پگاه آفتاب
چابکی در تحول دیجیتال

استاندارد بین‌المللی ایزو ۱۵۲۴۳

یاتاقان‌های غلتشی؛ آسیب‌ها و خرابی‌ها، اصطلاحات، مشخصات و علل خرابی

بخش اول ـــــــــ ویرایش دوم ۲۰۱۷

www.pegaheaftab.com

فهرست مطالب

پیش‌گفتار ۲
مقدمه ۳
۱- دامنه کاربرد ۴
۲ - مراجع هنجاری ۴
۳ - اصطلاحات و تعاریف ۵
۳.۱ ویژگی‌ها ۵
۳.۲ آسیب ۵
۳.۳ توالی رخدادها ۵
۳.۴ خرابی ۵
۳.۵ حالت خرابی ۵
۴ - طبقه‌بندی حالت‌های خرابی رخ داده در یاتاقان‌های غلتشی ۶
۵ حالات خرابی ۷
۵.۱ خستگی تماس غلتشی (Rolling contact fatigue) ۷
۵.۱.۱ توصیف کلی خستگی تماس غلتشی ۷
۵.۱.۲ خستگی آغاز شده از زیر سطح ۷
۵.۱.۳ خستگی آغاز شده از سطح ۸
۵.۲ سایش ۱۰
۵.۲.۱ توصیف کلی سایش ۱۰
۵.۲.۲ سایش ساینده یا سایش شدید (Abrasive wear) ۱۰
۵.۲.۳ سایش چسبنده (Adhesive wear) ۱۱
۵.۳ خوردگی ۱۳
۵.۳.۱ توصیف کلی خوردگی ۱۳
۵.۳.۲ خوردگی ناشی از رطوبت ۱۳
۵.۳.۳ خوردگی حفره‌ای (Frictional corrosion) ۱۵

پیش‌گفتار

سازمان بین المللی استاندارد - ایزو (ISO) - یک فدراسیون جهانی متشکل از سازمان‌های ملی استاندارد عضو است.کار تهیه استانداردهای بین المللی به طور معمول از طریق کمیته‌های فنی ایزو انجام می‌شود. هر عضو علاقه‌مند به موضوعی که برای آن یک کمیته فنی تشکیل شده است، حق دارد در آن کمیته نماینده داشته باشد. همچنین سازمان‌های بین المللی، دولتی و غیردولتی در ارتباط با ایزو نیز در این کار شرکت می‌کنند.

روش‌های تدوین این سند و روش‌های در نظر گرفته شده برای نگهداشت آن بیشتر در بخش ۱ دستورالعمل‌های ISO/IEC توضیح داده شده است. به طور خاص، باید به معیارهای تأییدیه مختلف مورد نیاز برای انواع مختلف اسناد ایزو توجه شود.

این سند مطابق با قوانین تحریریه دستورالعمل‌های ISO/IEC، بخش ۲ (به www.iso.org/directives مراجعه کنید) تهیه شده است.

توجه به این نکته ضروری است که برخی از عناصر این سند ممکن است مشمول حقوق ثبت اختراعات باشد. ایزو در قبال شناسایی هر یا همه این حقوق ثبت اختراع مسئولیتی ندارد. جزئیات هرگونه حق ثبت اختراعی که در حین توسعه سند شناسایی شود، در مقدمه و / یا در لیست اعلامیه های ثبت اختراع دریافتی ایزو در آدرس www.iso.org/patents موجود است.

هر نام تجاری که در این سند استفاده می‌شود، اطلاعاتی است که برای راحتی کاربران ارائه شده است و تأییدی بر آن محسوب نمی‌شود.

برای توضیحی در مورد معنای اصطلاحات و عبارات خاص ایزو مربوط به ارزیابی انطباق، و همچنین اطلاعاتی در مورد پایبندی، ایزو به اصول سازمان تجارت جهانی (WTO) در موانع فنی تجارت جهانی (TBT)، به آدرس زیر مراجعه کنید.www.iso.org/iso/foreword.html :

کمیته مسئول این سند ISO/TC 4، کمیته یاتاقان‌های غلتشی است.

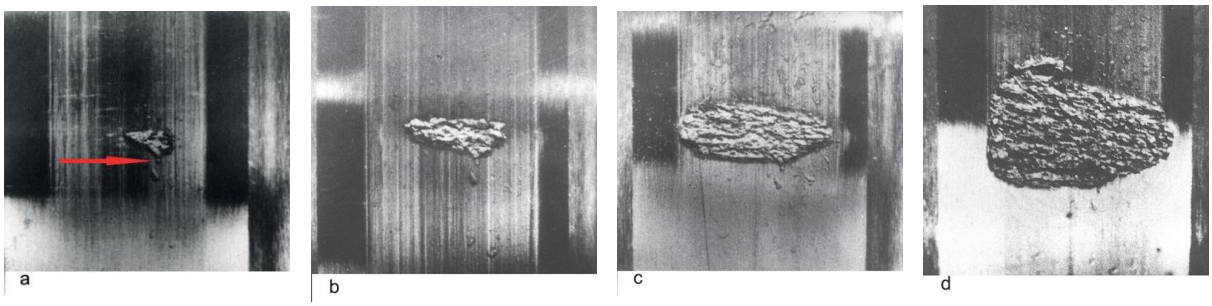
این نسخه (نسخه دوم) نسخهٔ اول (ISO 15243:2004) را که از نظر فنی مورد بازنگری قرار گرفته، لغو و جایگزین می‌کند.

مقدمه

در عمل، آسیب و یا خرابی یک یاتاقان غلتشی اغلب می تواند نتیجه چندین مکانیسم همزمان باشد. خرابی ممکن است در نتیجه حمل و نقل، جابجایی، نصب یا نگهداشت نامناسب یا ساخت نادرست یاتاقان یا قطعات مجاور آن ایجاد شود. در برخی موارد، خرابی به دلیل نکاتی در طراحی انجام شده به منظور صرفه‌جویی انجام‌شده یا شرایط عملیاتی و محیطی غیرمنتظره رخ می‌دهد. ترکیبی پیچیده از طراحی، ساخت، نصب، بهره‌برداری و نگهداری و تعمیرات است که اغلب باعث دشواری در تعیین علت اصلی خرابی می‌شود.

