

آسیب دیدگی یاتاقان های تخت



گروه Motorservice

کیفیت و خدمات از منبعی واحد

گروه Motorservice سازمان فروش مسئول برای فعالیت‌های مربوط به خدمات پس از فروش Automotive Rheinmetall در سرتاسر جهان است. این گروه تأمین‌کننده پیشرو قطعات موتور برای بازار آزاد قطعات یدکی است. Motorservice با ارائه مارک‌های با کیفیتی مانند Kolbenschmidt و Pierburg و Components Engine TRW و نیز مارک BF از منبعی واحد به مشتریان خود طیف گسترده و عمیقی از مجموعه خدمات با کیفیت بسیار بالا ارائه می‌کند. این گروه همچنین با در اختیار داشتن بسته‌های خدماتی جامع، برای مشکلات فروشندگان و تعمیرگاه‌ها راهکار ارائه می‌نماید. بدین‌ترتیب مشتریان Motorservice از دانش فنی و متمرکز تأمین‌کننده بزرگ بین‌المللی خودرو بهره‌مند می‌شوند.

Automotive Rheinmetall

عرضه‌کننده صاحب نام صنایع بین‌المللی خودروسازی

Automotive Rheinmetall و بخش حرکت گروه فناوری Group Rheinmetall است. Automotive Rheinmetall با ارائه نام‌های تجاری با کیفیتی مانند Kolbenschmidt و Pierburg و Motorservice در حوزه تأمین هوا، کاهش گازهای گلخانه‌ای و پمپاژ و همچنین در بخش طراحی، تولید و تأمین قطعات یدکی پیستون، قطعات موتور و پاتاقان‌های تخت، موقعیت جهانی بسیار خوبی در بازارهای مربوط دارد. انتشار کمتر گازهای گلخانه‌ای، مصرف سوخت مقرون به‌صرفه‌تر، قابلیت اطمینان، کیفیت و ایمنی، پیشرفته‌های اصلی نوآوری در Automotive Rheinmetall هستند.



PIERBURG



KOLBENSCHMIDT

مسئولیت

همه داده‌های مندرج در این بروشور با دقت مورد تحقیق و تدوین قرار گرفته‌اند. با این ممکن است اشتباهی رخ داده باشد، داده‌ها به اشتباه ترجمه شده باشند، اطلاعات ناقص باشد یا اطلاعاتی که در اختیار شما قرار گرفته‌اند، در این بین تغییر کرده باشند. به همین دلیل نمی‌توانیم برای صحت، کامل بودن، به‌روز بودن یا کیفیت اطلاعات در اختیار قرار گرفته نه تضمینی کنیم و نه مسئولیت قانونی بر عهده بگیریم. هیچ‌گونه مسئولیتی از جانب ما برای خسارات، به خصوص خساراتی که به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم، مشهود و نامشهود، پیش می‌آیند و ناشی از استفاده یا استفاده نادرست از اطلاعات یا اطلاعات ناقص و یا نادرست مندرج در این بروشور هستند، تقبل نمی‌شود، مادامی که این خسارات به علت خطای عمد یا سهل‌انگاری فاحش از طرف ما ایجاد نشده باشد.

بر همین اساس مسئولیت خسارات ناشی از این که تعمیرکار موتور و یا مکانیک فاقد تخصص فنی لازم، دانش تعمیر یا تجربه لازم بوده است را نیز بر عهده نمی‌گیریم.

این که فرایندها و توصیه‌های مربوط به تعمیر شرح داده شده در اینجا تا چه حد برای موتورهای نسل آتی کاربرد دارد، قابل پیش‌بینی نیست و باید بسته به مورد از طرف تعمیرکار موتور یا تعمیرگاه مورد بررسی قرار گیرد.

نسخه ۱ مورخ ۲۰۱۷/۰۵ (۰۵۲۰۱۷)

شماره کالا: ۵۰۰۰۳ ۸۵۹-۰۱

هینت تحریریه:

Motorservice, Technical Market Support

صفحه‌آرایی و تولید:

Motorservice, Marketing
DIE NECKARPRINZEN GmbH, Heilbronn

تجدید چاپ، کپی و ترجمه حتی بخشی از این متن بدون رضایت کتبی قبلی ما و ذکر مرجع مجاز نیست.

حق تغییر و انحراف از تصاویر محفوظ است.
بدون نقیض مسئولیت.

ناشر:

© MS Motorservice International GmbH

۰۴	معرفی	۱
۰۵	مبانی	۲
۰۵	موقعیت یاتاقان در موتور	۱-۲
۰۶	یاتاقان اصلی و یاتاقان شاتون در میلانگ	۲-۲
۰۷	عملکرد یاتاقان های تخت	۳-۲
۰۸	ساختار یاتاقان های تخت	۴-۲
۱۰	پیااده کردن یاتاقان های تخت در صورت آسیب	۵-۲
۱۲	استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط	۳
۱۲	مقدمه	۱-۳
۱۳	فرسایش اولیه برای تطبیق و سازگاری	۲-۳
۱۴	علائم سایش	۳-۳
۱۶	علائم خوردگی	۴-۳
۱۸	موارد خاص	۵-۳
۲۰	پوسیدگی یک طرفه لبه	۱-۵-۳
۲۲	پوسیدگی یک طرفه-مقابل لبه	۲-۵-۳
۲۴	پوسیدگی دو طرفه لبه	۳-۵-۳
۲۶	رد پهن استهلاک در وسط یاتاقان در جهت محیطی	۴-۵-۳
۲۸	استهلاک نوار مانند در وسط یاتاقان	۵-۵-۳
۳۰	استهلاک در محدوده های مقابل سطوح جداکننده	۶-۵-۳
۳۲	استهلاک دوطرفه در محدوده های سطوح جداکننده	۷-۵-۳
۳۴	محدوده باریک استهلاک در رأس پوسته یاتاقان	۸-۵-۳
۳۶	نوارهای باریک بدون استهلاک در حاشیه یاتاقان	۹-۵-۳
۳۸	آسیب دیدگی ناشی از اثر ذرات	۴
۳۸	مقدمه	۱-۴
۴۰	تشکیل شیار	۲-۴
۴۲	تمشینی	۳-۴
۴۴	رد اثر کثیفی	۴-۴
۴۶	لایه زیرین پشت یاتاقان	۵-۴
۴۸	فرسایش و حفره زایی	۵
۴۸	فرسایش	۱-۵
۴۹	حفره زایی	۲-۵
۵۲	آسیب ناشی از خستگی	۶
۵۲	مقدمه	۱-۶
۵۴	ترک و شکاف لایه لغزشی	۲-۶
۵۵	ترک و شکاف فلز یاتاقان	۳-۶
۵۶	آسیب ناشی از گرم شدن بیش از حد	۷
۵۶	مقدمه	۱-۷
۵۷	ترک ناشی از گرما	۲-۷
۵۸	ذوب شدن لایه حرکتی	۳-۷
۵۹	تغییر رنگ لایه حرکتی و یا پشت یاتاقان	۴-۷
۶۰	خوردگی	۸
۶۰	خوردگی ناشی از سایش/زنگ زدگی	۱-۸
۶۲	خوردگی شیمیایی	۲-۸
۶۴	آسیب دیدگی و اثرهای تراست	۹
۶۶	فهرست واژه	۱۰

در مورد این بروشور

این بروشور مروری بر انواع آسیب‌دیدگی پوسته‌های موتوری نیم‌یاتاقان و پوسته و اثرهای تراس است. به‌علاوه این بروشور پشتیبانی برای متخصصان هنگام عیب‌یابی و تعیین دلیل آسیب‌دیدگی محسوب می‌شود.

برای شناسایی دلیل آسیب‌دیدگی‌هایی که همیشه به‌وضوح قابل تشخیص نیست، در ارزیابی آسیب موتور همیشه نیاز به رویکردی جامع وجود دارد. کم نیست مواردی که پس از تعمیر موتور، مجدداً خرابی پیش می‌آید. علت آن است که قطعات آسیب‌دیده گرچه تعویض می‌شوند، اما دلیل بروز آسیب برطرف نمی‌شود.

با توجه به پیچیدگی زیاد تعامل بین هر یک از اجزای سیستم یاتاقان موتور داخلی (رجوع به تصویر) اغلب دلیل بروز آسیب به‌سادگی قابل تشخیص نیست. این مسئله اغلب به یاتاقان مربوط نمی‌شود، بلکه به محدوده سیستم یاتاقان برمی‌گردد. گرچه یاتاقان اغلب بیشترین آسیب را می‌بیند، اکثراً با عوض کردن محض یاتاقان‌های آسیب‌دیده علت آسیب برطرف نمی‌شود.

در صورت تعمیر حرفه‌ای موتور باید در ابتدا دلیل واقعی آسیب مشخص شود تا بتوان بعد از آن اقدامات صحیح برای تعمیر را اجرا نمود.



۳ روان‌کاری:

- ماده روان‌کاری: ویسکوزیته، مکمل
- تأمین روغن: وضعیت روغن، فشار روغن، پمپ
- روغن، لولمکشی روغن، فیلتر روغن
- درجه کثیفی

۴ پوسته یاتاقان:

- مواد و مصالح: استحکام، مقاومت در برابر استهلاک، ویژگی‌های کارکرد در شرایط اضطراری، قابلیت تمشینی
- تراس تولید
- کیفیت سطح بالایی

۱ سیلندر بدنه (مثال: شاتون):

- سفتی (خاصیت ارتجاعی و استحکام)
- اعوجاج حرارتی
- تراس تولید
- کیفیت سطح بالایی
- گشتاور پیچ

۲ سر شفت:

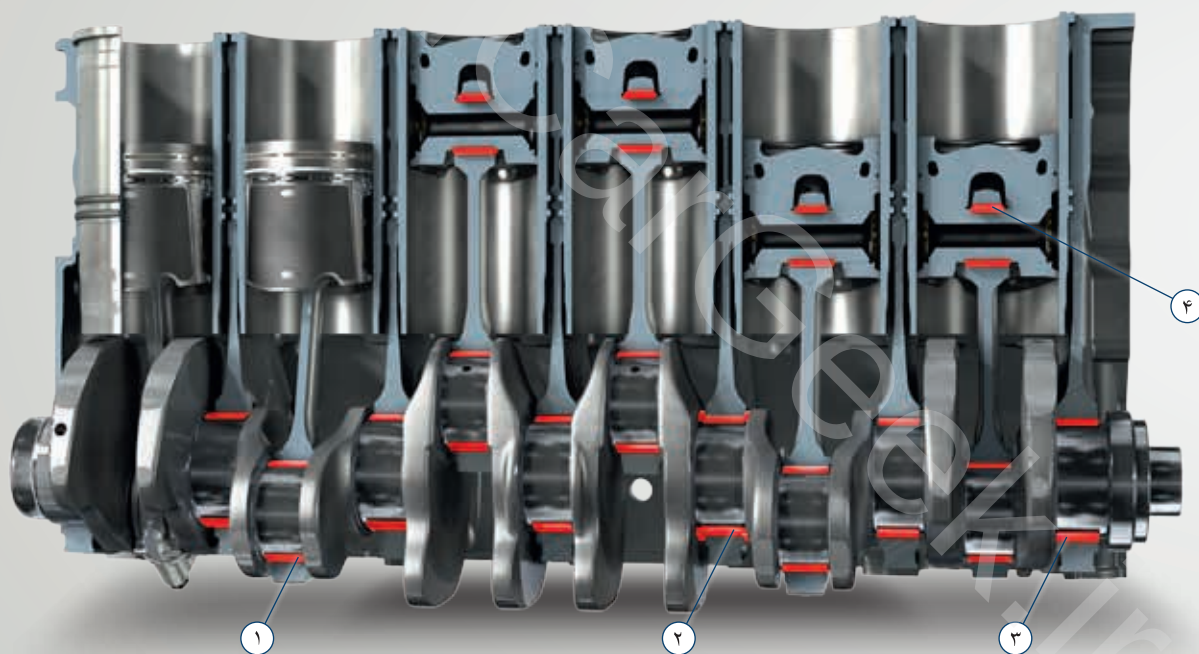
- مواد و مصالح (مثلاً شفت آهنی یا فولادی)
- سفتی (خاصیت ارتجاعی و استحکام)
- اعوجاج حرارتی
- تراس تولید
- کیفیت سطح بالایی

۱-۲ موقعیت قرارگیری یاتاقان در موتور

تمرکز اصلی در این بروشور به پوسته نیم‌یاتاقان معطوف شده است که در میل‌لنگ برای یاتاقان‌بندی دسته شاتون و میل‌لنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد.

تصویر موتور شش سیلندر موقعیت قرارگیری یاتاقان‌ها را در موتور نشان می‌دهد. هفت یاتاقان اصلی تعبیه شده‌اند، که طراحی یکی از آنها به‌صورت یاتاقان محوری است. بین هر یک از یاتاقان‌های اصلی می‌توان یاتاقان شاتون را دید، به‌طوری که برای هر سیلندر یک یاتاقان شاتون وجود دارد.

دیگر موقعیت‌های قرارگیری یاتاقان، مانند یاتاقان میل بادامک، بوش شاتون و شفت متعادل‌کننده به‌طور معمول نه از طریق پوسته نیم‌یاتاقان بلکه از طریق بوش یاتاقان تخت تشخیص داده می‌شوند.



۴ بوش شاتون



۳ یاتاقان اصلی

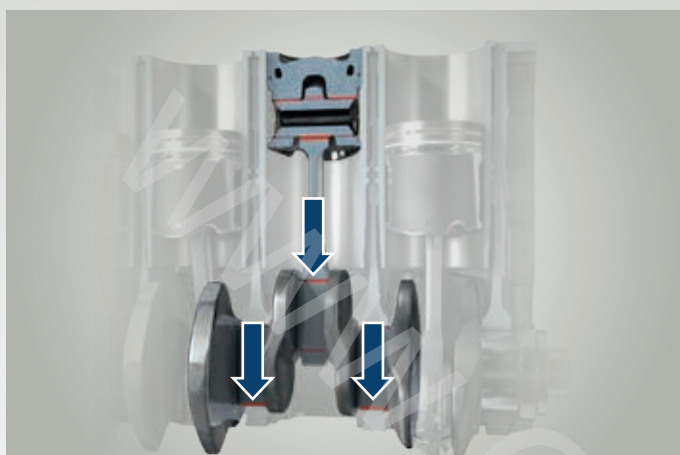


۲ تراست و اشتر/یاتاقان اصلی یا یاتاقان گذرا



۱ یاتاقان شاتون

۲-۲ یاتاقان اصلی و یاتاقان شاتون در میل‌لنگ



یاتاقان شاتون دسته شاتون را به میل‌لنگ متصل می‌کند. می‌توان بین پوسته یاتاقان در طرف میله و در طرف درپوش تمایز قائل شد، و این نکته را مد نظر داشت که پوسته یاتاقان در طرف میله به‌وضوح بیشتر از طرف درپوش تحت استرس قرار دارد. از طریق این قطعه نیروی حاصل از احتراق به سمت میل‌لنگ هدایت می‌شود. در موتورهای بنزینی پوسته یاتاقان سمت درپوش نیز تحت فشار زیادی قرار دارند، چرا که به‌علت سرعت بیشتر نسب به موتورهای دیزلی نیروهای بیشتری اثر می‌کنند. روغن یاتاقان شاتون را می‌توان با کمک سوراخ‌های روی یاتاقان اصلی از روی میل‌لنگ تأمین کرد.

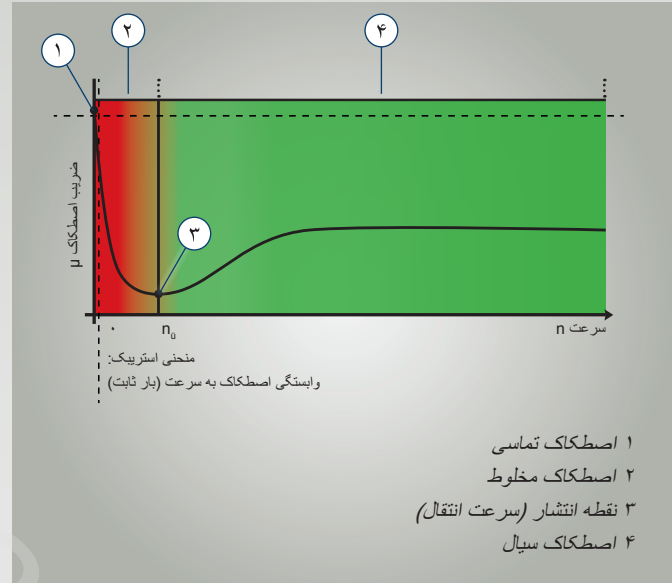
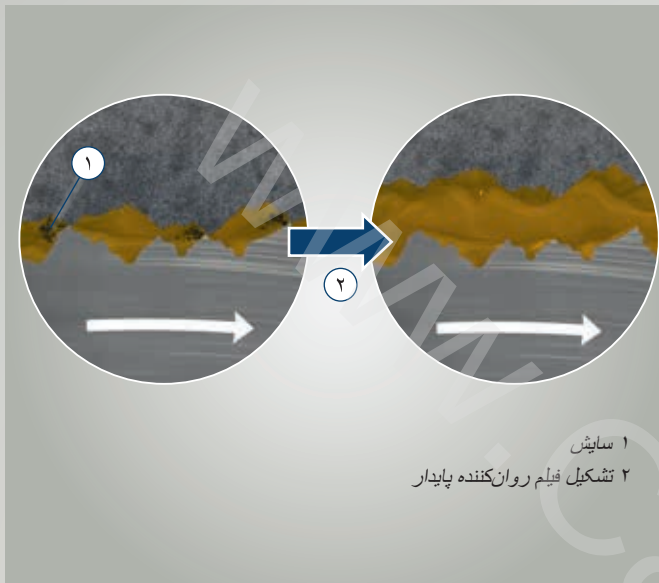


سیستم یاتاقان میل‌لنگ را می‌توان از طریق یاتاقان اصلی تشخیص داد. در اینجا نیز یاتاقان به پوسته یاتاقان بالایی و پایینی تقسیم می‌شود. در یاتاقان‌های اصلی پوسته پایینی به علت جذب نیروی احتراق تحت فشار بیشتری قرار می‌گیرد. چن‌دین یاتاقان اصلی نیروهایی را جذب می‌کنند که از طریق شاتون به میل‌لنگ هدایت می‌شوند. به این ترتیب این یاتاقان‌ها نسبت به پوسته‌های یاتاقان شاتون در سمت میله تحت فشار کمتری قرار دارند. پوسته بالایی یاتاقان اصلی مهره روان‌کاری دارد که روغن را از طریق سوراخ‌های روی میل‌لنگ به یاتاقان‌های شاتون می‌رساند.

برای این که جذب نیروهای محوری، مثلاً نیروهایی که به‌واسطه درگیر کردن کلاچ ایجاد می‌شود، نیز به‌طور اضافی امکان‌پذیر باشد، واشر تراست‌ها یا یاتاقان‌های مرکب به‌شکل یاتاقان‌های محوری تعبیه می‌شوند.



۳-۲ عملکرد یاتاقان‌های تخت



جذب شوند. نقطه عامل ایده‌آل برای یاتاقان‌های تخت در این حالت حاصل می‌گردد. اما حتی این نوع اصطکاک هم ایجاد گرما می‌کند، به‌طوری که برای حذف گرما روان‌کاری کافی مورد نیاز است.

