

بسم خدا

آموزش پایه

کمپرسورهای گریز از مرکز

(ویسکوم)

محمد جواد رضایی

با همکاری

مرکز آموزش گروه شرکت‌های توروبو کمپرسور نفت

سرشناسه:	رضایی، محمدجواد، ۱۳۲۹ -
عنوان و نام پدیدآور:	آموزش پایه کمپرسورهای گریز از مرکز/ محمدجواد رضایی، با همکاری مرکز آموزش
گروه شرکت‌های توریو کمپرسور نفت:	
وضعیت ویراست:	[ویراست ۲]
مشخصات نشر:	تهران: ادبستان، ۱۳۹۲.
مشخصات ظاهری:	۱۶۰ ص:، مصور، جدول.
شابک:	۹۷۸-۶۰۰-۱۹۶-۰۴۷-۵
وضعیت فهرست نویسی:	فیا
یادداشت:	چاپ قبلی: ساز و کار، ۱۳۹۲، (۴)، [۱۰۵] ص:.
یادداشت:	چاپ دوم.
موضوع:	کمپرسورها
شناسه افزوده:	شرکت توریو کمپرسور نفت، مرکز آموزش
رده بندی کنگره:	الف ۱۳۹۲ / ۷۶۸ / ۹۹ (T)
رده بندی دیویی:	۶۲۱/۵۱
شماره کتابشناسی ملی:	۳۲۷۸۲۱۴

نام کتاب: آموزش پایه کمپرسورهای گریز از مرکز
مولفان: محمدجواد رضایی - با همکاری مرکز آموزش گروه شرکت‌های
توریو کمپرسور نفت (OTC)
ناشر: دبیرستان
لیتوگرافی: صنعت چاپ
چاپ: فیا
نوبت چاپ: اول، ۱۳۹۲
تیراژ: ۲۰۰ نسخه
قیمت: ۱۰۰۰۰ تومان

دفتر مرکزی کتاب آیلار

انقلاب - خیابان شهید منیری جاوید (اردیبهشت) - خیابان - خیابان اندامری شرقی

شماره ۱۴۶ (ساختمان آیلار) تلفن: ۶۶۴۰۱۲۵۵ - ۶۶۴۰۱۲۵۵ دورنگار: ۶۶۹۴۴۰۱

فروشگاه شماره ۱ (کتاب آیلار)

انقلاب - روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران - بازارچه کتاب، تلفن ۱۸۶۵ - ۶۶۹۵۶۴۲

فروشگاه شماره ۲ (کتاب آیلار)

کریمخان زند - مابین ایرانشهر و خردمند جنوبی - شماره ۱۳۲، تلفن: ۳۱۹۷۴۰ - ۱

ISBN: 978-600-196-047-5

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۹۶-۰۴۷-۵

این اثر مشمول قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هر کس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه ناشر، نشر یا پخش یا عرضه کند تحت پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

کمپرسورها در زمره ماشین‌هایی هستند که در اطراف ما به تعداد زیادی وجود دارند، ولی ما اطلاعات زیادی از آنها نداریم. کمپرسورها در خانه، محل کار و بسیاری از انواع جابجایی‌های سیالات (چون یخچال فریزرها، موتورها، پروسه‌های شیمیایی پالایشگاه‌ها، ساخت و ساز، انتقال گاز و...) کاربرد دارند و تقریباً می‌توان گفت در هر جایکه نیاز به جابجایی و یا فشرده‌سازی گازها باشد حضور دارند.

رشته‌های مختلف مهندسی همچون دینامیک سیالات، ترمودینامیک، مکانیک و آنالیز تنش‌ها در طراحی و ساخت کمپرسورها نقش دارند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت این مبحث حوزه گسترده‌ای شامل طراحی، ساخت و تست این کمپرسورها می‌شود که به طور یقین پوشش‌دادن تمام این مبحث در این کتاب غیرممکن بوده و در واقع هدف از گردآوری این مجموعه، آغاز راه مطالعه و تحقیق بیشتر در این زمینه بوده است.

