



گزارش های دوره ای کمپرسور های بدون روغن

خلاصه مدیریتی

وجود روغن در هوای خروجی کمپرسور های متداول، باعث مشکلات جانبی فراوانی در صنایع حساس مانند صنایع دارویی و غذایی شده است. کمپرسور های بدون روغن با طراحی خاص خود قادر به رفع این معضل با تولید هوای خروجی خالص و عاری از روغن می باشند.

کمپرسور های بدون روغن

- یک تجهیز از قبل روانکاری
- فعالیت بدون روغن در محفظه تراکم
- کمترین قطعات متحرک
- طول عمر عملیاتی مناسب
- راندمان بالاتر

تکنولوژی ها

- دسته بندی براساس نوع طراحی و تئوری عملکرد
- طبقه بندی بر اساس ماهیت عملکرد جابجایی مثبت و دینامیک:
 ۱. کمپرسور های پیستونی
 - ✓ از نوع رفت و برگشتی روانکاری شده با حلقه های تفلنی دارای کمترین ظرفیت و بیشترین فشار
 - ۲. کمپرسور های پیچی
 - ✓ از نوع دوار با توان عملیاتی متوسط و مقرون به صرفه
 - ۳. کمپرسور های سانتریفیوژی
 - ✓ از نوع دینامیک دارای بالاترین ظرفیت عملیاتی مورد استفاده در صنایع حیاتی مانند نفت و گاز

استاندارد ها

- اندازه گیری کیفیت هوای خروجی کمپرسور
- استاندارد ISO 8573-1 در سه کلاس تعریف شده
- از بین رفتن ریسک آلودگی، کاهش اثرات زیست محیطی و هزینه پایین تر انرژی

کاربرد در صنایع مختلف

- کاربرد گسترده و روزافزون در صنایع مختلف
- صنایع غذایی و نوشیدنی: تامین امنیت غذایی با محصولی پاک و سالم
- ✓ داروسازی: کیفیت و ایمنی جزء مهمترین شاخصه های دارو سازی
- شیمیایی، نفت و گاز: رفع ریسک انفجار و اختلال فرآیند، اهمیت قابلیت اطمینان

فناوری های نوین

- تقاضا رو به رشد به دستگاه هایی با حساسیت و عملکرد بهتر
- استفاده از تفلن به عنوان پوشش و مقاومت به خوردگی
- بهره گیری از فناوری نانو با استفاده از نانوپوشش ها در قطعات حساس مانند پره ها

بازار و چشم انداز آتی

- افزایش تقاضا هوا با خلوص بسیار بالا با کاربرد های حیاتی
- پیشبینی رشد مرکب سالیانه بیش از ۴٪ بازار کمپرسور های بدون روغن تا سال ۲۰۲۴
- ارزشگذاری بیش از ۱۲,۵ میلیارد دلاری بازار جهانی کمپرسور های بدون روغن در ۲۰۲۱
- آینده فناوری نوین بخش با وجود چالش های متعدد مانند هزینه اولیه بالا و خنک کاری
- وجود شرکت های مطرح و موفق جهانی و داخلی متعدد در زمینه ساخت کمپرسور های بدون روغن

کمپرسور های بدون روغن



۱. مقدمه

در کمپرسور های صنعتی روغن نقش حیاتی در روانکاری سیستم برعهده دارد. در کمپرسور های سنتی به دلیل نوع طراحی، قطعات مکانیکی دستگاه همزمان با روغن و هوا (سیال) در تماس هستند و ازینرو ممکن است مقداری از روغن وارد هوا گردد. علیرغم تعبیه فیلترهای متعدد در کمپرسورهای مذکور به منظور جداسازی روغن از هوا، نهایتاً هوای فشرده خروجی از کمپرسور محتوی مقادیر قابل ملاحظه ای روغن می باشد. در کمپرسور های اسکرو، روغن کاملاً با هوا مخلوط می گردد و در کمپرسور های رفت و برگشتی معمولی، روغنی که در محفظه میل لنگ قرار دارد و جهت روانکاری سیلندر ها بکار می رود به سمت بالای پیستون ها حرکت می کند و با هوای خروجی کمپرسور مخلوط شده و در نهایت مقداری روغن با هوای فشرده، خارج می شود. همچنین با مستهلک شدن کمپرسور تماس روغن با هوا افزایش یافته و لذا میزان روغن در هوای خروجی افزایش پیدا می کند.