یاتاقان‌های تخت هیدرودینامیکی که در آنها فیلم روان‌کننده فقط به‌واسطه حرکت نسبی بین پوسته یاتاقان و بین ایجاد می‌شود، تا سرعت نهایی مشخصی در محدوده‌ای دارای اصطکاک مخلوط حرکت می‌کنند.

در سرعت‌های پایین خاصیت شناوری هیدرودینامیکی برای جداسازی کامل سطوح از یکدیگر کفایت نمی‌کند. بعضاً قسمت‌های سخت یاتاقان‌های تخت با یکدیگر تماس پیدا می‌کنند که این موضوع خطر آسیب‌دیدگی یاتاقان را با خود دارد. با بالا رفتن سرعت نیروهای سایش کاهش می‌یابند و فیلم روان‌کننده دائمی تشکیل می‌شود. به این ترتیب اصطکاک سیال ایجاد شده که به آن واسطه سطوح تخت به‌طور کامل از هم جدا می‌شوند. برای این که عملکرد ایمن یاتاقان تضمین شود، باید فشار ماده روان‌کننده حاصل شده در شیار یاتاقان به‌اندازه کافی زیاد باشد، تا نیروهای اثرگذار روی یاتاقان بدون تماس با سطوح تخت

عملکرد اصلی یاتاقان تخت در جذب و انتقال نیروهای بین قطعاتی است که حرکتی متناسب و وابسته به یکدیگر دارند. به‌علاوه اصطکاک باید به حداقل برسد، تا به این صورت حرکت چرخشی تقریباً بدون استهلاک امکان‌پذیر شود. با به کار افتادن هر یاتاقان نیروهای اصطکاکی ایجاد می‌شوند که روی حرکت چرخشی اثر متقابل می‌گذارند و باعث تولید گرما می‌شوند. برای کاستن این نیروها و حذف گرمای ناشی از اصطکاک به فیلم روان‌کننده‌ای بین یاتاقان و سر شفت نیاز است. بدون این فیلم روان‌کننده به‌واسطه تماس مستقیم، اصطکاک خشک ایجاد می‌شود که این اصطکاک باعث استهلاک و ساییدگی روی یاتاقان می‌گردد.

۴-۲ ساختار یاتاقان‌های تخت

بر اساس استاندارد DIN 50282 ("رفتار تریبولوژیکی مواد فلزی تخت - شرایط تمایز") می‌توان رفتار تریبولوژیکی مواد تخت را با اصطلاحاتی همچون رفتار در حال کار، قابلیت تمشینی، رفتار در شرایط اضطراری، مقاومت در برابر استهلاک و قابلیت سازگاری توصیف نمود. به همین دلیل ملزومات یاتاقان تخت برای انتخاب مواد حائز اهمیت است.

گروه مواد تخت به دو دسته متفاوت تقسیم می‌شود:

یاتاقان دو ماده‌ای

- مواد ترکیبی فولاد آلومینیوم

ترکیب یاتاقان‌های دو ماده‌ای به این صورت است که پشت آنها از فولاد، لایه میانی از آلومینیوم خالص و فلز یاتاقان اندود شده است. در بسیاری از موارد برای ساخت آلیاژ آلومینیوم موادی اضافی مانند قلع، مس و سیلیکون انتخاب می‌شوند.

یاتاقان سه‌ماده‌ای

- مواد ترکیبی ریخته‌گری شده/نفجوش شده فولاد برنز یا فولاد برنج با روکش
- مواد ترکیبی فولاد آلومینیوم با روکش

روکش یاتاقان سه‌ماده‌ای بسته به نوع استفاده و ملزومات خاص آن به صورت لایه تخت اضافی در قالب لایه کندوپاش، گالوانیک یا لاک روان‌کاری اضافه می‌شود. فلز یاتاقان (آلیاژ آلومینیوم، برنز یا برنج) روی سطح فولادی آبکاری، ریخته‌گری یا تفجوش می‌شود. در صورت نیاز برای ممانعت از نفوذ می‌توان لایه میانی نیکلی یا آلیاژ نیکل را بین مواد تشکیل‌دهنده یاتاقان و سطح در حال حرکت آن (روکش) تعبیه کرد.

در مورد یاتاقان‌های تخت همچنین می‌توان، بسته به ملزومات از مواد متفاوتی استفاده نمود. اغلب برای پوسته‌های یاتاقان که تحت فشار بیشتری قرار دارند ماده دیگری غیر از آن چه که در پوسته یاتاقان طرف مخالف

استفاده شده است، انتخاب می‌گردد. در موتورهای V شکل پوسته‌های یاتاقان شاتون به‌طور مثال در سمت میله با پوسته نیپیاتاقان دارای روکش کندوپاش و در سمت درپوش با پوسته نیپیاتاقان از جنس مواد ترکیبی فولاد آلومینیوم بدون روکش قابل شناسایی هستند.

برای هر یک از موارد آسیب‌دیدگی تصویر متناسب برای نشان دادن ویژگی‌های آسیب با در نظر گرفتن پوسته‌های یاتاقان مناسب نشان داده می‌شود. باید توجه داشت که ممکن است تصاویر آسیب‌دیدگی با توجه به جنس مواد مختلف، متفاوت باشند. با توجه به اشکال مختلف آسیب امکان انحراف از تصاویر نمایش داده شده در بروشور وجود دارد.

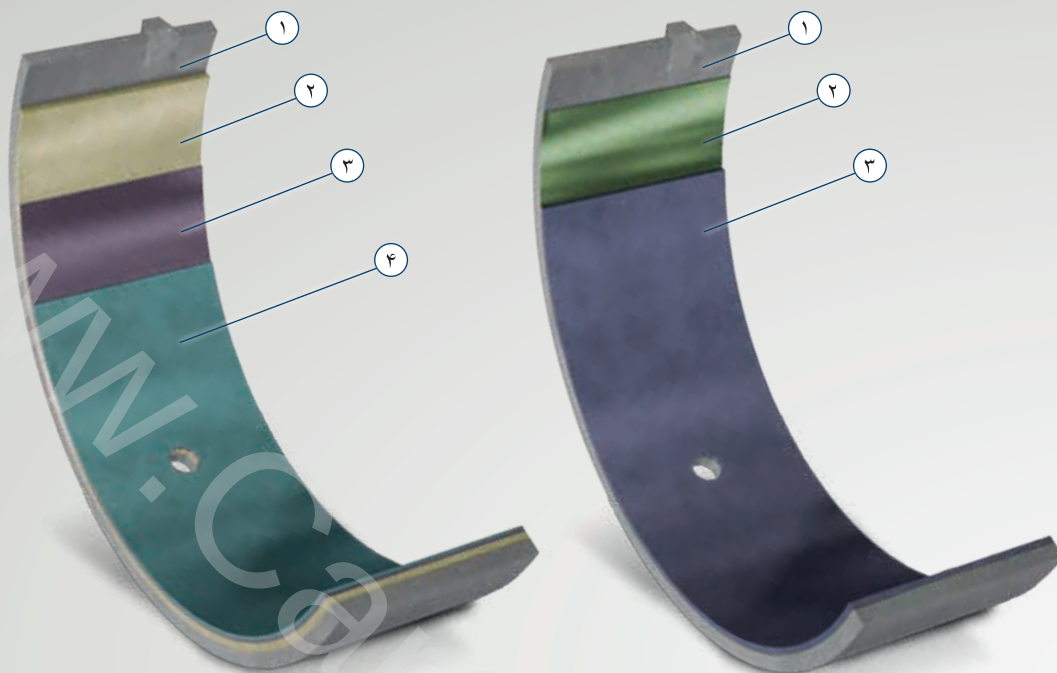


یاتاقان دو ماده‌ای

فولاد آلومینیوم

پشت: فولاد
جنس یاتاقان: آلومینیوم

تصویر ساختار یاتاقان



یاتاقان سه‌ماده‌ای

یاتاقان دو ماده‌ای

- ۱ پشت فولادی
- ۲ جنس یاتاقان
- ۳ لایه میانی (در صورت نیاز)
- ۴ سطح در حال حرکت (روکش)

- ۱ پشت فولادی
- ۲ لایه میانی (در صورت نیاز)
- ۳ جنس یاتاقان



یاتاقان سه‌ماده‌ای

کندوپاش

- پشت: فولاد
- جنس یاتاقان: برنج یا برنز
- لایه میانی (در نمونه‌های برنزی)
- سطح رویی: کندوپاش



یاتاقان سه‌ماده‌ای

لاک روان‌کاری

- پشت: فولاد
- جنس یاتاقان: آلومینیوم یا برنز
- سطح رویی: لاک روان‌کاری



یاتاقان سه‌ماده‌ای

گالوانیک

- پشت: فولاد
- جنس یاتاقان: برنز
- لایه میانی
- سطح رویی: گالوانیک

۲-۵ پیاده کردن یاتاقان‌های تخت در صورت آسیب

• گشتاور لازم برای باز کردن پیچ موتور باید مستند شود. اگر پیچ‌ها با گشتاور درست پیچ نشوند، ممکن است بین پوسته یاتاقان و استوانه بدنه حرکت نسبی ایجاد شود.

• مواردی که در سایر اجزای موتور، مانند میل‌لنگ، جلب توجه می‌کنند نیز باید مستند شوند. در بسیاری از موارد آسیب‌دیدگی قطعه‌ای که در جهت مخالف یاتاقان تخت حرکت می‌کند نیز قابل تشخیص است. معمولاً آسیب‌دیدگی یاتاقان ناشی از بروز آسیب در سایر اجزای موتور است.

• برای تسهیل آنالیز در بعد باید نمونه‌ای از روغن برداشته و فیلتر روغن هم در جایی نگهداری شود. باقی‌مانده ذرات را نیز می‌توان شناسایی و تجزیه و تحلیل کرد. این کار باعث می‌شود که بتوان درک بهتری نسب به علت احتمالی آسیب‌دیدگی داشت.

مواردی که هنگام پیاده کردن پوسته یاتاقان در صورت آسیب‌دیدگی باید مورد توجه قرار گیرد:

- پوسته‌های یاتاقان باید بر اساس نوع و موقعیت قرارگیری در مجرای یاتاقان اصلی برجسب‌گذاری شوند تا بتوان منشأ آسیب را بهتر درک کرد. اغلب محل قرارگیری باعث می‌شود بتوان در کنار بر شکل ظاهری یاتاقان، اطلاعات بیشتری در خصوص منشأ آسیب استخراج کرد. مثلاً در صورت خمش میل‌لنگ، بیش از هرچیزی یاتاقان‌های اصلی اول و آخر در راستای مجرا نشانه‌های استهلاک را بروز می‌دهند.
- شرایط کارکرد (مدت، نوع فشار) و سایر تأثیرات مثل روغن مصرفی باید مستند شوند تا بهتر بتوان آسیب‌دیدگی را تخمین زد.



تصویر ۱: کشش پیچ طبق مقررات تولید کنند



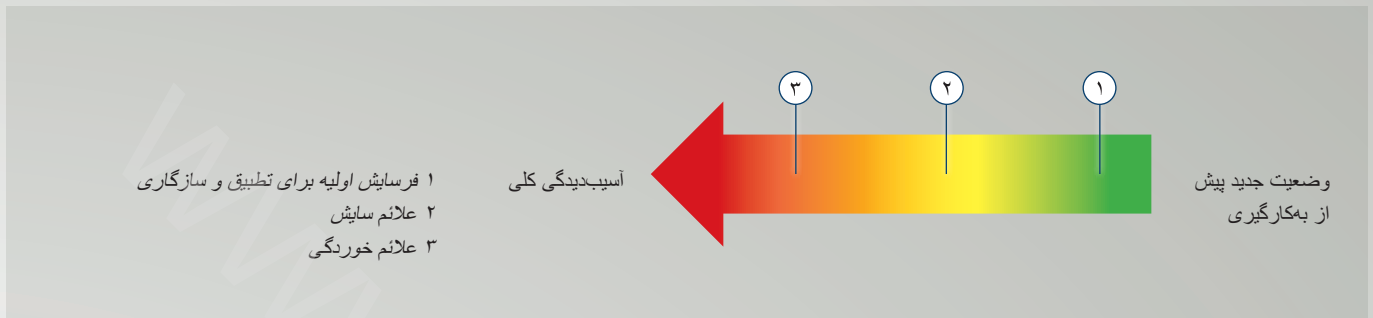
تصویر ۳: مقایسه برشور یاتاقان تخت قدیمی و جدید



تصویر ۲: مستند کردن نحوه و موقعیت قرارگیری یاتاقان

۳ | استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط

۱-۳ مقدمه



تطبیق و سازگاری مطلوب است و باعث ایجاد نقص در عملکرد یاتاقان نمی‌شود. در صورت تشدید اثر اصطکاک مخلوط استهلاک معمول اولیه برای تطبیق و سازگاری از حالت سایش به حالت خوردگی می‌رود و به این ترتیب آسیب‌دیدگی کلی ایجاد می‌شود.

هم کفایت نمی‌کند (رجوع به فصل: "عملکرد یاتاقان‌های تخت"). مواد مقاوم در برابر استهلاک به‌خصوص در خودروهایی مجهز به سیستم خودکار استارت و توقف نقش مهمی دارند. همچنین اگر دور موتور پایین و فشار زیاد باشد ممکن است اصطکاک سیال حاصل نشده و یاتاقان فرسوده شود. ممکن است انحرافات هندسی ناشی از خطای مونتاژ یا تغییر شکل بین و مجرای یاتاقان نیز منجر به استهلاک شود.

در اولین ساعات کارکرد یاتاقان، قطعه مخالف با آن سازگاری می‌یابد. در این حالت نوک‌های تیز صاف و پروفیل زبر هموار می‌شود. این فرسایش اولیه برای

"استهلاک یعنی از دست رفتن پیش‌رونده سطح جسمی جامد ناشی از علل مکانیکی، به معنی تماس و حرکت نسبی جسم متقابل به شکل جامد، مایع یا گاز." (DIN 50320)

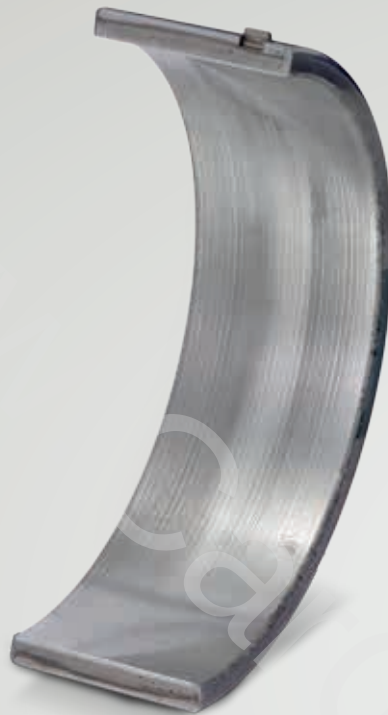
در پوسته یاتاقان استهلاک به واسطه تماس فلز در نتیجه اصطکاک مخلوط بین یاتاقان و سر شفت پدید می‌آید.

این مسئله به‌عنوان مثال با هر بار استارت و توقف و موتور تکرار می‌شود. یاتاقان‌های مورد استفاده بین حالت سکون و سرعت نهایی شفت در محدوده اصطکاک مخلوط در حرکت هستند. در این محدوده همیشه قابلیت پایداری فیلم روان‌کننده برای جدا کردن کامل دو قطعه مخالف

۲-۳ فرسایش اولیه برای تطبیق و سازگاری

توصیف

- اثر فرسایش براق و صاف در محدوده وارد شدن فشار اصلی
- شروع و پایان محو و ملایم
- ساختار پردازش یاتاقان هنوز قابل تشخیص است



پوشته زیری یاتاقان اصلی
 ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم
 (بدون روکش)

در وسط یاتاقان نوار برقی ناشی از فرسایش قابل تشخیص است، در حالی که در محدوده آزاد و در لبه‌های یاتاقان هیچ اثری از کارکرد قابل رویت نیست. در اینجا ساختار پردازش یاتاقان هنوز قابل تشخیص است.

ارزیابی

در اولین ساعات کارکرد یاتاقان به واسطه تماس یاتاقان و سر شفت در محدوده اصطکاک مخلوط نوک‌های تیز آن صاف و پروفیل زیر هموار می‌شود. این استهلاک عمدتاً در محدوده اصلی تحت فشار یاتاقان یا در قسمت‌هایی که انحراف شکل ماکروسکوپی دارند اتفاق می‌افتد (رجوع به فصل: "موارد خاص استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط").

توصیه:



عملکرد یاتاقان دچار نقص نشده است.

اما اگر این فرسایش اولیه برای تطبیق و سازگاری مثلاً به واسطه نقص در تراز یا در شکل تشدید گردد، ممکن است منجر به سایش، خوردگی یا آسیب‌دیدگی ناشی از خستگی شود.

۳-۳ علائم سایش

توصیف

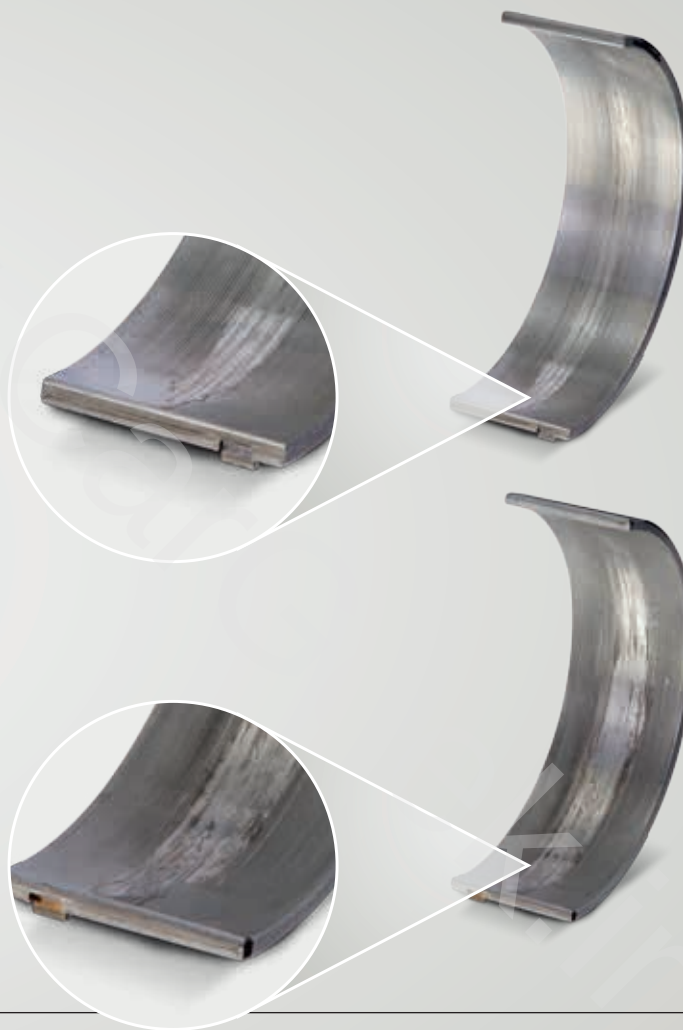
- اثرات براق و صاف اصطکاک مخلوط
- به خصوص در محدوده اصلی وارد شدن فشار
- جابه‌جایی لایه رویی یا لایه صاف تا محدوده آزاد، اکثراً در جهت چرخش تسمه‌ای شکل
- تشکیل شیار

پوسته یاتاقان شاتون طرف در پوش ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

در وسط یاتاقان به وضوح اثر براق اصطکاک مخلوط همراه با تشکیل شیار قابل تشخیص است. جابه‌جایی ظاهر پوشیدگی تا محدوده آزاد اتفاق می‌افتد.

