

سرشناسنامه	: فورستهورفر، ویلیام ای. Forsthoffer. W.E (William E)
عنوان و نام پدیدآور	: کمپرسورها/ ویلیام ای. فورستهورفر؛ مترجم مجید یوسفی.
مشخصات نشر	: تهران : دایره صنعت : طراح، ۱۳۸۸.
مشخصات ظاهری	: IX، ۲۳۶ ص. : مصور.
شابک	: 978-600-90906-2-4
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: کتاب حاضر ترجمه جلد سوم کتاب تحت عنوان " Forsthoffers Rotating equipment handbooks است."
موضوع	: کمپرسورها، ماشینهای دوار
شناسه افزوده	: یوسفی، مجید، ۱۳۵۳-، مترجم.
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۸۸ ک۸ف/۹۹۰/TJ
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۵۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۶۴۲۲۶۳

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۹۰۹۰۶-۲-۴

ISBN 978-600-90906-2-4

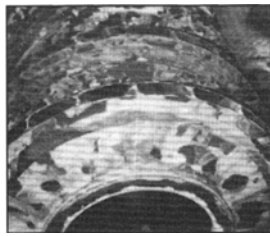
- نام کتاب : کمپرسورها
- مترجم : مهندس مجید یوسفی
- مولف : W. E. Forsthoffer
- ناشر : دایره صنعت
- صفحه‌آرا: فاطمه یوزباشی
- تیراژ : ۶۰۰ جلد
- نوبت چاپ : چهارم، پاییز ۱۳۹۳

کلیه حقوق برای نشر دایره صنعت محفوظ است.

مرکز پخش و فروش : خیابان انقلاب - روبه‌روی دانشگاه تهران - ساختمان فروزنده - طبقه دوم

واحد ۵۰۶ و واحد ۲۰۸

فکس: ۳۶۲۶ ۶۶۹۵ و ۷۹۹۹ ۶۶۴۶ و ۶۶۹۵۱۸۳۲ و ۶۶۹۵۱۸۳۱ و ۳ و ۱۱۲ ۱۱۲ ۹۱۲ (☎)



مقدمه

این مجموعه حاصل ۴۰ سال تجربیات بنده در زمینه طراحی انتخاب تست و راهاندازی و پایش تجهیزات دوار می‌باشد. پایه و اساس بیشتر مفاهیم عنوان شده، بر اساس نوشتجات در طول جلسات آموزشی که به صورت یادداشت‌برداری از روی آنها و یا تجربیات من در راهاندازی و یا حل مسائل تجهیزات در زمان بررسی موقعیت قرارگیری آنها بوده است اقتباس گردیده است.

اکنون بیش از پیش، هزینه‌های حاصل از تجهیزات دوار می‌تواند در محدود کردن درآمد حاصله از آنها اثرگذار باشد. یک واحد فرآیندی بزرگ، قادر است که روزانه درآمدی متجاوز از ۵ میلیون دلار تولید نماید، با این وجود، اپراتورها، مهندسان مسئول بخشهای مختلف مرتبط با تجهیزات و مهندسان قسمت برآورد قابلیت کارایی تجهیزات درصدد ایجاد فرصتی برای یادگیری و پی بردن به اساس طراحی این تجهیزات در دوره‌های علمی و کاربردی برنیامده‌اند. بنده در طول ده سال گذشته مشاهده کرده‌ام که از تعداد افراد با تجربه در این زمینه به سرعت در حال کاسته شدن می‌باشد.

لذا مجموعه‌های ارائه شده در این کتاب کاملاً قابل درک بوده و با استفاده از مثالهای ملموس در بخشهای متنوع در ارتباط با طراحی تجهیزات دوار، کارکرد آنها، تعمیرات و پایش وضعیت، خواننده را قادر میسازد که :

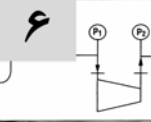
- درک اثر فرآیند و تغییرات محیطی بر روی عملکرد تجهیزات، تعمیرات و قابلیت کارایی آنها،
- پایش وضعیت تجهیزات گردنده بر اساس اجزای تشکیل دهنده آنها جهت بهینه‌کردن زمان اصلی بین دو خرابی قطعه و زمان اصلی تعمیر آنها و
- انتخاب، بررسی و تست تجهیزاتی که دارای بالاترین قابلیت کارایی در یک مجموعه بوده و پایین‌ترین هزینه را در طول کارکردشان دارا می‌باشد.


امیداست که معلومات مندرج در این مجموعه در راستای توانمندسازی پرسنل مهندسی و تعمیرات و همچنین کمک در ارائه پیشنهاداتشان به مدیریت در جهت حل مسائل هزینه‌ای مربوط به تجهیزات باشد.

