



مراقبت از سیستم‌های نشت‌بند گازی خشک در مقابل آلاینده‌ها Avoiding Dry Gas Seals (DGS) Contamination

موبایل: ۰۹۱۲۲۴۴۵۷۹۷



اکبر شفق‌ی

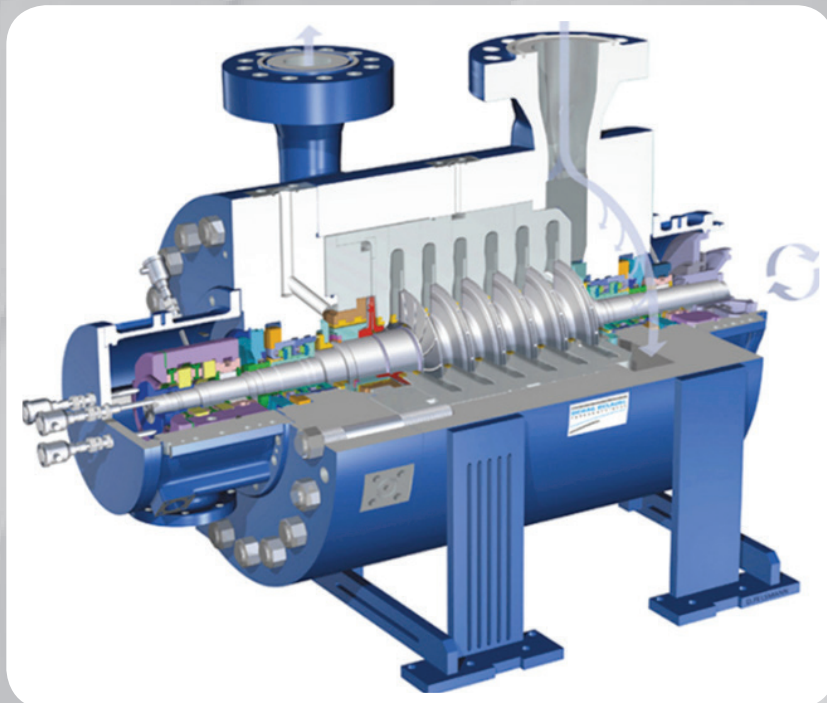
(DBA , Mechanical Engineer)

کلمات کلیدی :

نشت‌بند گازی خشک، آلاینده‌ها، کمپرسورهای گریز از مرکز، محفظه نشت‌بندی، کمپرسورهای گریز از مرکز،
Dry gas seal, Contamination , Stuffing Box , Gas boosters , Seal gas , Reliability-
Clean Gas, Process Gas , Centrifugal Compressors

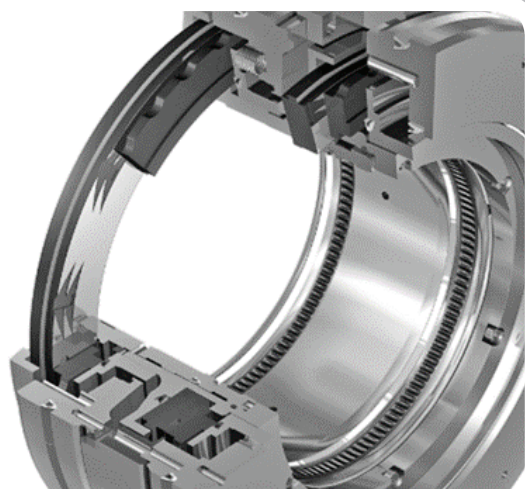
چکیده :

بر اساس استانداردهای موجود برای شرایط عملیاتی متنوع در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی، سیستم‌های نشت‌بند گازی خشک (DGS) یکی از مهمترین و حساس‌ترین اجزاء کمپرسورهای گریز از مرکز در واحدهای عملیاتی محسوب می‌شوند. با توجه به نقش کلیدی کمپرسورهای گریز از مرکز در اغلب واحدهای در حال بهره‌برداری، تاثیر مستقیم قابلیت اطمینان کارکرد کمپرسورهای گریز از مرکز بر قابلیت اطمینان کلی بهره‌برداری از واحدهای عملیاتی کاملاً محرز می‌باشد و یکی از مهمترین عوامل موثر در بهره‌برداری مناسب از کمپرسورها نیز وابسته به عملکرد سیستم‌های نشت‌بند گازی خشک (DGS) است. مهمترین عامل خرابی سیستم‌های نشت‌بند گازی خشک (DGS) ورود آلاینده‌ها به محفظه نشت‌بندی (Stuffing Box) شامل رطوبت، ذرات معلق و انواع ناخالصی‌هاست که در این مقاله سعی در تشریح اهمیت پیش‌گیری از وقوع چنین شرایطی گردیده است.



