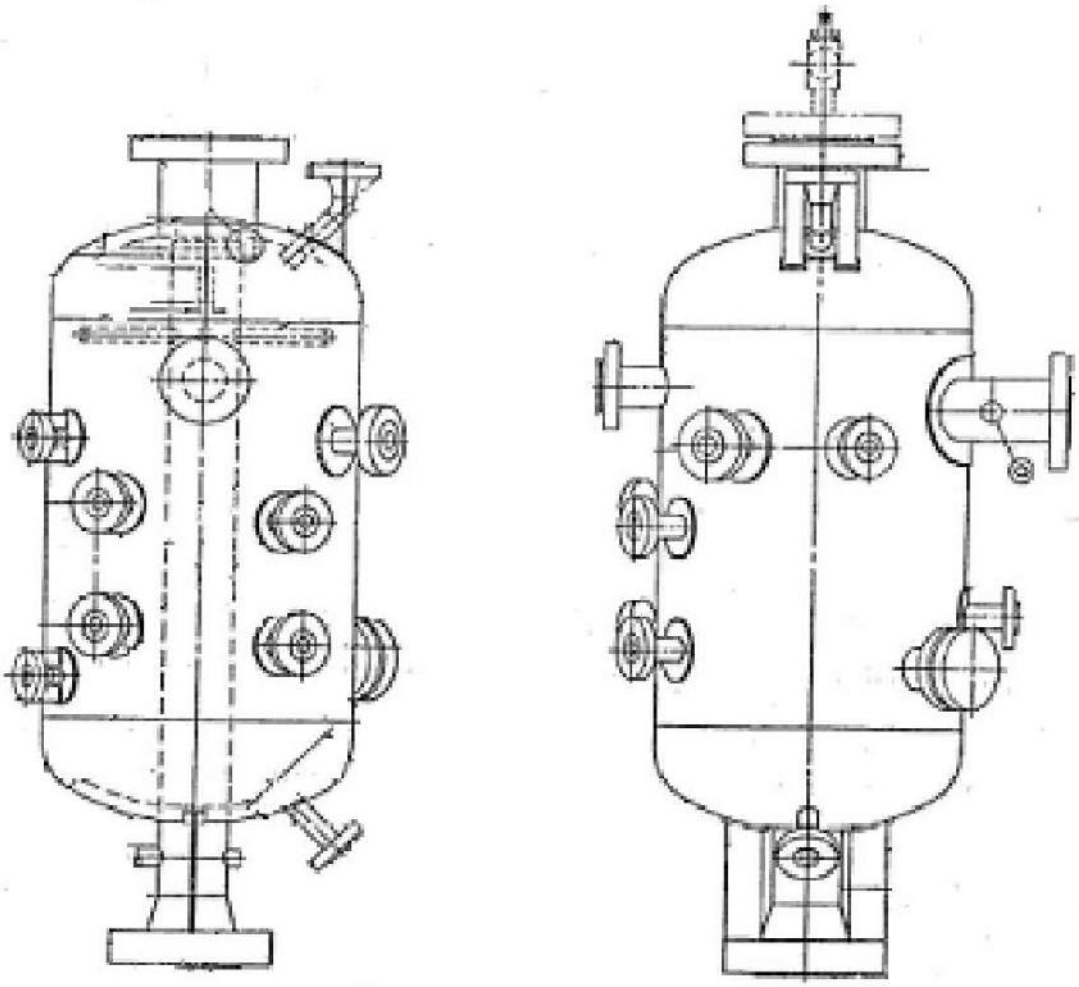
۲-باعث چسبندگیValvePlatcهاروی Seatهاوتاخیرزمانی دربازوبسته کردن به موقع ولوهاوکم شدن ظرفیت کمپرسور می شود.

۳-شستشودادن روغن تزریق شده به داخل سیلندر(توسط سیستم روغنکری قطره ای)که باعث افزایش اصطکاک بین رینگها وجداره سیلندروگرم شدن گازداخل سیلندر(بالا رفتن درجه حرارت کمپرسور)خرابی زودرس رینگ هاو فزایش توان مصرفی می شود.

٤-ایجاد Hammeringدر داخل سیلندروکاهش طول عمرکمپرسوروقطعات آن.