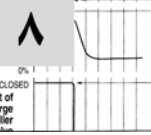
این کتاب، مشخصات انواع کمپرسورها، کارکرد آنها در یک فرآیند (با استفاده از مفاهیم مورد نیاز و هدگاز تولیدی)، ارتباطات عملکردی آنها، انتخاب کمپرسورها را مورد بررسی قرار می‌دهد.

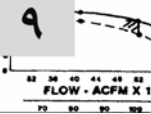
همچنین در این کتاب به پدیده موجدار شدن سیال که با تغییر ناگهانی فشار سیال همراه است (Sugar) و همچنین پدیده گیر کردن احتمالی قطعات در یکدیگر (Stall) و اصول طراحی یا تاقانهای شعاعی و محوری آب‌بندها و سرعتهای بحرانی نیز پرداخته شده‌است.


<p>(۱-۱۰) مروری بر تجهیزات دوار</p>	
<p>۱ مقدمه ۲ تعریف تجهیز دوار ۳ طبقه‌بندی تجهیزات دوار ۵ تشابهات بین طراحی مکانیکی و عملکردی آنها ۷ اصول پایه‌ای و مهم</p>	
<p>(۱۱-۲۳) انواع کمپرسور و انواع آنها</p>	
<p>۱۱ مقدمه ۱۱ کمپرسورهای جابه‌جایی مثبت ۱۸ کمپرسورهای دینامیکی</p>	
<p>(۲۵-۳۶) مشخصات کمپرسور (جابه‌جایی مثبت و دینامیکی)</p>	
<p>۲۵ مقدمه ۲۶ کمپرسورهای جابه‌جایی مثبت ۲۸ حجم واقعی، حجم استاندارد و جریان جرمی ۳۱ کمپرسورهای دینامیکی</p>	
<p>(۳۷-۴۳) عملکرد کمپرسور در یک سیستم</p>	
<p>۳۷ مقدمه ۳۹ منحنیهای مقاومت سیستم ۴۱ نقطه کارکرد ۴۲ کمپرسور جابه‌جایی مثبت در سیستم فرآیند ۴۳ کمپرسور دینامیکی در سیستم فرآیند</p>	
<p>(۴۵-۵۳) مفاهیم هد سیالات</p>	
<p>۴۵ مقدمه ۴۶ تعریف ۵۰ مسیرهای فشرده سازی ۵۱ انواع مختلف هد گاز ۵۳ شکل منحنی کمپرسور دینامیکی</p>	

روابط عملکردی		۶
(۵۵-۶۳)		
۵۵	مقدمه	
۵۶	آشنایی با اهداف	
۵۷	مشخصات گاز	
۵۸	هد فشرده‌سازی	
۵۸	انواع پروانه و سرعت مشخص شده	
۶۱	بازده	
۶۲	توان	
۶۲	قوانین فن‌ها	

شکل منحنی یک توربو کمپرسور را چه چیزهایی مشخص می‌کنند		۷
(۶۵-۷۳)		
۶۵	مقدمه	
۶۵	مراحل کمپرسور	
۶۹	سرعت‌های خروجی از پروانه	
۷۱	انواع تیغه‌ها	

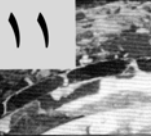
موجدار شدن جریان (Surge) و مقاومت در برابر (Stone wall)		۸
(۷۵-۸۵)		
۷۵	مقدمه	
۷۷	واقعیتهای Surge	
۷۹	محدوده‌های منحنی	
۸۰	چه عواملی باعث بروز Surge می‌گردند	
۸۲	چه عواملی باعث بروز مقاومت در برابر جریان (Stonewall or Choke) می‌گردند	

توربو کمپرسورهای تک مرحله‌ای و عملکرد کلی آنها		۹
(۸۷-۹۴)		
۸۷	مقدمه	
۸۹	منحنی مرحله (Stage)	
۹۰	منحنی کلی (Overall curve)	
۹۱	بررسی عملکرد آنها	

اثر تغییر در دانسیته یک گاز		۱۰
(۹۵-۱۰۲)		

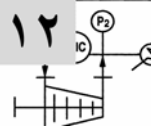
۹۵	مقدمه
۹۶	عوامل مورد بحث
۹۷	اثر بر روی نرخ فشار (Pressure Ratio) توربوکمپرسور
۹۸	اثر بر روی هد (Head) کمپرسور
۹۹	اثر بر روی مقاومت سیستم
۹۹	اثر بر روی نرخ جریان (Flow Rate) توربوکمپرسور
۱۰۱	اثر بر روی توان (قدرت)

۱۱ اثر پدیده جمع شدن ذرات جامد بر روی پروانه و یا مجرای ورودی تیغه‌ها (۱۰۳-۱۱۳)