این مساله در بسیاری از صنایع حساس از جمله صنایع دارویی و صنایع غذایی مشکلات جانبی فراوانی ایجاد می کند. با توجه به این معضل، کمپرسور های بدون روغن^۱ طراحی و معرفی شده اند تا پاسخگوی نیاز بخش اعظمی از صنعت باشد. در کمپرسور های بدون روغن یا اویل فری، هوای تولیدی کمپرسور به هیچ عنوان با روغن در تماس نمی باشد و در فرآیند فشرده سازی حضور پیدا نمی کند، هوای خروجی کمپرسور خالص و عاری از روغن می باشد.

۲. کمپرسور های بدون روغن

بطور کلی، یک تجهیز از قبل روانکاری شده است که بدون استفاده از روغن فعالیت می کند که این امر با افزایش فشار یک گاز با کاهش حجم آن رخ می دهد. این کمپرسور ها به گونه ای طراحی شده اند که بدون روغن در محفظه تراکم فعالیت کنند. از آنجایی که در اکثر فرآیند های صنعتی وجود روغن در محصول نهایی قابل قبول نمی باشد، از اینرو تقاضا برای کمپرسور های بدون روغن بطور پیوسته در حال افزایش می باشد.

فارغ از نوع تکنولوژی کمپرسور هیچ روغنی در محفظه تراکم استفاده نخواهد شد که ریسک آلودگی را حذف می کند و خلوص هوای ۱۰۰٪ را تضمین می کند. این تجهیز با کمترین قطعات متحرک، طول عمر عملیاتی

¹ Oil-Free Compressors

بلند با سرویس های دوره ای محدود را فراهم می کند. بطور کلی می توان ویژگی های این نوع کمپرسور ها را در جدول (۱) مشاهده کرد.

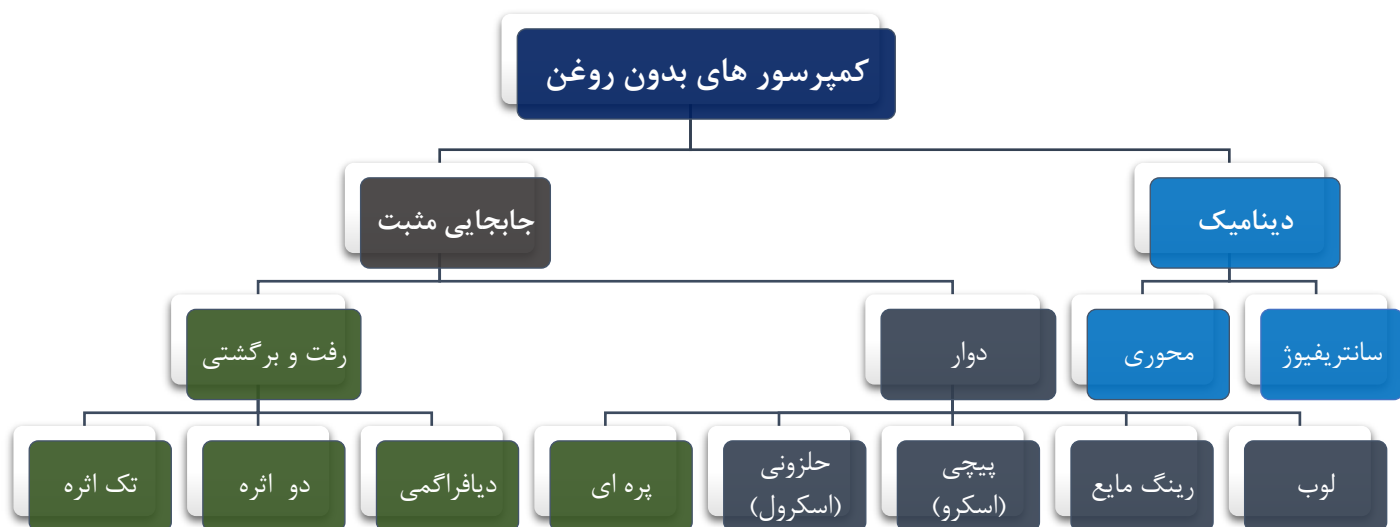
جدول ۱. کمپرسور های بدون روغن در یک نگاه	
هدف	خلوص و پاکی هوا: در مواردی که وجود روغن حتی کوچکترین ذره می تواند باعث فاسد شدن محصول یا آسیب به تجهیزات شود.
تمایل بازار	علاقه زیاد صنایع مختلف به کمپرسور های بدون روغن به عنوان منبعی قابل اطمینان از هوای فشرده پاک
راندمان بالاتر	کاهش فاصله بین قطعات، کاهش نشت، مصرف انرژی کمتر
خنک سازی	بجای روغن از آب و یا هوا استفاده می شود.
روانکاری	در این سیستم ها بصورت فیلم های تفلون می باشد و اغلب قطعات متحرک تماس بسیار کمی باهم دارند.
زیست پذیری	سازگاری بهتر با مقررات جهانی زیست محیطی
نگه داری راحت	عدم وجود روغن و قطعات متحرک منجر به نگه داری و تعمیرات راحت تر می شود. قابلیت جابجایی عدم وجود سیستم های روانکاری
صرفه جویی در هزینه ها	حذف هزینه های تعویض دوره ای روغن و تجهیزات وابسته به روغنکاری مانند فیلترها، جداساز ها و ...
کیفیت هوای ISO	دستیابی به خلوص هوای ISO 8573-1 Class 0,1
صدای کم	به علت تعداد محدود قطعات متحرک، صدا و ارتعاش کمتری تولید می شود.
دوام بالا	ساختار ساده و قابل اطمینان تر، قطعات متحرک کمتر، دوام بالاتر به علت عدم وجود اصطکاک و اجزای مصرفی