ساختمان Snuber ها

بسته به نوع صراحی در داخل اسنابرها Baffle هایی قرارداده شده که با برخورد گاز به این Baffleها و حرکت موجی شکل گاز در داخل Snuber ضربات وکوبش های سنگین ناشی از فشار های نوسانی گرفته می شود و باعث بوجود آمدن فشار خطی ار قسمت خروجی Snuber می شود .

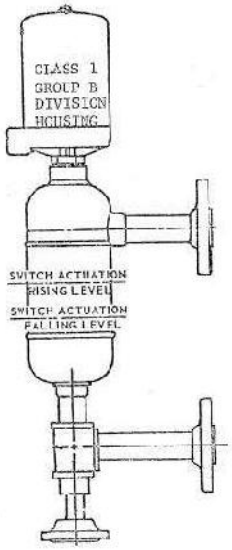


تراپ هاTraps

برای جلوگیری ازورودمایعات جمع شده درداخل اسنابرهای ورودی بطرف داخل سیلندرکمپرسورمعمولادرقسمت کف اسنابرها(قسمتLow Point)مسیری برای تخلیه کردن مایعات پیش بینی می شودکه به تراپ هامنتهی می شود.البته درمواردی که حجم مایعات زیاداست مایعات خارج شده ازاسنابرابتداوازدیک مخزنCondensate Tankمی شودوتوسط ترپ هامایعات موجودتخلیه می شود.

درکمپرسورهای رفت وبرگشتی برای حفاظت کمپرسوردراثرورودمایعات گازی ازسیستم های کنترل کننده سطح استفاده می شودکه درکنراسنابرهانصب می شوندودرصورتی که سطح مایع داخل ان (که باسطح مایع داخل اسنابریکسان است)افزایش پیداکندباارسال سیگنال باعث تحریک سیستم های حفاظتی کمپرسورمی گردد.

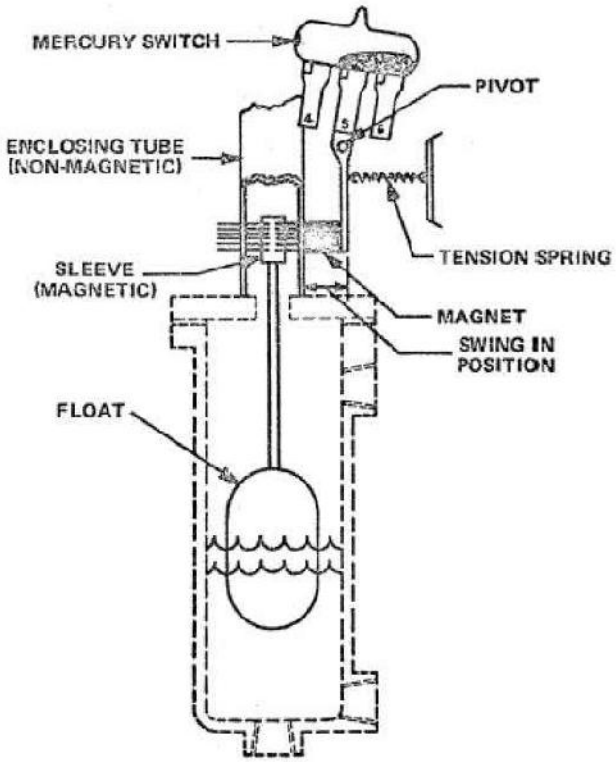
درشکل زیرشمائی ازاین کنترل کننده نشان داده شده است.



البته دراکثرکمپرسورهادوعددازاین کنترل کننده هانصب می شودکه یکی ازانهادرارتفاع باترودیگری درارتفاع پایین ترنصب می شودکه کنترل کننده ای که درارتفاع پایین ترنصب می شودسیگنال الارم وکنترل کننده ای که درارتفاع بالاترنصب می شودسیگنال ازسرویس کردن کمپرسورراارسال می نماید.

همچنین درکناراسنابرهاشان دهنده های شیشه ای Sight Glassای نصب می شوندکه درهرلحظه امکان رویت سطح مایع درداخل اسنابررافراهم کی کند.