مقدمه :

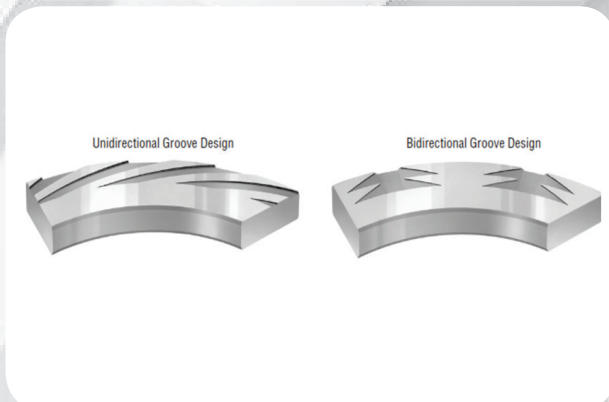
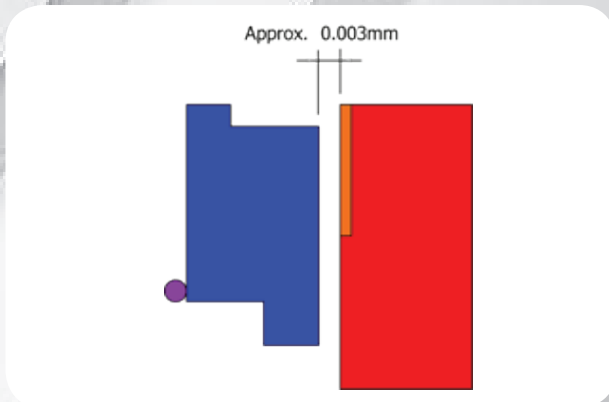
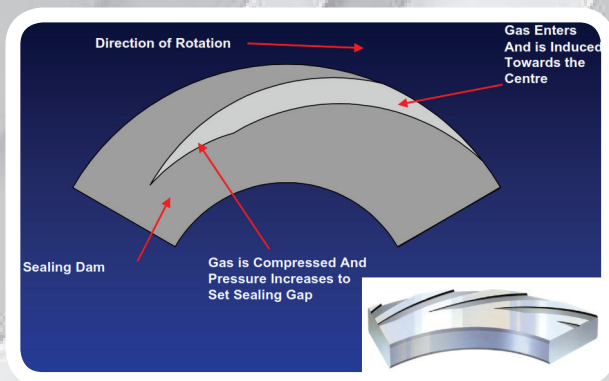
در بازار تجارت رقابتی دنیای امروز و بخصوص در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی، تاثیر به روزرسانی‌های فنی (Technological Updates) عوامل و تجهیزات تولید در ارتقاء جایگاه شرکتها در بازار امری ثابت شده می‌باشد. به روزرسانی‌های فنی یک عامل اصلی برای افزایش قابلیت رقابت پذیری شرکتها، افزایش بهره‌وری، افزایش کارایی فرایندها، افزایش سطح ایمنی کار و افزایش سازگاری بیشتر با محیط زیست می‌باشد. یکی از تجهیزات کلیدی در واحدهای عملیاتی در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی کمپرسورهای گریز از مرکز است و هر گونه ارتقاء و به روز رسانی‌های فنی در عملکرد این کمپرسورها، تاثیر بسزایی در افزایش قابلیت اطمینان (Reliability) واحد عملیاتی و به تبع آن افزایش بهره‌وری و قابلیت رقابت پذیری آن مجموعه خواهد داشت. پیشگیری از خرابی سیستم‌های نشت‌بندی گازی خشک در اثر ورود انواع آلاینده‌ها در کمپرسورها بر همین اساس از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.



ما را با نام نشریه نگهداری و تعمیرات (NetsaNews.ir) در اینستاگرام دنبال نمایید. تصاویر، ویدیو و ایده‌های خلاقانه خود را جهت به اشتراک گذاشتن در اینستاگرام به آدرس ایمیل NetsaNews@gmail.com ارسال نمایید.