پوسته یاتاقان شاتون طرف میله ماده ترکیبی فولاد برنج با روکش کندوپاش

اثر براق اصطکاک مخلوط، بعضاً همراه با تشکیل شیار قابل تشخیص است. روکش کندوپاش تا محدوده آزاد جابه‌جا می‌شود. این محدوده همراه با لایه کندوپاشی که خورده شده است، ذوب می‌شود.



ارزیابی

اگر وضعیت اصطکاک مخلوط طولانی مدت باشد، این علائم سایش ثابت می‌شوند و ممکن است باعث ایجاد شیار در پین شوند. در نتیجه پوسته یاتاقان مربوط دچار خوردگی می‌شود و پوسته یاتاقان به واسطه فشار حرارتی به پین جوش می‌خورد.

اگر تأثیر اصطکاک مخلوط افزایش یابد، ممکن است علائم سایش از آن اثرات ابتدایی فراتر رود. اگر مسئله مربوط به وضعیتی گذرا باشد، می‌توان این خطوط را دوباره صاف کرد. قابلیت عملکرد یاتاقان دیگر محدود نمی‌شود. اما ارزیابی این نکته بسیار دشوار است.

استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط | ۳

دلایل ممکن

- سوراخ‌های روغن آزاد نیستند: دلیل ممکن است نصب نادرست پوسته‌های یاتاقان یا گرفتگی سوراخ‌های روغن باشد. مورد دوم اغلب در صورت استفاده از سوخت‌های زیستی اتفاق می‌افتد.
- شیار ماده روان‌کاری خیلی کوچک است: به این علت فیلم پایدار ماده روان‌کننده تشکیل نمی‌شود — علت: انحراف شکل و هندسی شفت یا پین، یا خمش میل‌لنگ.
- شیار ماده روان‌کاری خیلی بزرگ است: فشار هیدرودینامیکی برای تشکیل فیلم ماده روان‌کننده پایدار حاصل نمی‌شود.
- وضعیت روغن یا فشار روغن خیلی کم است.
- فیلتر روغن مسدود شده است.
- پمپ روغن خراب است.
- نشئی در لوله‌کشی روغن.
- فشار بیش از حد یاتاقان: استرس بیشتر از حد طراحی شده است — دلایل: مثلاً چپ‌تیونینگ یا خورده شدن پیستون.
- تأثیر ذرات: ذرات داخل شیار یاتاقان می‌روند و خورنده‌های شفت و یاتاقان را به سمت خود می‌کشند.
- در صورت تمشینی یا تشکیل شیار لبه‌ها بالا می‌آیند — نتیجه: زیاد شدن شدید اصطکاک مخلوط.

راهنمایی

- ممکن است علائم سایش بیشتر شوند و به خوردگی یاتاقان بینجامند. به همین دلیل تعویض یاتاقان و رفع علت این مشکل مهم است:
- بررسی کنید که همه سوراخ‌ها روغن آزاد باشند و چیزی مسدود نباشد.
- لقی حقیقی یاتاقان را بررسی کنید: اگر این لقی در محدوده تolerانس نیست، علت آن اغلب وجود خطای شکل و هندسی است (رجوع به فصل: "موارد خاص استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط").
- قابلیت عملکرد فیلتر روغن را بررسی کنید و تعویض فیلتر روغن را همیشه بر اساس دستورالعمل تولیدکننده انجام دهید.
- وضعیت روغن و فشار روغن را بررسی و در صورت لزوم تنظیم کنید.
- قابلیت عملکرد پمپ روغن را بررسی کنید.
- لوله‌کشی روغن را از نظر نشئی احتمالی بررسی کنید.
- فشار روی هر یک از یاتاقان‌ها را بررسی کنید.
- کل مجموعه یاتاقان‌ها را از نظر نشست ذرات یا شیار بررسی کنید: اگر چنین موردی وجود داشت، احتمالاً اثر ذرات باعث تشکیل علائم خوردگی شده است (رجوع به فصل: "آسیب‌دیدگی ناشی از اثر ذرات").

۴-۳ علائم خوردگی

توصیف

- پاره شدن محدوده مواد
- تشکیل شیارهای زیاد و تغییر شکل
- قرار گرفتن به صورت آزاد و نیز زبر شدن و شکستگی
- در مقایسه با پوسته‌های یاتاقان کناری که خورده نشده‌اند
- با چشم غیرمسلح پراکندگی بیشتری قابل رویت است
- علائم داغ شده بیش از حد: مثلاً ذوب شدن مواد یاتاقان
- یا تغییر رنگ اغلب همراه با خوردگی نمایان میشود

پوسته زیری یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

ذوب شدن و جابه‌جایی مواد یاتاقان به بیرون از لبه یاتاقان و همچنین شکست سطح با محدوده مواد پاره شده دیده می‌شود.



ارزیابی

دمای زیاد در محدوده دارای اصطکاک مخلوط شدید باعث جوش خوردن نقاطی بین پین و یاتاقان می‌شود. این جوش‌خوردگی‌ها دوباره می‌شکنند، که به این واسطه در مقایسه با میل‌لنگ مواد نرژر یاتاقان پاره می‌شوند. دلیل این مسئله فقدان حاد ماده روان‌کاری است. بالا رفتن دما

که به این علت ایجاد شده است منجر به بروز آسیب‌های ناشی از داغ شدن بیش از حد می‌شود، که این آسیب‌ها از عوارض جانبی شایع خورده شدن یاتاقان هستند. ممکن است به علت وارد شدن مواد ساینده در جریان ماده روان‌کاری در یاتاقان‌های مجاور تأثیر ذرات یا علائم سایش به چشم بخورد.

دیده شدن علائم سایش از مراحل قبلی خوردگی یاتاقان است.

استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط | ۳

دلایل ممکن

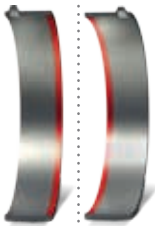
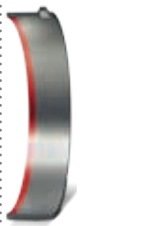
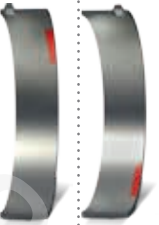
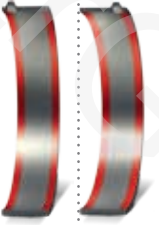
- سوراخ‌های روغن آزاد نیستند: دلیل ممکن است نصب نادرست پوسته‌های یاتاقان یا گرفتگی سوراخ‌های روغن باشد. مورد دوم اغلب در صورت استفاده از سوخت‌های زیستی اتفاق می‌افتد.
- شیار ماده روان‌کاری خیلی کوچک است: به این علت فیلم پایدار ماده روان‌کننده تشکیل نمی‌شود – علت: انحراف شکل و هندسی شفت یا پین، یا خمش میل‌لنگ
- شیار ماده روان‌کاری خیلی بزرگ است: فشار هیدرودینامیکی برای تشکیل فیلم ماده روان‌کننده پایدار حاصل نمی‌شود
- وضعیت روغن یا فشار روغن خیلی کم است
- فیلتر روغن مسدود شده است
- پمپ روغن خراب است
- نشستی در لوله‌کشی روغن
- فشار بیش از حد یاتاقان: استرس بیشتر از حد طراحی شده است – دلایل: مثلاً چپ‌تیونینگ یا خورده شدن پیستون
- تأثیر ذرات: ذرات داخل شیار یاتاقان می‌روند و خورنده‌های شفت و یاتاقان را به سمت خود می‌کشند. در صورت تمشینی یا تشکیل شیار لبه‌ها بالا می‌آیند – نتیجه: زیاد شدن شدید اصطکاک مخلوط

راهنمایی

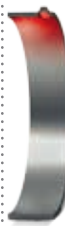
- خوردگی از جمله جدی‌ترین آسیب‌های یاتاقان به شمار می‌آید. یاتاقان کاملاً از بین رفته است و باید تعویض شود. اگر یاتاقان همچنان مورد استفاده قرار گیرد، ممکن است سایر اجزای موتور آسیب ببینند.
- بررسی کنید که همه سوراخ‌ها روغن آزاد باشند و چیزی مسدود نباشد
- لقی حقیقی یاتاقان را بررسی کنید: اگر این لقی در محدوده تolerانس نیست، علت آن اغلب وجود خطای شکل و هندسی است (رجوع به فصل: "موارد خاص استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط")
- قابلیت عملکرد فیلتر روغن را بررسی کنید و تعویض فیلتر روغن را همیشه بر اساس دستورالعمل تولیدکننده انجام دهید
- وضعیت روغن و فشار روغن را بررسی و در صورت لزوم تنظیم کنید
- قابلیت عملکرد پمپ روغن را بررسی کنید
- لوله‌کشی روغن را از نظر نشستی احتمالی بررسی کنید
- فشار روی هر یک از یاتاقان‌ها را بررسی کنید
- کل مجموعه یاتاقان‌ها را از نظر نشست ذرات یا شیار بررسی کنید: اگر چنین موردی وجود داشت، احتمالاً اثر ذرات باعث تشکیل علائم خوردگی شده است (رجوع به فصل: "آسیب‌دیدگی ناشی از اثر ذرات")

۳-۵ موارد خاص

مواردی وجود دارد که در آن پوسته یاتاقان ظاهر پوشیدگی خاصی دارد. با کمک خط تصویری زیر که آسیب‌ها را معرفی می‌کند، می‌توان تصویر آسیب احتمالی را در زیر یکی از انواع آسیب دسته‌بندی کرد.

فصل	پوسته یاتاقان بالایی	پوسته یاتاقان زیری
۳-۵-۱ پوشیدگی یک‌طرفه لبه • روی پوسته بالایی و زیری هر یک در طرف مشابه		
۳-۵-۲ پوشیدگی یک‌طرفه-متقابل لبه • روی پوسته بالایی و زیری به صورت قطری قرار می‌گیرد • ممکن است محدوده‌های مختلف با شدت متفاوتی تحت تأثیر قرار بگیرند		
۳-۵-۳ پوشیدگی دو طرفه لبه • روی پوسته بالایی و زیری هر یک در دو طرف		
۳-۵-۴ رد پهن استهلاک در وسط یاتاقان • روی پوسته بالایی و زیری اغلب با شدت یکسان به چشم می‌خورند • در پوسته‌های یاتاقان اصلی در پوسته بالایی یاتاقان به واسطه شیار روغن تصویر استهلاک خیلی جلب توجه نمی‌کند		
۳-۵-۵ استهلاک نوار مانند در وسط یاتاقان • روی پوسته بالایی و زیری اغلب با شدت یکسان به چشم می‌خورند • در پوسته بالایی یاتاقان اصلی دارای شیار روغن تصویر استهلاک خیلی جلب توجه نمی‌کند		

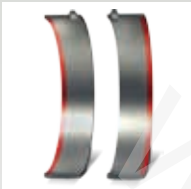
استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط | ۳

فصل	پوسته یاتاقان بالایی	پوسته یاتاقان زیری
۶-۵-۳ استهلاک در محدوده‌های مقابل سطوح جداکننده		
۷-۵-۳ استهلاک دوطرفه در محدوده‌های سطوح جداکننده		
۸-۵-۳ محدوده باریک استهلاک در رأس پوسته یاتاقان		
۹-۵-۳ نوارهای باریک بدون استهلاک در حاشیه یاتاقان • ممکن است به صورت یکطرفه یا دوطرفه ظاهر شود		

۳-۵-۱ پوشیدگی یکطرفه لبه

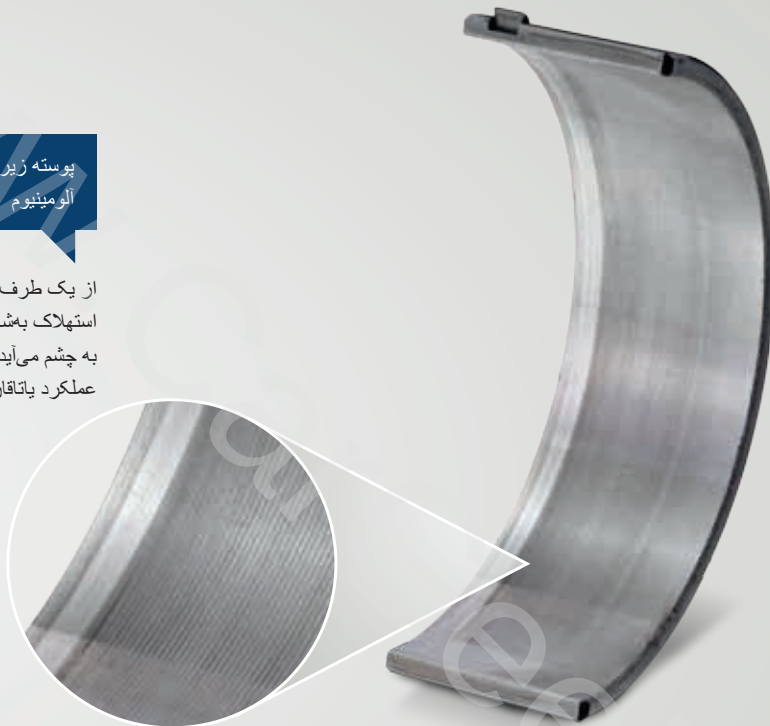
توصیف

- نوارهای براق و روشن نشان‌دهنده استهلاک یکطرفه در لبه یاتاقان
- در محدوده پوشیدگی لبه: نشانه‌های جدی خستگی ماده یا علائم سایش قابل تشخیص هستند
- نشانه‌های داغ شدن بیش از حد مانند تغییر رنگ به واسطه فشار حرارتی یا رسوبات کربن ناشی از سوخت روغن در محدوده پوشیدگی لبه روی پشت یاتاقان



پوسته زیری یاتاقان اصلی ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

از یک طرف لبه یاتاقان فرسوده شده قابل رویت است. استهلاک به شکل فرسایش اولیه برای تطبیق و سازگاری به چشم می‌آید. عملکرد یاتاقان دچار نقص نشده است.



ارزیابی

شیار ماده روانکاری روی لبه یاتاقان خیلی کوچک است، به‌طوری که فیلم ماده روان‌کننده کاملاً پایدار نیست و ممکن است در برخی از نقاط اصطکاک مخلوط ایجاد شود. اگر فقدان ماده روانکاری ادامه یابد، دما در پی حرارت ناشی از اصطکاک بالا می‌رود. نتیجه آن، آسیب‌های ناشی از داغی بیش از حد، مانند تیره شدن پشت یاتاقان است. با بالا رفتن سطح دما کمبود ماده روانکاری تشدید می‌شود و این

فرآیند همچنان تکرار می‌گردد تا اولین علائم سایش ظاهر می‌شود و با افزایش فشار سطح به آسیب‌های ناشی از خستگی می‌انجامد.

بسته به شدت استهلاک لبه‌های یاتاقان، می‌توان این مسئله را عادی دانست. هنگام کارکرد میل‌لنگ خمشی دارد که بیش از هر چیز روی یاتاقان اصلی بیرونی تأثیر می‌گذارد.

به تناسب این موضوع یاتاقان‌های بیرونی پوشیدگی بیشتری در لبه‌ها دارند.

استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط | ۳

دلایل ممکن

- بین پولیش شده به صورت کونیک (تصویر ۱)
- سوراخ کونیک یاتاقان (تصویر ۲)
- شعاع گرد کردن از یکطرف خیلی زیاد است (تصویر ۳)
- خمش میل‌لنگ: میل‌لنگ هنگام نصب تراز نشده است یا به علت استرس مکانیکی در طول کارکرد تغییر شکل داده است
- تراز نشدن سوراخ یاتاقان به دلیل گشتاور نادرست پیچ‌ها
- هنگام سوار کردن موتور یا اعوجاج بیش از حد در مجرای یاتاقان اصلی به واسطه زیاد شدن دما در طول کارکرد
- عدم تراز محوری پوسته



تصویر ۳



تصویر ۲



تصویر ۱

راهنمایی

- یاتاقان‌هایی را که علائم پوسیدگی لبه دارند، می‌توان بسته به میزان پیشرفت استهلاک همچنان مورد استفاده قرار داد.
- اگر این آسیب ظرف چند ساعت کار بیشتر شود، باید اقداماتی برای تشخیص دلیل انجام گیرد:
- هندسه صحیح میل‌لنگ را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه‌ای، داشتن موج، زبری سطح
- صحیح بودن سوراخ پایه مجرای یاتاقان را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه‌ای، سطح
- میل‌لنگ را هنگام مونتاژ تراز کنید و استرس شفت را مورد بررسی قرار دهید
- تراز بودن سوراخ یاتاقان اصلی را بررسی کنید: هنگام سوار کردن موتور همیشه به گشتاور مشخص شده و همچنین ترتیب قرار دادن پیچ‌ها توجه کنید. موتور باید در طول کارکرد به اندازه کافی خنک شده باشد، چرا که در صورت بالا بودن دما امکان اعوجاج وجود دارد
- دسته شاتون را پیش از مونتاژ از نظر زاویه بررسی کنید

۳ | استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط

۳-۵-۲ پوشیدگی یک طرفه-متقابل لبه

توصیف

- نوارهای براق و روشن نشان‌دهنده فرسایش – یک طرفه
- در پوسته بالایی و زیری یاتاقان در مقابل هم
- در محدوده پوشیدگی لبه: رویت نشانه‌های قابل تشخیص خستگی ماده یا علائم سایش امکان‌پذیر است
- رویت نشانه‌های داغ شدن بیش از حد مانند تغییر رنگ به واسطه فشار حرارتی یا رسوبات کربن ناشی از سوخت روغن در محدوده پوشیدگی لبه روی پشت یاتاقان امکان‌پذیر است



پوسته یاتاقان شاتون طرف میله ماده ترکیبی فولاد
برنج با روکش کندوپاش (تصویر ۱)

پوسته یاتاقان شاتون طرف در پوش ماده ترکیبی فولاد
آلومینیوم (تصویر ۲)

علائم پوشیدگی که به صورت قطری در برابر هم قرار گرفته‌اند قابل تشخیص هستند. شدت استهلاک در لبه یاتاقان در محدوده‌های مختلف تفاوت دارد.

عملکرد یاتاقان دچار نقص نشده است.



تصویر ۱

تصویر ۲

ارزیابی

داغی بیش از حد، مانند تیره شدن پشت یاتاقان است. با بالا رفتن سطح دما کمبود ماده روان‌کاری تشدید می‌شود و این فرآیند همچنان تکرار می‌گردد تا اولین علائم سایش ظاهر می‌شود و با افزایش فشار سطح به آسیب‌های ناشی از خستگی می‌انجامد.

