

کمپرسور

مهندس احمد کاویانی

انتشارات نصیر بصیر

۱۳۹۱

سرشناسه	: گاوایانی، احمد، ۱۳۳۱ -
عنوان و نام پدیدآور	: کمپرسورها/ احمد گاوایانی
وضعیت ویراست	: | ویراست ۲ |
تخصصات نشر	: تهران: نصیر بصیر، ۱۳۹۱
مشخصات ظاهری	: ۷۷۸ ص. مصور، جدول، نمودار -
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۰۲۱-۰۰-۹
وضعیت فهرست‌نویسی	: قیفا
موضوع	: کمپرسورها
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۹۱ ۸ک۲ک/ ۹۹۰ TJ
رده‌بندی شویی	: ۶۲۱/۵۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۷۰۴۵۵۵

عنوان کتاب: کمپرسورها

(مبانی - طراحی - انتخاب - تعمیر و نگهداری - با CD رایگان)

مؤلف: احمد گاوایانی

ناشر: نصیر بصیر

تأیید و صفحه‌آرایی: گروه فنی نامدار - ۶۶۹۷۲۰۵۱

نوبت چاپ: اول - ۱۳۹۱ (ویرایش دوم)

ناظر فنی چاپ: مرتضی کرمانی

شمارگان: ۱۵۰۰ نسخه

قیمت: ۲۰۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۹۳۰۲۱-۰۰-۹

کلیه حقوق مادی و معنوی این کتاب برای ناشر محفوظ است.

تکثیر تمام یا قسمتی از این اثر به هر شکلی ممنوع بوده و پیگرد قانونی دارد.

مراکز پخش

انتشارات نصیر بصیر (پخش نسیم): انقلاب - روبروی دبیرخانه دانشگاه تهران - ساختمان ۳۱۰ - ط ۳ واحد ۱۱۱

تلفن: ۶۶۹۷۵۹۸۴-۶۶۶۲۴۹۱-۶۶۹۵۵۸۴۴-۶۶۹۵۵۸۴۵

کتابفروشی گلریزان: ضلع جنوب شرقی میدان انقلاب - پلاک ۱۱ تلفن ۶۶۹۷۶۲۳۲-۶۶۹۷۶۲۳۰

کتابفروشی دانش هنر: ضلع جنوب شرقی میدان انقلاب - بازار بزرگ کتاب - پلاک ۴۰۳ - تلفن ۶۶۹۷۶۲۳۱

پیشگفتار چاپ اول

کمپرسور به ماشینی اطلاق می‌شود که از آن برای افزایش فشار سیالات تراکم‌پذیر (گازها و بخارات) استفاده می‌شود. نقش کمپرسور در رفاه زندگی بشری و گسترش صنایع از آنچنان اهمیتی برخوردار بوده که امروزه اصطلاحاً آن را اسب بارکش (Work Horse) صنایع می‌نامند. با گسترش صنایع که از نیمه دوم قرن نوزدهم شروع گردید و با رشدی شتایان قرن بیستم را پشت سر گذاشت، باید انتظار داشت که این ماشین پرارزش نقش مهمتری را در قرنی که به تازگی شروع شده در رفاه بشر و توسعه صنایع به عهده داشته باشد.

در اهمیت کمپرسورها همین بس که دامنه به کارگیری از آن در شاخه‌های مختلف صنایع، پزشکی، لوازم خانگی و غیره به سرعت در حال توسعه می‌باشد. به طوری که امروزه حضور آن در جوامع بشری به شدت به چشم می‌خورد که عمده‌ترین آن‌ها عبارتند از وسایل خانگی (یخچال، فریزر، کولر گازی، جاروبرقی)، تجهیزات پزشکی (دریل‌های دندانپزشکی، هوای مورد استفاده در بیمارستان‌ها) صنایع هواپیمایی (تامین هوای فشرده برای موتور توربین) و صنایع (تامین هوای فشرده برای سیستم‌های پنوماتیکی، میخان گازها، ذخیره سازی گاز، انتقال گاز سراسری و ...)

یک برآورد نسبی در زمینه نقش کمپرسور در صنایع بزرگ نشان می‌دهد که حدود ۱۰ درصد انرژی مصرفی در صنایع صرف تراکم گازها (و بالاخص هوای فشرده) می‌گردد. شرایط بهره برداری از کمپرسورها در صنایع از چنان دامنه وسیعی برخوردار است که امروزه انواع متنوعی از کمپرسورها در ظرفیت‌های مختلف و از فشار مکش بسیار کم (خلأ) تا فشار بیش بسیار زیاد (بیش از ۶۰۰۰ بار) به کار گرفته می‌شوند. اهمیت ویژه کمپرسورها و نقش مستقیم آن در عملکرد واحدهای تولیدی و صنعتی مولف را بر آن داشت تا این مجموعه را تهیه و در اختیار خوانندگان محترم قرار دهد. در بخش اول تاریخچه کمپرسورها و اصطلاحات رایج مربوط به آن مورد اشاره قرار می‌گیرد. بخش دوم به ترمودینامیک گازها و فرآیندهای تراکم در کمپرسورها اختصاص داده شده است. در بخش سوم دسته بندی انواع کمپرسورها و ویژگی‌های عمومی آن‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش چهارم کمپرسورهای تناوبی،

بخش پنجم کمپرسورهای دورانی و بخش ششم کمپرسورهای گریز از مرکز مورد بررسی قرار گرفته و به ویژگی‌های هر یک از آن‌ها اشاره خواهد شد. بخش هفتم به بررسی روش‌های روانکاری و روانکارهای مناسب در انواع کمپرسورها اختصاص داده شده است. با توجه به مشکلات ناشی از حضور رطوبت در گازها، روش‌های رطوبت‌زدایی در بخش هشتم شرح داده خواهد شد.