شرح مقاله:

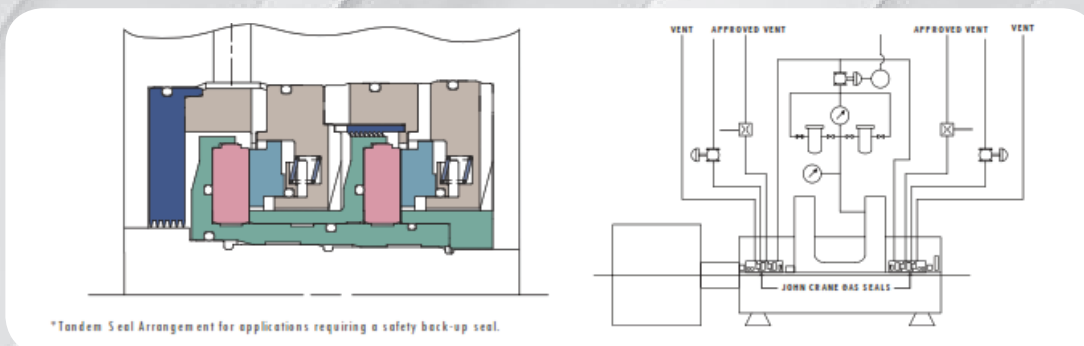
اصول کارکرد یک نشت‌بند گازی خشک در یک کمپرسور مشابه کارکرد مکانیکال سیل در یک پمپ گریز از مرکز است، یک رینگ دورانی در مقابل یک رینگ ثابت به گردش درمی‌آید با این تفاوت که روانکاری بین سطوح با فیلم مایع انجام نمی‌شود و هیچ‌گونه تماسی بین سطوح نشت‌بندی رینگ ثابت و متحرک برقرار نیست.



رینگ ثابت (Stationary ring or Primary ring) توسط نیروی ثابت فنرها به سمت رینگ متحرک (Mating ring) رانده می‌شود و از طرف مقابل شیارهای (Grooving) تعبیه شده توسط سازنده روی رینگ متحرک، نیروهای دینامیک سیالاتی تولید می‌کنند که باعث پس زدن رینگ ثابت به سمت عقب و ایجاد فاصله ۳ تا ۱۰ میکرونی مابین سطوح نشت‌بندی می‌شود.

گپ یا فاصله میکرونی ایجاد شده به تایپ نشت‌بند بستگی دارد و در واقع این گپ میکرونی نتیجه تعادل ما بین نیروهای اعمال شده از جانب فنرها، فشار گاز پروسس و فشار بوجود آمده توسط شیارهای تعبیه شده در سطح رینگ متحرک می‌باشد که سازنده Dry gas seal با طراحی و محاسبات منحصربفرد خود، ایجاد این گپ میکرونی را در شرایط خاص عملیاتی، طراحی و تضمین می‌کند.

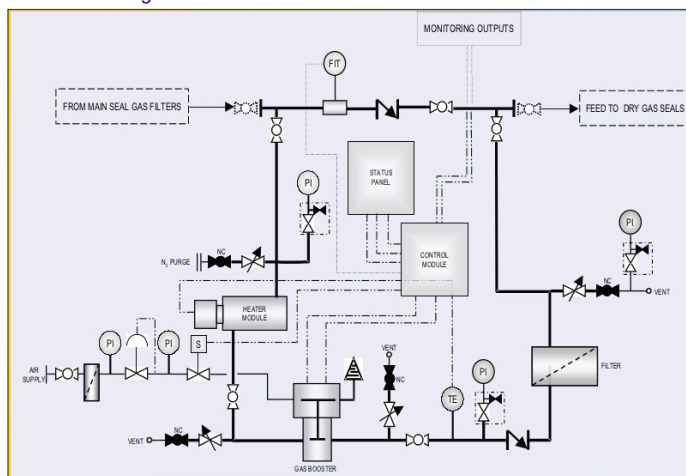
کارایی سیستم‌های نشت‌بند گازی خشک کاملاً وابسته به پایداری فاصله میکرونی ایجاد شده بین سطوح آب‌بندی در شرایط متغیر عملیاتی کمپرسور است و یکی از شروط اساسی برای این مهم، تامین گاز پاک (Clean Gas) در کلیه شرایط کاری برای تزریق به داخل محفظه نشت‌بندی می‌باشد. با تامین گاز پاک در فشار و دبی مناسب نیروی فشاری جداکننده لازم در شیارها برای ایجاد گپ بین سطوح آب‌بندی به طور موثر در بهترین وضعیت ممکن ایجاد می‌شود.