کمپرسور های بدون روغن فاصله ایمنی کمتری بین قطعات متحرک نسبت به کمپرسور های روغن دار دارند که به این معناست فضای کافی جهت خنک سازی و جریان کافی هوا وجود ندارد. برای مثال کمپرسور های اسکرو فاصله ناچیزی باهم دارند که هزینه ساخت آن بالاتر می رود. همچنین در این تجهیزات چنانچه از روغن استفاده شود تنها جهت روانکاری ماشین می باشد و بخش های داخلی کمپرسور مکانیزم عایق بندی متفاوتی دارند تا از عدم وجود روغن در سیستم اطمینان حاصل شود.

۲.۱ تکنولوژی ها

بطور کلی کمپرسور ها بر اساس مشخصه های متعددی تعریف و طبقه بندی می شوند که می توان به سرعت حرکت، تعداد مرحله، نوع محرکه، ساختار، نوع و وسیله خنک سازی و روش روانکاری اشاره کرد. از آنجایی که تشخیص مشخصات و ویژگی های کمپرسور ها ممکن است برای کاربر و مدیران واحد های صنعتی گیج کننده و سخت باشد از اینرو دسته بندی دیگری بر اساس تئوری عملکرد و تکنولوژی بکار گرفته شده تعریف و استفاده می شود. اگرچه ممکن است مدل های مختلف دیگری نیز وجود داشته باشد، با این حال شکل (۱) ساختار کلی کمپرسور های بدون روغن را براساس نوع طراحی و تئوری عملکرد نشان می دهد [۱].

شکل ۱. ساختار عمومی کمپرسور های بدون روغن بر اساس ماهیت عملکرد



در ادامه به ارزیابی سه نوع از کمپرسور های بدون روغن پستونی، اسکرو و سانتریفیوژی که در صنایع مختلف پرکاربرد می باشد، پرداخته شد [۲].

• کمپرسور های پستونی

این نوع از کمپرسور ها کمترین ظرفیت را دارا می باشند. در کمپرسور های رفتی و برگشتی که روانکاری شده اند از حلقه تفلنی به جای روغن استفاده می کنند. همچنین برای بهبود عمر، از قطعات آلومینیومی بجای چدن استفاده می کنند. این کمپرسور ها خروجی کمتر ولی فشار نسبتا بالایی تولید می کنند. شکل (۲) نمایی از این کمپرسور را نشان می دهد.