مخزن ذخیره و پیچونگی طراحی و نگهداری از آن در بخش نهم مورد اشاره قرار خواهد گرفت. بخش دهم این مجموعه به روش‌های کنترل ظرفیت در انواع کمپرسورها اختصاص داده شده است.

امروزه طراحی کمپرسورها همانند بسیاری از تجهیزات صنعتی به کمک نرم‌افزارهای متعددی صورت می‌گیرد. با توجه به نیاز صنایع مختلف کشور و بالاخص صنایع نفت و گاز و پتروشیمی به کمپرسورهای تناوبی و شومر ساخت و تولید کمپرسورهای صنعتی در ظرفیت و فشارهای بالا، لزوم ارتقاء دانش فنی کارشناسان و طراحان کمپرسورهای تناوبی به شدت محسوس می‌باشد. بر این اساس با استفاده از نرم‌افزار HYSYS جهت طراحی ترمودینامیک تراکم و تجربیات مولف در زمینه طراحی مکانیکی کمپرسورهای تناوبی، بخش یازدهم به طراحی این کمپرسورها اختصاص داده شده است.

هر چند که در یازده بخش اولیه بیشتر مبانی تئوریک و ساختاری کمپرسورها و تجهیزات جانبی آن مورد توجه قرار می‌گیرد ولی از بخش دوازدهم نگاه تعمیر و نگهداری کمپرسورها و بالاخص کمپرسورهای رفت و برگشتی که از اهمیت و پیچیدگی بیشتری در مقایسه با سایر کمپرسورها برخوردار می‌باشد بر ساختار این مجموعه حاکمیت می‌یابد.

بخش دوازدهم به بررسی نگرش‌های تعمیر و نگهداری ماشین‌آلات صنعتی و بالاخص کمپرسورها اختصاص داده شده است. با توجه به اهمیت ایمنی در امر تعمیرات و جلوگیری از خسارت‌های جانی و مالی، توصیه‌های ایمنی در زمینه تعمیر و نگهداری کمپرسورها در بخش سیزدهم مورد اشاره قرار گرفته است.

تعمیر و نگهداری همانند بسیاری از اقدامات روزمره نیازمند پیش‌زمینه‌های اجرایی و عملیاتی

بوده که در بخش چهاردهم گردآوری شده است. بخش پانزدهم به بررسی رینگ و پیستون، بخش شانزدهم به تحلیل یاطاقان‌ها و میل‌لنگ، بخش هفدهم به بررسی خرابی در سوپاپ‌ها که مهمترین عامل خرابی در کمپرسورهای تناوبی می‌باشند اختصاص داده شده است. در بخش هجدهم سیستم خنک‌کاری کمپرسورها مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با توجه به این که فرهنگ تعمیرات در بسیاری از ماشین‌های صنعتی و خصوصاً کمپرسورها به سوی عیب‌یابی و تعمیرات برحسب تحلیل شرایط ماشین (Condition Based Maintenance) گرایش یافته است و از آنجایی که در این نگرش پارامتر لرزش به عنوان ابزار در تعیین وضعیت ماشین مورد توجه کارشناسان امور تعمیراتی قرار می‌گیرد. بخش بیستم به تحلیل لرزش در ماشین‌ها اختصاص داده شده است. آنالیز روغن می‌تواند در تشخیص بسیاری از خرابی‌های کمپرسور مورد استفاده قرار گیرد. بر این اساس بخش بیست و یک به آنالیز روغن اختصاص داده شده است. سایر تکنیک‌های مراقبت وضعیت نظیر ترموگرافی، اولتراسونیک، تست کارایی و ... در بخش بیست و دوم مورد بررسی قرار می‌گیرد. در بخش بیست و سوم واژه‌های اساسی مورد استفاده در کمپرسورها شرح داده شده است کتابچه‌ها راهنمای یاطاقان‌های Miba در بخش بیست و چهارم ارائه گردیده است. ضامنه مورد نیاز در زمینه کمپرسورها در بخش بیست و پنجم ارائه گردیده است.

جمع‌آوری و تالیف این مجموعه از سال ۱۳۶۸ و با تدوین جزوه‌های آموزشی تحت عنوان، شناخت و کاربرد کمپرسورها در صنایع، تعمیر و نگهداری کمپرسورها، کنترل ظرفیت در کمپرسورها و ... جهت آموزش در صنایع مملکت و ارتقاء دانش علمی و تجربی مهندسين، کارشناسان و تکنسین‌های صنایع مختلف شروع گردید. در اواسط سال ۱۳۸۴ و بنا به پیشنهاد مسئولین محترم شرکت دانشگران صنعت پژوه تصمیم گرفته شد که کتابی در حد توان علمی و تجربی مولف و نیاز جامعه صنعتی ایران تهیه و در اختیار علاقمندان قرار داده شود.