در شرایط عادی کارکرد کمپرسور، گاز نشت‌بندی (Seal Gas) از یک سطح فشاری بالاتر در کمپرسور به طور ثابت دریافت و پس از پاکسازی (Filtering) در سامانه آماده‌سازی گاز (Seal Gas Panel) به ورودی نشت‌بند گازی خشک در محفظه نشت‌بندی تزریق می‌شود.

Seal environment solutions from

SEPro Flow diagram



اما این روند در شرایط و مراحل راه‌اندازی (-Start) فشارگیری (Pressurization)، واگردانی (-Recy) (Standstill) و ایستایی (cling)، به علت بروز تغییرات اختلاف فشار در ورودی و خروجی کمپرسور می‌تواند دچار اختلال شده و تامین گاز نشت‌بند از سطوح فشاری بالاتر در کمپرسور و به تبع آن تامین گاز پاک نشت‌بندی با فشار و دبی مناسب دچار اختلال گردد. در چنین شرایطی گاز حاوی آلاینده‌ها از سمت فرایند در کمپرسور می‌تواند به سمت محفظه نشت‌بندی حرکت کرده و به علت عدم وجود فشار مناسب گاز پاک برای نشت‌بندی وارد سطوح نشت‌بندی در نشت‌بند گازی خشک شده و کارایی آن را کاهش داده و یا به طور کامل کارایی آن را مختل نماید. اختلال در کارایی نشت‌بند گازی خشک در این شرایط می‌تواند باعث افزایش هزینه‌های تعمیراتی، ایجاد شرایط نایمن بهره‌برداری و در نهایت توقف کامل (Downtime) کمپرسور گریز از مرکز شود.



ما را با نام نشریه نگهداری و تعمیرات (NetsaNews.ir) در اینستاگرام دنبال نمایید. تصاویر، ویدیو و ایده‌های خلاقانه خود را جهت به اشتراک گذاشتن در اینستاگرام به آدرس ایمیل NetsaNews@gmail.com ارسال نمایید.

تأثیر آلاینده‌ها بر عملکرد نشت‌بند گازی خشک:

آلاینده‌ها از عوامل اصلی خرابی‌های نشت‌بندهای گازی خشک می‌باشند. ورود آلاینده‌ها به نشت‌بندهای گازی خشک می‌تواند در شرایط خاصی مانند زمان راه‌اندازی اولیه (Commissioning) و یا مواقعی که سامانه آماده‌سازی تامین گاز پاک نشت‌بندی دچار مشکل می‌باشد رخ داده و یا می‌تواند به طور افزایشی در یک بازه زمانی به دلایل عدم وجود گاز پاک نشت‌بندی به میزان کافی و ته‌نشینی و تجمع مایع تقطیر شده (Condensate) به علت راه‌اندازی‌ها و توقف‌های مکرر و بهره‌برداری از کمپرسور در شرایط نزدیک به نقطه شبنم (Dew point) و همچنین اشکال در سامانه پاکسازی و آماده‌سازی گاز پاک نشت‌بندی (Seal Gas Support System) ظاهر شود.

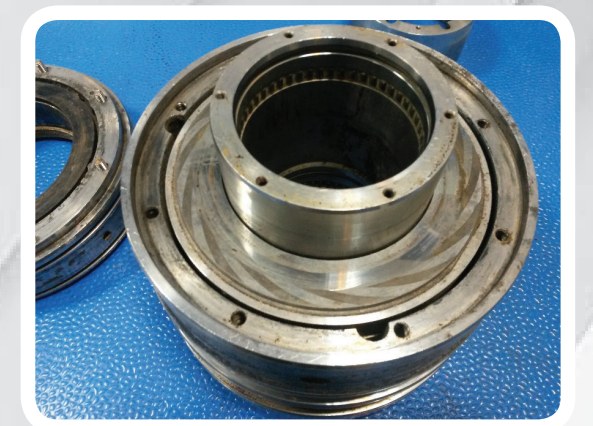


آلودگی نشت‌بند گازی خشک در مواقعی که ذرات مایع و یا جامد وارد محفظه نشت‌بندی می‌شوند نمایان می‌شود. فاصله بین سطوح نشت‌بندی (Gap) در حد میکرونی است و وقتی ذرات مایع و یا جامد وارد محفظه نشت‌بند گازی خشک می‌شوند به شیارهای ایجاد شده در قطعه دورانی سیل ورود کرده و عملاً کارایی شیارها را برای ایجاد نیروی جداکننده (Lift off) و گپ میکرونی محدود کرده و علاوه بر آن این ذرات گپ میکرونی بین سطوح را پر کرده و باعث سایش و تماس سطوح نشت‌بندی بر روی یکدیگر و نهایتاً خرابی آنها می‌شوند.