شیار ماده روان‌کاری روی لبه یاتاقان خیلی کوچک است، به‌طوری که فیلم ماده روان‌کننده کاملاً پایدار نیست و ممکن است در برخی از نقاط اصطکاک مخلوط ایجاد شود. اگر فقدان ماده روان‌کاری ادامه یابد، دما در پی حرارت ناشی از اصطکاک بالا می‌رود. نتیجه آن، آسیب‌های ناشی از

استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط | ۳

دلایل ممکن

- خطای تراز پین یا بدنه (تصویر ۳)
- شعاع گرد شدگی شفت مشکل دارد
- "لق زن" دسته شاتون (خم شده یا پیچ خورده) (تصویر ۴)
- تغییر شکل کارتر



تصویر ۴



تصویر ۳

راهنمایی

همچنین ترتیب قرار دادن پیچ‌ها توجه کنید. موتور باید در طول کارکرد به اندازه کافی خنک شده باشد، چرا که در صورت بالا بودن دما امکان اعوجاج وجود دارد

- دسته شاتون را پیش از مونتاژ از نظر زاویه بررسی کنید

- صحیح بودن سوراخ پایه مجرای یاتاقان را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه‌ای، سطح
- میل‌لنگ را هنگام مونتاژ تراز کنید و استرس شفت را مورد بررسی قرار دهید
- تراز بودن سوراخ یاتاقان اصلی را بررسی کنید: هنگام سوار کردن موتور همواره به گشتاور مشخص شده و

یاتاقان‌هایی را که علائم پوسیدگی لبه دارند، می‌توان بسته به میزان پیشرفت استهلاک همچنان مورد استفاده قرار داد. اگر این آسیب ظرف چند ساعت کار بیشتر شود، باید اقداماتی برای تشخیص دلیل انجام گیرد:

- هندسه صحیح میل‌لنگ را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه‌ای، داشتن موج، زیری سطح

۳ | استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط

۳-۵-۳ پوشیدگی دوطرفه لبه

توصیف

- نوارهای براق و روشن نشان‌دهنده فرسایش – دوطرفه در لبه‌های یاتاقان
- در محدوده پوشیدگی لبه: رویت نشانه‌های قابل تشخیص خستگی ماده یا علائم سایش امکان‌پذیر است



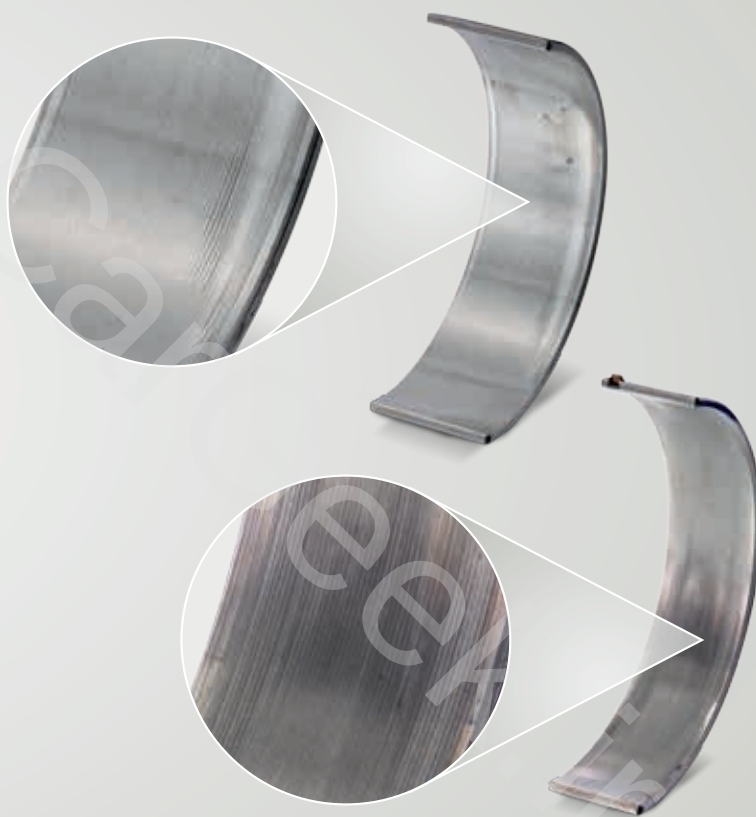
- رویت نشانه‌های داغ شدن بیش از حد مانند تغییر رنگ به واسطه فشار حرارتی یا رسوبات کربن ناشی از سوخت روغن در محدوده پوشیدگی لبه روی پشت یاتاقان امکان‌پذیر است

پوشته یاتاقان پیستون در طرف درپوش ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

پوشیدگی لبه در دو طرف در مراحل ابتدایی – استهلاک به شکل فرسایش اولیه برای تطبیق و سازگاری.

پوشته یاتاقان شاتون طرف میله ماده ترکیبی فولاد برنج با روکش کئوپاش

پوشیدگی لبه در دو طرف در مراحل ابتدایی – استهلاک به شکل فرسایش اولیه برای تطبیق و سازگاری.



ارزیابی

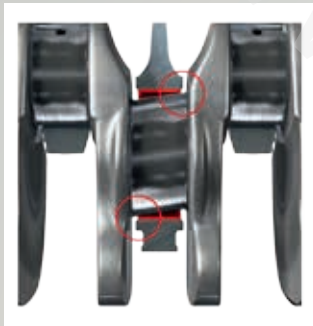
شیار ماده روان‌کاری روی لبه یاتاقان خیلی کوچک است، به‌طوری که فیلم ماده روان‌کننده کاملاً پایدار نیست و ممکن است در برخی از نقاط اصطکاک مخلوط ایجاد شود. اگر فقدان ماده روان‌کاری ادامه یابد، دما در پی حرارت ناشی از اصطکاک بالا می‌رود. نتیجه آن، آسیب‌های ناشی از داغی بیش از حد، مانند تیره شدن پشت یاتاقان است. با بالا رفتن سطح دما کمبود ماده روان‌کاری تشدید می‌شود و این

فرآیند همچنان تکرار می‌گردد تا اولین علائم سایش ظاهر می‌شود و با افزایش فشار سطح به آسیب‌های ناشی از خستگی در این محدوده می‌انجامد. ایجاد پوشیدگی لبه در هر دو طرف در محدوده اصلی فشار یاتاقان بسیار شایع است. این استهلاک را می‌توان بسته به شدت آن طبیعی دانست و نشانه نقص در عملکرد نیست.

استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط | ۳

دلایل ممکن

- شکل مقعر بین (تصویر ۱)
- سوراخ مقعر یاتاقان (تصویر ۲)
- شعاع بسیار زیاد گرد شدگی بین یاتاقان و لنگ میل‌لنگ (تصویر ۳)
- لقی بسیار زیاد محوری، "لق زدن" دسته شاتون
- پین پولیش شده به صورت مورب (تصویر ۴)



تصویر ۴



تصویر ۳



تصویر ۲



تصویر ۱

راهنمایی

- یاتاقان‌هایی را که علائم پوشیدگی لبه دارند، می‌توان بسته به میزان پیشرفت استهلاک همچنان مورد استفاده قرار داد.
- اگر این آسیب ظرف چند ساعت کار بیشتر شود، باید اقداماتی برای تشخیص دلیل انجام گیرد:
- هندسه صحیح میل‌لنگ را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه‌ای، داشتن موج، زیری سطح
- صحیح بودن سوراخ پایه مجرای یاتاقان را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه‌ای، سطح
- میل‌لنگ را هنگام مونتاژ تراز کنید و استرس شفت را مورد بررسی قرار دهید
- تراز بودن سوراخ یاتاقان اصلی را بررسی کنید: هنگام سوار کردن موتور همیشه به گشتاور مشخص شده و همچنین ترتیب قرار دادن پیچ‌ها توجه کنید. موتور باید
- در طول کارکرد به اندازه کافی خنک شده باشد، چرا که در صورت بالا بودن دما امکان اعوجاج وجود دارد
- دسته شاتون را پیش از مونتاژ از نظر زاویه بررسی کنید

۳ | استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط

۴-۵-۳ رد پهن استهلاک در وسط یاتاقان در جهت محیطی

توصیف

- رد شدید استهلاک در وسط یاتاقان در جهت محیطی
- حاشیه یاتاقان کمتر فرسوده شده است
- جابه‌جایی مواد در برخی نقاط در جهت محیطی
- در موارد جدی: نشانه‌های خستگی ماده و علائم سایش قابل رویت است



پوسته زیری یاتاقان اصلی ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

اثرات واضح استهلاک در وسط یاتاقان با ادامه به سمت قسمت آزاد قابل تشخیص است. این اثرات به شکل علائم سایش در سطح رویی خود را نشان داده‌اند.

پوسته زیری یاتاقان اصلی ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

در اینجا اثرات تشدید شده پوسیدگی در وسط یاتاقان با ادامه به سمت قسمت آزاد قابل تشخیص است. اثر پوسیدگی به این شکل هنوز مطابق با فرسایش اولیه برای تطبیق و سازگاری است.



ارزیابی

از اصطکاک بالا می‌رود. با بالا رفتن سطح دما کمبود ماده روان‌کاری تشدید می‌شود. این فرآیند همچنان تکرار می‌گردد تا اولین علائم سایش ظاهر می‌شود و با افزایش فشار سطح به آسیب‌های ناشی از خستگی در این محدوده می‌انجامد.

شیار ماده روان‌کاری روی لبه یاتاقان خیلی کوچک است، به‌طوری که فیلم ماده روان‌کننده کاملاً پایدار نیست و ممکن است در برخی از نقاط اصطکاک مخلوط ایجاد شود. اگر فقدان ماده روان‌کاری ادامه یابد، دما در پی حرارت ناشی

استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط | ۳

دلایل ممکن

- شکل بیش از حد محدب بین (تصویر ۱)
- سوراخ محدب یاتاقان (تصویر ۲)
- کمبود ماده روانکاری



تصویر ۲



تصویر ۱

راهنمایی

- در طول کارکرد به اندازه کافی خنک شده باشد، چرا که در صورت بالا بودن دما امکان اعوجاج وجود دارد
- دسته شاتون را پیش از مونتاژ از نظر زاویه بررسی کنید
- سیستم ماده روانکاری را بررسی کنید (رجوع به فصل: "راهنمایی علائم سایش")

- صحیح بودن سوراخ پایه مجرای یاتاقان را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه‌ای، سطح
- میل‌لنگ را هنگام مونتاژ تراز کنید و استرس شفت را مورد بررسی قرار دهید
- تراز بودن سوراخ یاتاقان اصلی را بررسی کنید: هنگام سوار کردن موتور همیشه به گشتاور مشخص شده و همچنین ترتیب قرار دادن پیچ‌ها توجه کنید. موتور باید

- می‌توان بسته به میزان پیشرفت استهلاک همچنان از یاتاقان‌ها استفاده کرد. به محض رویت علائم سایش یا نشانه‌ای حاکی از خستگی ماده، باید این یاتاقان‌ها را تعویض و اقدامات لازم برای تشخیص علت را انجام داد:
- هندسه صحیح میل‌لنگ را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه‌ای، داشتن موج، زبری سطح

۳ | استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط

۵-۵-۳ استهلاک نوار مانند در وسط یاتاقان

توصیف

- استهلاک نوار مانند در وسط یاتاقان در ادامه شیار روغن – در یاتاقان شاتون در هر دو پوسته یاتاقان در محدوده سوراخ روغن روی پین بعضاً با خراش‌های سرتاسری
- حاشیه یاتاقان کمتر فرسوده شده است
- محدوده استهلاک بسیار محدود
- در موارد جدی: نشانه‌های خستگی ماده و علائم سایش قابل رویت است



پوسته زیری یاتاقان اصلی ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

نوارهای بسیار محدودی در وسط یاتاقان قابل تشخیص هستند. این نوار از نظر شکل مشابه شیار روغنی است که در پوسته بالایی یاتاقان قرار دارد. اثرات استهلاک به شکل فرسایش اولیه برای تطبیق و سازگاری به چشم می‌آیند.



ارزیابی

نوار مانند در پوسته یاتاقان بدون شیار روغن می‌شود. هر دو فرآیند ممکن است منجر به پیدایش علائم سایش و آسیب‌های ناشی از خستگی بینجامند.

نشانه‌های ظاهری ایجاد شود، به اصطلاح استهلاک شانه‌ای نام دارد (تصویر ۲). این نوع فرسایش در نتیجه استهلاک کمتر پین در محدوده شیار روغن اتفاق می‌افتد. از آنجایی که به واسطه شیار روغن هیچ نوع تماس فلزی بین پین و یاتاقان وجود ندارد، از سطح فلز چیزی جدا نمی‌شود و روی پین بلندی ایجاد می‌شود. این بلندی باعث استهلاک

این نوع استهلاک ممکن است مربوط به نقص در سوراخ روغن یا گرد نبودن آن به اندازه کافی باشد (تصویر ۱). در این حال استهلاک پوسته زیری یاتاقان در یاتاقان‌های اصلی یا در هر دو پوسته یاتاقان در یاتاقان شاتون در محدوده سوراخ روغن روی پین به شدت جلب توجه می‌کند. شیوه دیگر ایجاد این حالت که باعث می‌شود همین

استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط | ۳



دلایل ممکن

- نقص در گردی یا گرد نبودن سوراخ روغن به اندازه کافی (تصویر ۱)

- جفت شدن نامناسب مواد یاتاقان و پین منجر به استهلاک کمتر پین در محدوده شیار روغن می‌شود (تصویر ۲)

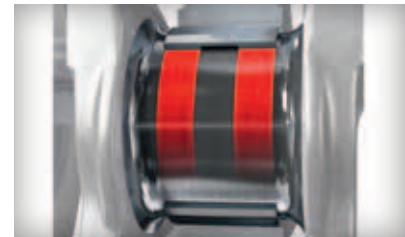
تصویر ۱



(۳) در یاتاقان اصلی زیری که شیار روغن ندارد، این بلندی باعث بیشتر شدن استهلاک در وسط یاتاقان می‌شود. این مسئله منجر به استهلاک معمول و نوار ماندنی می‌شود که به استهلاک شانه‌ای معروف است.



(۲) به واسطه استهلاک کمتر پین در محدوده شیار روغن ممکن است بلندی حداقلی ایجاد شود (تصویری که در اینجا نشان داده شده است، به منظور درک بهتر کمی مبالغه‌آمیز است).



(۱) در محدوده شیار روغن در پوسته بالایی یاتاقان تماس فلزی وجود ندارد. استهلاک پین نسبت به محدوده‌هایی که با سطح یاتاقان در تماس هستند، کمتر است.

تصویر ۲

راهنمایی

- بررسی و کار کردن دوباره روی خروجی سوراخ روغن
- سر شفت را از نظر بلندی در محدوده شیار روغن بررسی کنید
- جفت شدن مواد پین و یاتاقان را بررسی کنید (سختی شفت/یاتاقان)
- زیری پین را بررسی کنید

می‌توان بسته به میزان پیشرفت استهلاک همچنان از یاتاقان‌ها استفاده کرد. به محض رویت علائم سایش یا نشانه‌های حاکی از خستگی ماده، باید این یاتاقان‌ها را تعویض و اقدامات لازم برای تشخیص علت را انجام داد:

۳ | استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط

۳-۵-۶ استهلاک در محدوده‌های مقابل سطوح جداکننده



پوسته زیری یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

استهلاک به‌طور واضح در محدوده آزاد به چشم می‌خورد،
در حالی که رأس یاتاقان به‌وضوح استهلاک کمتری دارد.



توصیف

- اثرات شدید استهلاک در محدوده نقاط آزادی که به‌صورت قطری در مقابل هم قرار دارند
- رأس پوسته یاتاقان به‌وضوح کمتر فرسوده شده است
- در موارد جدی: نشانه‌های خستگی ماده و علائم سایش قابل رویت است

ارزیابی

اگر پوسته یاتاقان در این محدوده پوسیده شده باشد، خطایی جدی وجود دارد. ممکن است دلیل ایجاد استهلاک جابه‌جایی پوسته‌های یاتاقان به سمت یکدیگر با توجه به خطا در مونتاژ باشد. جای بازی یاتاقان به‌دلیل جابه‌جایی در پوش خیلی کم است، به‌طوری که فیلم ماده روان‌کننده کاملاً پایدار نیست و ممکن است در برخی از نقاط

اصطکاک مخلوط ایجاد شود. اگر فقدان ماده روان‌کاری ادامه یابد، دما در پی حرارت ناشی از اصطکاک بالا می‌رود. با بالا رفتن سطح دما کمبود ماده روان‌کاری تشدید می‌شود و این فرآیند همچنان تکرار می‌گردد تا اولین علائم سایش ظاهر می‌شود و با افزایش فشار سطح به آسیب‌های ناشی از خستگی می‌انجامد.

استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط | ۳



دلایل ممکن

- درپوش نادرستی برای یاتاقان تعبیه شده است
- درپوش یاتاقان با ۱۸۰ درجه چرخش نصب شده است
- ابزار نامناسب یا پیچ‌های اشتباه مورد استفاده قرار گرفته‌اند
- ترتیب بستن پیچ‌ها یا گشتاور محکم کردن آنها اشتباه بوده است

راهنمایی

- محکم کردن پیچ باید با توجه به گشتاور محکم کردن و ترتیب بستن طبق داده‌های تولیدکننده انجام شود
- سوراخ پایه‌ای را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه‌ای، سطح باید در محدوده تoleransi که مشخص شده است، باشند
- یاتاقان باید تعویض و علت مشکل برطرف شود، چرا که طراحی یاتاقان به این صورت نیست که در این محدوده استهلاک داشته باشد.
- به دست‌بندی پوسته یاتاقان برای هر سیلندر توجه کنید
- پیچ‌های مناسب را فقط با ابزار مناسب مونتاژ کنید

۷-۵-۳ استهلاک دوطرفه در محدوده‌های سطوح جداکننده

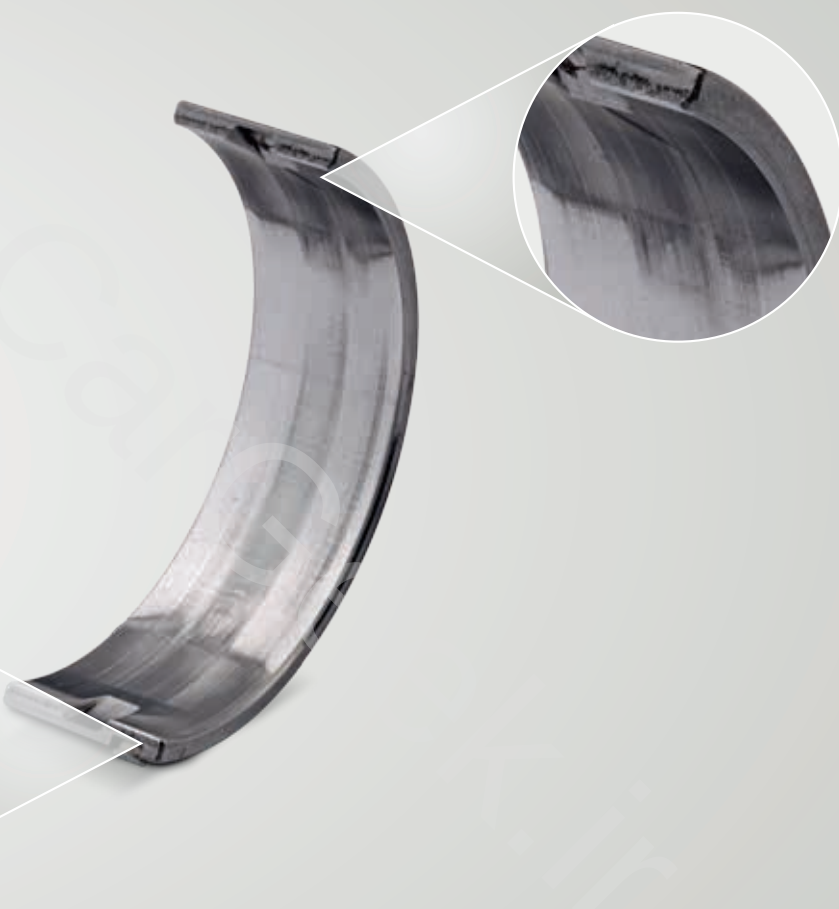
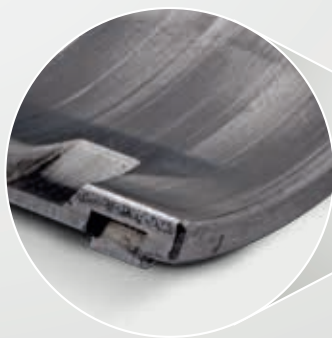
توصیف

- اثرات شدید استهلاک در محدوده هر دو قسمت آزاد در پوسته بالایی و زیری
- رأس پوسته یاتاقان به‌وضوح کمتر فرسوده شده است
- در موارد جدی: نشانه‌های خستگی ماده و علائم سایش قابل رویت است



پوسته زیری یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

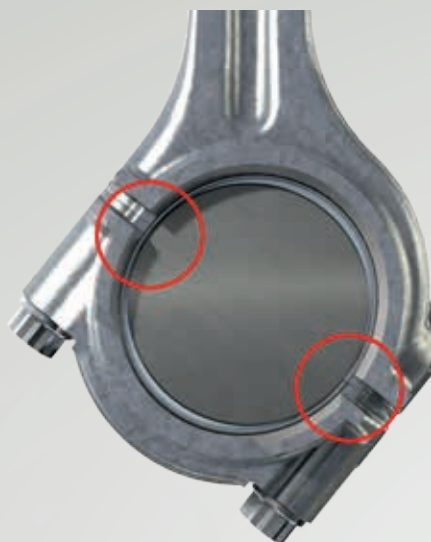
اثرات شدید استهلاک در هر دو طرف در محدوده سطوح جداکننده به‌وضوح قابل تشخیص هستند. رأس/محدوده اصلی وارد شدن فشار روی پوسته یاتاقان در این حالت به‌وضوح استهلاک کمتری دارند.