هر چند که در تدوین این مجموعه، کتاب‌ها و مقالات متعدد و تجربه سی و شش ساله مولف در زمینه کمپرسورها محور اصلی این اقدام بودند ولی هرگز بدون راهنمایی دوستان

عزیزم مهندس بهروز سلیمی‌بنی، مدیریت و کارکنان شرکت کمپرسورسازی بارون، دکتر بیژن دیبایی‌نیا، مهندس مهدی آشوری، بهنام سلیمی‌بنی، مهندس شهرام شفقتی، مهندس منوچهر ملائی، آقای دکتر میثم منیری و مهندس محمد تاج‌دین و کارکنان گازکربنیک شهرکرد، همسرم پوران و فرزندانم مهندس آیتا کاویانی و علیرضا کاویانی و بسیاری از دوستان و همکاران محترم دیگر امکان‌پذیر نمی‌بود. به همین خاطر بر خود لازم می‌دانم که از راهنمایی‌ها و اطلاعات با ارزشی که در جهت هر چه پربار نمودن این مجموعه در اختیارم گذاشتند قدردانی نمایم.

احمد کاویانی

مدیر طراحی مهندسی گازکربنیک شهرکرد

بهمن ۱۳۸۶

مقدمه‌ای بر چاپ دوم

بعد از تدوین و انتشار چاپ اول این مجموعه و استقبال خوبی که در سطح صنایع و دانشگاه‌ها از آن به عمل آمد، لازم بود که کاستی‌ها و نواقص آن برطرف گردیده و به طور جامع‌تر و کامل‌تر تقدیم خوانندگان عزیز گردد.

برای این منظور استفاده از نظرات دوستان عزیز و گران‌قدری که سالیان دراز در سطوح صنعتی و دانشگاهی فعالیت‌های علمی و تجربی در زمینه کمپرسور و مهندسی تعمیرات ماشین‌آلات دینامیکی را داشتند در این زمینه بسیار مفید و با ارزش بوده است.

بهره‌گیری از کتاب‌ها و مقالاتی که در طی همین ۴ سال مطالعه شد همراه با پروژه‌های متعددی که در آن مشارکت داشته‌ام نیز خود افق‌های جدیدی را برای رفع کاستی‌های این کتاب فراهم گشود. به طوری که مجموعه عوامل فوق باعث شدند تا به توان چاپ دوم را با تغییرات عمده و کلی در اختیار شما مخاطبین عزیز و گرامی قرار داد.

در بخش‌های چهارم، پنجم و ششم انواع کمپرسورهای رفت و برگشتی، دورانی و گریز از مرکز از نظر رفتاری و ساختاری به طور کامل‌تر و جامع‌تر بررسی مورد قرار گرفتند.

در بخش هفتم، روانکارهای مصنوعی (Synthetic) و به ویژه روانکارهای مورد استفاده در صنایع تبرید به مجموعه قبلی اضافه گردید، که در همین جا لازم است از سرکارخانم مهندس صبوچی مدیریت فروش شرکت شیمی فرزاد صنعت کمال تشکر را بنمایم.

در بخش یازدهم طراحی مکانیکی کمپرسورها توسط نرم‌افزار HYSYS به طور کامل‌تری ارائه گردیده تا کارشناسان و تکنسین‌های علاقمند به طراحی و ساخت کمپرسورها قادر به بهره‌گیری از آن در طراحی کمپرسورهای رفت و برگشتی مورد نظر خود باشند.

لازم به ذکر است در طی دهه ۱۳۸۰ ده‌ها کمپرسور در فشارهای مختلف (تا ۵۰۰ بار و به صورت ۵ مرحله‌ای) به کمک همین دستورالعمل‌ها توسط مولف طراحی شده و در شرکت کمپرسورسازی بارون به تولید رسیده و امروزه در صنایع مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نمونه‌ای از آن پروژه بازیافت CO_2 از دودکش نیروگاه بعثت و استفاده از CO_2 مایع و یخ‌خشک در سایر صنایع کشور می‌باشد که برای اولین بار در ایران توسط شرکت گاز کرینیک

شهر کرد به مرحله اجرا رسیده است.

سوالات مربوط به دوره‌های آموزشی که در طی ۲۰ ساله گذشته در صنایع مختلف برگزار گردید در بخش بیستم ارائه گردیده است.

از سویی با توجه به اهمیت تکنیک‌ها و فرهنگ‌های تعمیراتی که امروزه در صنایع مدرن مورد استفاده قرار می‌گیرند، لازم بر آن بود که این امر در یک مجموعه مستقل و کامل‌تر جمع‌آوری گردد. لذا با پوزش از خوانندگان محترم موارد فوق از این کتاب حذف و در کتاب فرهنگ‌های نوین تعمیر و نگهداری و تکنیک‌های مورد استفاده در آن در اختیار علاقه‌مندان قرار می‌گیرد.

برخورد لازم می‌تواند از حمایت و پشتیبانی جناب آقای مرتضی کرباسی مدیریت محترم انتشارات نصیربصیر و همکاران ایشان که در چاپ و نشر کتاب کمال همکاری را داشته صمیمانه تشکر و قدردانی بنمایم.