در کمپرسورها بزرگترین نگرانی در رابطه با بخش‌های با عمر محدود مانند برینگ‌ها و سیل‌ها و یا بخش‌هایی است که متحمل تنش‌های زیادی هستند. بررسی اجمالی این قطعات بخشی از این کتاب را تشکیل می‌دهد اما به طور یقین هنوز در این کتاب به این بخش‌ها به اندازه کافی فرصت‌های بسیاری جهت تحقیق و مطالعه در اینخصوص وجود دارد.

بخشی از اطلاعات این مجموعه براساس اصول تجربی و استانداردهای داخلی مجموعه زیمنس تدوین گشته که امید است بتواند به عنوان راهنمای عملی شما عزیزان مفید واقع شود.

آرمیا خواجه

مرکز آموزش OTC

۱- انواع دستگاه‌های جابجاکننده هوا

۱-۱- فن‌ها (Fans)

۲-۱- بلورها (Blowers)

۳-۱- کمپرسورها (Compressors)

۲- مقدمه‌ای رفتار گازها (The Behavior Of Gases)

۱-۲- تعریف گاز

۲-۲- فشار گاز (Gas Pressure)

۳-۲- فشار جو (Atmospheric Pressure)

۴-۲- اندازه‌گیری فشار گازها

۵-۲- درجه حرارت گازها (Gas Temperature)

۶-۲- حجم گاز (Gas Volume)

۷-۲- گرمای ویژه گاز (Specific Heat)

۸-۲- انتالپی گاز (Gas Enthalpy)

۹-۲- انتروپی گاز (Gas Entropy)

۱۰-۲- خصوصیات مخلوط چند گاز

۱۱-۲- گازهای کامل و قوانین حاکم بر آنها

۳- ظرفیت و فلوئی کمپرسورها

۱-۳- قدرت کمپرسورها (Horse power)

۲-۳- طبقه‌بندی کمپرسورها

- ۳-۳- انتخاب کمپرسور
- ۴-۳- کمپرسورهای جنبشی (Dynamic Compreeors)
- ۵-۳- کمپرسورهای گریز از مرکز (Centrifugal Compressor)
- ۶-۳- بقیه‌بندی کمپرسورهای گریز از مرکز
- ۷-۳- ساختمان کمپرسورهای گریز از مرکز
(Centrifugal Compressor Constuction)
- ۸-۳- نیروهای داخلی اعمال شده روی روتور و روش کنترل کردن آنها
- ۹-۳- بالانس پستور (Balancing Piston)
- ۱۰-۳- سیستم‌های خنک‌کننده (Cooling Systems)
- ۱۱-۳- اجزا و قطعات کمپرسورهای گریز از مرکز
- ۱۲-۳- آب بندی‌های کمپرسورهای گریز از مرکز
- ۱۳-۳- یاتاقان‌های کمپرسورهای گریز از مرکز
- ۱۴-۳- محاسبه لقی در یاتاقان‌ها
- ۱۵-۳- روش اندازه‌گیری Bearing Crush
- ۱۶-۳- مسائل عملیاتی کمپرسورهای گریز از مرکز

مقدمه:

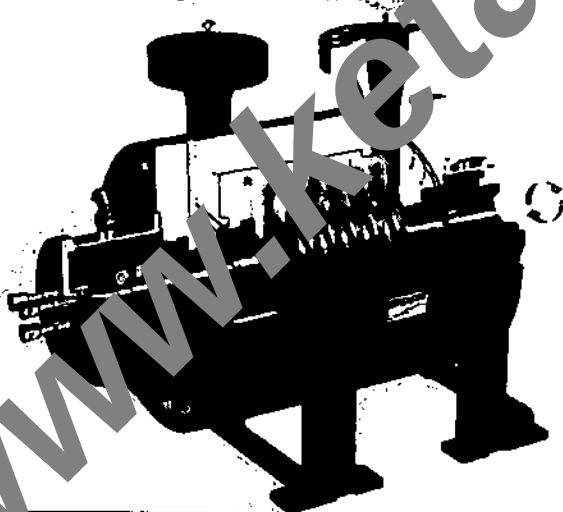
کمپرسور گاز وسیله یا ماشینی است که برای انتقال و افزایش فشار گاز به کار می‌رود (کمپرسور دقیقاً همان نقش پمپ را در مورد گازها ایفا می‌کند). کمپرسورها گاز را انتقال می‌دهند و در ضمن انتقال گاز، فشار سیال در خروجی کمپرسور افزایش می‌یابد. البته با توجه به نوع کمپرسورها و میزان فلوی عبوری، اختلاف فشار ورودی و خروجی در کمپرسورها متفاوت می‌باشد.