علاوه بر این آلاینده‌ها می‌توانند در قطعات دینامیکی پشت قطعه ثابت نشت‌بند (Stationary face) رسوب کرده و کارایی قطعات دینامیکی را نیز در این قسمت مختل کنند. قطعات مذکور شامل قطعات الاستومری مانند انواع اورینگ‌ها و سیل‌های پلیمری است که آنها می‌بایست تحت فشار رینگ نشت‌بند ثابت بر روی سطوح استوانه‌ای

امکان حرکت آزاد لغزشی و انطباق با حرکت‌های محوری شفت کمپرسور را نیز داشته باشند. رسوب آلاینده‌ها سبب جلوگیری از حرکت آزاد قطعات الاستومری شده و موجب واماندگی (Hang up) آنها در جابجایی‌های محوری می‌شود. در این مواقع قطعه نشت‌بند ثابت (Stationary Face) یا بیش از حد به قطعه متحرک نشت‌بند (Rotating Seat) نزدیک شده و موجب ایجاد سایش و خرابی آنها می‌شود و یا گپ بین سطوح نشت‌بندی زیاد شده و باعث نشتی بیش از اندازه می‌گردد و در هر حالت خرابی در نشت‌بند گازی خشک بروز می‌نماید.



اگر ورود آلاینده‌ها به محفظه نشت‌بندی به علت ضعف در تامین فشار و دبی گاز نشت‌بندی رخ دهد، خرابی نشت‌بند گازی اجتناب‌ناپذیر است و مدت زمان لازم برای بروز خرابی به عوامل مختلفی بستگی دارد که تخمین این زمان با توجه به عوامل موثر متغیر در آن در عمل نمی‌تواند با دقت لازم انجام شود و سعی بر تخمین دقیق این زمان بی‌فایده است.

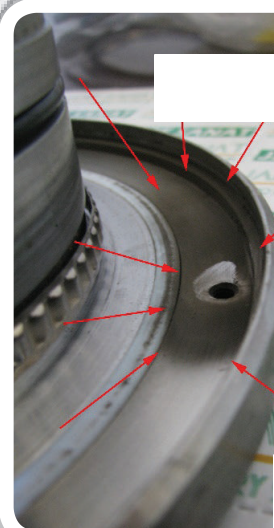
آلودگی گاز فرآیندی با مایعات آلاینده:

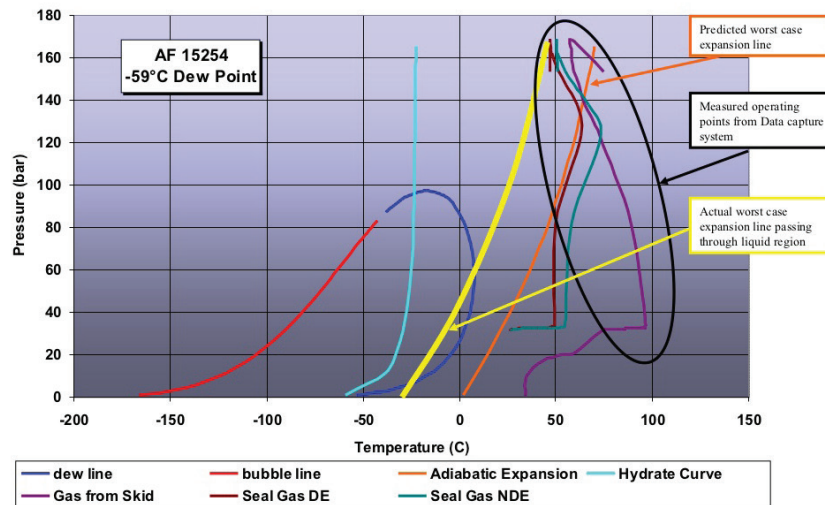
ورود آلاینده به صورت مایع به محفظه نشت‌بند گازی خشک شرایط ویژه‌ای را برای نشت‌بند ایجاد می‌کند به نحوی که ضخامت لایه مایع معمولاً از ضخامت فیلم نازک گازی بین سطوح نشت‌بندی به مراتب بیشتر می‌باشد و گپ بسیار زیاد و ناپایداری را بین این سطوح ایجاد می‌کند.