شکل ۲. کمپرسور های رفت و برگشتی، راست: سری R ساخت شرکت CompAir با توان ۸۰ تا ۱۱۰ کیلووات، چپ: کمپرسور باد صنعتی ساخت ایران کمپرسور با توان ۴,۸ کیلووات

• کمپرسور های پیچی

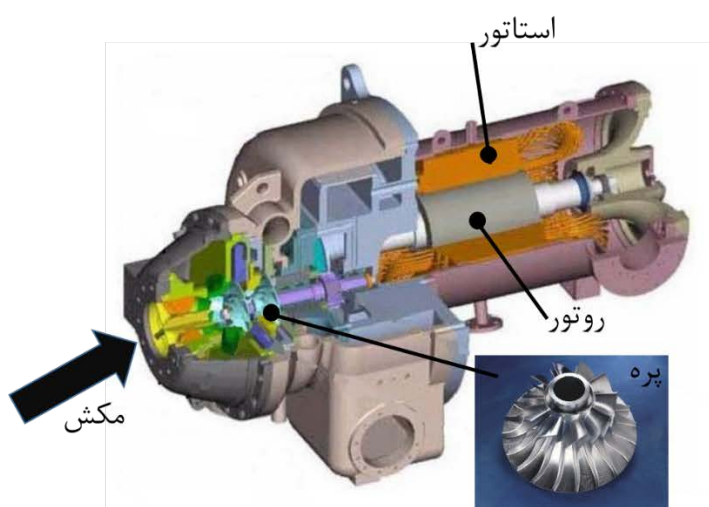
این نوع از کمپرسور ها که به اسکرو نیز معروف می باشد و در دو نوع یک مرحله ای و دو مرحله ساخته می شوند. این کمپرسور ها نمی توانند دور بالا را تحمل کنند و توانایی کار در دماهای بالا را نیز ندارند و حداکثر نسبت فشار آن ۳ می باشد. در سوی دیگر هزینه پایین نگه داری و مقرون به صرفه بودن از ویژگی های این دسته می باشد. در کمپرسور های پیچی بدون روغن توان بالا (۵۰ کیلووات) روغن فقط در قسمت هوزینگ و داخل چرخ دنده ها و یاتاقان ها وجود دارد و روتورها با تلورانس بسیار کم در کنار یکدیگر دوران می کنند و معمولا به دلیل حرارت بسیار بالا، اسکرو ها از جنس پلی سرامیک می باشد. شکل (۳) نمایی از این کمپرسور پر کاربرد را نشان می دهد.



شکل (۳). کمپرسور پیچی بدون روغن ساخت شرکت ELGI با توان ۷۰ تا ۳۷۵ کیلووات

- کمپرسور های سانتریفیوژی

این کمپرسورها به کمپرسور توربینی یا گریز از مرکز نیز معروف می باشد و دارای بالاترین ظرفیت از بین تکنولوژی های موجود می باشند، شکل (۴). بازه توانی آنها می تواند بین ۱۵۰ تا ۷۵۰۰ کیلووات (بالای ۲۰۰ اسب بخار) انتخاب شود و اغلب از خنک کننده های هوا یا آب استفاده می کنند. این کمپرسورها با توجه به ظرفیت هوادهی بسیار بالا (۳۳۰۰۰ لیتر بر دقیقه) کاربرد های بسیار گسترده ای در صنایع حیاتی مانند نفت و گاز دارند.



شکل ۴. کمپرسورهای سانتریفیوژی ساخت Sullair-Hitachi با توان ۱۲۵ تا ۱۷۱۵ کیلووات

۲.۲ استاندارد ها

استاندارد مهمی که در صنعت کمپرسور های بدون روغن از اهمیت بالایی برخوردار است، اندازه گیری کیفیت هوای کمپرسور استفاده شده می باشد که در آن شاخصه های ذرات جامد، آب و مقدار روغن در یک فوت مکعب یا (۰,۰۲۸ مترکعب) از هوا را اندازه می گیرد و با ISO 8573-1 شناخته می شود. جدول (۲) کلاس های تعریف شده در این استاندارد را نشان می دهد.