کمپرسورهای گاز در ایستگاه‌های تقویت فشار عمدتاً از نوع گریز از مرکز (Centrifugal) می‌باشد. این نوع کمپرسورها می‌توانند از نوع دو مرحله‌ای یا بیشتر و یا یک پروانه و یا تعداد پروانه بیشتری داشته باشند. در شکل زیر یک نمونه کمپرسور چند مرحله‌ای نمایش داده شده است.

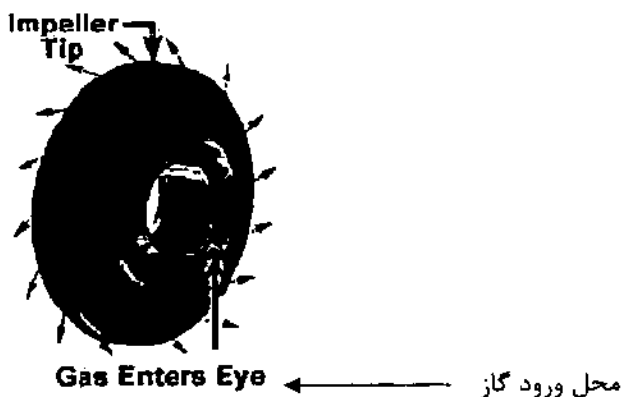
گاز بعد از ورود به کمپرسور به سمت پروانه هدایت می‌شود، سپس بر اثر چرخش پروانه و ایجاد



Single Shaft Compressors | V SIEMENS



خلا نسبی، گاز به سمت داخل مکیده می‌شود. در این پروسه انرژی مکانیکی به بدنه کمپرسور به سیال انتقال یافته و سبب افزایش انرژی جنبشی گاز می‌شود (البته قسمتی از انرژی مکانیکی به انرژی حرارتی تبدیل می‌شود که منجر به افزایش دمای گاز می‌شود و قسمت دیگری از این حرارت به بدنه کمپرسور سرایت می‌کند). سپس گاز با سرعت بالا (حاصل از افزایش انرژی جنبشی) وارد دیفیوزر شده و در این مرحله، مقداری از انرژی جنبشی به فشار تبدیل می‌شود. در شکل زیر پروانه کمپرسور نشان داده شده است.



علت افزایش فشار در دیفیوزر:

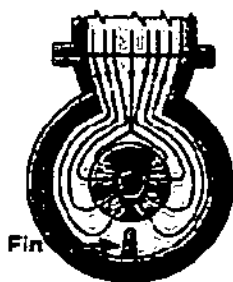
هرگاه در مسیر خروجی گاز یا سیالی تغییر مقطع وجود داشته باشد با افزایش سطح مقطع، سرعت کاهش یافته و برعکس، فشار افزایش می‌یابد و بالعکس با کاهش سطح مقطع، سرعت افزایش و فشار کاهش می‌یابد.

مطابق فرمول $Q=P*A*V$ ، اگر Q (دبی) مقدار ثابتی است و با تغییر مقطع تغییر نمی‌کند، تغییر جرم حجمی (P) که فقط در مومنت سیالات قابل تراکم صادق است، ناچیز بوده و لذا با کاهش سطح مقطع (A) سرعت (V) افزایش می‌یابد و بالعکس.

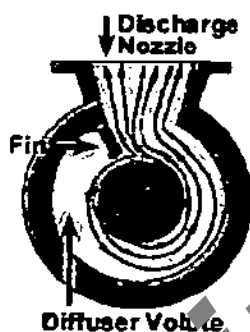
مقدار انرژی در داخل کمپرسور در تمام نقاط یکسان می‌باشد و لذا معادله برنولی را بین دو نقطه (ابتدای دیفیوزر و انتهای دیفیوزر) در نظر می‌گیریم. طبق معادله برنولی داریم:

$$\frac{P_1}{\rho_1} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\rho_2} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

طرف چپ معادله را برای ابتدای دیفیوزر و طرف راست را برای انتهای دیفیوزر در نظر می‌گیریم. مطابق با فرمول قبلی ملاحظه شد که با افزایش سطح مقطع، سرعت کاهش می‌یابد پس در دیفیوزر هر چه به طرف انتها برویم سرعت کاهش می‌یابد و طبق معادله برنولی و قانون بقای انرژی، انرژی در دوطرف معادله یکسان است. لذا با کاهش سرعت (V)، در طرف دوم فشار (P) افزایش می‌یابد. در شکل زیر ورودی و خروجی کمپرسور و تغییر مقطع آن نشان داده شده است.