ارزیابی

دما در پی حرارت ناشی از اصطکاک بالا می‌رود. با بالا رفتن سطح دما کمبود ماده روان‌کاری تشدید می‌شود و این فرآیند همچنان تکرار می‌گردد تا اولین علائم سایش ظاهر می‌شود و با افزایش فشار سطح به آسیب‌های ناشی از خستگی در این محدوده می‌انجامد.

اگر پوسته یاتاقان در این محدوده پوسیده شده باشد، خطایی جدی وجود دارد. این شکل ظاهر ممکن است به علت سوراخ پایه به شکل بیضی که به بالا کشیده شده است، ایجاد شود. جای بازی یاتاقان به این دلیل در محدوده سطح قطعه کم می‌شود، به‌طوری که فیلم ماده روان‌کننده کاملاً پایدار نیست و ممکن است در برخی از نقاط اصطکاک مخلوط ایجاد شود. اگر فقدان ماده روان‌کاری ادامه یابد،



دلایل ممکن

- تغییر شکل بیضوی شکل سوراخ یاتاقان به علت بار حرارتی یا مکانیکی
- دسته شاتون با سوراخ بیضوی شکل شاتون: دسته شاتونی که قبلاً مورد استفاده قرار گرفته بدون آن که کارهای لازم روی آن انجام شود، دوباره مونتاژ شده است
- بستن نادرست پیچ هنگام دریل کردن سوراخ پایه

راهنمایی

- فشار روی سوراخ یاتاقان را بررسی کنید
- سوراخ پایه‌ای را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه‌ای، سطح باید در محدوده تolerانس مشخص شده باشند – قطعات دست دوم را باید در صورت لزوم پیش از مونتاژ مجدد تعمیر کرد
- محکم کردن پیچ باید با توجه به گشتاور محکم کردن و ترتیب بستن طبق داده‌های تولیدکننده انجام شود

۳ | استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط

۳-۵-۸ محدوده باریک استهلاک در رأس پوسته یاتاقان

توصیف

- اثرات محدود استهلاک در رأس پوسته
- اثرات شدیدتر در پوسته‌ای که بار اصلی را تحمل می‌کند
- در موارد جدی: نشانه‌های خستگی ماده و علائم سایش قابل رویت است



پوسته بالایی یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

اثرات استهلاک در محدوده رأس به شکل فرسایش اولیه برای تطبیق و سازگاری قابل تشخیص است. در قسمت دیگر سطح حرکت یاتاقان نشانه کارکرد دیده نمی‌شود.



ارزیابی

روانکاری تشدید می‌شود و این فرآیند همچنان تکرار می‌گردد تا اولین علائم سایش ظاهر می‌شود و با افزایش فشار سطح به آسیب‌های ناشی از خستگی در این محدوده می‌انجامد.

این شکل ظاهر به علت سوراخ پایه به شکل بیضی که به پهنا کشیده شده است، ایجاد می‌شود. جای بازی یاتاقان به این دلیل در رأس کم می‌شود، به طوری که فیلم ماده روان‌کننده کاملاً پایدار نیست و ممکن است در برخی از نقاط اصطکاک مخلوط ایجاد شود. اگر فقدان ماده روانکاری ادامه یابد، دما در پی حرارت ناشی از اصطکاک بالا می‌رود. با بالا رفتن سطح دما کمبود ماده

استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط | ۳



دلایل ممکن

- نشست شاتون و یا سطوح ضربه گیر بدنه
- بستن نادرست پیچ هنگام دریل کردن سوراخ پایه
- فشار شدید به شاتون

راهنمایی

- صحیح بودن سوراخ پایه مجرای یاتاقان را بررسی کنید:
- ابعاد، گردی، حالت استوانه‌ای، سطح
- محکم کردن پیچ باید با توجه به گشتاور محکم کردن و ترتیب بستن طبق داده‌های تولیدکننده انجام شود
- فشار روی شاتون را بررسی کنید

۳-۵-۹ نوارهای باریک بدون استهلاک در حاشیه یاتاقان

توصیف

- نوارهای باریک بدون استهلاک در لبه یاتاقان
- اثری از کارکرد در این قسمت به چشم نمی‌خورد
- ساختار پردازش در مرحله تولید در این محدوده هنوز به چشم می‌خورد
- مرز مشخص بین نوارهای بدون استهلاک و محدوده فرسوده شده قابل تشخیص است



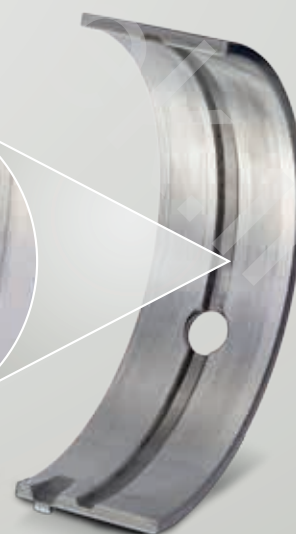
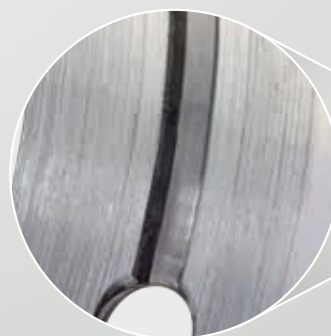
پوسته زیری یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

دو نوار بدون استهلاک روی لبه‌های یاتاقان بدون اثر واضحی از پوسیدگی قابل تشخیص است. در قسمت دیگر یاتاقان کمی تغییر رنگ به سمت سیاهی به چشم می‌خورد که این اثر نتیجه احتمالی خوردگی یا استهلاک است.

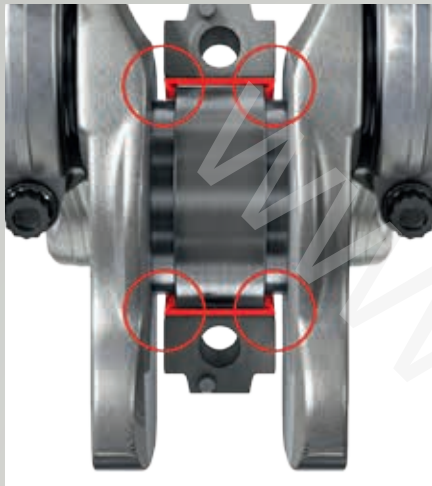


پوسته بالایی یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

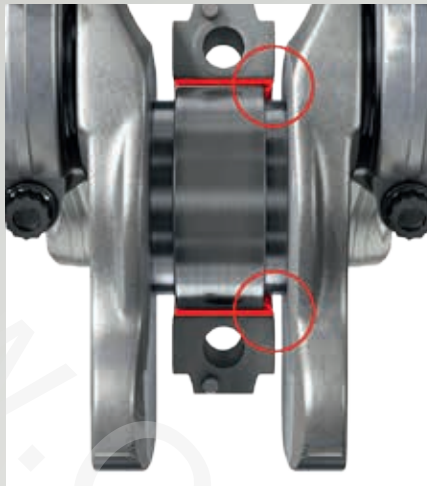
نوار بدون استهلاکی روی لبه یاتاقان بدون اثر واضحی از پوسیدگی قابل تشخیص است. قسمت دیگر یاتاقان به‌وضوح نشانه‌های تشکیل شیار را دارد.



استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط | ۳



تصویر ۲



تصویر ۱

ارزیابی

به واسطه پیش آمدگی محوری پوسته یاتاقان در یک طرف (تصویر ۱) یا دو طرف (تصویر ۲) نوارهای بدون استهلاک باریکی روی لبه های یاتاقان ایجاد می شوند که نشانه معمول فرسایش اولیه برای تطبیق و سازگاری را هم ندارند. در این محدوده ها مستقل از سرعت چرخش پین هرگز تماس بین فلز ایجاد نمی شود.

دلایل ممکن

- انحراف هندسی پین
- پهنای نادرستی برای یاتاقان انتخاب شده است
- لقی مونتاژ (جابجایی شفت/پین)

راهنمایی

- می توان بسته به میزان پیشرفت استهلاک همچنان از یاتاقان ها استفاده کرد. به محض رویت علائم سایش یا نشانه های حاکی از خستگی ماده، باید این یاتاقان ها را تعویض و اقدامات لازم برای تشخیص علت را انجام داد:
- هندسه صحیح میل لنگ را پیش از مونتاژ بررسی کنید: ابعاد، گردی
- میل لنگ را عوض کنید یا یاتاقان جدیدی مناسب با هندسه میل لنگ مونتاژ کنید

۴ | آسیب‌دیدگی ناشی از اثر ذرات

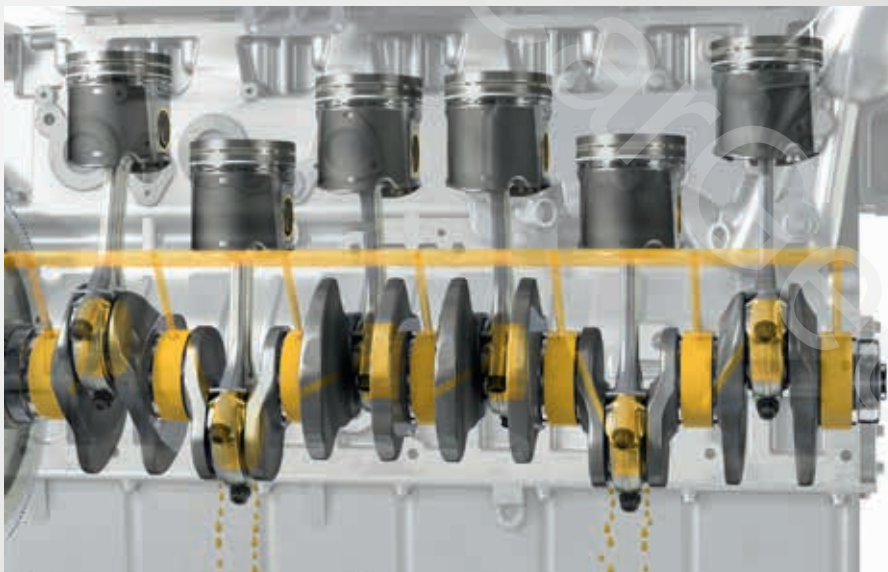
۴-۱ مقدمه



اگر ذرات خارجی در شیار ماده روان‌کاری بین پاتاقان و سر شفت وارد شوند، خطر آسیب‌دیدگی پاتاقان خیلی زیاد خواهد بود. به علت کم بودن ضخامت فیلم ماده روان‌کننده ممکن است ذرات در عملکرد اختلال ایجاد کنند و منجر به اصطکاک مخلوط شوند. این ذرات را می‌توان در لایه لغزش یا در حال حرکت تمشین کرد تا به این ترتیب "بی‌ضرر" شوند. لایه‌هایی که در این صورت بالا می‌آیند در تماس با شفت پهن می‌شوند. ذراتی که اندازه‌شان از ضخامت لایه لغزش یا در حال حرکت بیشتر است، به‌طور کامل تمشین نمی‌شود. مقدار باقی‌مانده منجر به استهلاک سر شفت و ایجاد شیار می‌شود. شیارهایی که عمق زیادی دارند طول عمر مطلوب را کاهش می‌دهند و ممکن است خوردگی پاتاقان را تسهیل کنند.

حتی هنگام تولید و یا تعمیر موتور امکان ورود ذرات به بلوک موتور و ثابت شدن آنها وجود دارد. این اتفاق ممکن است هنگام سندیلاست یا شیشه سندیلاست بلوک موتور رخ بدهد. اما حتی ممکن است هنگام کارکرد موتور هم ذرات ریز کثیفی "ایجاد شوند" (مثلاً دوده یا کربن ناشی از سوخت روغن) یا وارد شوند.

تعمیر و نگهداری ناکافی سیستم ماده روان‌کننده یا تأثیرات بیرونی شدید باعث وارد شدن آلودگی به چرخه ماده روان‌کاری می‌شود. پاتاقان‌های آسیب‌دیده مجاور یا سایر اجزای آسیب‌دیده موتور هم باعث وارد شدن ذرات به چرخه روغن می‌شوند.



به‌طور کلی خطر آسیب‌دیدگی به‌واسطه اثر ذرات در پاتاقان اصلی بیشتر از پاتاقان شاتون است. روغن پاتاقان شاتون از طریق سوراخ‌های میل‌لنگ از پاتاقان‌های اصلی تأمین می‌شود، به‌طوری‌که روغن ابتدا باید از پاتاقان اصلی عبور کند (رجوع به تصویر). ذرات بزرگ‌تر در پاتاقان اصلی جامی‌گیرند و به این ترتیب به پاتاقان شاتون نمی‌رسند.

آسیب‌دیدگی ناشی از اثر ذرات | ۴

برای درک بهتر منشأ ذرات، تجزیه و تحلیل یاتاقان و نمونه‌برداری از روغن منطقی به نظر می‌رسد.

دلایل ممکن

- مونتاژ ناپاک: به علت عدم توجه یا تمیزکاری ناکافی اجزای موتور هنگام مونتاژ ممکن است آلودگی وارد بلوک موتور شود
- پسماندهایی مانند تراشه ماشین‌کاری یا باقی‌مانده مواد بلاست در مرحله تولید یا تعمیرات اساسی، ممکن است در بلوک موتور رسوباتی ایجاد کنند. این رسوبات هنگام کارکرد حل می‌شوند. اغلب این رسوبات همچنین از قطعات مونتاژی مانند خنک‌کننده روغن هستند که هنگام تعمیر موتور به اندازه کافی تمیز نمی‌شوند
- آسیب‌دیدگی درزبندی در محدوده موتور: اگر درزبندی بیش از حد تحت فشار باشد یا هنگام مونتاژ آسیب ببیند، دیگر عملکرد خود را از دست می‌دهد و امکان نفوذ ذرات وجود دارد
- فقدان تعمیر و نگهداری سیستم ماده روان‌کاری: زیاد شدن فواصل بازرسی یا مسدود شدن فیلتر روغن ممکن است منجر به اشباع آلودگی در روغن شود
- حفرفزایی: ذرات از ماده یاتاقان شکسته و از طریق روغن جابه‌جا می‌شوند. ممکن است این ذرات بسته به اندازه خود در یاتاقان یا یاتاقان مجاور باعث تشکیل شیار یا تنشینی اندک شوند
- خوردگی: اجزای خورده شده موتور (پیستون، پوسته یاتاقان) باعث وارد شدن تعداد زیادی از ذرات به چرخه ماده روان‌کاری می‌شوند که همین مسئله باز هم منجر به آسیب‌دیدگی سایر اجزا می‌گردد
- نشانه‌های خستگی: اگر ذراتی از اجزای موتور جدا شده باشند، ممکن است مواد جدا شده از طریق روغن وارد یاتاقان شوند و در آنجا باعث ایجاد آسیب گردند

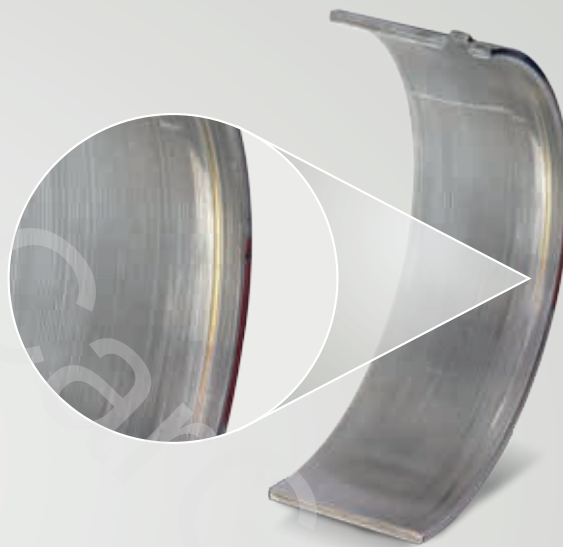
راهنمایی

- به‌طور کلی می‌توان حتی با وجود تشکیل شیار یا تنشینی ذرات همچنان از یاتاقان استفاده نمود. گرچه این مسئله به ابعاد آسیب بستگی دارد. مثلاً اگر رد اثرات بزرگ ذرات زیاد است و اثرات اصطکاک مخلوط به‌واسطه جدا شدن مواد به چشم می‌خورد، توصیه می‌شود یاتاقان را عوض کنید. رد اثر ظریف ذرات عملکرد یاتاقان را محدود نمی‌کنند. اما در هر دو صورت علت باید مشخص شود:
- تمیز کردن همه اجزا قبل از مونتاژ: مهم است که همه سوراخ‌های روغن در شفت و بدنه پیش از راه‌اندازی شسته و سطوح قرارگیری یاتاقان تمیز شوند تا به این ترتیب براده و ذرات زیر حاصل از مرحله تولید و یا تعمیر زوده شوند. کانال‌های روغن قطعات مونتاژ
- اگر تأثیر ذرات قابل تشخیص نیست، ممکن است تجزیه و تحلیل پوسته‌های یاتاقان آسیب‌دیده و نمونه‌برداری از روغن جمع‌بندی را تسهیل کند: اگر ذرات در یاتاقان تنشین شده یا در روغن موجود باشند، می‌توان ترکیب شیمیایی آنها را مشخص کرد. مثلاً اگر ترکیب یافت شده از مواد مربوط به میل‌لنگ باشد، می‌توان دقیق‌تر آن را از نظر آسیب‌دیدگی بررسی نمود
- مانند خنک‌کننده روغن و توربوشاژر نیز باید به‌خوبی تمیز شوند
- درزبندی را از نظر قابلیت عملکرد بررسی کنید
- تعویض فیلتر روغن و روغن باید همیشه طبق داده‌های تولیدکننده صورت پذیرد: توجه داشته باشید که فواصل بازرسی رعایت شوند و فقط از روغن و فیلتر روغنی استفاده شود که کیفیت مناسبی دارد
- تصفیه هوای ورودی: فیلتر را مرتب بررسی و در صورت لزوم عوض کنید
- سایر اجزای موتور را از نظر آسیب‌دیدگی مانند حفرفزایی، خستگی یا خوردگی بررسی کنید – آسیب‌دیدگی‌های یاتاقان صاف به‌واسطه اثر ذرات اغلب از آسیب‌های جانبی هستند

۲-۴ تشکیل شیار

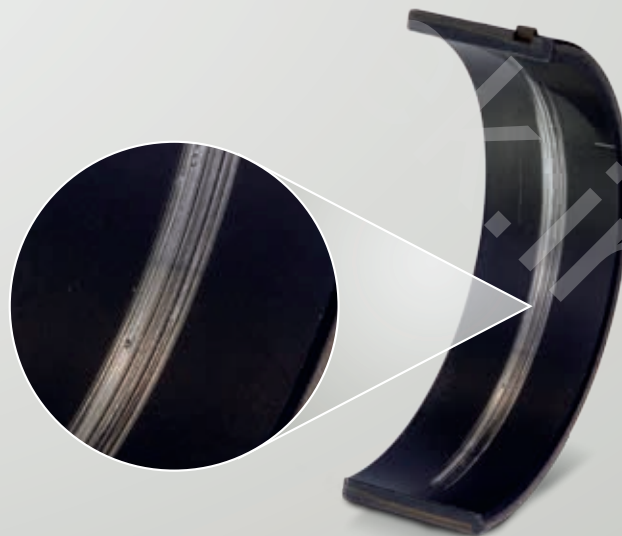
توصیف

- فرورفتگی‌های خط مانند در جهت لغزش همراه با برآمدگی مواد روی لبه‌ها
- برآمدگی‌ها بعضاً دوباره در اثر استهلاک هموار می‌شوند و رنگ روشن و براقی دارند
- عمدتاً در راستای تشکیل شیار یا ذرات تمشین شده در میل‌لنگ یا پاتاقان‌های مجاور



پوسته پاتاقان شاتون طرف میله
ماده ترکیبی فولاد برنج با روکش کنوپاش

شیار تا وسط لایه برنجی می‌رسد. اثرات روشن استهلاک در کنار شیارها بدر اثر برآمدگی‌های صاف شده ایجاد می‌شوند.



