

افزایش ایمنی و اطمینان پذیری پمپ‌های سانتریفیوژ

نوشته‌ی: James "Jim" Netzel
برگردان: مهندس افراسیاب بهمنش
منبع: PUMPS & SYSTEMS



**ایمنی و اطمینان پذیری، کلید
اصلی دست‌یابی به حداکثر زمان
سرویس یا «زمان میانگین بین
خرابی (MTBF)» می‌باشد**

بسیاری از سیالاتی که پمپ‌های سانتریفیوژ آن‌ها را جابه‌جا می‌کنند، سیالاتی خطرناک یا سمی هستند. بنابراین برای دست‌یابی به کارکردی ایمن و اتکاپذیر در این پمپ‌ها، باید به تمام جزئیات کاملاً توجه کنیم. ایمنی و اطمینان‌پذیری، همچنین کلید اصلی دست‌یابی به حداکثر زمان سرویس یا «زمان میانگین بین خرابی (MTBF)» می‌باشد. تولیدکنندگان پمپ و قطعاتی مانند یاتاقان‌ها و کاسه‌نمدها، سرمایه‌گذاری قابل توجهی در زمینه تحقیقات برای بهبود عملکرد و اطمینان‌پذیری محصولات خود انجام داده‌اند. تلاش‌های انجام شده در این زمینه، باعث بروز پیشرفت‌های قابل توجهی در مورد عمر تجهیزات شده است. این تجهیزات نه تنها توانسته‌اند استانداردهای صنعتی را برآورده سازند، بلکه در بعضی موارد از آن هم فراتر رفته‌اند. این موفقیت به دلیل گسترش دانش بنیادینی به نام «دانش فرسایش شناسی و مهندسی اطمینان‌پذیری» به‌دست آمده است.

افزایش عمر دستگاه

افزایش عمر تجهیزات با درک صحیح از تعریف بنیادین اطمینان‌پذیری مکانیکی شروع می‌شود. تعریف اطمینان‌پذیری مکانیکی از این قرار است: «امکان این که یک قطعه، ابزار یا سیستم بتواند وظیفه‌ی مورد نظر را بدون خرابی و اشکال، برای مدت زمانی معین و هنگامی که به درستی در یک محیط مشخص در حال کار است، به انجام برساند.» این تعریف، باید به عنوان راهنمایی جهت بهبود اطمینان‌پذیری و عمر کارکرد تجهیزات مورد استفاده قرار گیرد. عمر مطلوب تجهیزات، نیازمند داشتن درک صحیح از تأثیرات شرایط استفاده بر روی بخش‌های مختلف دستگاه می‌باشد. این مساله همچنین داشتن آگاهی کافی از مواردی که در زمان تنظیم مشخصات دستگاه مشخص نمی‌شوند را نیز شامل



بتوانند حداکثر MTBF را ارایه دهند این مقدار در بسیاری از پالایشگاه‌های بزرگ، داریم در حال افزایش است و این امر از طریق بهبود روش‌های اجرایی طراحی و نگهداری تجهیزات حاصل می‌شود. در صنایع خودرو، عمر سرویس واتر پمپ خودرو در حدود ۵۰۰ هزار کیلومتر برای خودروهای سواری و ۸۰۰ هزار کیلومتر برای خودروهای سنگین در نظر گرفته می‌شود. چالشی که در اینجا مطرح است، ارایه‌ی کارآیی مناسب برای سیستم خنک‌کننده با استفاده از سیالات خنک‌کننده جدید است که به نام «فن‌آوری اسیدهای آلی هیبریدی (HOAT)» شناخته می‌شود.