Suction Volute
(Side View)

قسمت ورودی

Discharge Volute
(Side View)

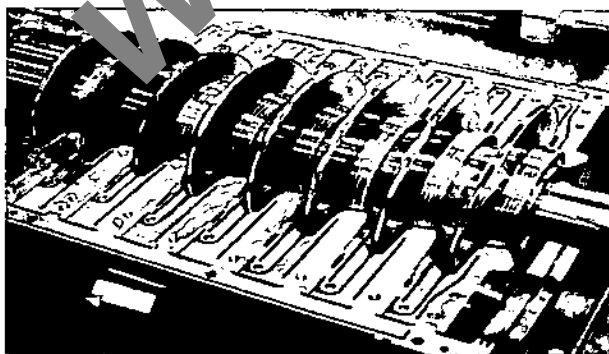
Diffuser Volute

قسمت خروجی

به طور کلی کمپرسور در مرحله اول انرژی مکانیکی را که از مولد (الکتروموتور، موتور دیزل و یا توربین) می‌گیرد به انرژی جنبشی تبدیل می‌کند (البته کمی هم بصورت انرژی حرارتی تلف می‌شود) و در مرحله بعد انرژی جنبشی گاز به فشار تبدیل شده و در نهایت گاز با فشار بیشتر خارج می‌شود. در تمامی این سه مرحله تقویت فشار کمپرسورها از این نوع بوده و به کمک همین کمپرسورها افت فشار گاز در شبکه را جبران می‌کنند.

لازم به ذکر است فشار گاز در خروجی پالایشگاه در حدود ۱۰۰۰ Psi می‌باشد ولیکن به علت مصرف گاز در طول مسیر و تلفات و اصطکاک در خط لوله، فشار گاز دچار افت می‌شود و لذا حدود هر ۸۰-۱۰۰ کیلومتر ایستگاه تقویت فشاری جهت جبران این افت طراحی شده است.

باتوجه به ظرفیت ایستگاه و حجم گاز عبوری (Flow Rate) تعداد کمپرسورها در ایستگاه‌های مختلف، متفاوت است. بطور مثال بر روی خط سراسری اول تا ایستگاه قم در هر ایستگاه ۵ کمپرسور و بعد از آن ۳ کمپرسور نصب شده است. خود کمپرسورها نیز با توجه به ظرفیت آن ممکن است چند مرحله‌ای و یا چند پروانه باشند. شکل زیر یک کمپرسور چند مرحله‌ای را نشان می‌دهد.



در کمپرسورهای دو یا چند مرحله‌ای اختلاف فشار گاز ورودی و خروجی بیش از کمپرسورهای یک مرحله‌ای است که با ΔP نمایش داده می‌شود. در مشخصه

هر کمپرسور سه آیتم زیر بسیار اهمیت دارند.

• توان کمپرسور:

میزان توانی که کمپرسور مصرف می‌کند و با به عبارتی میزان توانی که با Hp (اسب بخار) و یا Kw (کیلو وات) برای گرداندن کمپرسور مورد نیاز است.

• ظرفیت کمپرسور:

میزان گازی که کمپرسور در روز و یا ساعت قادر به عبور دادن از خود (و یا پاس کردن) می‌کند که اغلب به میلیون متر مکعب در روز بیان می‌شود.

• اختلاف فشار (Rate):

میزان اختلاف فشار، که کمپرسور قادر به ایجاد آن است یعنی نسبت فشار خروجی به فشار ورودی در درجه نرمال البته این میزان به نوع کمپرسور (اعم از اینکه یک مرحله‌ای و یا چند مرحله‌ای باشد) و مورد استفاده است. اکثر کمپرسورهایی که در حال حاضر در ایستگاه‌های تقویت گاز در حال کار هستند حدود $1/2$ - الی $1/44$ قرار دارند.