پوسته زیری پاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم
با روکش پلیمر

شیارها تا لایه آلیاژ آلومینیوم پایین می‌روند.

آسیب‌دیدگی ناشی از اثر ذرات | ۴

ارزیابی

سایش و خوردگی می‌انجامد. تشکیل شیار هم ممکن است از عوارض اثرات اصطکاک مخلوط باشد. گرچه در اینجا شیارها ظریف و سطحی هستند و روی هر دو قطعه لغزشی به چشم می‌خورند.

ذراتی که در شیار ماده روان‌کار گیر می‌کنند و در ماده یاتاقان تهنشین نمی‌شوند، بارها از داخل شیار بیرون رانده می‌شوند و باعث ایجاد آسیب می‌گردند. بسته به شدت ایجاد برآمدگی لبه‌ها ممکن است این برآمدگی‌ها هنگام کارکرد موتور صاف نشوند و با بالاتر رفتن اصطکاک مخلوط هنگام تماس شفت میزان دما بالاتر رود. این مسئله اغلب به

راهنمایی

اگر شیارها با برآمدگی‌های شدید روی لبه‌ها همراه باشد، باید یاتاقان را عوض کرد. اما اگر شیارهایی تشکیل شده‌اند که برآمدگی آنها هموار شده است و دیگر تأثیرگذاری ذرات مورد انتظار نیست، همچنان می‌توان از یاتاقان استفاده کرد.

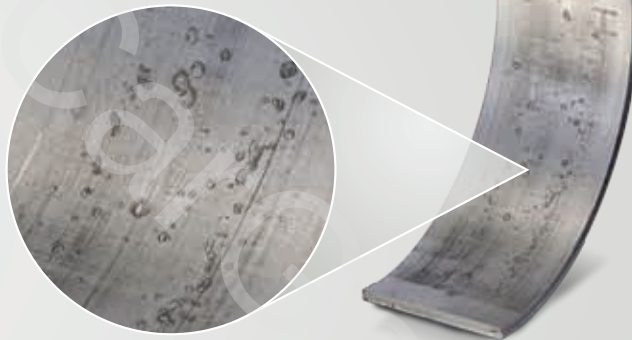
۳-۴ تهنشینی

توصیف

- سطح زخمی شده
- رد اثر ذرات (بعضاً ذرات هنوز موجود هستند) با برآمدگی احاطه می‌شوند. این برآمدگی به واسطه استهلاک به شکل نقطه‌ای با رنگ روشن و براق قابل رویت است
- این موضوع اغلب با تشکیل شیار در پین و پاتاقان همراه است
- در موارد جدی علاوه بر تهنشینی علائم سایش قابل رویت است

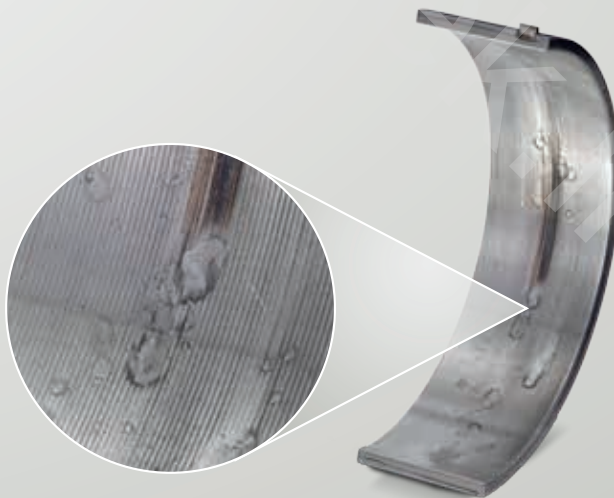
پوسته پاتاقان پیستون در طرف درپوش
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

رد اثر ظریف ذرات و شیارهای کمی دیده می‌شوند.



پوسته زیری پاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

رد اثر درشت ذرات بدون تهنشینی شدن ذرات دیده می‌شوند. ذرات باعث ایجاد برآمدگی در ماده شده‌اند که علائم سایش را در وسط پاتاقان ایجاد کرده است.



آسیب‌دیدگی ناشی از اثر ذرات | ۴

ارزیابی

با برآمده شدن لبه‌ها یا به‌واسطه پسماند ذراتی که به‌طور کامل تمشین نشده‌اند، ساختار فیلم ماده روان‌کننده مختل می‌شود و این مسئله به اصطکاک مخلوط می‌انجامد. یکی دیگر از عوارض ممکن هم به‌اصطلاح سایش با پشم است. در این حالت ذرات تمشین شده در سطح شفت قرار می‌گیرند و مواد روی آن را می‌زدایند (تراشه پشم). ذرات جدا شده‌ای که یک بار دیگر تمشین می‌شوند بیشتر به یاتاقان آسیب می‌رسانند و اغلب نمی‌توان از ایجاد آسیب کلی به پین و یاتاقان جلوگیری کرد.

ایجاد علائم سایش و خوردگی نیز از عوارض احتمالی تمشین شدن ذرات است.

ممکن است ذراتی که در شیار ماده روان‌کاری گیر کرده‌اند، در ماده یاتاقان تمشین شوند. بسته به ضخامت لایه لغزش/حرکت می‌توان بین تمشینی عمیق و سطحی تمایز قائل شد. در صورت تمشینی عمیق ذرات به‌طور کامل با لایه لغزش و یا حرکت یکپارچه می‌شوند. این اتفاق فقط زمانی می‌افتد که اندازه ذرات کمتر از ضخامت لایه باشد. ماده یاتاقان که هنگام تمشینی برآمده شده است با تماس‌های زیر با شفت به‌دلیل استهلاک پهن می‌شود. تمشینی سطحی زمانی اتفاق می‌افتد که اندازه ذرات از ضخامت لایه بیشتر شود. ذرات به‌طور کامل تمشین نمی‌شوند و از سطح یاتاقان بالا می‌زنند. به این ترتیب باعث ایجاد استهلاک و تشکیل شیار روی سطح پین می‌گردند.

راهنمایی

اگر حجم زیادی از ذرات تمشین شده‌اند و در همین ارتباط علائم ابتدایی استهلاک پین و یاتاقان دیده می‌شود، باید یاتاقان را عوض کرد. اما اگر حجم تمشینی به‌صورتی است که برآمدگی آنها هموار شده است و دیگر تأثیرگذاری ذرات مورد انتظار نیست، همچنان می‌توان از یاتاقان استفاده کرد.

۴-۴ رد اثر کثیفی

توصیف

- اثرات جدا از هم و پشت سر هم در یک مسیر قرار گرفته‌اند و در انتهای آن هم ذرات تهنشین شده‌اند
- معمولاً به‌طور مورب تا لبه پاتاقان جلو می‌روند
- از شیارهای روغن یا سوراخ‌های روان‌کاری بیرون می‌آیند
- اغلب با تشکیل شیار در پین و تشکیل شیار/تهنشینی ذرات در پاتاقان همراه هستند

پوسته زیری پاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

رد اثر کثیفی که از سطح قطعه شروع می‌شود، به چشم می‌خورد. چندین رد درشت ذرات پشت‌سرهم، در مسیری مورب دیده می‌شوند. بعضاً ذرات تهنشین شده هم وجود دارند.



ارزیابی

ممکن است ذرات بسیار درشت و سختی که در شیار ماده روان‌کاری گیر کرده‌اند، در ماده یاتاقان تهنشین نشوند. از شیار ماده روان‌کاری بیرون زده می‌شوند، اما باز هم برمی‌گردند و گیر می‌کنند. اغلب شکل ظاهری شیارهای روغن با سوراخ‌های روغن معرف این مسئله است، چرا که ذرات به اینجا وارد می‌شوند. برآمدگی‌های شدید در راستای رد اثر منجر به پیدایش علائم سایش و خوردگی می‌شوند.

راهنمایی

اگر برآمدگی‌های زیادی در راستای رد اثر یا علائم سایش دیده می‌شوند، باید یاتاقان را عوض کرد. اما اگر برآمدگی‌ها صاف شده‌اند و دیگر نیازی به نگرانی درباره اثرگذاری ذرات نیست، می‌توان همچنان از یاتاقان استفاده کرد.

۴-۵ لایه زیرین پشت یاتاقان

توصیف

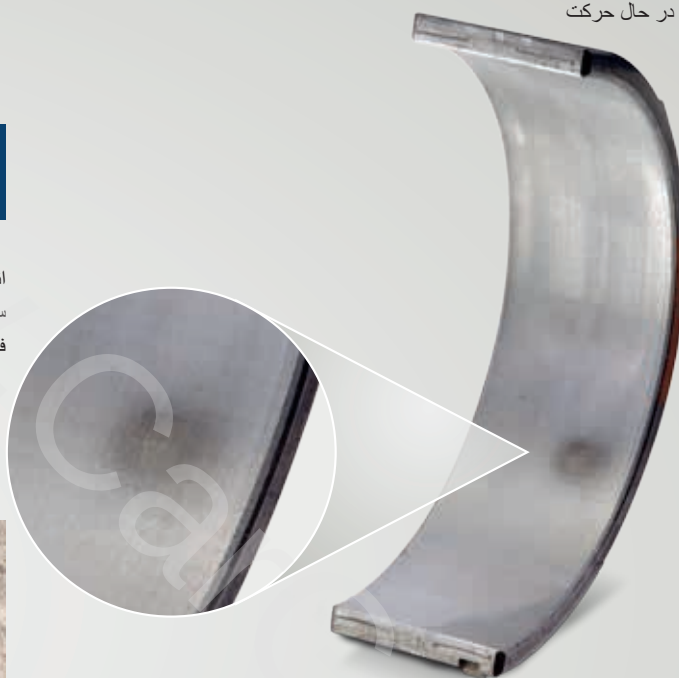
- انحراف موضعی از الگوی پوشیدگی
- نقطه استهلاک روشن‌تر در سطح در حال حرکت
- اغلب پسماند/رد اثر ذرات روی پشت فولادی یاتاقان دیده می‌شود
- در موارد جدی اثر شدید اصطکاک مخلوط به شکل علائم سایش و نشانه‌های خستگی روی سطح حرکت یاتاقان قابل تشخیص است

پوسته زیری یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

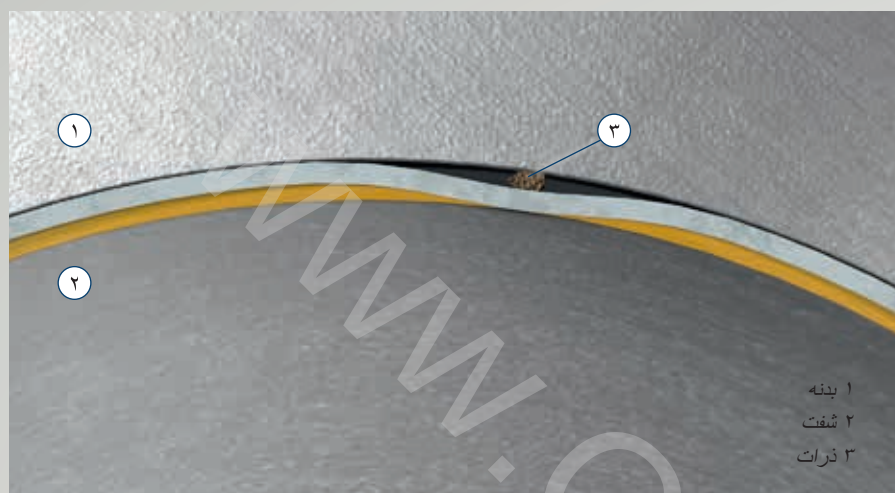
انحراف واضح الگوی پوشیدگی مانند استهلاک نقطه‌ای در سطح حرکت قابل تشخیص است. ذرات باعث ایجاد نقطه فشار روی پشت یاتاقان شده‌اند.



تصویر پشت یاتاقان



آسیب‌دیدگی ناشی از اثر ذرات | ۴



ارزیابی

کثیفی یا پسماند روغن (کربن ناشی از سوخت روغن) روی پشت پاتاقان نقاط فشار ایجاد می‌کنند که روی سطح حرکت پاتاقان قابل تشخیص هستند. در قسمت داخلی پاتاقان به دلیل فشار ایجاد شده استهلاک بیشتری نسبت به سایر قسمت‌های پاتاقان رخ می‌دهد. این استهلاک به شکل انحرافی قابل توجه و اغلب دارای رنگ روشن براق نسبت به اثر پوشیدگی قابل تشخیص است. عوارض این مسئله بسته به ابعاد نقاط فشار ایجاد علائم سایش و خوردگی و نیز آسیب‌های ناشی از خستگی است.

راهنمایی

این که بتوان همچنان از پاتاقان استفاده کرد به پیشرفت استهلاک روی لایه در حال حرکت بستگی دارد. به محض این که علائم سایش یا نشانه‌های خستگی مانند ترک یا شکستگی در نقاط فشار بروز کنند، باید پاتاقان را عوض کرد، در غیر این صورت امکان بروز آسیب کلی وجود دارد. مواد شکسته شده باعث ایجاد آسیب‌های جانبی در همان پاتاقان یا پاتاقان‌های مجاور آن می‌شوند.

۵ | فرسایش و حفرةزایی

۱-۵ فرسایش

توصیف

- تشکیل شیارهای ظریف در جهت جریان روغن
- زبر شدن و شکستگی لایه حرکت/لایه لغزشی



ارزیابی

فرسایش به سطح ماده حمله و آن را از نظر شیمیایی فعال می‌کند، که این اتفاق خوردگی را تسهیل می‌نماید. به همین ترتیب استحکام ماده هم به‌صورت منفی تحت تأثیر قرار می‌گیرد، چرا که شکستگی سطح به ایجاد ترک می‌انجامد. و آسیب‌های ناشی از خستگی بروز می‌کنند.

فرسایش شکلی از بین رفتن مواد به‌واسطه ساینده‌ها است که از طریق نیروهای جریان روغن ایجاد می‌شود. ذرات ریز در روغن، مانند پسماندهای احتراق یا ساینده‌ها این اثر را تشدید می‌کنند. فرسایش اغلب یکی از عوارض حفرةزایی نیز هست، چرا که در این حالت ذرات از مواد جدا و به سیستم روان‌کاری وارد می‌شوند.

فرسایش بیشتر به دلیل استفاده از روغن‌هایی با ویسکوزیته پایین رخ می‌دهد.

دلایل ممکن

- وجود ذرات ریز در جریان روغن: ممکن است ذرات از محدوده‌های مختلف موتور نشأت گرفته و مثلاً به‌دلیل احتراق ناقص یا حفرةزایی ایجاد شده باشند

- سرعت زیاد و کم بودن جای بازی یاتاقان
- استفاده از روغن موتور نادرست مثلاً فاقد مکمل یا مکمل اشتباه

راهنمایی

- با سرمایش کافی دمای روغن را پایین نگه دارید
- تعویض فیلتر روغن و روغن باید همیشه طبق داده‌های تولیدکننده صورت پذیرد: توجه داشته باشید که فواصل بازرسی رعایت و فقط از روغن و فیلتر روغنی استفاده شود که کیفیت مناسبی دارد

۵-۲ حفره‌زایی

حفره‌زایی به دلیل جریان ماده روان‌کاری از شیار یاتاقان ایجاد می‌شود. فشار بخار روغن مورد استفاده در این حال نقش بسیار مهمی دارد.

اگر درست به مسئله نگاه شود، حفره‌زایی فقط فرآیند فیزیکی تشکیل حباب‌های بخار مایع است که به‌تدریج آسبایی به یاتاقان می‌رساند. فرسایش ناشی از حفره‌زایی الگوی آسیب مرتبط را با از بین رفتن مواد به‌صورت معمول توضیح می‌دهد. این اتفاق ناشی از انفجار حباب‌های بخار در محدوده‌های زیر فشار بخار است (حفره‌زایی < - فرسایش ناشی از حفره‌زایی).

در برخی از الگوهای آسیب ممکن است با وجود شیوه‌های مختلف پیدایش این مسئله تشخیص بین حفره‌زایی، فرسایش و خوردگی سخت باشد. اغلب هم اشکال پیچیده انتقالی مانند فرسایش ناشی از حفره‌زایی یا خوردگی ناشی از فرسایش ظاهر می‌شوند. این مسئله را این‌طور می‌توان توضیح داد که هم حفره‌زایی و هم فرسایش به لایه‌های مخصوص محافظت در برابر خوردگی حمله می‌کنند، این لایه‌ها را از نظر شیمیایی فعال می‌نمایند و به این ترتیب خوردگی پیش می‌آید.

حفره‌زایی

اگر فشار بخار روغن مصرف از حد معمول کمتر شود، حباب‌های گاز و بخار تشکیل می‌شوند. این حباب‌ها همراه با جریان مایع جابه‌جا می‌شوند. این مسئله حفره‌زایی نام دارد. اگر فشار ایستایی باز بالا رود، حباب‌های به‌صورت انفجاری تجزیه می‌شوند و ضربات فشاری شدید، که میکروجت نامیده می‌شود، ایجاد می‌کنند و دما بالا می‌رود. ضربات فشاری به شکست و حفره ماده یعنی فرسایش ناشی از حفره‌زایی منجر می‌شوند.