در پایان وظیفه خود می‌دانم مجدداً از همکاران و مساعدت کلیه عزیزانی که اینجانب را در تدوین این مجموعه یاری رسانیدند کمال تشکر و امتنان را بنمایم.

احمد کاویانی

مدیر طراحی مهندسی

شرکت ماشین‌سازی گارکربنیک شهر کرد

مشاور طراحی مهندسی

شرکت کمپرسورسازی بارون

بهمن ۱۳۹۰

فهرست مندرجات

۱۷	۱	تاریخچه کمپرسورها
۱۸	۱.۱	تاریخچه کمپرسورها
۲۵	۲	ترمودینامیک گازها و فرآیندهای تراکم در کمپرسورها
۲۶	۱.۲	فشار Pressure
۲۶	۱.۱.۲	فشار جو
۲۶	۲.۱.۲	فشار مطلق و فشار سنجشی (اضافی) Gauge Pressure
۲۷	۲.۲	کار Work
۲۷	۳.۲	توان (انرژی) Power
۲۹	۴.۲	دما (درجه حرارت) Temperature
۲۹	۱.۴.۲	دمای مطلق
۲۹	۵.۲	قوانین گازها
۳۰	۶.۲	قانون کلی گازهای ایده‌آل
۳۰	۷.۲	قانون گازهای کامل
۳۱	۸.۲	گرمای ویژه Specific Heat
۳۱	۹.۲	تحول آدیاباتیک Adiabatic Process
۳۲	۱۰.۲	تحول تک دما Isothermal Process

۳۴	.....	Polytrophic Process	تحول پولی تروپیک	۱۱.۲
۳۵	.....		محاسبه توان مصرفی در انواع تحول ها	۱۲.۲
۴۲	.....		تراکم چندمرحله‌ای	۱۳.۲
۴۷	.....		جمع بندی کلی	۱۴.۲
۴۷	.....		نتایج بررسی	۱.۱۴.۲

۳ دسته بندی کمپرسورها

۵۱	.....		مقدمه	۱.۳
۵۲	.....		هدف از به کار گیری کمپرسورها در صنایع	۲.۳
۵۳	.....		دسته بندی کمپرسورها	۳.۳
۵۳	.....		دسته بندی کمپرسورها بر حسب فشار مکش، دهش و ظرفیت آن ها	۴.۳
۵۳	.....	Vacuum Pumps	پمپ خلا	۱.۴.۳
۵۴	.....	Fans	هواکش ها	۲.۴.۳
۵۴	.....	Blowers	دمنده ها	۳.۴.۳
۵۶	.....	Compressors	کمپرسورها	۴.۴.۳
۵۶	.....		دسته بندی کمپرسورها از نظر رفتاری	۵.۳
۵۸	.....		دسته بندی کمپرسورها از نظر تماس با روغن	۶.۳
۶۱	.....		دسته بندی کمپرسورها از نظر آب بندی شافت	۷.۳
۶۱	.....	Hermetic	کمپرسورهای بسته	۱.۷.۳
۶۲	.....	Semi Hermetic	کمپرسورهای نیمه بسته	۲.۷.۳
۶۳	.....	(Open type)	کمپرسورهای باز	۳.۷.۳

۴ کمپرسورهای تناوبی

۶۶	.....		مقدمه	۱.۴
۶۸	.....		اصول بهره برداری	۲.۴

۳.۴	تراکم در کمپرسورها	۷۵
۴.۴	فضای مرده	۷۶
۵.۴	طرح‌های اصلی کمپرسورهای پیستونی	۷۸
۱.۵.۴	کمپرسورهای پیستونی از نوع تنه‌ای (مستقیم)	۷۹
۲.۵.۴	کمپرسورهای پیستونی با شافت هادی	۸۱
۳.۵.۴	کمپرسورهای با پیستون یک طرفه	۸۳
۴.۵.۴	کمپرسورهای با پیستون دو طرفه	۸۴
۵.۵.۴	کمپرسورهای پیستونی روغنکاری شونده	۸۶
۶.۵.۴	کمپرسورهای پیستونی فاقد روغن	۸۷
۷.۵.۴	آرایش سیلندرها	۹۰
۶.۴	قطر سیلندر و کورس پیستون	۹۴
۷.۴	سوپاپ‌ها Valves	۹۹
۱.۷.۴	بررسی دیاگرام P-V در کمپرسورهای پیستونی	۱۰۳
۲.۷.۴	انواع سوپاپ‌های مورد استفاده در کمپرسورهای پیستون	۱۱۰
۳.۷.۴	علائم خرابی سوپاپ	۱۲۶
۸.۴	عوامل موثر بر راندمان حجمی کمپرسورهای پیستونی	۱۲۷
۱.۸.۴	حجم جابجایی پیستون و راندمان حجمی کمپرسور	۱۲۸
۹.۴	طراحی سیلندر	۱۳۱
۱۰.۴	خلاصه‌ای از ویژگی‌های کمپرسورهای پیستونی	۱۳۳
۱۱.۴	بررسی رفتار کمپرسورها با تغییر شرایط بهره برداری از آن	۱۳۵