۱۰۵	مقدمه
۱۰۳	مکانیزم اثر Fouling
۱۰۴	اثر پدیده Fouling بر روی نقطه کارکرد
۱۰۶	عواملی که سبب به وجود آمدن پدیده Fouling می‌گردند
۱۰۹	رهگیری پدیده Fouling با پایش وضعیت (Condition monitoring) فرآیند
۱۰۹	پیشگیری و اصلاح پدیده Fouling
۱۱۲	اندازه‌های اصلاحی

۱۲ مروری بر کنترل توربو کمپرسورها (۱۱۵-۱۲۵)



۱۱۵	مقدمه
۱۱۷	مفاهیم و اهداف
۱۱۷	تنظیم تغییرات به وجود آمده در سیستم
۱۲۰	تنظیم منحنی کارکرد توربوکمپرسور
۱۲۳	حفاظت از توربوکمپرسور

۱۳ سیستمهای کنترل Surge (۱۲۷-۱۳۲)



۱۲۷	مقدمه
۱۲۷	اهداف سیستم کنترل Surge
۱۲۸	راه حل‌های موجود
۱۲۹	ملاحظات که در طراحی سیستم باید لحاظ گردد
۱۲۹	تاریخچه انواع سیستمهای کنترل Surge

۱۴ مروری بر طراحی قطعات مکانیکی توربو کمپرسورها (۱۳۳-۱۴۶)



۱۳۳	مقدمه
۱۳۴	پوسته (Casing)
۱۳۵	پره‌های راهنما ورودی (The inlet guide vanes)
۱۳۶	محور (The Rotor)
۱۳۷	دیافراگمها
۱۳۸	آب بندهای داخل هر مرحله (Inter-stage seals)
۱۳۹	آب بندهای انتهای محور (Shaft end seals)
۱۴۲	یاتاقانهای ژورنال (Journal Bearings)
۱۴۳	یاتاقانهای محوری (Thrust Bearings)

پوسته‌های کمپرسور و قطعات ثابت داخل آن (۱۴۸-۱۵۵)



۱۴۸	مقدمه
۱۴۹	وظایف پوسته (Casing)
۱۵۳	روشهای مختلف ساخت پوسته
۱۵۳	تنشهای موجود روی پوسته و انحرافات (Deflections) پوسته

طراحی روتور کمپرسور گریز از مرکز (۱۵۷-۱۶۵)



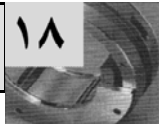
۱۵۷	مقدمه
۱۵۹	سفتی (Stiffness) روتور
۱۶۰	شکل‌های اصلی روتور
۱۶۰	مونتاژ روتور
۱۶۳	بالانس نمودن روتور

طراحی نصب و کارکرد کاپلینگهای انعطاف‌پذیر (۱۶۷-۱۸۵)



۱۶۷	مقدمه
۱۶۷	وظیفه کاپلینگ
۱۶۸	انواع کاپلینگ
۱۷۸	سیستم کاپلینگ
۱۷۹	نصب کاپلینگ و باز کردن آن
۱۸۴	محافظ کاپلینگ
۱۸۴	بهبودسازی کاپلینگها از حالت روانکاری به حالت خشک

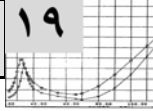
طراحی یاتاقانهای شعاعی (۱۸۹-۲۰۲)



۱۸۷	مقدمه
۱۸۸	یاتاقانهای ضد اصطکاکی (Anti-friction)
۱۹۰	یاتاقانهای هیدرودینامیکی
۱۹۱	انواع یاتاقانهای هیدرودینامیکی
۱۹۴	کنترل وضعیت یاتاقانها
۱۹۵	ناپایداریهای ارتعاشی

(۲۰۵-۲۱۴)

سرعتهای بحرانی و پاسخ دهی (واکنش) روتور



۲۰۱	مقدمه
۲۰۲	سرعتهای بحرانی
۲۰۴	سیستم روتور (ورودی)
۲۰۸	جوابدهی روتور (خروجی)
۲۱۰	اندازه‌گیری جوابدهی روتور

(۲۱۶-۲۲۵)

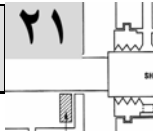
نیروهای محوری وارده به روتور



۲۱۳	مقدمه
	یاتاقانهای هیدرودینامیکی که نیروهای فشاری موازی با محور روتور را جذب می‌کنند. (The hydrodynamic Thrust Bearing)
۲۱۴	
۲۱۸	نیروهای فشاری محوری حاصل از پروانه (Impeller)
۲۱۹	بالانس نیروهای فشاری محوری روتور (Rotor Thrust Balance)
۲۲۱	پایش وضعیت نیروهای فشاری محوری (Thrust)