علاوه بر این مایع دارای قدرت کشسانی، تنش برشی و چسبندگی بیشتری نسبت به گاز می‌باشد و همین مشخصه باعث ایجاد سایش و فرسودگی سطوح نشت‌بندی ثابت و متحرک نیز می‌شود. همچنین نفوذ مایع به سطوح نشت‌بندی در حالت ایستایی موجب چسبندگی سطوح به یکدیگر شده و در زمان راه‌اندازی نیروی بسیار زیادی از این بابت به قطعات مکانیزم چرخش (Drive Mechanisms) وارد شده و احتمال شکسته شدن و خرابی قطعات نشت‌بند به علت اعمال نیروی بیش از حد گشتاوری در زمان راه‌اندازی بر آنها وجود دارد.



برای آگاهی از وجود مایعات آلاینده در گاز نشت‌بندی ورودی به نشت‌بند گازی خشک انجام تحلیل نرخ نشتی (Leakage rate analyze) ضروری است. افزایش پیوسته نرخ نشتی و یا کاهش میزان نشتی به زیر محدوده مجاز نشتی مشخص شده در نشت‌بند گازی خشک و همچنین تغییرات وسیع ناگهانی پیوسته در کاهش و افزایش میزان نشتی از علائم وجود مایعات آلاینده در گاز نشت‌بند می‌باشد. در برخی از مواقع نیز علائمی دال بر نشتی بصورت پاششی و سریع و یا اصطلاحاً سرفه‌ای قابل بررسی است.





آلودگی با ذرات معلق جامد (Solids & Particles):

ذرات معلق جامد به روش‌های مختلفی بر عملکرد نشت‌بند گازی خشک تاثیر منفی می‌گذارند. اگر این ذرات به اندازه کافی ریز باشند می‌توانند به گپ میکرونی مابین قطعه ثابت و دوار نشت‌بند گازی خشک نفوذ کرده و ذرات نرم و چسبنده بر روی هر دو سطح رسوب کنند و این امر برای ایجاد نیروی جداکننده (Lift off) در نشت‌بند گازی خشک تاثیر منفی خواهد گذاشت. ذرات سخت و ساینده اثرات فرسودگی و سایشی بر روی سطوح ثابت و دوار نشت‌بند خواهند داشت. به نحوی که در هنگام تعمیر نشت‌بند گازی خشک دیگر امکان تعمیر و استفاده مجدد از این قطعات مقدور نبوده و می‌بایست این قطعات بجای بازسازی، تعویض شوند.