شناسایی اشکالات موجود در قطعات

یک برنامه اطمینان‌پذیری قوی برای حفظ ایمنی بالا و افزایش پیوسته‌ی MTBF در تاسیسات، باید بتواند انواع مختلف خرابی‌ها در

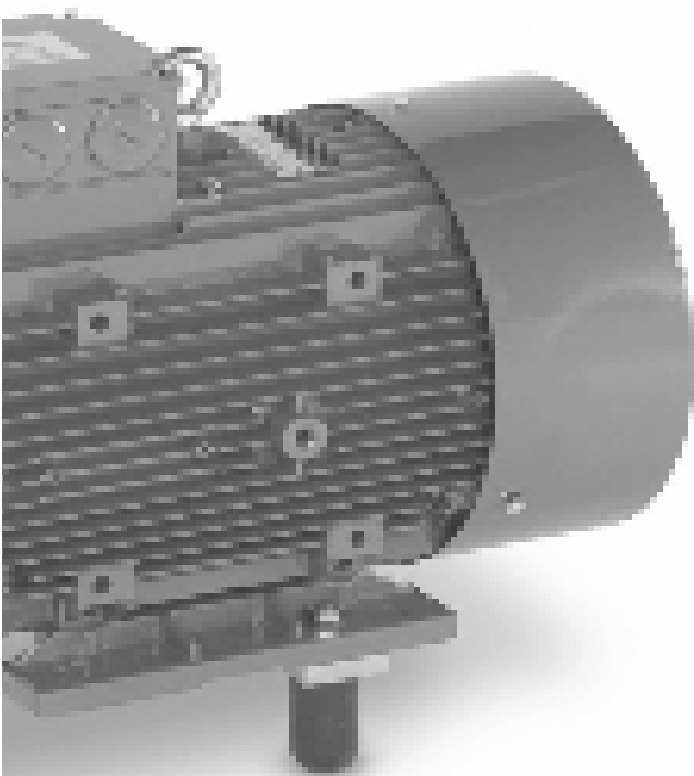
محدوده مشخصات تعیین شده توسط سازنده در حال کار است.

● نمونه‌برداری و آزمایش روغن برای اطمینان از کارکرد قطعاتی مانند یاتاقان‌ها در شرایط مناسب.

نوع صنعتی که یک دستگاه در آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، بر روی عمر سرویس‌دهی دستگاه موثر است. برای مثال در صنایعی مانند زیست‌فن‌آوری (بیوتکنولوژی)، کاربردهای خاصی وجود دارند که نیازمند عملکرد اتکاپذیر و ایمن دستگاه برای ۹۰ دقیقه می‌باشند. به دلیل ماهیت حساس این نوع کاربردها، دستگاه مربوطه تنها برای یک بار مورد استفاده قرار می‌گیرد. از سویی دیگر، تاسیساتی مانند پالایشگاه دارای نیازمندی‌های کاملاً متفاوتی است. هر پمپ که در چنین تاسیساتی خریداری می‌شود، بر اساس طول عمر ۲۰ ساله است. اجزای داخلی پمپ باید

می‌گردد. در این مورد، پمپ سانتریفیوژ همان دستگاه مورد نظر ماست که در سیستمی مانند یک تاسیسات فرآیندی مورد استفاده قرار خواهد گرفت. عدم توانایی هر بخش از دستگاه برای اجرای وظیفه‌ی مربوطه، می‌تواند تا خرابی مربوط به یک قطعه در ابزار یا سیستم مکانیکی رديابی شود. به عنوان مثال، اگر پمپ آب (واتر پمپ) یک خودرو خراب شود، خودرو نمی‌تواند وظیفه‌ای که از آن انتظار می‌رود را انجام دهد. بنابراین عمر دستگاه به شرایط سرویس مربوط به هر یک از قطعات دستگاه و همچنین اقدامات مربوط به نگهداری آن در طول کارکرد دستگاه، بستگی دارد. در مورد یک تاسیسات بزرگ، اقدامات اصلی برای نگهداری سیستم جهت افزایش عمر تجهیزات شامل موارد زیر می‌شود:

● انجام اندازه‌گیری‌هایی در مورد میزان لرزش دستگاه برای اطمینان از این که پمپ در



قطعات را شناسایی کرده و روش‌های اصلاحی مناسب را پیاده‌سازی نماید. انواع خرابی‌هایی که می‌توانند رخ دهند از قرار زیرند:

- خرابی‌های بسیار زودرس: خرابی‌هایی هستند که در کمتر از یک سال رخ می‌دهند
- خرابی‌های زودرس یا اتفاقی: خرابی‌هایی هستند که قبل از مرحله‌ی فرسودگی دستگاه به وجود می‌آیند.