(۲۲۵-۲۴۴)

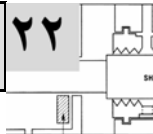
نگاهی به سیستم آب‌بندی کمپرسور و انواع آنها



۲۲۵	مقدمه
۲۲۹	سیستم تغذیه (The supply system)
۲۳۵	سیستم مربوط به بدنه یا محفظه آب‌بند (The Seal housing system)
۲۳۷	سیستمهای تغذیه و تامین آب‌بند
۲۴۳	خلاصه سیستم تامین و تغذیه آب‌بند
۲۴۴	سیستم مربوط به نشستی سیال از آب‌بند

(۲۴۵-۲۶۳)

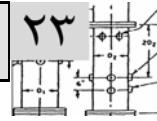
سیستمهای آب‌بندی گاز خشک



۲۴۵	مقدمه
-----	-------

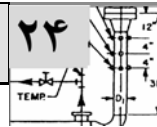
۲۴۸	طراحی آب‌بندی گاز خشک
۲۵۵	انواع سیستم‌های آب‌بندی گاز
۲۶۰	خلاصه

پایش وضعیت عملکرد توربو کمپرسور (۲۶۵-۲۷۲)



۲۶۵	اهداف
۲۶۷	پارامترها
۲۶۸	دقت
۲۷۱	میدان عملیات یک آزمایشگاه نیست!
۲۷۱	پایه‌گذاری یک خط مشی
۲۷۱	روند

آزمون عملکردی (عملی) توربو کمپرسور (۲۷۳-۲۸۶)



۲۷۳	مقدمه
۲۷۴	مروری بر آزمون تست عملکردی کارگاهی
۲۷۵	تعیین سرعت معادل (Equivalent speed)
۲۸۱	آزمون میدانی (پایکار) (Field testing)

وظایف قطعات اصلی کمپرسورهای رفت و برگشتی (۲۸۷-۲۹۹)



۲۸۷	مقدمه
۲۸۷	بدنه و دنده متحرک (Frame and Running gear)
۲۹۰	لایه آب‌بندی میله پیستون (Piston Rod packing)
۲۹۲	سیلندر و لوله درونی (Cylinder and Liner)
۲۹۳	شیرهای سیلندر کمپرسور رفت و برگشتی
۲۹۵	مجموعه پیستون (Piston assembly)
۲۹۷	روان کننده‌های لایه آب‌بندی و سیلندر (Cylinder and packing Lubricators)
۲۹۷	میراکننده‌های نوسان
۲۹۸	سیستم خنک‌کاری (Cooling system)

راهنمای بازرسی کمپرسور رفت و برگشتی (۳۰۱-۳۳۹)



۳۰۲	مقدمه
۳۰۲	وظایف اجزاء
۳۰۲	کتاب دستورالعمل سازنده کمپرسور

۳۰۲	تجهیزات ایمنی
۳۰۲	مستندسازی نتایج
۳۰۴	یاتاقانهای اصلی میل لنگ
۳۰۵	اندازه‌گیریهای اصلاحی
۳۰۷	بازرسیهای دمونتاژ
۳۰۸	انحراف شبکه میل لنگ (Crankshaft web deflection)
۳۰۸	Crankpin bearing متحرک یاتاقان
۳۰۵	اندازه‌گیریهای اصلاحی و بازرسی دمونتاژ
	مونتاژ لوله انتهای میل لنگ (پین بوش، کفشکهای Crosshead و ملحقات میله پیستون)
۳۰۸	
۳۲۳	پین بوش Crosshead (لوله انتهای میل لنگ)
۳۲۱	تجهیزات بازرسی
۳۱۷	مونتاژ Crosshead، اقدامات اصلاحی و بازرسی
۳۲۱	هم‌محورسازی شاتون (Piston rod Alignment)
۳۲۳	مونتاژ پیستون
۳۲۵	سیلندرها
۳۲۸	شیرهای کمپرسور (Compressor valves)
۳۳۶	آب‌بندی سیلندر (Cylinder packing)

(۳۴۱-۳۴۷)

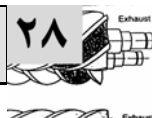
عملکرد و کنترل کمپرسور رفت و برگشتی



۳۴۱	مقدمه
۳۴۱	کنترل ظرفیت
۳۴۲	روشهای کنترل ظرفیت
۳۴۶	روشهای راه‌اندازی

(۳۴۹-۳۶۸)

کمپرسورهای پیچی



۳۴۹	مقدمه
۳۵۲	اصول کارکرد
۳۵۴	انواع کمپرسورهای پیچی
۳۵۹	روابط عملکردی
۳۶۱	قطعات مکانیکی
۳۶۷	راهنمای انتخاب
۳۶۸	پایش وضعیت