میکروجت با حباب حفره‌زایی می‌شکند و روی سطح ظاهر می‌شود



میکروجت ایجاد می‌شود



انفجار آغاز می‌شود



حباب حفره‌زایی ایجاد و بزرگ می‌شود

توصیف

ممکن است حفره‌زایی در قسمت‌های دیگر یاتاقان مانند رأس هم رخ بدهد. گرچه تمایز این اشکال از فرسایش و خوردگی به‌وضوح دشوارتر است. اغلب شکست ماده مانند آن چه که در بالا توضیح داده شد، یافت نمی‌شود، بلکه نقاطی مات و کمی زبر به چشم می‌خورند که ممکن است در اثر فرسایش یا خوردگی به‌وجود آمده باشند.

- حفره‌زایی در قسمت آزاد: شکست نقطه‌ای یا قارچ مانند در قسمت آزاد سطح قطعه، نقاطی که به‌وضوح زبر و مات شده‌اند
- حفره‌زایی در خروجی شیار روغن: شکست قارچ مانند در خروجی شیار روغن، نقاطی که زبر و مات شده‌اند

پوسته یاتاقان پیستون در طرف درپوش
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

حفره‌زایی در قسمت آزاد: از بین رفتن ماده به‌وضوح قابل تشخیص است. این محدوده در مقایسه با مواد اطراف مات به‌نظر می‌رسد.



پوسته‌های بالایی یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

حفره‌زایی در خروجی شیار روغن: شکست قارچ مانند ماده یاتاقان قابل رویت است. محدوده به‌وضوح در مقایسه با ماده اطراف آن مات‌تر و زبر است.



فرسایش و حفره‌زایی | ۵



اندازه‌گیری 3D – حفره‌زایی

ارزیابی

ضربات فشاری که در اثر تجزیه حباب‌های گاز و بخار در نزدیکی سطح یاتاقان ایجاد می‌شوند به شکست ماده می‌انجامد (رجوع به فصل: "فرسایش و حفره‌زایی – مقدمه"). حفره‌زایی اغلب با فرسایش و خوردگی همراه است و ممکن است منجر به تشکیل شیار در همان یاتاقان یا یاتاقان‌های مجاور شود.

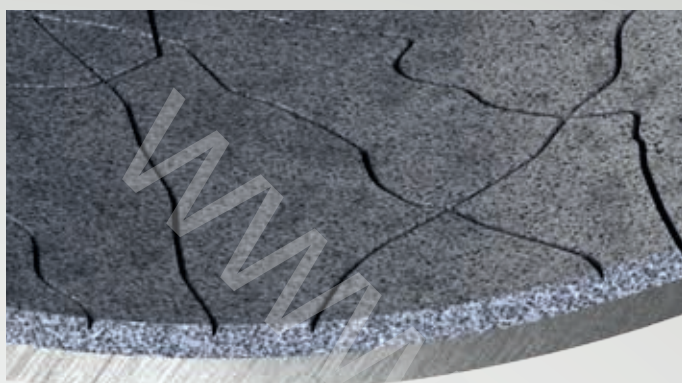
دلایل ممکن

- دمای زیاد و ناخالصی‌های با نقطه جوش پایین حفره‌زایی را تشدید می‌کنند.
- ناخالصی‌های روغن: آب، سوخت یا مواد ساینده و کثیفی
- فشار خیلی پایین روغن: افت پیش‌بینی نشده فشار (مثلاً به دلیل خراب شدن پمپ روغن) وجود دارد یا فشار روغن روی خیل کم تنظیم شده است
- فشار خیلی پایین بخار روغن مورد استفاده
- افزایش دما در یاتاقان (مثلاً به دلیل کمبود روغن)
- روغن دارای ویسکوزیته پایین خطر حفره‌زایی را افزایش می‌دهد
- ممکن است حفره‌های توخالی/لایه زیرین (مثل رسوبات کربن ناشی از سوخت روغن) در پشت یاتاقان باعث ایجاد ارتعاش/لرزش پوسته یاتاقان شوند و به این ترتیب به حفره‌زایی بینجامند
- حفره‌زایی ارتعاشی یا مکشی:
- شیار ماده روان‌کاری خیلی بزرگ است و به این دلیل فشار هیدرودینامیکی در شیار یاتاقان کاهش می‌یابد
- ارتعاشات میل‌لنگ: حرکت پین باعث کاهش فشار در یکطرف به علت اثر مکش ایجاد شده می‌شود
- ارتعاشات سوراخ‌های یاتاقان (اغلب سوراخ شاتون) به علت تغییر شکل یا خمش که به افت فشار در فیلم روغن می‌انجامد
- حفره‌زایی جریان:
- وقفه در سطوح (سوراخ روغن، شیار روغن) و انحراف جریان روغن ممکن است باعث کاهش فشار شود

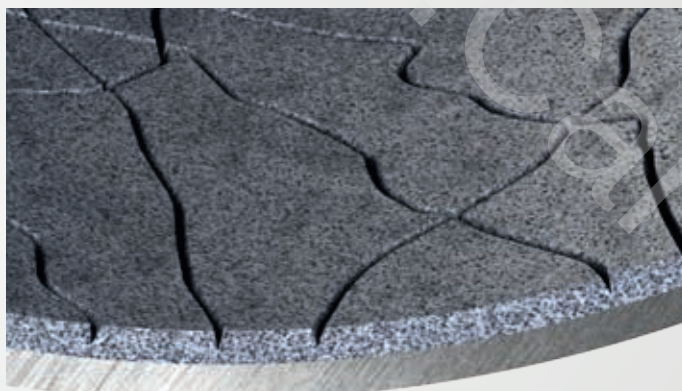
راهنمایی

- نیازی به عوض کردن یاتاقان‌هایی که نشانه‌های حفره‌زایی دارند، نیست. بسته به گسترده‌گی حفره‌زایی ممکن است طول عمر با اثری که روی سیستم دینامیکی یاتاقان ایجاد می‌شود، کاهش یابد. اما نگرانی برای بروز آسیب کلی وجود ندارد.
- از روغن‌های باکیفیت استفاده کنید و طبق داده‌های تولیدکننده به‌طور مرتب کارهای مربوط به تعویض روغن و فیلتر را انجام دهید
- فشار روغن را بررسی و در صورت لزوم تنظیم کنید
- از روغن با فشار بخار بیشتر استفاده کنید: اما روغن باید با اجزای موتور سازگار باشد، در صورت لزوم از تولیدکننده مشاوری بگیرید
- شیار موارد روان‌کاری را بررسی و در صورت لزوم لقی یاتاقان را تنظیم کنید
- فشار موتور روی استرس ارتعاشی (لرزش) را بررسی کنید
- روغن را از نظر رقیق‌سازی سوخت بررسی کنید

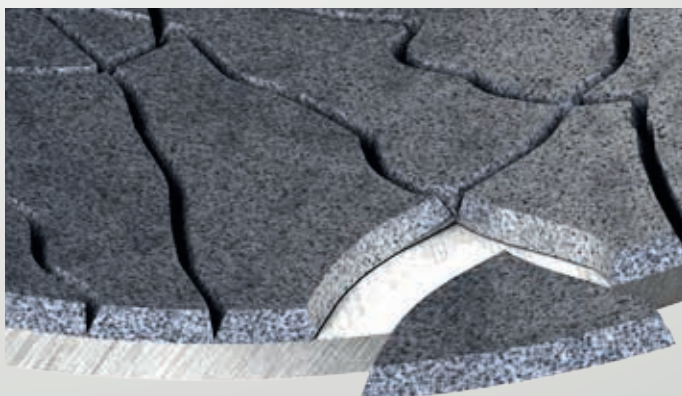
۶-۱ مقدمه



تصویر ۱



تصویر ۲



تصویر ۳

اگر استحکام ماده از حد معمول بیشتر شود، به خستگی می‌انجامد. در ابتدا ترک‌هایی ایجاد می‌شوند (تصویر ۱)، که با توجه به اثر شکست بزرگتر می‌شوند و نوعی شبکه ترک‌خوردگی ایجاد می‌کنند (تصویر ۲). در ادامه در فلز یاتاقان شکستگی‌هایی ایجاد می‌شود (تصویر ۳). شبکه ترک‌خوردگی و شکستگی‌های استحکام یاتاقان را کم می‌کنند، به‌طوری که با وارد شدن فشار، شکستگی دائمی ایجاد می‌شود. در این صورت یاتاقان تحت قابلیت عملکرد خود را از دست داده و آسیبی کلی به آن وارد شده است. با شکستگی ماده ذرات وارد سیستم ماده روانکاری می‌شوند. این مسئله باعث تشکیل شیار یا تهنشینی ذرات در پوسته همان یاتاقان یا یاتاقان‌های مجاور می‌شود. همچنین امکان بروز علائم سایش و خوردگی در همان یاتاقان یا در یاتاقان‌های مجاور وجود دارد.

آسیب ناشی از خستگی | ۶

دلایل ممکن

- کم بودن کیفیت روغن یا کهنه شدن روغن: اگر از روغن نامناسب استفاده شود یا روغن به دلیل قدیمی شدن کیفیت کافی نداشته باشد، ممکن است تشکیل فیلم ماده روان کننده با اختلال مواجه شود
- ارتعاشات: اگر پاتاقان به صورت اضافه به دلیل تنش های متناوب ناشی از ارتعاشات تحت فشار قرار گیرد، خطر خستگی ماده افزایش می یابد.
- دمای زیاد: خستگی ماده با بالا بودن دما هم پیش می آید، چرا که استحکام ماده تشکیل دهنده پاتاقان کم می شود
- آسیب های ناشی از خستگی مانند ترک یا شکستگی فلز پاتاقان به دلیل استرس دینامیکی بیش از حد ایجاد می شوند. ممکن است دلایل مختلفی برای این موضوع وجود داشته باشد:
- فشار بیش از حد: اگر نیروهای بیشتری نسبت به آنچه که در طراحی در نظر گرفته شده است، به پاتاقان وارد شوند، خستگی ماده ایجاد می شود. اختلالات احتراق مثل تکه زدن فشار را روی پیستون و به طبع آن روی پاتاقان شاتون زیاد می کنند
- شیار ماده روان کاری خیلی کوچک است و امکان تشکیل فیلم پایدار ماده روان کننده وجود ندارد: فشار فیلم ماده روان کننده در این نقاط افزایش می یابد و باعث فشار زیاد به سطح می شود. دلیل این امر ممکن است خطای تراز یا شکل، خطای هندسی یا خطا در مونتاژ (رجوع به فصل: "موارد خاص استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط") باشد. بررسی پاتاقان مجاور به تصمیم گیری کمک می کند

راهنمایی

- فشار روی پاتاقان را بررسی کنید، در صورت لزوم باید از پاتاقانی استفاده کرد که مقاومت بیشتری در برابر خستگی دارد
- هندسه صحیح میل لنگ را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه ای، داشتن موج، زیری سطح
- صحیح بودن سوراخ پایه مجرای پاتاقان را بررسی کنید: ابعاد، گردی، حالت استوانه ای، سطح
- تراز سوراخ پاتاقان اصلی را بررسی کنید (به گشتاور تعیین شده برای بستن پیچ ها توجه کنید، موتور را به اندازه کافی خنک کنید)
- دسته شاتون را پیش از مونتاژ از نظر زاویه بررسی کنید
- میل لنگ را هنگام مونتاژ تراز کنید
- فقط از روغنی استفاده کنید که تولیدکننده توصیه کرده است و به فواصل تغییر روغن توجه نمایید
- از سرمایش کافی موتور اطمینان حاصل کنید

۲-۶ ترک و شکاف لایه لغزشی

این نوع آسیب فقط در یاتاقان‌های تختی پیش می‌آید که لایه لغزشی اضافه شده روی آن از روکش پلیمر/لاک روان‌کاری، گالوانیک یا کاندوپاش باشد.

توصیف

- ترک‌های ریز در لایه لغزشی قابل تشخیص است: به‌خصوص به‌صورت متقاطع با جهت حرکت و اغلب با نام "سوسک پوسته‌نشین" شناخته می‌شود، چرا که الگوی آسیب به الگوی رد اثر برجا مانده از این نوع سوسک‌ها شباهت دارد

- اغلب این اثر با پوسیدگی لبه و تغییر رنگ سطح یاتاقان همراه است

پوسته یاتاقان شاتون طرف میله
ماده ترکیبی فولاد برنج با روکش کاندوپاش

یاتاقان تخت حتی تا قسمت آزاد نشانه‌های خستگی به شکل ترک و اولین نشانه‌های شکستگی را تا لایه برنجی همراه دارد.

پوسته یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد برنز با روکش گالوانیک

پوسیدگی لبه یک‌طرفه در هر دو پوسته یاتاقان منجر به خستگی لایه گالوانیک شده و الگوی آسیب معمول به اصطلاح سوسک پوسته‌نشین ایجاد شده است.

توصیه:

برای دلایل ممکن و راهنمایی به فصل
"۱-۶ مقدمه" رجوع کنید



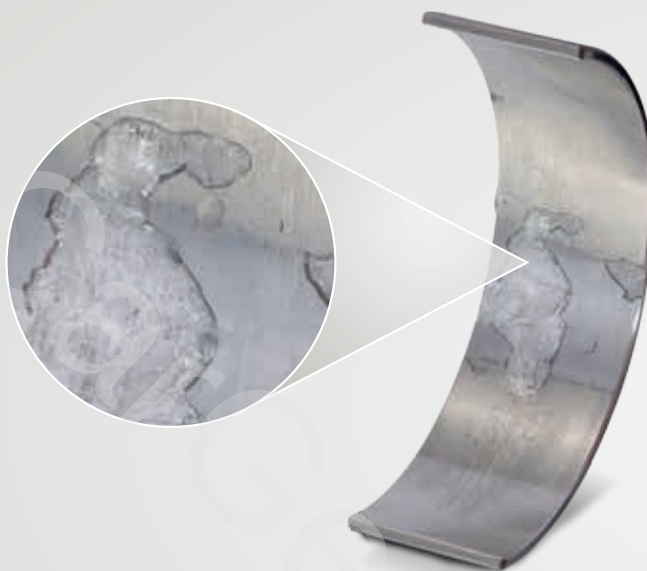
۳-۶ ترک و شکاف فلز یاتاقان

توصیف

- ترک و شکستگی‌های شبیه سنگفرش تا ماده یاتاقان
- لبه‌های شکستگی به دلیل استهلاک و بسته به میزان زمان کارکرد گرد شده‌اند

پوسته یاتاقان شاتون طرف میله
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

شکستگی و ترک‌های بزرگ قابل تشخیص هستند.



توصیه:



برای دلایل ممکن و راهنمایی به فصل

"۱-۶ مقدمه" رجوع کنید

۷ | آسیب ناشی از گرم شدن بیش از حد

۱-۷ مقدمه

آسیب‌های ناشی از داغ شدن بیش از حد نتیجه تحولات شدید دما در پوسته یاتاقان تخت بوده که با اصطکاک شدید مخلوط همراه هستند. به همین دلیل همراه با علائم سایش یا خوردگی، ترک‌های ناشی از گرما، تغییر رنگ و ذوب‌شدگی هم دیده می‌شوند.

استحکام آن کاهش می‌یابد. در نقاط آسیب‌دیده ترک‌های ناشی از گرما ایجاد می‌شود.

حذف گرما از طریق ماده روان‌کاری در اینجا نقش اصلی را دارد. اگر حذف گرما دیگر صورت نپذیرد، آسیبی کلی به‌وجود می‌آید. با اولین نشانه‌های داغ شدن بیش از حد، در بعضی نقاط تغییر در ساختار ماده به‌وجود می‌آید و

دلایل ممکن

- آسیب‌دیدگی در پی بالا رفتن دما به‌علت وجود علائم سایش، خوردگی یا پوسیدگی لبه
- حذف ناکافی گرما توسط ماده روان‌کاری (رجوع به فصل: "دلایل ممکن – علائم سایش")

راهنمایی

اگر آسیب‌دیدگی ناشی از داغ شدن بیش از حد دیده شد، باید یاتاقان را تعویض کنید و به دنبال دلیل ایجاد آسیب بگردید. در صورت بروز آسیب‌های جانبی باید دلیل آسیب اولیه برطرف شود. اگر آسیب‌دیدگی روی یاتاقان قابل رویت نباشد، باید چرخه ماده روان‌کاری (رجوع به فصل: "راهنمایی – علائم سایش") و فشار روی یاتاقان بررسی شوند.

آسیب ناشی از گرم شدن بیش از حد | ۷

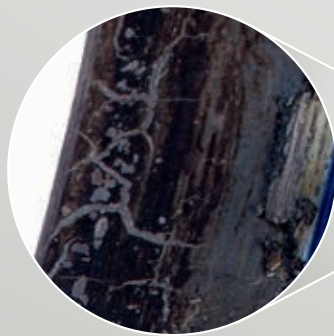
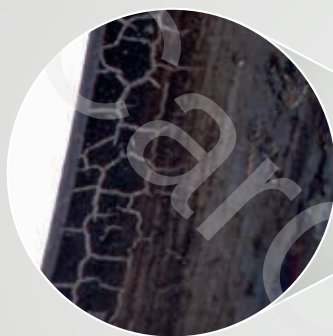
۲-۷ ترک ناشی از گرما

توصیف

- ترک‌های شبکه‌ای قابل رویت است
- ذوب‌شدگی و تغییر رنگ پوسته پاتاقان

پوسته پاتاقان شاتون در طرف درپوش و میله
ماده ترکیبی فولاد برنز با روکش گالوانیک

روی لایه حرکتی پوسته پاتاقان خورده شده تغییر رنگ
و ذوب‌شدگی به‌وضوح قابل رویت است. ایجاد ترک
به‌خصوص در محدوده لبه قابل تشخیص است.



توصیه:



برای دلایل ممکن و راهنمایی رجوع شود به

فصل "۱-۷ مقدمه"

۷ | آسیب ناشی از گرم شدن بیش از حد

۳-۷ ذوب شدن لایه حرکتی

توصیف:

- جابه‌جایی ماده و لکه روی سطح حرکت قابل رویت است
- همراه با ترک‌های ناشی از گرما و تغییر رنگ پوسته یاتاقان



پوسته یاتاقان پیستون در طرف درپوش
ماده ترکیبی فولاد برنز با روکش گالوانیک

در لایه گالوانیک نقاط ذوب‌شدگی به رنگ سفید دیده می‌شود.

توصیه:



برای دلایل ممکن و راهنمایی رجوع شود به
فصل "۱-۷" مقدمه"

آسیب ناشی از گرم شدن بیش از حد | ۷

۴-۷ تغییر رنگ لایه حرکتی و یا پشت یاتاقان

توصیف

- تغییر رنگ به سمت آبی تا سیاه در لایه حرکتی یا پشت یاتاقان
- همراه با ذوب‌شدگی و حل‌شدگی/جابجایی ماده

پوسته یاتاقان شاتون طرف میله
ماده ترکیبی فولاد برنز با روکش گالوانیک

رنگ پشت یاتاقان بعد از خورده شدن یاتاقان به سیاه تغییر یافته است.

پوسته یاتاقان پیستون در طرف درپوش
ماده ترکیبی فولاد برنز با روکش گالوانیک

تیره شدن رنگ لایه حرکتی قابل تشخیص است.