نکته: توجه داشته باشید که یاتاقان‌های تقلبی هم در بازار توزیع می‌شوند. ممکن است آنها مانند یاتاقان‌های اصلی به نظر برسند، اما استفاده از آنها اغلب منجر به آسیب یا خرابی بسیار زودهنگام می‌شود.

در صورت آسیب گسترده یا خرابی فاجعه بار یاتاقان، احتمالاً شواهد از بین می‌رود و در آن صورت شناسایی علت اصلی خرابی غیرممکن خواهد بود. بنابراین مهم است که تجهیزات را به موقع خاموش کنید تا امکان تحلیل مناسب آسیب یاتاقان فراهم شود (شکل ۱ را ببینید). در همه موارد، آگاهی از شرایط عملیاتی واقعی مجموعه و سابقه نگهداشت از اهمیت بالایی برخوردار است.



شکل ۱ - پیشرفت آسیب یاتاقان

نکته: توجه داشته باشید که پوسته پوسته شدن درست پشت فرورفتگی در مسیر حرکت (تصویر a) شروع شد. در طول زمان، پوسته پوسته شدن شدیدتر می‌شود (تصویر b وc). و اگر به موقع متوقف نشود، شواهد علت اصلی خرابی از بین می‌رود (تصویر d).

دسته‌بندی خرابی یاتاقان‌ها که در این سند ارائه شده است، عمدتاً بر اساس ویژگی‌های قابل مشاهده بر روی سطوح تماس غلتشی و سایر سطوح عملکردی است. برای تعیین مطمئن علت اصلی خرابی یاتاقان، بررسی هر یک از این ویژگی‌ها ضروری است. از آنجا که ممکن است بیش از یک مکانیزم خرابی اثرات مشابهی بر این سطوح ایجاد کند، توصیف ظاهر اغلب به تنهایی برای تعیین علت خرابی کافی نیست. در چنین مواردی، شرایط عملیاتی باید مورد توجه قرار گیرد. در برخی موارد، آسیب تحلیل شده بسیار پیشرفته است و ممکن است ناشی از علل اولیه مختلفی باشد. در این موارد، جستجوی همزمانی نشانه‌ها برای تعیین علت اصلی خرابی باید مورد توجه قرار بگیرد.

این سند یاتاقان‌های غلتشی با رینگ‌ها و عناصر رینگ‌های فولادی را پوشش می‌دهد. آسیب به رینگ‌های یاتاقان با عناصر غلتشی سرامیکی نیز الگوهای خرابی مشابهی را نشان می‌دهد.

در این سند، عمر یاتاقان مطابق با استاندارد ISO 281 [1] توصیف شده است، که فرمول‌هایی برای محاسبه عمر یاتاقان ارائه می‌دهد و عواملی مانند ظرفیت تحمل بار یاتاقان (bearing load)، بار وارد بر یاتاقان، نوع یاتاقان، جنس، حد بار خستگی یاتاقان (fatigue load)، شرایط روانکاری و درجه آلودگی را در نظر می‌گیرد.

یاتاقان‌های غلتشی؛ آسیب‌ها و خرابی‌ها، اصطلاحات، مشخصات و علل خرابی

۱- دامنه کاربرد

این سند حالت‌های مختلف خرابی که در هنگام کار برای یاتاقان‌های ساخته‌شده از فولادهای استاندارد در ساخت یاتاقان‌ها رخ می‌دهد را طبقه‌بندی می‌کند. برای هر حالت خرابی، ویژگی‌ها، ظاهر و علل احتمالی خرابی را تعریف و توصیف می‌کند. این سند به شناسایی حالت‌های خرابی بر اساس ظاهر کمک خواهد کرد.

برای اهداف این سند، اصطلاحات زیر توضیح داده شده است:

- **خرابی یاتاقان:** نتیجه آسیبی که مانع از دستیابی یاتاقان به عملکرد طراحی‌شده مورد نظر می‌شود یا نشان‌دهنده پایان عمر مفید آن است.
- **در حال کار:** از زمانی که یاتاقان کارخانه سازنده را ترک کرده است.
- **ویژگی‌های قابل مشاهده:** ویژگی‌هایی که می‌توان مستقیماً یا با ذره‌بین‌ها یا میکروسکوپ‌های نوری مشاهده کرد، همچنین آن‌هایی که از تصاویر فقط با استفاده از روش‌های غیرمخرب به دست می‌آیند.

بررسی به اشکال مشخصی از تغییر در ظاهر و خرابی محدود می‌شود که ظاهر مشخص و تعریف‌شده‌ای دارند و می‌توان آن‌ها را با درجه بالایی از اطمینان به علل خاصی نسبت داد. ویژگی‌های مورد توجه برای توضیح تغییرات و خرابی‌ها توصیف شده‌اند. اشکال مختلف با عکس‌ها نشان داده شده و شایع‌ترین علل ذکر شده‌اند.

اگر علت اصلی را نمی‌توان به طور قابل اعتماد با بررسی و مشخصه‌یابی ویژگی‌های بصری در برابر اطلاعات موجود در این سند ارزیابی کرد، باید تحقیقات بیشتری انجام شود. این روش‌ها در A.3 خلاصه شده‌اند و ممکن است شامل استفاده از روش‌های تهاجمی از جمله نمونه‌برداری از مقاطع عرضی، تحلیل ساختاری متالورژیکی با میکروسکوپ‌های بصری و الکترونیکی، آنالیز شیمیایی و اسپکتروگرافی (طیف‌نمایی) باشد. این روش‌های تخصصی خارج از محدوده این سند هستند.