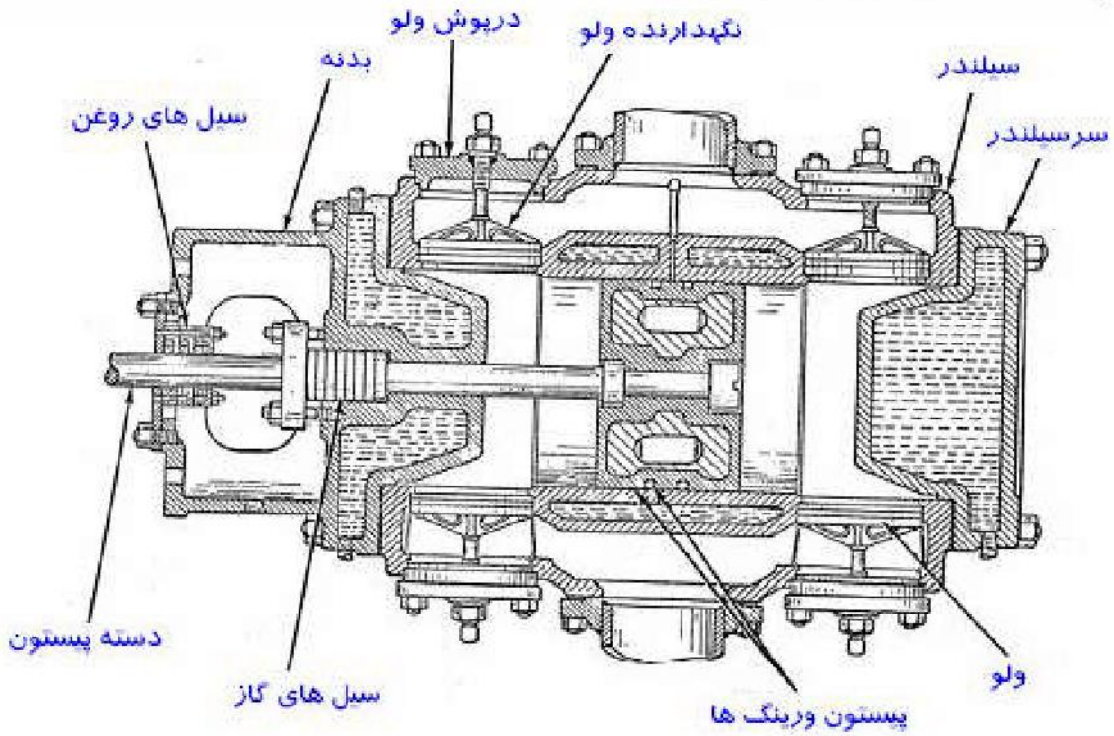
درشکل زیرشمائی ازساختمان داخلی این کنترل کننده هاانشان داده شده است.



سیلندر Cylinder

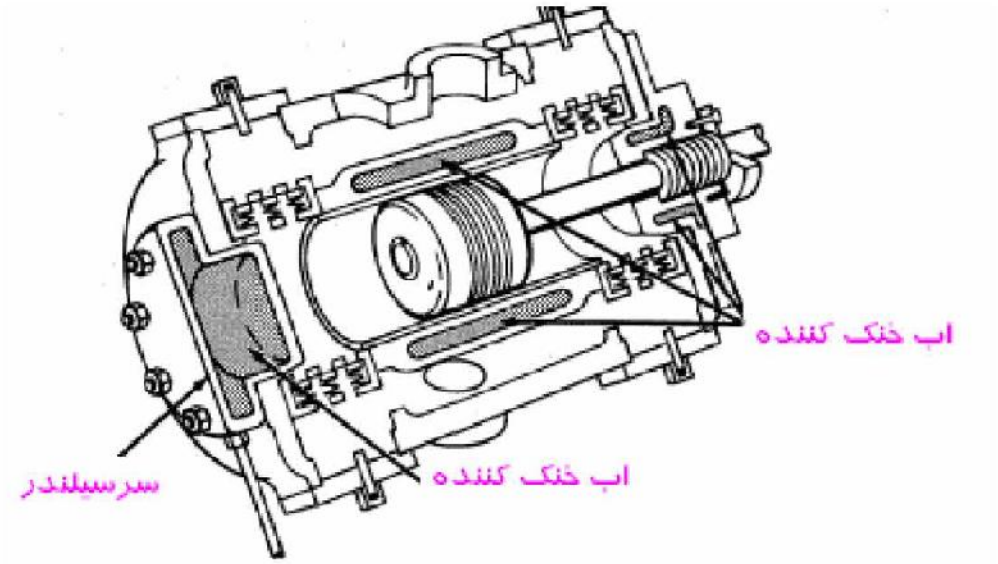
سیلندر محفظه ای است که پیستون در داخل آن حرکت می کند ودراثرتغییرات حجمی که درداخل آن بوجودمی آیدباعث مکش وتراکم گاز می شود و بسته به فشار کمپرسور باید طوری طراحی وساخته شود که بتواند فشار داخلی کمپرسور را با ضریب اطمینان مناسبی تحمل کند و یکی از اجزاء مهم کمپرسورهای رفت و برگشتی به شمار می رود که طرفین آن توسط سرسیلندرCylinder Head و ته سیلندر Cylinder End بسته می شود و ولوهای ورودی و خروجی و مسیرهای تغذیه گاز به قسمت های عقب وجلوی سیلندر ومحل قرارگیری آب بندهای گاز در آن تعبیه شده است و با استفاده از سیستم Jacket Cooling که در اطراف جداره آن(وگاهاسر سیلندرو ته سیلندر) بصورت کانال مانند جاسازی شده است و باعث خنک کاری و جذب حرارت تولید شده ناشی از عملیات تراکم به سیستم آب Cooling Water می شودوباعث می گردد گاز تقریبادردمای ثابتی متراکم شود(تحول ایزوترم) . افزایش بیش از اندازه مجاز درجه حرارت سیلندر نشان دهنده اشکال و نارسائی در سیستم می باشد که باید به دنبال علت آن بود و در بخش های بعدی راجع به آن صحبت خواهد شد .