جدول ۲. استاندارد هوای خروجی	
Class	درصد غلظت کل روغن (mg/m^3)
۰	بسیار کمتر از کلاس ۱
۱	$\leq 0,01$
۲	$\leq 0,1$

مزایای کلی استفاده از این کمپرسور با استاندارد های بالا از بین رفتن ریسک آلودگی، کاهش اثرات زیست محیطی (عدم نیاز به مدیریت آلودگی آب، روغن، فیلترها و تعویض روغن)، هزینه های پایین نگه داری و تعمیرات و هزینه های پایین تر انرژی (بهره وری بالاتر ۱۰-۱۵٪ نسبت به روغن دار ها که منجر به هزینه کمتر انرژی می شود) می باشد. همچنین ذکر این نکته ضروری است که استفاده از فیلتر جداکننده روغن باعث افت فشار می شود که منجر به بیشتر شدن کار کمپرسور می شود [۳].

۲.۳ کاربرد در صنایع مختلف

بطور کلی بهره گیری از کمپرسور های بدون روغن در صنایع مختلف منجر به مزایا و اثرات مثبت زیادی شده است. در ادامه به بررسی صنایع مختلف این حوزه اشاره خواهد شد [۴-۶].

• صنایع غذایی و نوشیدنی

امنیت غذایی به دو رکن مهم سلامت و ایمنی متکی می باشد که در آن دستیابی به محصولی پاک و سالم نیازمند بهره گیری از تجهیزات مناسب و قابل اطمینان می باشد. از اینرو به استفاده از کمپرسور های بدون روغن در جابجایی محصول، حمل و نقل، ماشین های پر کننده مواد غذایی، چاقو بادی جهت برش یا پوست کندن مواد غذایی و بسته بندی محمولات و غیره می توان اشاره نمود.

• داروسازی

کیفیت و ایمنی جزء مهمترین شاخصه های دارو سازی می باشد و اعتماد مردم به محصولات دارویی ملزم به استفاده از هوای تمیز در این صنعت می باشد. کمپرسور های بدون روغن جزء مهم در فرآیند های تولید دارو می باشند و در خشک کردن محصول، تولید نیتروژن، تمیزکاری و جابجایی مواد کاربرد دارد. همچنین هوای فشرده شده تمیز در تخمیر آنتی بیوتیک، هوادهی برای فرآیندهای اکسیداسیون، تولید قرص و بسته بندی و پرکردن مواد دارویی مورد استفاده قرار می گیرد. با توجه به اهمیت روزافزون سلامت و درمان در جهان، پیشبینی شده است که صنعت داروسازی رشد چشمگیری در آینده داشته باشد و در کنار پیشرفت سیستم های دارورسانی، اکتشاف و توسعه روش تولید دارو نیز بطور پیوسته در حال گسترش می باشد.

• شیمیایی

گازهای شیمیایی سمی و ناپایدار اغلب بخشی از فرآیند تولید در صنایع شیمی می باشد. به این منظور از کمپرسور های بدون روغن در جهت رفع ریسک انفجار و اختلال فرآیند استفاده می شود. متداول ترین مصارف شامل هوای فشرده پروسس شیر های کنترل و سیلندر ها، جابجایی مواد، پرده های هوا و خشک کن محصولات می باشد.

• نساجی

هوای آلوده می تواند باعث خسارت به مواد شود که منجر به تعمیرات هزینه بر و نگه داری و یا حتی اتلاف محصول شود. از اینرو با بهره گیری از این کمپرسور ها در پارچه بافی، جت هوا، ریسندگی، بافت دهی و جابجایی پنوماتیک استفاده می شود.

• نفت و گاز

اهمیت قابلیت اطمینان در صنایع نفت و گاز در مواردی که مواد شیمیایی خطرناک وجود دارد، دوچندان است. در این حوزه جهت نیتروژن دهی، بافر و پولیش بادی، هوای کنترل و ابزار دقیق و عملیات پردازش جهت جداسازی گوگرد، بازیابی کاتالیست و گرمکن های فرآیندی مورد استفاده قرار می گیرد.

• صنعت خودروسازی

از باد کردن تایر ها تا ربات های نیرو گرفته از باد، هوا و خالص در صنعت خودروسازی مورد نیاز می باشد. همچنین آماده سازی محصول با اسپری رنگ، ابزار های پنوماتیک، برش پلا سما، جو شکاری، تمیزکاری،

قالب سازی، برش، نقاشی، ماشین آلات مکانیکی همگی به نیروی باد کمپرسور بدون روغن نیاز دارند و جزء کاربرد های مهم آن در این صنعت می باشند.