اصطلاحات حالت‌های خرابی که در عناوین زیر سرفصل‌ها نمایش داده شده‌اند، برای استفاده عمومی توصیه می‌شوند. در صورت لزوم، عبارات جایگزین یا مترادف‌هایی که برای توصیف زیرحالت‌ها استفاده می‌شوند، در بخش A.4 ارائه و توضیح داده شده‌اند. نمونه‌هایی از خرابی‌های یاتاقان‌های غلتشی در بخش A.2 ارائه شده است، همراه با توصیف علل خرابی و اقدامات اصلاحی پیشنهادی.

۲ - مراجع هنجاری

اسناد زیر به‌گونه‌ای در متن اشاره شده‌اند که بخشی یا تمام محتوای آن‌ها به‌عنوان الزامات این سند محسوب می‌شود. برای مراجع دارای تاریخ، فقط ویرایش ذکر شده معتبر است. برای مراجع بدون تاریخ، آخرین ویرایش سند مرجع (شامل هرگونه اصلاحات) معتبر است.

ISO 5593، یاتاقان‌های غلتشی – واژگان

۳ - اصطلاحات و تعاریف

برای اهداف این سند، اصطلاحات و تعاریف ارائه‌شده در ISO 5593 و موارد زیر اعمال می‌شود.

توجه: توضیحات مربوط به اصطلاحات آسیب و خرابی‌ها در بخش A.4 فهرست شده است.

سازمان ISO و IEC بانک‌های اطلاعاتی اصطلاحات را برای استفاده در استانداردسازی در آدرس‌های زیر نگهداری می‌کنند:

- پلتفرم IEC Electropedia در دسترس در http://www.electropedia.org/
- پلتفرم آنلاین ISO در دسترس در http://www.iso.org/obp

۳.۱ ویژگی‌ها

ظاهر بصری که نتیجه عملکرد در سرویس است.

نکته ۱: نقص‌های سطحی و انواع تغییرات هندسی در [3]ISO 8785 و بخشی از آن‌ها در [2]ISO 6601 (مربوط به سایش ساینده) (abrasive wear) تعریف شده‌اند.

۳.۲ آسیب

هرگونه تخریب قابل مشاهده سطوح یا ساختارهای عملیاتی یاتاقان

۳.۳ توالی رخدادها

توالی رخدادها که به خرابی یاتاقان (۳.۴) منتهی می‌شود و با آسیب اولیه (۳.۲) به یاتاقان آغاز می‌شود.

نکته ۱: در مراحل اولیه، این آسیب می‌تواند منجر به از دست رفتن عملکرد یا خرابی شود. با این حال، در بسیاری از موارد، آسیب اولیه منجر به خرابی نمی‌شود و یاتاقان به کار خود ادامه می‌دهد. این ادامهٔ کار اغلب به آسیب ثانویه منتهی می‌شود که در نهایت باعث خرابی می‌شود. آسیب ثانویه می‌تواند حالت‌های خرابی رقابتی را معرفی کند که تحلیل علت اصلی خرابی را دشوار می‌کند.

۳.۴ خرابی

هر شرایطی که در آن یاتاقان دیگر نتواند عملکرد مورد انتظار خود را ارائه دهد.

نکته ۱: این شامل کاهش ویژگی‌های چرخشی مهم و هشدار در مورد خرابی قریب‌الوقوع و گسترده‌تر یا کامل‌تر است، اما ممکن است آنقدر پیشرفته نباشد که چرخش یا پشتیبانی از اجزای ماشین مورد نظر را متوقف کند.

نکته ۲: میزان آسیب (۳.۲) لازم برای اعلام خرابی عملیاتی به کاربرد بستگی خواهد داشت. کاربردهایی که نیاز به چرخش دقیق و روان دارند، فقط از دست دادن بسیار جزئی خواص را تحمل می‌کنند. کاربردهایی که حساس به افزایش ارتعاش، افزایش نویز یا کاهش دقت چرخشی نیستند، ممکن است بتوانند عملکرد خود را برای یک دوره محدود ادامه دهند.

۳.۵ حالت خرابی

شیوه‌ای که یک یاتاقان در آن خراب می‌شود.

۴ - طبقه‌بندی حالت‌های خرابی رخ داده در یاتاقان‌های غلتشی

ترجیحاً، می‌توان آسیب‌ها و خرابی‌های یاتاقان غلتشی را بر اساس علت اصلی طبقه‌بندی کرد. با این حال، اغلب تمایز بین علل و ویژگی‌ها (علائم) یا به عبارت دیگر، بین مکانیزم‌های خرابی و حالت‌های خرابی دشوار است. تعداد زیاد مقالات و کتاب‌های نوشته‌شده در این زمینه این موضوع را تأیید می‌کند (به فهرست منابع مراجعه کنید).

بنابراین، در این سند، حالت‌های خرابی در شش گروه اصلی و زیرگروه‌های مختلف (به شکل ۲ مراجعه کنید) بر اساس ظاهر متمایز قابل مشاهده آن‌ها در سرویس طبقه‌بندی شده‌اند.

شکل ۲ – طبقه‌بندی حالات خرابی

۵ حالات خرابی

۵.۱ خستگی تماس غلتشی (Rolling contact fatigue)