- خرابی‌های ناشی از فرسودگی: زمانی که قطعه‌ای از دستگاه به دلیل فرسودگی قادر نیست مطابق انتظار، عمل نماید.

افزایش قابل توجه در MTBF می‌تواند با ارتباط تنگاتنگ با تامین‌کننده‌ی دستگاه به منظور پایش مداوم دستگاه و شناسایی علت خرابی‌ها حاصل شود. حذف علت خرابی‌های بسیار زودرس و خرابی‌های اتفاقی، باعث کاهش قابل توجه هزینه‌های نگهداری خواهد شد. دلیل عمر کوتاه قطعات ممکن است کاملا روشن بوده و بستگی به عواملی مانند وجود لرزش در سیستم و یا «خشک کارکردن» پمپ داشته باشد. اما شناسایی خرابی تجهیزات پمپ که به دلیل فرسودگی قطعات به وجود می‌آیند، می‌تواند مشکل باشد.

علل فرسودگی

فرسودگی در همه‌ی موارد یکسان نیست. فرسودگی به شکل‌های بسیار متفاوتی نمایان شده و مستلزم اقدامات اصلاحی مختلفی است. به همین دلیل، دانستن انواع مختلف فرسودگی از اهمیت بالایی برخوردار است.

فرسودگی چسبندگی Adhesive Wear

این نوع فرسودگی، عامل عمده در قطعاتی مانند کاسه نمد و یاتاقان به شمار می‌آید. حتی زمانی که فیلم سیال روان‌کننده به شکلی مناسب در بین سطوحی که با هم تماس دارند جریان داشته باشد، فرسودگی می‌تواند در زمان شروع به کار، خاموشی و یا تغییر در شرایط کارکرد دستگاه رخ دهد. در مورد کاسه نمد، یک طرف آن از جنس کربن بوده و سمت جفت شونده‌ی آن نیز از جنس سخت‌تری مانند کاربید سیلیکون یا کاربید تنگستن ساخته شده است. سمت کربنی این قطعه، بیشتر فرسوده شده و سمت سخت آن، کمتر دچار فرسودگی می‌شود.

بارهایی که مطابق طراحی در جهت اصلی به این قطعه تحمیل می‌شوند، آن قدر پایین هستند که فرسودگی چسبندگی جزئی رخ می‌دهد. این امر در طراحی کاسه نمدها برای اجتناب از تبخیر یا کربونیزه شدن سیالی که عایق‌بندی در مورد آن صورت می‌گیرد، لازم است. اگر تبخیر یا کربونیزه شدن رخ دهد، کاهش قابل توجهی در عمر کاسه نمد حاصل خواهد شد. در مورد یاتاقان‌ها، سطوح تماس دوار از آلیاژ فولاد ساخته شده و دارای سختی 60 Rockwell C هستند. این قطعات معمولا توسط روغن روانکاری می‌شوند که باعث ایجاد یک فیلم روان‌کننده بر روی سطوح تماس می‌گردد. در اینجا، کاربر دارای کنترل لازم برای ایجاد محیطی عالی برای کارکرد یاتاقان می‌باشد. برای افزایش عمر یاتاقان و حذف فرسودگی، باید رطوبت را از یاتاقان دور نگه داریم.

انتقال فیلم Film Transfer

تخریب کامل یک سمت کاسه نمد است که توسط انتقال ماده از یک سمت کاسه نمد به سمت دیگر آن رخ می‌دهد. انتقال فیلم را با عنوان انتقال کربن نیز می‌شناسند.