۵ کمپرسورهای دورانی ۱۴۳

۱.۵	مقدمه	۱۴۴
۲.۵	کمپرسورهای حلزونی (مارپیچ)	
	Screw(s) or Helical Lobe	۱۴۵

۱۴۵	تاریخچه	۱.۲.۵
۱۴۸	ویژگی‌های کمپرسورهای حلزونی	۲.۲.۵
۱۴۹	تقسیم بندی کمپرسورهای حلزونی	۳.۲.۵
۱۵۱	مبانی کار کمپرسورهای حلزونی	۴.۲.۵
۱۵۴	جابجایی	۵.۲.۵
۱۵۵	کمپرسورهای خشک	۶.۲.۵
۱۶۰	کمپرسورهای روغنی	۷.۲.۵
۱۷۱	روغن مورد استفاده در کمپرسورهای دورانی	۸.۲.۵
۱۷۲	توصیه‌های بهره‌برداری از کمپرسورهای خشک	۹.۲.۵
۱۷۳	پوسته	۱۰.۲.۵
۱۷۴	روتورها	۱۱.۲.۵
۱۷۵	یاطاقانها و آب بند کننده‌ها	۱۲.۲.۵
۱۷۶	انتخاب سرعت دورانی در کمپرسورهای حلزونی	۳.۵
۱۷۹	تفاوت‌های کمپرسورهای روغنی و خشک	۴.۵
۱۸۰	سایر انواع کمپرسورهای دورانی	۵.۵
۱۸۱	کمپرسورهای گوشواره‌ای	۶.۵
۱۸۳	اصول کار	۱.۶.۵
۱۸۵	فرآیند تراکم	۲.۶.۵
۱۸۶	تعداد گوشواره و شکل ظاهری (Profile) آن	۳.۶.۵
۱۸۸	نسبت طول به قطر روتور (L/D)	۴.۶.۵
۱۹۰	لقی محوری	۵.۶.۵
۱۹۱	ظرفیت دمنده	۶.۶.۵
۱۹۴	بار محوری روتورها	۷.۶.۵
۱۹۴	خنک کاری	۸.۶.۵

سیستم کنترل ظرفیت	۹.۶.۵	۱۹۴
آب بند کننده	۱۰.۶.۵	۱۹۵
سر و صدا و لرزش	۱۱.۶.۵	۱۹۵
روانکاری	۱۲.۶.۵	۱۹۷
راندمان دمنده	۱۳.۶.۵	۱۹۷
جمع بندی کلی (ویژگیهای دمندههای گوشواره‌ای)	۱۴.۶.۵	۱۹۸
کمپرسورهای تیغه لغزنده	۷.۵	۱۹۹
تاریخچه	۱.۷.۵	۱۹۹
مبانی عملکرد	۲.۷.۵	۲۰۰
مرحله مکش	۳.۷.۵	۲۰۱
مرحله تراکم داخلی	۴.۷.۵	۲۰۲
مرحله تخلیه	۵.۷.۵	۲۰۲
خلاصه مراحل کار کمپرسورهای تیغه لغزنده	۶.۷.۵	۲۰۳
نسبت حجمی داخلی - نسبت فشار داخلی	۷.۷.۵	۲۰۴
تعداد تیغه‌ها	۸.۷.۵	۲۰۷
لقی در دو انتهای روتور	۹.۷.۵	۲۰۷
حجم جارو شده	۱۰.۷.۵	۲۰۸
تیغه‌ها	۱۱.۷.۵	۲۰۹
روتورهای دو طرفه (Double Acting)	۱۲.۷.۵	۲۰۹
دسته بندی کمپرسورهای تیغه لغزنده	۱۳.۷.۵	۲۱۰
درجه حرارت گاز خروجی از کمپرسور	۱۴.۷.۵	۲۱۲
سرعت دورانی	۱۵.۷.۵	۲۱۴
محدودیت‌های فشار و دما	۱۶.۷.۵	۲۱۴
راندمان	۱۷.۷.۵	۲۱۴

۲۱۵	ظرفیت	۱۸.۷.۵
۲۱۵	ویژگی‌ها	۱۹.۷.۵
۲۱۶	کمپرسورهای پیچکی Scroll	۸.۵
۲۱۶	مقدمه	۱.۸.۵
۲۱۷	اصول کار	۲.۸.۵
۲۱۸	سر و صدا و لرزش	۳.۸.۵
۲۱۸	راندمان	۴.۸.۵
۲۱۹	کنترل ظرفیت	۵.۸.۵
۲۱۹	سرعت	۶.۸.۵
۲۲۰	ساختمان Construction	۷.۸.۵
۲۲۱	کاربری	۸.۸.۵
۲۲۲	ویژگی‌ها	۹.۸.۵
۲۲۳	کمپرسورهای دندانه‌ای Rotary Tooth	۹.۵
۲۲۴	روتور با یک دندانه	۱.۹.۵
۲۲۴	روتور با دو دندانه	۲.۹.۵
۲۲۴	شرح کلی	۳.۹.۵
۲۲۶	راندمان حجمی و کنترل ظرفیت	۴.۹.۵
۲۲۷	محدودیت‌های فشار، دما و سرعت	۵.۹.۵
۲۲۸	ویژگی‌ها	۶.۹.۵
۲۲۸	کمپرسورهای حلقه مایع Liquid Ring	۷.۹.۵
۲۲۹	اساس کار	۸.۹.۵
۲۳۰	تراکم داخلی	۹.۹.۵
۲۳۱	خصوصیات ساختاری و رفتاری	۱۰.۹.۵
۲۳۳	محدودیت‌های دما و فشار	۱۱.۹.۵