۵.۱.۱ توصیف کلی خستگی تماس غلتشی

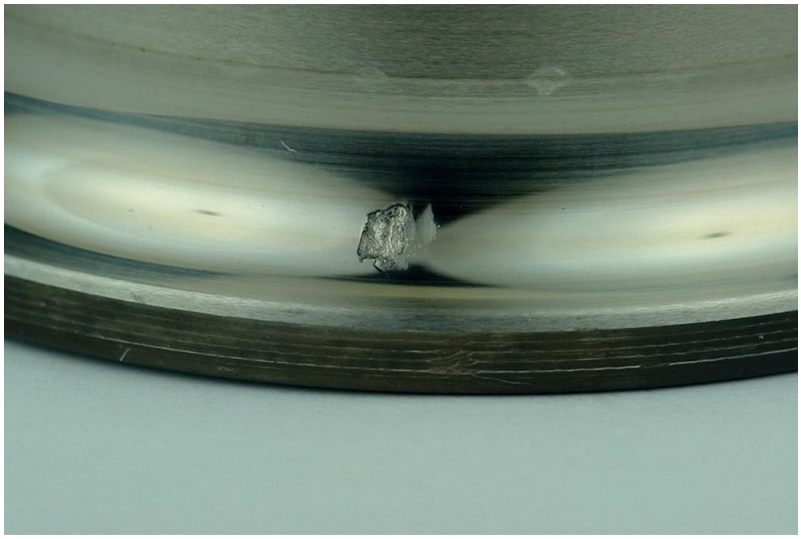
خستگی تماس غلتشی ناشی از تنش‌های مکرری است که در نقاط تماس بین عناصر غلتشی و مسیرهای حرکت ایجاد می‌شود. خستگی به صورت قابل مشاهده‌ای به‌عنوان تغییری در ساختار (ساختار میکروسکپی) و پوسته پوسته شدن مواد از سطح (ساختار ماکروسکپی) ظاهر می‌شود که در بیشتر موارد می‌تواند نتیجه تغییر در ریزساختار باشد.

نکته: پوسته پوسته شدن و لایه لایه شدن مترادف هستند (به بخش A.4 مراجعه کنید.)

۵.۱.۲ خستگی آغاز شده از زیر سطح

تحت تأثیر بارگذاری‌های دوره‌ای در تماس‌های غلتشی که توسط نظریه هرتز توصیف شده است، تنش‌ها و تغییرات ساختاری مواد ایجاد می‌شود و میکروتَرَک‌ها در محلی و عمقی که به بار اعمال شده، دما، جنس ماده و تمیزی و ساختار میکروسکپی آن بستگی دارد، آغاز می‌شوند. آغاز میکروترک‌ها غالباً به علت وجود ناخالصی‌ها در فولاد یاتاقان است.

این تغییرات ممکن است در بررسی‌های متالورژیکی ظاهر شوند (به بخش A.3 مراجعه کنید). این ترک‌ها گسترش می‌یابند و هنگامی که به سطح می‌رسند، پوسته پوسته شدن رخ می‌دهد (به شکل‌های ۳ و ۴ مراجعه کنید).



شکل ۳ – پوسته پوسته شدن اولیه زیر سطحی در یک یاتاقان با توپی عمیق – حلقه داخلی در حال چرخش

شکل ۴ – پوسته پوسته شدن پیشرفته زیر سطحی در یک یاتاقان غلتشی مخروطی – رینگ داخلی ثابت

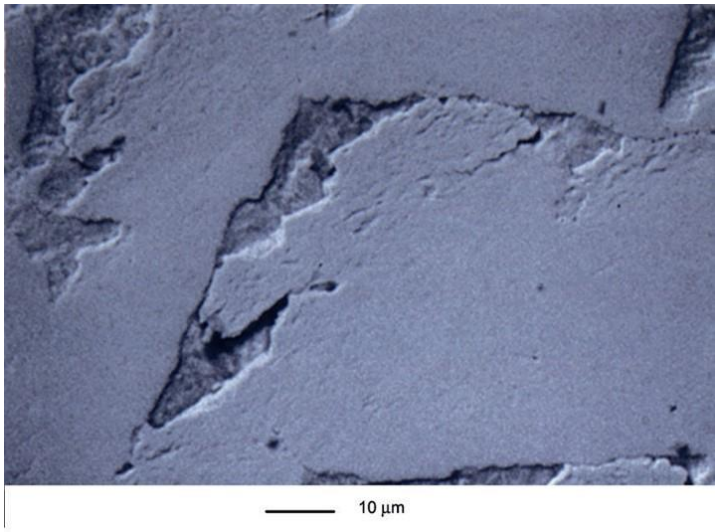
۵.۱.۳ خستگی آغاز شده از سطح

خستگی آغاز شده از سطح معمولاً ناشی از آسیب سطحی است.
مشکل سطحی آسیب‌هایی است که در سطوح تماس غلتشی به دلیل تغییر شکل پلاستیک برجستگی‌های سطحی (صاف‌کردن، صیقل دادن، شفاف شدن) آغاز می‌شود. تماس بین برجستگی‌های عنصر غلتشی و مسیر حرکت یاتاقان معمولاً نتیجه شرایط روانکاری ناکافی (ضخامت فیلم روانکاری کافی) است. این تماس ممکن است به دلیل جریان/دسترس ناکافی روانکار، روانکار نامناسب برای کاربرد، دماهای عملیاتی فراتر از سطح مورد انتظار یا پرداخت سطح زبر ایجاد شود.
تماس و تغییر شکل پلاستیک برجستگی‌های سطحی می‌تواند به موارد زیر منجر شود:

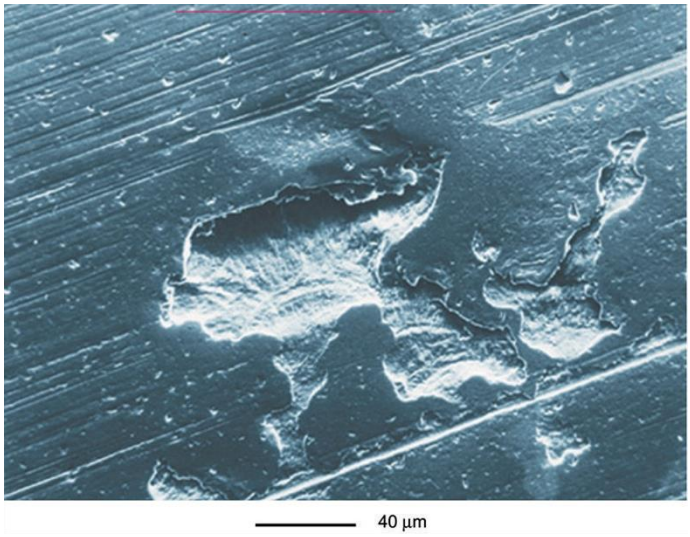
- **میکروترک‌های** برجسته (به شکل ۵ مراجعه کنید)،
- **پوسته پوسته** شدن‌های میکروسکوپی برجسته (به شکل ۶ مراجعه کنید)، و
- **نواحی پوسته پوسته** شدن‌های میکروسکوپی (با لکه‌های خاکستری) (به شکل ۷ مراجعه کنید).