فرسودگی سایشی Abrasive Wear

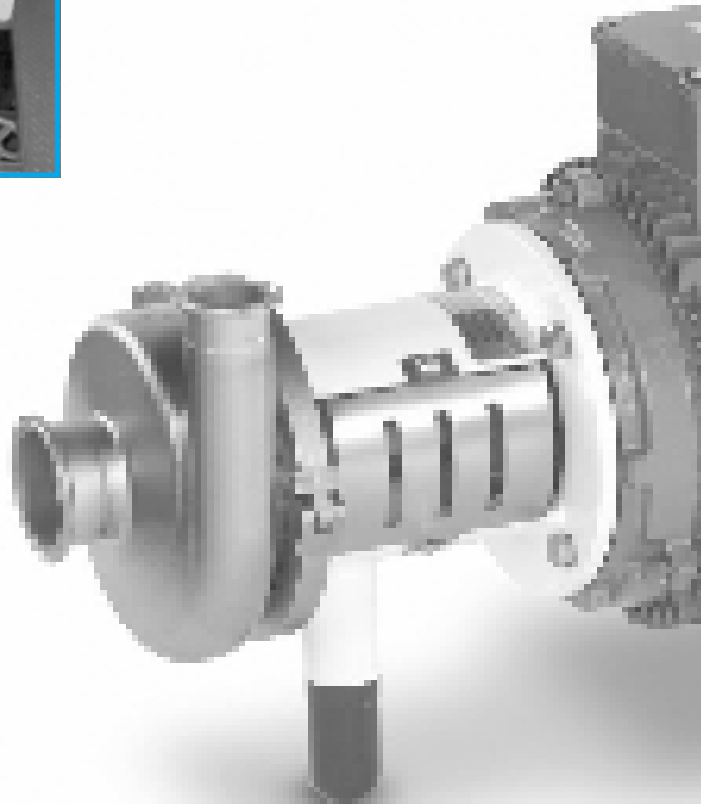
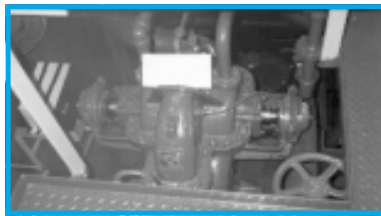
این نوع فرسودگی، معمولا عامل محدودکننده‌ی عمر کاسه نمدها، یاتاقان‌ها، پروانه و محفظه پمپ می‌باشد. مشکلات مربوط به فرسودگی سایشی در مورد کاسه نمدها می‌تواند از موارد زیر ناشی شود:

- **ساینده‌های داخلی در محفظه‌ی کاسه نمد**

(۱) ساینده‌های معلق در سیالی که عایق‌بندی برای آن صورت می‌گیرد.
(۲) ساینده‌های محلول در سیالی که عایق‌بندی برای آن صورت می‌گیرد.

- **ساینده‌های خارجی**

(۱) ساینده‌های دارای منشأ محیطی مانند ماسه و ذرات غبار
ذرات مربوط به فرسایش سایشی که به سطوح آب‌بندی نفوذ می‌کنند، باعث سرعت بخشیدن به فرسودگی و ایجاد نشتی می‌گردند. ذرات فرسایشی که به صورت معلق در سیال پمپ شونده وجود دارند می‌توانند بخشی از سیال پمپ شونده، محصولات خوردگی در سیستم، پلیسه‌های ناشی از ماشین‌کاری، ماسه و یا دیگر مواد ساینده باشند. ساینده‌های معلق در سیال آب‌بندی شده باید از سیال حذف شوند. در یک تاسیسات فرآیندی،



این امر ممکن است به معنای تزریق مایع تمیز و یا استفاده از یک جداکننده ذرات باشد. در صنعت خودرو، ساینده‌هایی که در سیستم خنک‌کننده‌ی خودرو یافت می‌شوند حدود ۴۰ درصد شکایات مطرح شده در مورد این سیستم‌ها را تشکیل می‌دهند. این مشکل را می‌توان با تمیز کردن مسیرهای آب موجود در موتور، قبل از سوار کردن آن بر روی خودرو، کاهش داد.

لایه‌زایی Filming

لایه‌زایی که به نام تشکیل رسوب نیز شناخته می‌شود، حالتی است که در آن یک لایه بر روی سطح آب‌بندی یکی از سطوح کاسه نمد ایجاد شده و باعث جدا شدن سطوح آب‌بندی و در نتیجه ایجاد نشتی می‌گردد. لایه‌زایی، مشکلی است که در مورد انواع خاصی از افزودنی‌های سیستم خنک‌کننده‌ی موتور و یا انواع دیگر سیستم‌های خنک‌کننده، رخ می‌دهد.