۲۳۳	 جدا سازی مایع	۱۲.۹.۵
۲۳۴	 بهره برداری	۱۳.۹.۵
۲۳۵	 جمع بندی کلی	۱۴.۹.۵

۶ کمپرسورهای گریز از مرکز

۲۳۸	 مقدمه	۱.۶
۲۳۹	 Classification دسته بندی	۲.۶
۲۴۳	 Arrangement آرایشی	۳.۶
۲۵۰	 Drive Methods روش های راه اندازی	۴.۶
۲۵۲	 Performance کارایی	۵.۶
۲۵۴	 Impellers پروانه ها	۶.۶
۲۵۵	 Head ارتفاع	۷.۶
۲۵۷	 ارتفاع و راندمان در کمپرسورهای گریز از مرکز	۸.۶
۲۶۳	 Compressor Sizing مشخصات ابعادی کمپرسورها	۹.۶
۲۷۱	 حداکثر ارتفاع قابل دسترس در هر مرحله	۱۰.۶
۲۷۷	 حداکثر تعداد پروانه در هر مرحله	۱۱.۶
۲۷۸	 تحلیل دامنه مجاز بهره برداری	۱۲.۶
۲۸۰	 پدیده موجدار شدن (Surging)	۱۳.۶
۲۸۵	 عوامل بروز پدیده موجدار شدن	۱۴.۶
۲۹۲	 نشانه ها و عوارض موجدار شدن	۱۵.۶
۲۹۴	 روش های مقابله با پدیده موجدار شدن	۱۶.۶
۲۹۹	 گزارش یک حادثه در پتروشیمی تبریز TPC	۱۷.۶
۳۰۲	 Stone Wall پدیده صخره های شدن	۱۸.۶

۳۰۶	.....	مقدمه	۱.۷
۳۰۷	.....	مهمترین وظایف روانکار	۲.۷
۳۰۸	.....	خواص روانکارها	۳.۷
۳۰۹	.....	ویژگی‌های سیستم روانکاری	۴.۷
۳۱۳	.....	روش‌های روانکاری در کمپرسورها	۵.۷
۳۱۳	.....	(روانکاری اشیاء)	۱.۵.۷
۳۱۴	.....	روانکاری به روش ثقلی	۲.۵.۷
۳۱۶	.....	روانکاری به روش اجباری	۳.۵.۷
۳۲۱	.....	روانکاری پروس تزریقی (Ingection)(مستغرق Flooded)	۴.۵.۷
۳۲۴	.....	ویژگی‌های روانکاری پروس تزریقی	۶.۷
۳۲۶	.....	ویژگی‌های مورد نیاز در روغن مصرفی در کمپرسورها	۷.۷
۳۳۲	.....	انواع روغن‌های مورد استفاده در کمپرسورها	۸.۷
۳۳۲	.....	Mineral Oil روغن‌های معدنی	۱.۸.۷
۳۳۳	.....	Synthetic Oil روغن‌های مصنوعی	۲.۸.۷
۳۳۳	.....	Additives مواد افزودنی	۹.۷
۳۳۴	.....	Anti Wear Agent ترکیبات ضد سایش	۱.۹.۷
۳۳۴	.....	Compound Additives افزودنی‌های ترکیبی	۲.۹.۷
۳۳۵	.....	Corrosion Inhibitor بازدارنده خوردگی	۳.۹.۷
۳۳۵	.....	Dispersants معلق‌کننده‌ها	۴.۹.۷
۳۳۵	.....	Detergenrs شوینده‌ها	۵.۹.۷
۳۳۵	.....	Anti Foam ضد کف‌ها	۶.۹.۷
۳۳۶	.....	Anti Oxidation آنتی اکسیدان‌ها	۷.۹.۷
۳۳۶	.....	Pour Point Depressant کاهش دهنده نقطه ریزش	۸.۹.۷
۳۳۶	.....	Anti Rust ضد زنگ‌ها	۹.۹.۷

۳۳۶	V.I-Improver	بهبود دهنده اندیس گرانیروی
۳۳۷		سیستم روانکاری کمپرسورهای پیستونی
۳۳۹		توصیه‌های لازم در روانکاری کمپرسورها
۳۴۲		پمپ روغن
۳۴۳		صافی روغن و فیلتر روغن
۳۴۴	(Low Oil Pressure Switch)	کلید حداقل فشار روغن
۳۴۷		فشار و درجه حرارت روغن
۳۴۸		بازرسی روغن
۳۴۹		تعویض روغن
۳۵۰		تخلیه بخار روغن از کارتل
۳۵۱		روغن کاری کمپرسورهای تبریدی
۲۰.۷		خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه روغن‌های
۳۵۱		کمپرسورهای تبریدی
۳۵۸		اثر وجود مایع مبرد در کارتل بر روی عملکرد کمپرسور
۳۶۱	Oil Separator	تله روغن
۳۶۲		گرم کن کارتل
۳۶۳	Oil Return	برگشت روغن
۳۶۵		روانکارهای مورد استفاده در کمپرسورهای تبریدی
۳۶۵		دسته بندی روانکارها
۳۶۷	Mineral Oil	روغن‌های معدنی
۳۶۸		تفاوت روغن‌های معدنی با مصنوعی
۳۷۰	(POE)	روغن‌های پولی اول استری
۳۷۱	(PAG)	روغن‌های پولی آلکیلن گلیکول
۳۷۲	(AB)	روغن‌های آلکیل بنزن