حرکت لغزشی تحت شرایط فیلم روانکاری کم می‌تواند آسیب سطحی را به‌طور قابل‌توجهی تسریع کند. برای مواردی که ضخامت فیلم به اندازه کافی برای شرایط عملیاتی معمولی است، خستگی آغاز شده از سطح ممکن است همچنان رخ دهد. این می‌تواند زمانی اتفاق بیفتد که ذراتی به ناحیه تماس وارد شوند (به بخش ۵.۵.۳ مراجعه کنید)، بارهای شدید سطح را به صورت پلاستیکی تغییر شکل دهند یا بریدگی‌های ناشی از جابجایی وجود داشته باشد.
هر سه شرایط منجر به فرورفتگی‌هایی در مسیرهای حرکت می‌شود. برجستگی‌های اطراف فرورفتگی از ارتفاع فیلم روغن فراتر رفته و باعث تغییر شکل برجستگی‌های سطحی می‌شوند. خستگی آغاز شده از سطح ناشی از فرورفتگی به دلیل تغییر شکل پلاستیک در بخش A.2.6.2 نشان داده شده است.

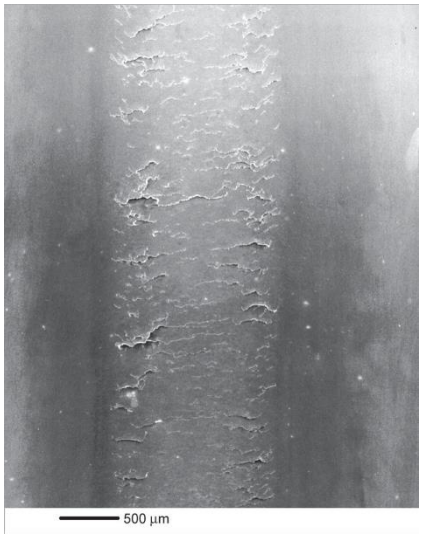
نکته: استاندارد ISO 281 [۱] شامل پارامترهای محاسباتی مرتبط با سطح است که تأثیر قابل توجهی بر عمر یاتاقان دارند، مانند جنس ماده، روانکاری، محیط، ذرات آلودگی و بار یاتاقان.



شکل ۵ – میکروترک‌ها و میکرو پوسته پوسته‌های برجسته بر روی مسیر حرکت



شکل ۶ – میکرو پوسته پوسته شدن‌ها آغاز شده از سطح بر روی مسیر حرکت



شکل ۷ – نواحی میکرو پوسته پوسته شده بر روی مسیر حرکت

۵.۲ سایش

۵.۲.۱ توصیف کلی سایش

سایش لغزشی، حذف تدریجی ماده از سطح است که به‌دلیل برهمکنش دو سطح تماس غلتشی/لغزشی در حین سرویس رخ می‌دهد.

۵.۲.۲ سایش ساینده یا سایش شدید (Abrasive wear)

سایش ساینده یا سایش شدید (Abrasive wear) (سایش ذرات، سایش سه‌جسمی) به فرایند حذف ماده به‌دلیل لغزش در حضور ذرات سخت گفته می‌شود. این نوع سایش زمانی رخ می‌دهد که یک سطح یا ذره سخت، در اثر حرکت لغزشی روی سطح دیگر، از طریق برش یا شخم‌زدن (ploughing)، ماده را از آن سطح جدا می‌کند. در نتیجه، سطوح به مرور زمان کدر و خشن می‌شوند، که میزان این تغییر بستگی به زبری و نوع ذرات ساینده دارد (به شکل ۸ مراجعه کنید).

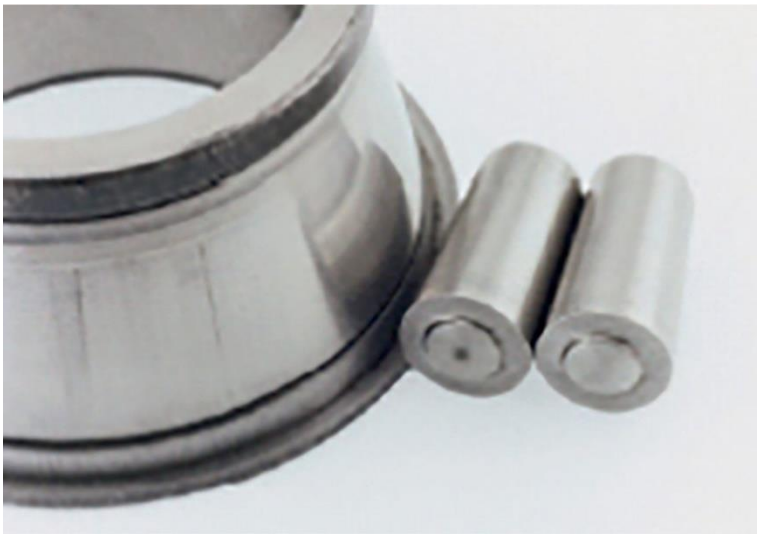
این ذرات با فرسایش تدریجی ماده از سطوح در حال کار و احتمالاً از قفسه یاتاقان (هر یک از یاتاقان‌ها دارای قفسه هستند وظیفه قفسه نظم دادن و کنترل اجزای غلطنده یا ساچمه‌ها است قفسه‌ها مانع از به هم خوردن اجزای غلطان می‌شوند و همین امر باعث کاهش اصطکاک و دما در بین آن‌ها خواهد شد)، به تدریج افزایش پیدا می‌کنند (به شکل ۹ مراجعه کنید). در نهایت، این فرایند سایش به سرعت تشدید می‌شود و منجر به خرابی یاتاقان می‌شود.