نکته:در عملیات خنک کاری بخصوص در حین راه اندازی کمپرسور و بالخص در فصل سرد ، هرگز نباید دمای سیلندر را پایین تر از نقطه میعان گاز خنک نمود چون این عمل باعث مایع شدن قسمتی از گاز در داخل سیلندر وورود ان به درون سیلندر باعث خراب شدن ولوهای ورودی و خروجی وهمچنین شسته شدن فیلم روغن تزریق شده به داخل سیلندرکه برای روانکاری است شده با افزایش اصطکاک وخرابی زودرس رینگ ها وگرم شدن گاز داخل کمپرسور می شود .



سیلندرهابه دونوع روغنکاری شونده و بدون روغن طبقه بندی می شوند که بسته به شرایط عملیاتی نظیر اثرروغن برگازداخل کمپرسور (بخصوص گاز اکسیژن که باعث انفجار می شود) یا مسیری که گاز طی می کند یا تزریق می شود(که حتی می تواند باعث زهرآلود شدن کاتالیست ها وکلوخه شدن آنها در راکتورها گردد)مقدار مشخص روغن به توسط سیستم روغنکاری قطره ای(پمپ های قطره ای)برای روغنکاری محل حرکت رینگ ها در داخل سیلندر تزریق می شود در کمپرسورهای چند مرحله ای هم انتخاب تعداد سیلندر مورد نیاز بستگی به نسبت تراکم گاز و جنس سیلندر دارد .

به واسطه قیمت بالای سیلندرها و لزوم تعمیر پذیری درداخل ان از Liner که بوش های قابل تعویضی اند استفاده می شود که وقتی میزان سایش داخلی آنها از حد مجاز بالاتر می رود بتوان آنها را تعویض نمود و همچنین برای افزایش طول عمر Liner انتهای آنرا (جائی که پیستون ترمز می کندوتغییر جهت می دهد) را بصورت Counterbored یا پله مانند می سازند .



باتوجه به وجوداصطکاک بین پیستون وداخل سیلندرووجوداصطکاک برای کاهش مسائل فرسایشی درکمپرسورهائی که مقدارجزئی روغن مشکل عملیاتی ایجادنکندمقداری روغن درداخل سیلندرتزریق می شودتاازفرسایش زیادممانعت نماید. تزریق روغن توسط پمپ های تزریقی پلانجری انجام می شودکه درفصل های بعدی راجع به ساختمان واصول کارآنهابطورمفصل بحث خواهدشد.

مقداراروغن مورد نیاز جهت روانکاری داخل سیلندربستگی به:

قطر سیلندر

فشارخروجی کمپرسور

دور کمپرسور

مقداراستروک(کورس سیلندر)دارد و از منحنی های زیر برحسب بدست می آید.