- الکترونیک

در سیستم های کنترلی، هوا فشرده شده در فعال کردن شیرها و تجهیزات مرتبط و قطعات متحرک و ثابت الکتریکی استفاده می شود. استفاده متداول دیگر تمیزکاری برد های PCB و تولید تجهیزات الکتریکی (لپ تاپ، موبایل و ...) می توان نام برد.

- بسته بندی و بطری سازی

از این تکنولوژی در قالب سازی ظروف نوشیدنی، شستشو و خشک سازی، پرکردن نوشیدنی و مواد با فشار هوا مورد استفاده می شود.

- صنعت چاپ

چاپ روزنامه و مجلات در تیراژ بالا نیازمند رعایت اصول کامل کنترل و کیفیت می باشد و وجود کمترین لکه های روغن منجر به خسارات پیش بینی نشده ای می شود. از اینرو از هوای فشرده بدون روغن در راه اندازی خطوط چاپ، ورق زدن صفحات مختلف (عمدتا با کمپرسور اسکرو) و دستگاه های چاپ استفاده می شود.

- قالب زنی و شکل دهی پلاستیک

در صنایع مختلفی مانند اسباب بازی و عروسک سازی عمده فعالیت های شکل دهی، رنگ آمیزی، برش و ساخت پازل توسط کمپرسور های اسکرو بدون روغن انجام می شود.

- تجهیزات پزشکی

کمپرسور های بدون روغن از محبوب ترین و مهمترین تجهیزات استفاده شده در بخش تجهیزات پزشکی مانند یونیت های دندان پزشکی می باشند که در آن کیفیت هوا، ایمنی و سلامت از اولیت های اصلی کاری می باشد. از آنجایی که وجود روغن در هوای مرطوب مخزن منجر به رشد باکتری، قارچ و میکروارگانیزم ها می شود، ورود هوای کثیف به دهان بیمار می تواند باعث بروز بیماری و عفونت شود.

۳. فناوری های نوین

شرکت ها و صنایع مختلف مانند دارو سازی، الکترونیک، صنایع غذایی و نوشیدنی همواره به دنبال کمپرسور هایی با حساسیت و عملکرد بهتر هستند که این امر باعث توسعه و نوآوری این تکنولوژی می شود. برای مثال کمپانی Sullair کمپرسور بدون روغن تجهیز شده با یک تکنولوژی منحصر به فرد مدیریت آلاینده را به بازار معرفی کرد [۷]، همچنین محصول تازه معرفی شده که از تفلن (PTFE) با تاییدیه FDA به عنوان یک پوشش جهت بهبود طول عمر هواساز و افزایش مقاومت به خوردگی استفاده می شود، همچنین این کمپرسور ها سبک بوده و نیاز به نگه داری کمی دارند [۸].