اگرچه سطوح معمولاً تا حدی کدر می‌شوند، اما وقتی ذرات ساینده بسیار ریز باشند، ممکن است اثر پولیش ایجاد شود که در نتیجه آن، سطوح بسیار براق می‌گردند (به شکل ۱۰ مراجعه کنید).

نکته: «روان‌کاری اولیه» یک یاتاقان غلتشی فرایندی طبیعی و کوتاه است که پس از آن رفتار روانکاری، مانند نویز یا دمای عملکرد، تثبیت یا حتی بهبود می‌یابد. در نتیجه، مسیر حرکت یا جای حرکت آشکار می‌شود؛ اما این به معنای آسیب‌دیدگی یاتاقان نیست.

شکل ۸ – سایش ساینده روی رینگ داخلی یک یاتاقان غلتشی کروی

شکل ۹ – سایش ساینده پیشرفته در حفره‌های قفسه یک یاتاقان قفسه فلزی



شکل ۱۰ – سایش ساینده روی مسیر حرکت سطح بزرگ دنده رینگ داخلی و روی سطح انتهایی بزرگ غلتک‌ها در یک یاتاقان غلتشی مخروطی

۵.۲.۳ سایش چسبنده (Adhesive wear)

سایش چسبنده زمانی رخ می‌دهد که ماده از یک سطح به سطح دیگر منتقل می‌شود، همراه با گرمای ناشی از اصطکاک و گاهی اوقات با عملیات حرارتی سطح، مانند تمپرینگ یا سخت شدن مجدد. این فرایند باعث ایجاد تمرکز تنش موضعی می‌شود که می‌تواند منجر به ترک‌خوردگی یا پوسته پوسته شدن نواحی تماس گردد.

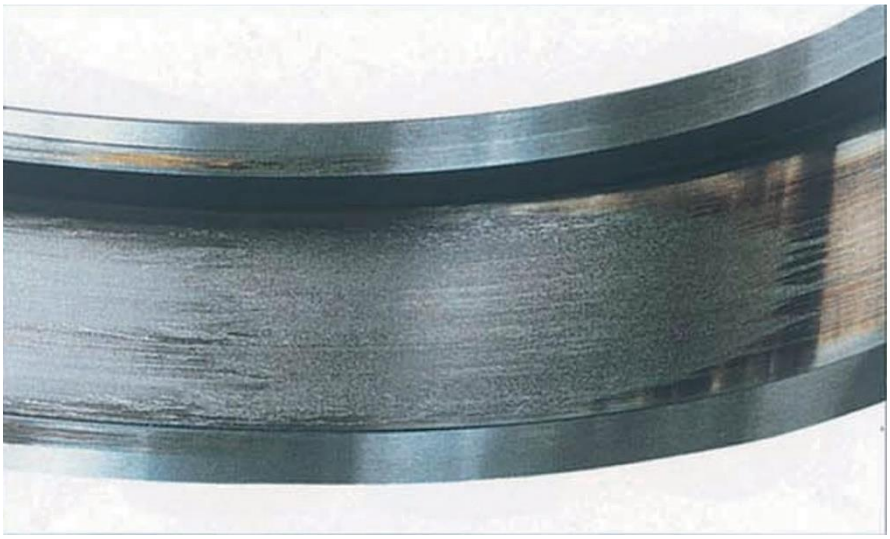
سایش چسبنده (لغزش، گالینگ، خراشیدگی ، مات شدن سطح) به دلیل شرایط روانکاری ناکافی در هنگام لغزش رخ می‌دهد و افزایش دمای موضعی ناشی از اصطکاک باعث چسبندگی سطوح تماس می‌شود و در نتیجه انتقال ماده صورت می‌گیرد. این اتفاق معمولاً بین عناصر غلتشی و مسیرهای حرکت رخ می‌دهد، زمانی که عناصر غلتشی تحت بار بسیار سبک هستند و در هنگام ورود مجدد به منطقه بار تحت شتاب شدید قرار می‌گیرند (به شکل‌های ۱۱ و ۱۲ مراجعه کنید). در موارد شدید سایش چسبنده، ممکن است قفل شدن رخ دهد. سایش چسبنده معمولاً برخلاف فرایند سایش تدریجی به صورت ناگهانی رخ می‌دهد.

سایش چسبنده همچنین می‌تواند بر روی سطوح دنده‌ها و انتهای غلتک‌ها به دلیل روانکاری ناکافی رخ دهد (به شکل ۱۳ مراجعه کنید). در یاتاقان‌های بدون قفسه، سایش چسبنده بسته به شرایط روانکاری و چرخش، می‌تواند در تماس بین عناصر غلتشی نیز رخ دهد.