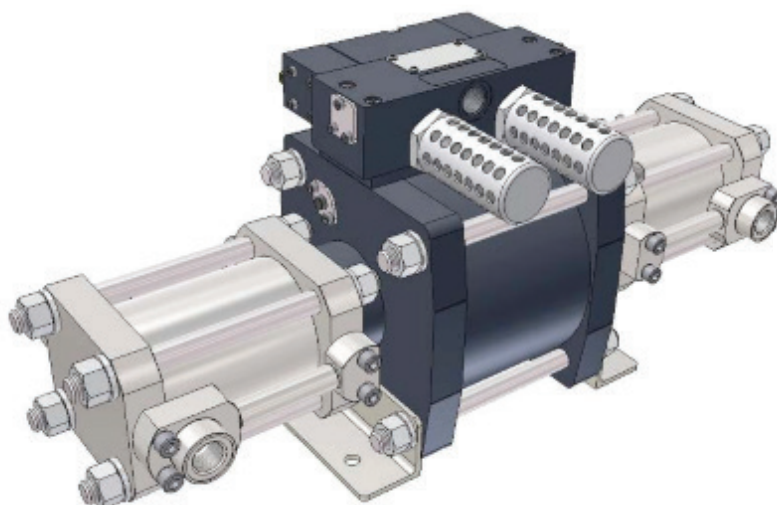


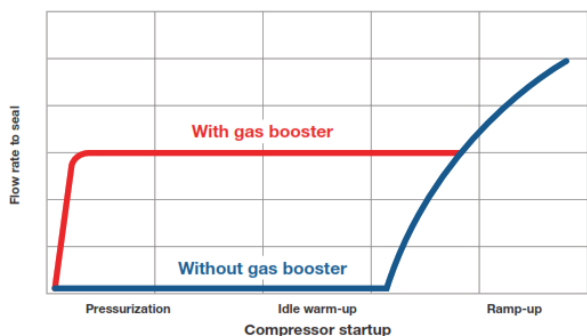
ذرات معلق موجود در گاز فرایندی می‌تواند عامل واماندگی قطعات الاستومری دینامیکی و قطعه نشت‌بند ثابت (Stationary Face) شده و در این حالت تطبیق و عکس‌العمل این قطعات در برابر جابجایی محوری شفت ناممکن شده و در نتیجه بالانس هیدرولیکی بین قطعات نشت‌بندی ثابت و متحرک از حالت تعادل خارج و سپس نرخ نشتی به شدت افزایش و یا در جهت عکس، این سطوح دچار تماس با یکدیگر و خرابی سایشی بدون امکان بازسازی شوند.

نتیجه این عوامل بروز نشتی بیش از حد مجاز و فعال شدن سنسورهای آلارم و سپس توقف کامل کمپرسور است. در صورت سعی در راه‌اندازی مجدد کمپرسور و یا اقدام به تعویض نشت‌بند گازی خشک در هر حالت کمپرسور دچار توقف خارج از برنامه‌های تعمیراتی تنظیم شده خواهد شد. در این مواقع معمولاً سطوح قطعات نشت‌بندی نشت‌بند گاز خشک در یک سمت کمپرسور دچار تماس و سایش شده و در طرف مقابل کمپرسور قطعات از یکدیگر فاصله می‌گیرند که البته در هر دو حالت در نهایت منجر به توقف کمپرسور به علت فعال شدن تجهیزات کنترلی ایزار دقیق بر روی نشت‌بند گازی خشک می‌شود.

توان‌ساز گاز نشت‌بندی (Seal Gas Boosters)

استفاده از توان‌ساز گاز نشت‌بندی (Seal Gas Boosters) یکی از تمهیداتی است که شرکت‌های سازنده نشت‌بندهای گازی خشک برای حفظ شرایط مناسب کارکرد نشت‌بند گازی خشک بکار می‌گیرند. استفاده از توان‌ساز گاز نشت‌بندی یک راه‌حل ویژه برای حصول اطمینان از تامین گاز نشت‌بندی با شرایط مناسب در شرایط مختلف عملیاتی کمپرسور گاز و جلوگیری از هجوم گازهای آلاینده پروسسی به سمت محفظه نشت‌بند گازی خشک می‌باشد.



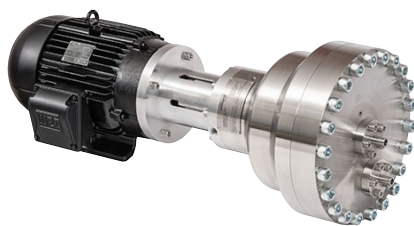


توان‌سازهای گازی (Seal Gas Boosters) با محرک الکتروموتوری و یا با محرک هوای فشرده با تامین فشار مناسب گاز نشت‌بندی، قابلیت اطمینان بهره‌برداری از کمپرسورها را در هنگامی که کمپرسور در شرایط اختلاف فشار پایین قرار گرفته (مانند زمان راه‌اندازی) و امکان تامین فشار گاز نشت‌بندی با شرایط مناسب فراهم نیست اصلاح کرده و افزایش می‌دهند.

در نمودار فوق وضعیت تامین دبی گاز نشت‌بندی به سمت محفظه نشت‌بند گازی خشک در زمان راه‌اندازی بدون استفاده از توان‌ساز گاز و با استفاده از آن مشخص گردیده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در مراحل فشارگیری (Pressurization)، گرم کردن بدون بار (Idle warm up) و ابتدای مرحله بارگذاری (Ramp up) دبی گاز نشت‌بندی به محفظه نشت‌بند گازی خشک مناسب نیست ولی با استفاده از توان‌ساز گازی این نقیصه جبران و در حین مراحل راه‌اندازی دبی گاز نشت‌بندی به اندازه کافی تامین و حفاظت از نشت‌بند گازی خشک در برابر گاز آلاینده پروسسی به خوبی انجام می‌شود.