۳۸۱	کاربری روغن آلکیل بنزن برای سیستم‌های آمونیاکی	۲.۲۹.۷
۳۸۳	Additives مواد افزودنی	۳.۲۹.۷
۳۸۷	روش‌های آزمون	۴.۲۹.۷
۳۸۸	تعویض روغن	۵.۲۹.۷
۳۹۱	ایمنی	۶.۲۹.۷

۸ خشک کردن گازها

۴۰۳	مقدمه	۱.۸
۴۰۴	رطوبت اشباع، رطوبت نسبی، رطوبت ویژه	۲.۸
۴۰۶	دمای حباب خشک، دمای حباب مرطوب و نقطه شبنم	۳.۸
۴۰۸	چرا باید گازها را رطوبت زدایی کرد؟	۴.۸
۴۱۰	روش‌های رطوبت زدایی	۵.۸
۴۱۰	رطوبت زدایی بر روش تراکم اضافی	۱.۵.۸
۴۱۱	رطوبت زدایی به روش خنک کردن	۲.۵.۸
۴۱۱	رطوبت زدایی بکمک تبرید	۳.۵.۸
۴۱۳	رطوبت زدایی به روش جذب فیزیکی	۴.۵.۸
۴۲۱	ویژگی‌های رطوبت گیری به روش جذب فیزیکی	۵.۵.۸
۴۲۲	رطوبت گیری به روش جذب شیمیایی	۶.۵.۸
۴۲۲	عوامل موثر در انتخاب رطوبت گیر	۶.۸

۹ مخزن ذخیره هوا

۴۲۵	مقدمه	۱.۰.۹
۴۲۷	ظرفیت مخزن ذخیره	۲.۰.۹
۴۳۰	تله جدا کننده آب Condensate Trap	۳.۰.۹
۴۳۰	ساخت مخزن ذخیره	۴.۰.۹

۴۳۲ نکات ایمنی در زمینه مخزن ذخیره و لوله دهش ۵.۰.۹

۱۰ روش‌های کنترل ظرفیت در کمپرسورها ۴۳۵

۴۳۶ ۱.۱۰ مقدمه

۴۳۹ ۲.۱۰ دسته بندی روش‌های کنترل ظرفیت در کمپرسور

۴۳۹ ۱.۲.۱۰ روش‌های عمومی

۴۴۰ ۲.۲.۱۰ روش‌های اختصاصی

۴۴۰ ۳.۲.۱۰ کمپرسورهای تناوبی

۴۴۰ ۴.۲.۱۰ کمپرسورهای مارپیچی

۴۴۰ ۵.۲.۱۰ کمپرسورهای گریز از مرکز

۴۴۱ ۳.۱۰ روش‌های عمومی کنترل ظرفیت در کمپرسورها

۴۴۱ ۱.۳.۱۰ تغییر سرعت دورانی

۴۴۵ ۲.۳.۱۰ خفگی در قسمت مکش Suction Throttling

۴۵۳ ۳.۳.۱۰ خاموش- روشن کردن On-Off

۴۵۴ ۴.۳.۱۰ بهره‌برداری از چند کمپرسور موازی

۴۵۵ ۵.۳.۱۰ کنترل ظرفیت دوگانه (Dual)

۴۵۶ ۶.۳.۱۰ تخلیه گاز به بیرون Blow-Off

۴۵۶ ۷.۳.۱۰ برگشت گاز به قسمت مکش کمپرسور By-Pass Control

۴۵۷ ۴.۱۰ روش‌های اختصاصی کنترل ظرفیت برای کمپرسورهای تناوبی

۴۵۷ (Clearance Pocket) ۱.۴.۱۰ کنترل ظرفیت به روش تغییر فضای مرده

۲.۴.۱۰ کنترل ظرفیت به روش بازنگهداشتن سوپاپ مکش

۴۶۱ (Suction Valve Opening)

۳.۴.۱۰ کنترل ظرفیت به روش برگشت از طریق کانال سیلندر

۴۶۵ (Recycle Port)

۴۶۶ ۵.۱۰ کمپرسورهای مارپیچی (Screw)

۴۶۶	Slide Valve	کنترل ظرفیت با استفاده از شیر لغزنده
۴۷۰	Turn Valve	کنترل ظرفیت با شیر چرخشی
۴۷۱	Plug Valve	استفاده از شیرهای سماوری
۴۷۱		کنترل ظرفیت در کمپرسورهای گریز از مرکز
۴۷۱		مبانی
	(Variable Inlet	کنترل ظرفیت به کمک تیغه ورودی متغیر
۴۷۲	Guide Vanes) VIGV	
	Discharge	کنترل ظرفیت به روش ایجاد خفگی در دهش
۴۷۸	Throttling	