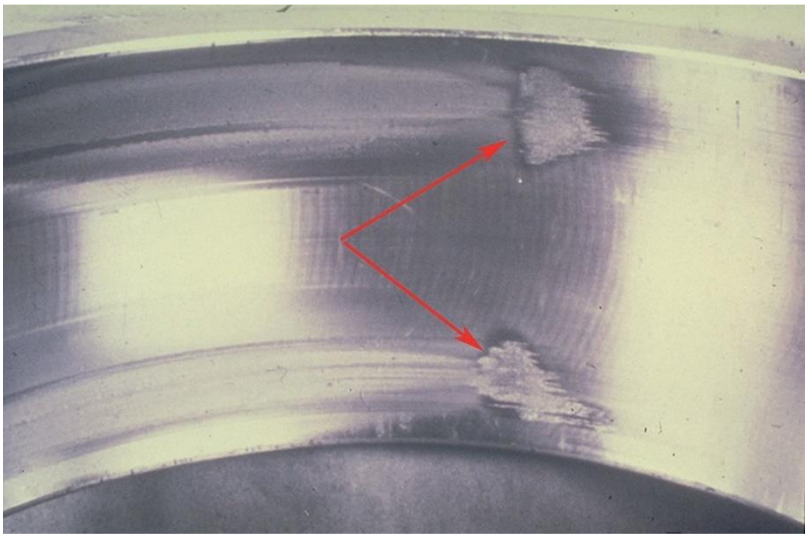
اگر یک رینگ یاتاقان به دلیل نگهداری ناکافی بر روی شافت یا در محفظه به طور نسبی نسبت به جایگاه خود حرکت کند (خزش کند)، ممکن است لکه‌دار شدن (که به آن خراشیدن نیز گفته می‌شود) (smearing or scuffing) در سوراخ یاتاقان، قطر بیرونی یا بر روی شفت یا در جایگاه محفظه آن رخ دهد. به دلیل تفاوت‌های بسیار جزئی در قطر دو جزء، آن‌ها تفاوت‌های کوچکی در محیط خود خواهند داشت و به همین دلیل، هنگامی که در نقاط متوالی به‌وسیله بار شعاعی که به‌طور نسبی به رینگ می‌چرخد، در تماس قرار می‌گیرند، با سرعت‌های اندکی متفاوت می‌چرخند. این حرکت چرخشی رینگ در برابر محفظه با تفاوت‌های کوچک در سرعت‌های چرخشی، به‌عنوان «خزش» (creep) شناخته می‌شود.

زمانی که خزش رخ می‌دهد، برجستگی‌های موجود در ناحیه تماس رینگ/محفظه تحت فشار قرار می‌گیرند و می‌توانند باعث شوند که سطح رینگ ظاهری براق به خود بگیرد. این فشار اضافی در حین خزش معمولاً، اما نه همیشه، با لغزش در تماس رینگ/محفظه همراه است و در نتیجه، آسیب‌های دیگری نیز مشاهده خواهد شد، مانند علائم خراش، خوردگی سایشی و سایش. تحت شرایط بارگذاری خاص و زمانی که تداخل بین رینگ و محفظه به اندازه کافی محکم نباشد، خوردگی سایشی غالب خواهد بود (به بخش‌های A.2.4.2.1 و A.2.4.2.2 مراجعه کنید.)

علاوه بر این، با وجود تداخل شعاعی شل، خزش می‌تواند بین سطح رینگ و محل تکیه‌گاه محوری آن نیز رخ دهد. در موارد شدید، این وضعیت می‌تواند به ترک‌های حرارتی عرضی منجر شده و در نهایت باعث ترک‌خوردگی رینگ شود (به بخش ۵٫۶٫۴ مراجعه کنید).



شکل ۱۱ – سایش چسبنده بر روی مسیر حرکت رینگ بیرونی یک یاتاقان غلتشی استوانه‌ای



شکل ۱۲ – سایش چسبنده بر روی مسیرهای حرکت رینگ بیرونی یک یاتاقان غلتشی کروی

شکل ۱۳ – سایش چسبنده بر روی سطح جانبی غلتک‌های یک یاتاقان غلتشی استوانه‌ای

۵.۳ خوردگی

۵.۳.۱ توصیف کلی خوردگی

خوردگی نتیجه یک واکنش شیمیایی روی سطوح فلزی است.

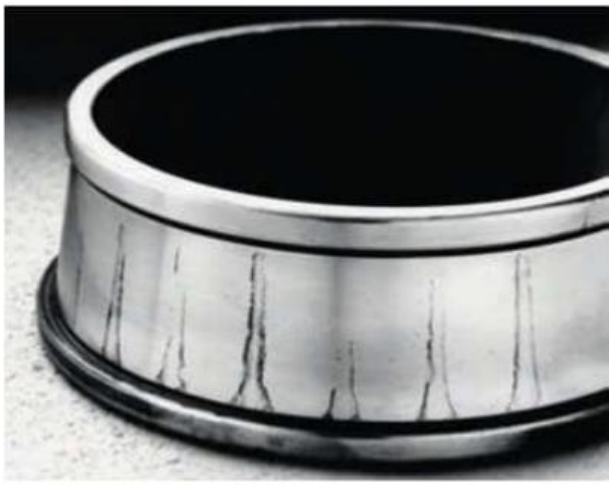
۵.۳.۲ خوردگی ناشی از رطوبت

هنگامی که اجزای یاتاقان با رطوبت یا محیط‌های خورنده (مانند آب یا اسیدها) در تماس هستند، اکسیداسیون یا خوردگی (زنگ‌زدگی) سطوح رخ می‌دهد (به شکل ۱۴ مراجعه کنید).در ادامه، حفره‌های خوردگی تشکیل می‌شود و در نهایت پوسته پوسته شدن سطح اتفاق می‌افتد (به شکل ۱۵ مراجعه کنید).

یک شکل خاص از خوردگی ناشی از رطوبت را می‌توان در مناطق تماس بین عناصر غلتشی و رینگ‌های یاتاقان مشاهده کرد که در این حالت، وجود آب یا روغن تخریب‌شده با سطوح یاتاقان‌ها واکنش می‌دهد. در دوره‌های استاتیک (عدم حرکت)، این فرایند در مراحل پیشرفته باعث تغییر رنگ رو به تیرگی در فواصل منظم مربوط به توپی یا غلتک می‌شود، (تصویر ۱۶)، و در نهایت حفره‌های خوردگی ایجاد می‌گردد.