با توجه به وجود انواع توان‌سازهای گازی (Seal Gas Boosters) انتخاب توان‌ساز گازی مناسب برای شرایط عملیاتی خاص کمپرسور گریز از مرکز مورد نظر از اهمیت بالایی برخوردار است که در این ارتباط توجه به دو نکته کاملاً ضروری است؛ اول ضریب بازدهی انرژی بالا و دوم طراحی به صورت واحد مستقل یا تکمان (Modular Design).

استفاده از توان‌سازها با کوپلینگ‌های مگنتی با پوسته‌های غیرفلزی که افت جریان‌های گردابی آنها در حد صفر می‌باشد بالاترین ضریب بازدهی ممکن را فراهم می‌سازند و به همین دلیل فاصله زمانی بین دو تعمیر آنها در حد قابل قبول و بیش از ۲۴۰۰۰ ساعت کاری است.



طراحی واحد مستقل یا تکمان (Modular Design) نیز امکان نصب و باز کردن آسان توان‌ساز گازی (Seal Gas Boosters) را فراهم می‌سازد و با بهره‌گیری از این مشخصه فنی، امکان بازرسی و انجام امور بازسازی و تعمیراتی توان‌ساز در محل نصب کمپرسور با سهولت و سرعت بالایی قابل انجام است و این در کاهش زمان توقف (Downtime) کمپرسور بسیار موثر و سودمند خواهد بود.

نتیجه گیری :

با توجه به ارتقاء استانداردها در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی، استفاده از نشت‌بند‌های گازی خشک بر روی کمپرسورهای گریز از مرکز امری حیاتی می‌باشد و قابلیت اطمینان (Reliability) کارکرد نشت‌بند‌های گازی خشک کاملاً وابسته به تامین دبی و فشار مناسب گاز پاک نشت‌بندی (Clean Seal Gas) برای تزریق به محفظه نشت‌بندی در وضعیت‌های مختلف کاری کمپرسور با در نظر گرفتن تغییرات اختلاف فشار در این وضعیت‌ها می‌باشد. به طور معمول فشار گاز نشت‌بند توسط کمپرسور گریز از مرکز تامین می‌شود ولی در وضعیت‌های انتقالی به وضعیت کارکرد نرمال کمپرسور و یا خروج از آن، ریسک عدم تامین فشار و دبی مناسب گاز نشت‌بندی بالا رفته و احتمال اخلال در تامین و تزریق گاز نشت‌بندی به محفظه نشت‌بند گازی خشک افزایش می‌یابد و ورود آلاینده‌ها به صورت مایع و ذرات معلق به محفظه نشت‌بندی و خرابی قطعات ثابت و دوار سطوح نشت‌بندی بسیار محتمل می‌گردد.



با توجه به ارتقاء استانداردها در صنایع نفت، گاز، پالایش و پتروشیمی، استفاده از نشت‌بند‌های گازی خشک بر روی کمپرسورهای گریز از مرکز امری حیاتی می‌باشد و قابلیت اطمینان (Reliability) کارکرد نشت‌بند‌های گازی خشک کاملاً وابسته به تامین دبی و فشار مناسب گاز پاک نشت‌بندی (Clean Seal Gas) برای تزریق به محفظه نشت‌بندی در وضعیت‌های مختلف کاری کمپرسور با در نظر گرفتن تغییرات اختلاف فشار در این وضعیت‌ها می‌باشد. به طور معمول فشار گاز نشت‌بند توسط کمپرسور گریز از مرکز تامین می‌شود ولی در وضعیت‌های انتقالی به وضعیت کارکرد نرمال کمپرسور و یا خروج از آن، ریسک عدم تامین فشار و دبی مناسب گاز نشت‌بندی بالا رفته و احتمال اخلال در تامین و تزریق گاز نشت‌بندی به محفظه نشت‌بند گازی خشک افزایش می‌یابد و ورود آلاینده‌ها به صورت مایع و ذرات معلق به محفظه نشت‌بندی و خرابی قطعات ثابت و دوار سطوح نشت‌بندی بسیار محتمل می‌گردد.

مراجع :

- شرکت جان کرین، مبتکر و اولین سازنده نشت‌بند گازی خشک از سال ۱۹۶۸ میلادی و پیشرو در ارتقاء این تکنولوژی