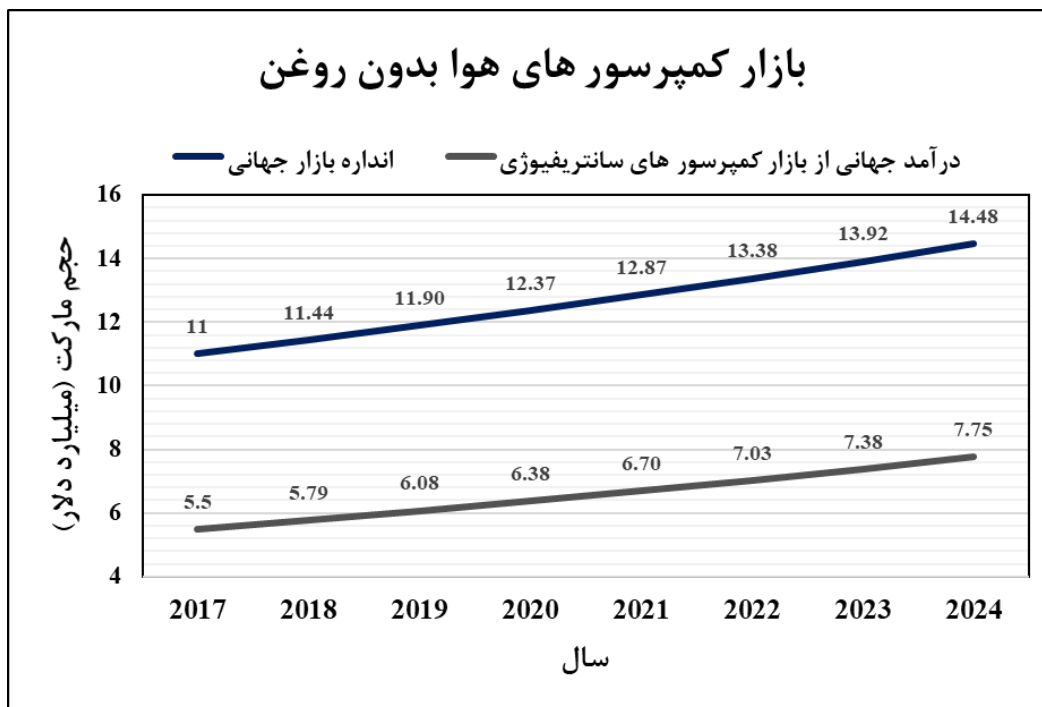
۳.۱ کاربرد فناوری نانو

امروزه بهره گیری از تکنولوژی نانو در صنایع و سیستم مختلف باعث پیشرفت چشمگیر در بهبود خواص و عملکرد آنها شده است. یکی از این کاربردهای نانوفناوری استفاده از نانویوشش ها در سطوح و قسمت های حساس قطعات صنعتی می باشد. از خصوصیات منحصر به فرد این فناوری سختی بالا، صافی سطح مناسب و خنثایی شیمیایی می باشد که منجر به افزایش سطح در نظر گرفته شده در برابر فرسایش، ذرات جامد و خوردگی شیمیایی می شود. کمپرسور های دنده ای یکپارچه یکی از تجهیزاتی است که در صنعت گار استفاده می شود که با توجه به شرایط کاری آن احتمال برخورد ذرات جامد از سویی و احتمال فرسایش سطح پروانه کمپرسور (ایمپلر) به علت اتمه سفر خورنده وجود دارد که این امر موجب کاهش راندمان و عمر کاری کمپرسور می شود. برای رفع این معضل، بطور نوآورانه ای از نانو ساختار Cr/CrN بر سطح پروانه کمپرسور جهت بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی آن بهره گرفته شد [۹].

۴. بازار و چشم انداز آتی

با توجه به گزارشات، کمپرسور های بدون روغن به دو دسته ثابت و قابل حمل می تواند دسته بندی شود که نوع ثابت آن ۸۰٪ از کل بازار استفاده شده را تشکیل می دهد. همچنین بر اساس تکنولوژی می توان کمپرسور های بدون روغن را به سه گروه پیستونی (رفت و برگشتی)، دوار (روتاری) و سانتریفیوژی دسته بندی کرد. طبق ارزیابی ها، ۳۰٪ از سهم بازار به نوع پیستونی آن تعلق دارد که رشد سالانه متوسطی دارد. همچنین نوع دوار آن به سه دسته پیچی (اسکرو)، حلزونی (scroll) و متفرقه دسته بندی کرد که در مجموع ۶۰٪ از بازار را تشکیل

می دهد بطوری که در سال ۲۰۱۷، بازار ۱۳۰ میلیون دلار با رشد ۴٪ را به خود اختصاص داده و رشد مناسبی نیز در آینده خواهند داشت. لازم به ذکر است که کاربرد خانگی این کمپرسور ها سهمی ۷۰٪ از بازار در سال ۲۰۱۷ را به خود اختصاص داد که محصولات ثابت در بخش خانگی مانند سیستم های تهویه، یخچال ها و غیره باعث رشد روزافزون این بخش شده است. در مجموع با تقاضای روبه رشد بکارگیری اتوما سیون و رباتیک در صنایع تولیدی، انرژی، نفت و گاز توسعه روز افزون این بازار پیش بینی می شود. شکل (۵) ارزیابی کلی از روند بازار جهانی کمپرسور های بدون روغن را طی بازه ۲۰۱۷-۲۰۲۴ نشان می دهد.