شکل ۱۴ – خوردگی ناشی از رطوبت بر روی محفظه و غلتک‌های یک یاتاقان سوزنی تراست

شکل ۱۵ – خوردگی ناشی از رطوبت بر روی سطح مسیر رینگ بیرونی یک یاتاقان غلتکی استوانه‌ای



شکل ۱۶ - خوردگی تماسی در فاصله غلتک‌ها روی مسیر غلتش رینگ داخلی یک یاتاقان غلتشی مخروطی

۵.۳.۳ خوردگی حفره‌ای (Frictional corrosion)

۵.۳.۳.۱ توصیف کلی خوردگی حفره‌ای

خوردگی حفره‌ای (Frictional corrosion) (تریبو خوردگی - tribo-corrosion، تریبو اکسیداسیون - tribo-oxidation) یک واکنش شیمیایی است که با حرکات ریز نسبی بین سطوح در تماس که تحت شرایط اصطکاک و بار قرار دارند، فعال می‌شود. این حرکات ریز منجر به اکسیداسیون سطوح شده و مواد آزاد شده به شکل زنگ پودری و/یا از دست رفتن مواد از یکی یا هر دو سطح در تماس مشاهده می‌شوند.

۵.۳.۳.۲ خوردگی سایشی (Fretting corrosion)

خوردگی سایشی (Fretting corrosion) در محل‌های اتصال قطعاتی که بارها را تحت حرکات ریز سطحی نوسانی انتقال می‌دهند، رخ می‌دهد. زبری‌های سطحی اکسید شده و از بین می‌روند و برعکس؛ زنگ پودری (زنگ فرتینگ، اکسید آهن) ایجاد می‌شود. سطح یاتاقان به رنگ قرمز سیاه‌گونه تغییر رنگ می‌دهد (به شکل ۱۷ مراجعه کنید). به طور معمول، آسیب زمانی ایجاد می‌شود که بارها و/یا ارتعاشات، گیره شعاعی داده شده توسط محل‌های اتصال را از بین می‌برند. سطوح بیش از حد زبر و/یا موج‌دار یاتاقان، شفت و سطوح محفظ نیز می‌توانند اثر مناسب اتصال را کاهش داده و خوردگی سایشی را القا کنند (به شکل ۱۸ مراجعه کنید).

نکته ۱: ممکن است مقداری سایش خراشان (abrasive wear) به عنوان نتیجه‌ای از حضور محصولات خوردگی (اکسید آهن) و حرکات ریز رخ دهد.

نکته ۲: در این سند، خوردگی سایشی (Fretting corrosion) به عنوان خوردگی طبقه‌بندی شده است. در سایر اسناد، گاهی به عنوان سایش ساینده (fretting wear) طبقه‌بندی می‌شود.

شکل ۱۷ - خوردگی سایشی در سطح داخلی رینگ درونی یک یاتاقان شیار عمیق

شکل ۱۸ - خوردگی سایشی روی قطر رینگ بیرونی یک یاتاقان غلتشی

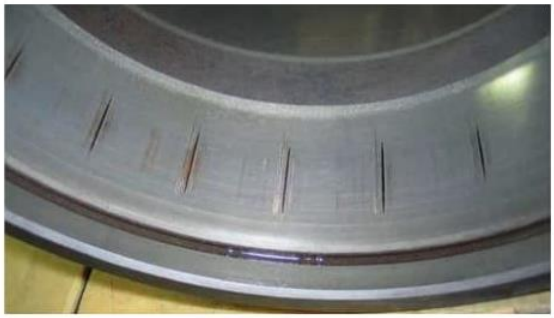
۵.۳.۳.۳ فرسایش کاذب (False brinelling)

فرسایش کاذب (False brinelling) (خوردگی ارتعاشی - vibration corrosion) به طور معمول در مناطق تماس عناصر غلتشی/مسیر غلتش در یاتاقان‌های غیردورانی به دلیل حرکات ریز و/یا انعطاف‌پذیری تماس‌های الاستیک تحت ارتعاشات دوره‌ای رخ می‌دهد. بسته به شدت ارتعاشات، شرایط بار و روانکاری، فرورفتگی‌هایی روی مسیرهای غلتش تشکیل می‌شود که غالباً منجر به خوردگی (به دلیل نبود روان‌کننده محافظ) و به‌دنبال آن سایش خراشان (abrasive wear) می‌شود.

در یاتاقان‌های ثابت، فرورفتگی‌ها در فاصله‌های عناصر غلتشی ظاهر شده و ممکن است به رنگ قرمز یا براق تغییر رنگ دهند (به شکل‌های ۱۹ و ۲۰ مراجعه کنید).

فرسایش کاذب که در تجهیزات آماده به کار رخ می‌دهد، زمانی که دوره‌های توقف طولانی در حضور ارتعاشات تجهیزات مجاور در حال کار با دوره‌های کارکرد نسبتاً کوتاه جایگزین می‌شوند، می‌تواند منجر به ایجاد شیارهای نزدیک به هم شود. این شیارها نباید با شیارهای ایجاد شده توسط جریان الکتریکی اشتباه گرفته شوند (به بخش ۵.۴.۳ و شکل‌های ۲۳، ۲۴ و ۲۵ مراجعه کنید). شیارهای ناشی از ارتعاش دارای فرورفتگی‌هایی با انتهای روشن یا سایش‌دار هستند، در حالی که شیارهای تولید شده توسط جریان الکتریکی دارای فرورفتگی‌هایی با انتهای خاکستری تیره هستند. آسیبی که توسط جریان الکتریکی ایجاد می‌شود قابل تشخیص است، زیرا عناصر غلتشی نیز علائم مربوطه را نشان می‌دهند، اما معمولاً در مرحله‌ای کمتر پیشرفته.

نکته: در این سند، فرسایش کاذب (False brinelling) به عنوان خوردگی طبقه‌بندی شده است. در سایر اسناد، گاهی به عنوان سایش طبقه‌بندی می‌شود.



آ) مسیرهای غلتش واشر یک یاتاقان سوزنی محوری ب) رینگ بیرونی یک یاتاقان غلتکی مخروطی

شکل ۱۹ – فرسایش کاذب

شکل ۲۰ – فرسایش کاذب روی رینگ بیرونی یک یاتاقان توپی خودتنظیم

www.pegaheaftab.com