فرسودگی خوردگی Corrosive Wear

این نوع فرسودگی عموماً در محیط‌های صنعتی یافت می‌شود که بخش‌هایی مانند کاسه نمدها در معرض انواع مختلف سیالات فرآیندی که مواد شیمیایی فعال هستند، قرار می‌گیرند. دمای بالایی که در اثر تماس سطوح آب‌بندی با یکدیگر به وجود می‌آید، باعث افزایش فعالیت شیمیایی و در نتیجه فرسودگی قطعه خواهد شد. این نوع فرسودگی می‌تواند با انتخاب مواد مقاوم در برابر مواد شیمیایی برای فرآیند مورد نظر، حذف شده و یا به حداقل رسانده شود. به علاوه، خنک‌کردن مناسب سطوح آب‌بندی نیز به کاهش

فعالیت شیمیایی و فرآیند خوردگی کمک خواهد کرد.

فرسودگی خستگی Fatigue Wear

این نوع فرسودگی شامل ایجاد حفره و تاول بر روی مواد می‌گردد، به عنوان یک گروه فرض می‌شود و بستگی به عوامل مختلفی دارد. مکانیسم این پدیده معمولاً به این صورت است که تاول‌هایی بر روی سطوح کربنی ایجاد شده و با بلندشدن بخشی از سطح، حفره ایجاد می‌شود. تاول‌ها همچنین در کاربردهایی که سیالاتی با گرانش بالا در آن‌ها به کار می‌رود، یافت می‌شوند. استفاده از مواد سخت‌تر برای کاسه نمدها که دارای ضریب اصطکاک کمتری باشند، می‌تواند به حل این مشکل کمک کند.

فرسودگی ضربه‌ای Impact Wear

این نوع فرسودگی هنگامی رخ می‌دهد که قطعاتی مانند کاسه نمدها، در معرض ناپایداری یا لرزش بیش از حد قرار گیرند. حرکات لرزشی یک قطعه در مقابل قطعه‌ای دیگر، تأثیری بسیار مخرب داشته و باعث از بین رفتن قطعات می‌شود. این مشکل ممکن است در اثر تبخیر مایع در سطح آب بندی یا عدم هم‌ترازی مکانیکی دستگاه به وجود آید.

فرسایش Erosion

فرسایش قطعاتی مانند سطح آب‌بندی، در اثر وجود مواد ساینده در جریان سیال ایجاد می‌شود. سرعت بالای جریان در محفظه‌ی آب‌بندی نیز می‌تواند عامل بروز فرسایش باشد.

کنترل ساینده‌ها و سرعت جریان در محفظه‌ی آب‌بندی، می‌تواند به حل این مشکل کمک نماید.

سخن آخر

ایمنی و اطمینان‌پذیری دستگاه‌ها به همراه یکدیگر معنا پیدا می‌کنند. این دو، اهدافی هستند که همه‌ی ما در فرآیندها به دنبال آن هستیم اما این اهداف به سادگی قابل دستیابی نیستند. ارتقای ایمنی و اطمینان‌پذیری پمپ‌های سانتریفیوژ - که محرک اصلی فرآیندها به شمار می‌آیند - به مشخصات، کارکرد و نگهداری مناسب این تجهیزات بستگی دارد. همچنین باید زمانی را برای بررسی دقیق قطعات، جهت شناسایی علت خرابی‌های سیستم اختصاص دهیم. دانستن این که باید به دنبال چه چیزی بگردیم، باعث شناسایی آسان‌تر و درست‌تر مشکلات و پیاده‌سازی اقدامات اصلاحی خواهد شد. بدین ترتیب، اطمینان‌پذیری سیستم بیشتر شده و عمر سرویس آن نیز افزایش خواهد یافت.

References

1. Netzel, J. P. and Sabine, E. P., "Towards Reduced Pump Operating Costs, Part 3- Minimizing the Effects of ear W and Optimizing Pump Proceedings of the Efficiency," 19th International Pump Users Symposium, Turbo Machinery Laboratory, Texas A & M College Station, TX, University, Pgs.145- 156, 2002.
2. etzel, N J. P. "Improving Engine Coolant System with the Science Performance of Sealing Technology," Society of Automotive Engineers, Annual Meeting, Detroit, Michigan, March 2003.