شکل (۵). روند جهانی کمپرسور های بدون روغن طی سال های ۲۰۱۷-۲۰۲۴

با توجه به ارزیابی ها، بازار کمپرسور های بدون روغن در سال ۲۰۱۷، ۱۱ میلیارد دلار ثبت شد که با نرخ رشد سالانه مرکب (CAGR)^۲ ۴٪ اندازه بازار آن به ۱۴ میلیارد دلار خواهد رسید. در این میان، درآمد بازار جهانی کمپرسور های بدون روغن سانتریفیوژی در سال ۲۰۲۴، ۷٫۵ میلیارد دلار پیشبینی شده است و برای نوع حلزونی آن درآمدی ۱۷ میلیون دلاری تخمین زده شده است. بیش از ۶۰٪ از این بازار به منطقه آسیا-اقیانوسیه (AsPac)^۳ تعلق دارد و پس از آن اروپا با پیشستازی آلمان دومین رتبه را در بازار جهانی دارد. همچنین چین با بازاری نزدیک به ۳٫۵ میلیارد دلار رشد سالانه ۴٫۵٪ را ثبت کرده است. علت این افزایش رشد در بازار جهانی

^۲ Compound annual growth rate

^۳ Asia-Pacific

افزایش بازدهی انرژی (صرفه جویی مالی در عین کنترل سطح آلودگی)، ارتقا تکنولوژی و کاربرد های برجسته این محصولات می باشد. بطور کلی می توان عوامل مختلف تاثیر گذار بر رشد این بازار را در جدول (۳) مشاهده کرد [۱۱،۱۰].

جدول ۳. عوامل موثر بر بازار کمپرسور های بدون روغن	
چالش ها	عوامل محرک رشد
<p>هزینه اولیه بالا</p> <p>ریسک سایش و پارگی</p> <p>آلودگی صوتی</p> <p>خنک کاری</p>	<p>تقاضا رو به رشد کمپرسور های کم مصرف</p> <p>افزایش تقاضا هوا با خلوص بسیار بالا با کاربرد های حیاتی</p> <p>سازگاری با مقررات زیست محیطی</p> <p>افزایش توجه به اتوماسیون و ربات ها</p>

در این خصوص تعدادی از شرکت های مطرح در صنعت تولید کمپرسور های بدون روغن در جدول (۴) گزارش شد [۱۲].

جدول ۴. شرکت های مطرح در زمینه ساخت کمپرسور های بدون روغن			
ملیت	نام شرکت	ملیت	نام شرکت
هند	Anest Iwata Motherson Limited	آمریکا	Atlas Copco
آمریکا	Werther International Inc.	آمریکا	Ingersoll Rand PLC
آلمان	Kaesar Kompressoren	چین	Fs-Elliott Co.,Llc
آمریکا	Quincy Compressor	آمریکا	Bauer Compressor Inc
آلمان	Boge	آلمان	Mehrer Josef Gmbh &Co. Kg.
آمریکا	Chicago Pneumatic	آمریکا	Gardner Denver
آمریکا	Ge Oil & Gas	آمریکا	General Electric
فنلاند	Tamturbo	ژاپن	Hitachi
هند	ELGI EQUIPMENTS	هند	Zen Air
ایران	Iran Pump	ایران	Iran Compressor
		ایتالیا	MultiAir Italia S.r.l - International

1. The Different Types of Cooling Compressors, Schneider Electric, 2017
2. How Do Oil-Free Air Compressors Work, Quincy Compressors, 2020
3. Using ISO quality standards to plan your compressed air system, CompAir
4. Oil Free Compressor Market Forecast, Trend Analysis & Competition Tracking - Global Review 2018 to 2028
5. Gardner Denver Industries, <https://www.gardnerdenver.com/en-us/industries-and-applications>
6. MultiAir Italia S.r.l – International, <https://www.oilfreecompressors.eu/en/applications>
7. Sullair Next Generation, Rental Equipment Register, Released on April 14, 2021
8. PTFE G400, MATERIAL APPLICATIONS, Guarniflon R & D Dept., 2019
9. Leading oil-free innovation, CompAir by Gardner Denver
10. Oil-Free Air Compressor Market Analysis - Industry Report, Global market insights 2024
11. Oil Free Compressor Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends, and Forecast 2019 – 2027
12. Oil Free Compressor Market, Markets and Markets, 2019