۱۱ طراحی کمپرسورهای تناوبی به کمک نرم افزار HYSYS ۴۸۱

۴۸۲	مقدمه
۴۸۳	طراحی ترمودینامیکی کمپرسور به کمک نرم افزار HYSYS
۴۹۴	طراحی مکانیکی کمپرسورهای تناوبی

۱۲ ایمنی در تعمیرات ۵۱۵

۵۱۶	اصول کلی ایمنی
۵۱۸	توصیه های ایمنی در زمان تعمیرات

۱۳ اقدامات ضروری قبل از انجام تعمیرات ۵۲۱

۵۲۲	جمع آوری داده ها و اطلاعات
۵۲۴	چشم و گوش خود را باز نگهدارید.
۵۲۴	مراجع اطلاعات
۵۲۵	استفاده از ابزارها و تجهیزات مناسب
۵۲۶	تحلیل اطلاعات حاصل از آزمایش کمپرسور
۵۲۶	تحلیل متغیرها

۵۲۷	۵.۱۳	تصمیم‌گیری برای انجام اقدامات
۵۲۷	۶.۱۳	انجام تعمیرات
۵۲۸	۷.۱۳	بررسی نتایج
۵۲۹	۸.۱۳	اجتناب از بروز مجدد شکل

۱۴ سیستم خنک‌کاری Cooling System ۵۳۱

۵۳۲	۱.۱۴	مقدمه
۵۳۲	۲.۱۴	خنک‌کاری با آب (Water Cooled)
	۳.۱۴	کمپرسورهای خنک‌شونده با هوا
۵۳۵		(Air Cooled)
۵۳۷	۴.۱۴	مقایسه خنک‌کاری با هوا و آب
۵۳۹	۵.۱۴	مبدل‌های حرارتی در کمپرسورها

۱۵ رینگ‌ها، پیستون‌ها و آب‌بند کننده شافت پیستون ۵۴۱

۵۴۲	۱.۱۵	رینگ‌ها Rings
۵۴۲	۲.۱۵	مبانی کار رینگ‌های تراکم
۵۴۷	۳.۱۵	رینگ‌های فلزی
۵۵۱	۴.۱۵	مشخصه‌های رینگ‌های فلزی
۵۵۳	۵.۱۵	رینگ‌های مخصوص کمپرسورهای خشک (Oil Free)
۵۵۴	۶.۱۵	رینگ‌های گرافیتی
۵۵۵	۷.۱۵	رینگ‌های تفلن گرافیتی
۵۵۶	۸.۱۵	مشخصه‌های رینگ‌های تفلنی تقویت شده
۵۶۰	۹.۱۵	طراحی و بازرسی رینگ‌های تفلن گرافیتی
۵۶۰	۱۰.۱۵	رینگ‌های تراکم
۵۶۱	۱۱.۱۵	رینگ‌های هادی Guide (Rider) Ring

۱۲.۱۵ فنرهای تراکم

۵۶۱ Compression (Tension) Spring

۵۶۲ ۱۳.۱۵ دستورالعمل بازرسی رینگ‌ها

۵۶۳ ۱۴.۱۵ رینگ فاقد شکاف Groove less Ring

۵۶۶ ۱۵.۱۵ پیستون

۱۶.۱۵ آب بند کننده‌های شافت پیستون

۵۶۷ Piston Rod Packing Seals

۵۶۹ ۱۷.۱۵ آب بند کننده روغن Oil Seal

۵۷۱ ۱۸.۱۵ بازرسی سطح شافت پیستون

۱۶ یاطاقان و میل‌لنگ ۵۷۳

۵۷۴ ۱.۱۶ مقدمه

۵۷۴ ۲.۱۶ نگهداری پیشگیرانه

۵۷۶ ۳.۱۶ جنس یاطاقان‌ها

۵۷۷ ۴.۱۶ ساختار Construction

۵۷۹ ۵.۱۶ طراحی Design

۵۷۹ ۱.۵.۱۶ مقدمه

۵۸۲ ۲.۵.۱۶ استقرار و ابقاء

۵۸۴ ۳.۵.۱۶ روانکاری

۵۸۵ ۴.۵.۱۶ آزمون بابیت یاطاقان

۵۸۶ ۶.۱۶ میل‌لنگ

۵۸۹ ۱.۶.۱۶ بازسازی Reconditioning

۵۸۹ ۲.۶.۱۶ بازرسی میل‌لنگ

۵۸۹ ۷.۱۶ شاتون

۵۹۲ ۸.۱۶ کارتل Crankcase

۹.۱۶ جمع کردن ۵۹۲

۱۷ عیب‌یابی و تعمیرات سوپاپ‌ها Valves Troubleshooting & Maintenance ۵۹۵

۱.۱۷ مقدمه ۵۹۶

۲.۱۷ عیب‌یابی سوپاپ در حین کار ۶۰۱

۳.۱۷ تعمیر سوپاپ‌ها ۶۰۵

۱۸ دستور عمل عیب‌یابی کمپرسورهای پیستونی ۶۰۹

۱.۱۸ مقدمه ۶۱۰

۱۹ واژه‌نامه کمپرسور ۶۲۷

۲۰ کتابچه راهنمای یاطاقان‌های Miba ۶۴۵

۲۱ ضمایم ۷۱۱

۲۲ سوالات آزمون‌های دوره‌های آموزشی کمپرسور ۷۳۱

مراجع ۷۴۱