توصیه:

برای دلایل ممکن و راهنمایی رجوع شود به

فصل "۱-۷" مقدمه"



۸-۱ خوردگی ناشی از سایش/زنگزدگی

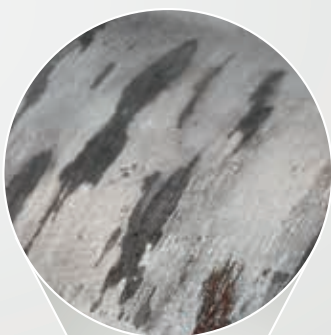
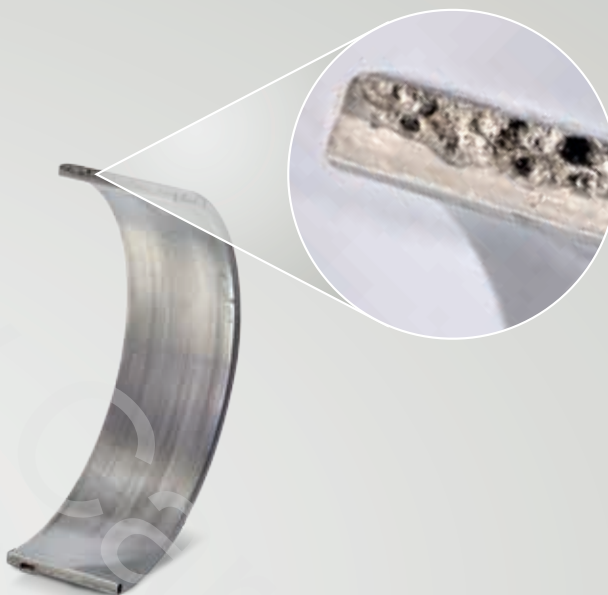
توصیف

- سطح زخمی شده پشت یاتاقان یا در محدوده سطح قطعه
- نقاط زیر و مات

پوسته زیری یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

حتی در محدوده سطح قطعه می‌توان علائم حرکت پوسته یاتاقان را به شکل خوردگی ناشی از سایش مشاهده کرد. سطح ماده به‌وضوح تغییر یافته است (تصویر ۱).

تصویر ۱



پوسته‌های بالایی یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

اثرات واضح خوردگی ناشی از سایش قابل تشخیص است، بعضاً با شکستگی در محدوده ماده (تصویر ۲).

در اینجا ویژگی‌های واضح خوردگی ناشی از سایش به‌صورت سطح قابل تشخیص است: با شکستگی در محدوده ماده و زخمی شدن سطح (تصویر ۳).

تصویر ۳



تصویر ۲



ارزیابی

ممکن است رسانه محیطی وارد سطوحی شود که زیر شده و از نظر شیمیایی فعال شده‌اند و این مسئله خوردگی را تسریع می‌کند.

خوردگی ناشی از سایش استحکام ماده را کم می‌کند و تشکیل ترک‌های میکرو تشدید می‌شود. این امر در نهایت منجر به آسیب‌های ناشی از خستگی و به طبع آن ترک‌خوردگی و شکستگی دائمی می‌شود.

اگر پوسته یاتاقان به درستی در جای خود قرار نگرفته باشد، به دلیل ایجاد حرکت‌های نسبی (حرکات لغزشی میکرو) خوردگی ناشی از سایش پیش می‌آید. ماده روان‌کاری قابلیت حذف گرمای سایشی ناشی از حرکت یاتاقان را آن طور که در داخل یاتاقان اتفاق می‌افتد، ندارد و به این ترتیب پشت فولادی بیش از حد داغ می‌شود. این داغی بیش از حد باعث ذوب‌شدگی و زخمی شدن معمول سطح می‌گردد. مواد بین پشت یاتاقان و سوراخ جابه‌جا می‌شوند.

دلایل ممکن

- خمش میل‌لنگ: خمش میل‌لنگ روی سطح حرکت یاتاقان الگوی پوشیدگی خاصی برجا می‌گذارد (رجوع به فصل: "موارد خاص استهلاک به واسطه اصطکاک مخلوط")
- کم بودن نیروی بستن پیچ
- ارتعاش یا لرزش بدنه یا میل‌لنگ که باعث ایجاد حرکات میکرو می‌شود (ارتعاش و لرزش ممکن است با لایه‌های زیرین یا حفره‌های توخالی تشدید شود)

- ناکافی بودن پیش‌تنیدگی به دلیل بزرگ بودن بیش از حد سوراخ پایه یا کوچک بودن پوسته یاتاقان
- پیش‌آمدگی خیلی کم پوسته یاتاقان: پیش‌آمدگی پوسته یاتاقان تضمین قرار گرفتن محکم آن با اعمال فشار کافی است
- تغییر شکل بدنه: در بدنه‌های موتور از جنس آلومینیوم ممکن است تأثیر شدید دما باعث تغییر شکل بدنه و پوسته یاتاقان به صورت‌های متفاوت شود، به‌طوری که قرارگیری یاتاقان به اندازه کافی محکم نباشد

راهنمایی

- محکم کردن پیچ باید با توجه به گشتاور محکم کردن و ترتیب بستن طبق داده‌های تولیدکننده انجام شود
- موتور را هنگام کار از نظر لرزش و ارتعاش بررسی کنید

- پیش‌آمدگی: پوسته یاتاقان باید برای ایجاد فشار لازم به منظور قرارگیری محکم در جای خود به اندازه کافی پیش‌آمدگی داشته باشد
- سوراخ جذب و بدنه را از نظر تغییر شکل احتمالی بررسی کنید
- میل‌لنگ را هنگام مونتاژ تراز کنید و استرس شفت را مورد بررسی قرار دهید

- اگر علائم زنگ‌زدگی قابل تشخیص هستند، باید یاتاقان را عوض کرد، چرا که ممکن است استحکام آن کاهش یافته باشد.
- سوراخ جذب و قطر بیرونی پوسته یاتاقان باید در محدوده تolerانس باشد، به‌طوری که میزان لقی یاتاقان در همان حد تعیین شده بماند

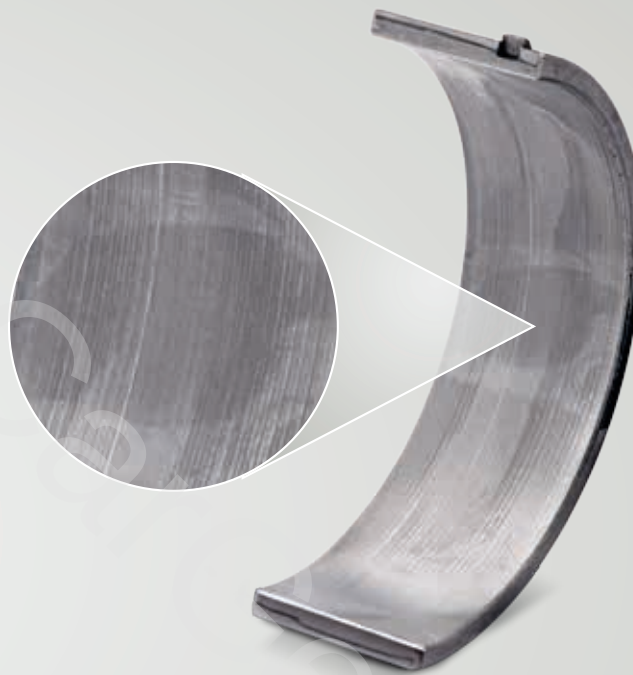
۲-۸ خوردگی شیمیایی

توصیف

- تغییر رنگ سطح ماده، اغلب در محدوده وارد شدن فشار اصلی
- سطح حرکت زیر و متخلخل

زیر پوسته یاتاقان اصلی
ماده ترکیبی فولاد آلومینیوم

رسوبات ناشی از خوردگی در سطح حرکت یاتاقان، به‌خصوص در وسط یاتاقان قابل رویت هستند. رسوبات با تشکیل لکه ظاهر می‌شوند. زیر شدن سطح حرکت یاتاقان فقط با استفاده از میکروسکوپ در محدوده پوشیده شده قابل تشخیص است.



ارزیابی

استحکام ماده به دلیل حمله شیمیایی کم می شود، به طوری که آسیب دیدگی های موجود ناشی از خستگی با وارد شدن کمترین فشار به سرعت افزایش می یابند.

خوردگی شیمیایی در اثر واکنش بین پوسته یاتاقان و روغن موتور ایجاد می شود. دلیل ایجاد واکنش شیمیایی مکمل های تهاجمی موجود در روغن یا آلودگی روغن در حال کار است.

دلایل ممکن

- استهلاک، حفرةزایی و فرسایش، خوردگی را تشدید می کنند، چرا که به سطح ماده حمل و آن را از نظر شیمیایی فعال می کنند
- تشکیل اسید و نمک های فلزی در نتیجه کهنه شدن روغن مکمل های غیر مجاز و تهاجمی روغن
- محصولات تهاجمی حاصل از احتراق (گوگرد، سولفید هیدروژن)
- آلودگی روغن با آب یا ضدیخ
- بالا رفتن دمای کار فرایندهای شیمیایی مانند کهنه شدن روغن را تسریع می کند

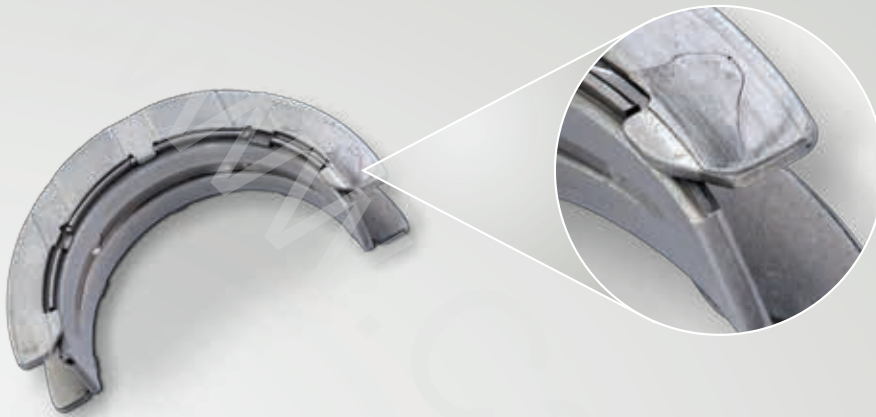
راهنمایی

- یاتاقان پوشیده باید عوض شود.
- تعویض روغن همیشه باید بر اساس داده های تولیدکننده انجام شود
- فقط از روغن با کیفیت و عاری از مکمل های تهاجمی استفاده شود
- موتور به اندازه کافی خنک شود

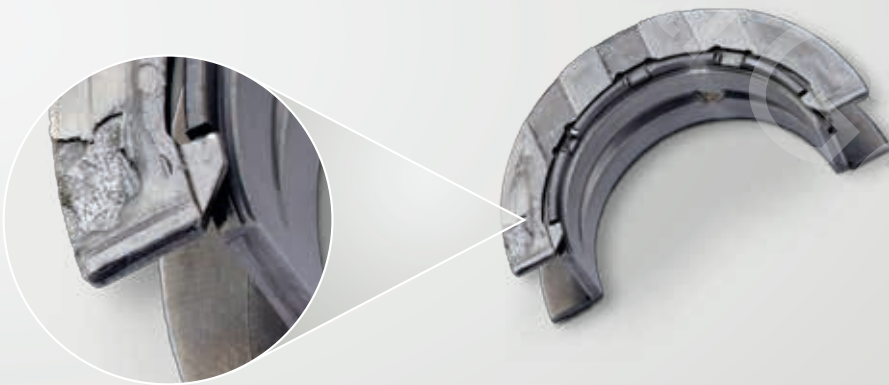
۹ آسیب‌دیدگی واشرهای تراست

استفاده از واشرهای تراست یا یاتاقان‌های طوقه‌ای و یا پوسته یاتاقان گذرا از پیش مونتاژ شده و بسط‌پذیر محقق می‌شود.

واشرهای تراست شرایط جذب نیروهای محوری را که مثلاً با درگیر کردن کلاچ آزاد می‌شوند، فراهم می‌کنند. بنابراین، قرارگیری یاتاقان در مجموعه یاتاقان‌های اصلی همیشه به‌صورت محوری پشتیبانی می‌شود. این کار با



تشکیل ترک از لبه بیرونی تا لبه بیرونی



شکستگی بزرگ ماده روی لبه بیرونی واشر تراست

دلایل ممکن

- جای بازی محوری خیلی کم است، به‌طوری که واشر تراست به قطعه لغزشی فشرده می‌شود
- فشار محوری خیلی زیاد است
- فشار محوری مستدام است
- لنگ شفت خیلی زیر است

راهنمایی

- لقی محوری میل‌لنگ را بررسی کنید و به محدوده تolerانس داده شده توجه نمایید. در صورت لزوم از واشر تراست با سطح کوچک استفاده کنید
- فشار محوری وارد بر واشر تراست را بررسی کنید

آسیب‌دیدگی واشرهای تراست | ۹

وضعیت جدید پیش از
بکارگیری

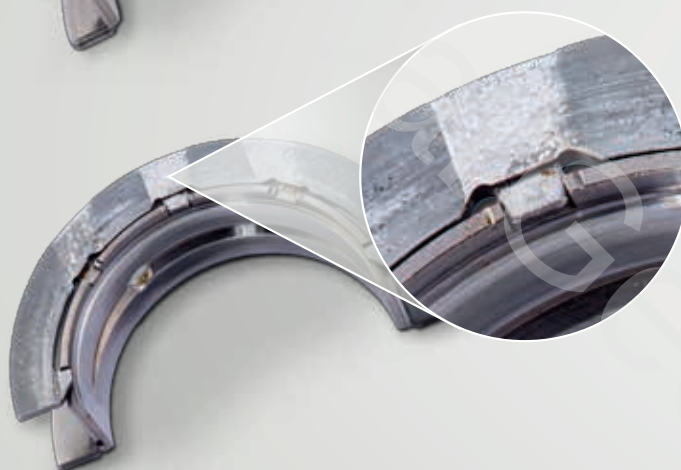
استهلاک لغزشی:

اثر پوشیدگی روی سطح حرکت واشر
تراست قابل رویت است



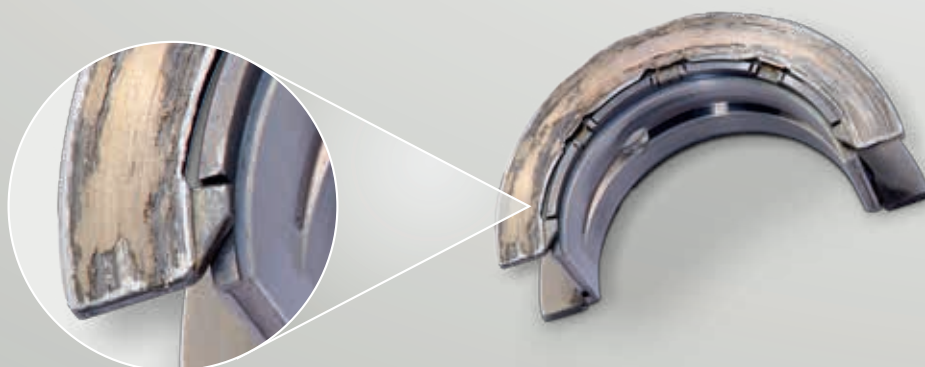
استهلاک لغزشی پیشرفته:

جابجایی ماده و از بین رفتن آن، شیار ماده
روانکاری تقریباً از بین رفته است



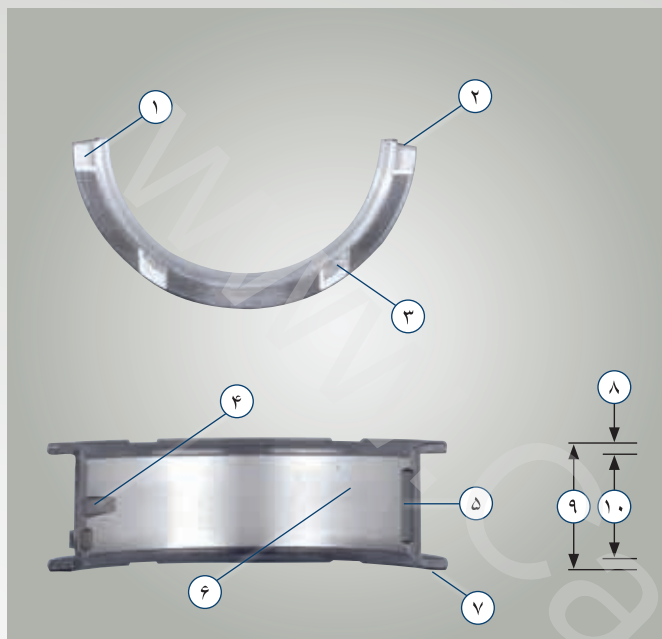
علامت خوردگی:

محدوده‌های ماده دارای شکستگی است و شیارهای
عمیقی روی آن تشکیل شده است، شیارهای
ماده روانکاری دیگر قابل رویت نیستند

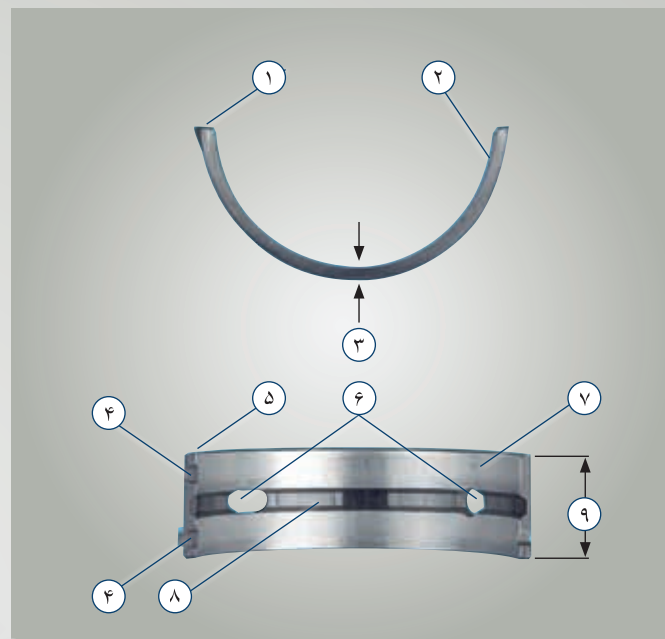


آسیب‌دیدگی کلی

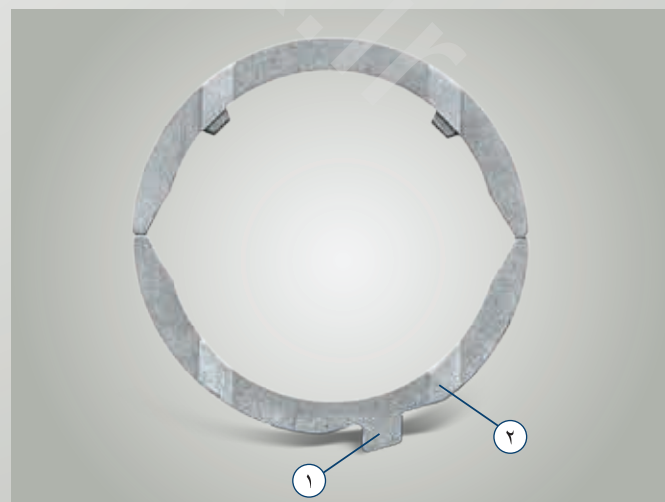
اصطلاحات تخصصی و نام اجزای یاتاقان تخت



- ۱ آزاد کردن سطح جلو
- ۲ آزاد کردن سطح قطعه گروه
- ۳ مهره روانکاری در سطح جلو
- ۴ مهره داسی
- ۵ کیسه روانکاری
- ۶ سطح حرکت
- ۷ سطح جلو
- ۸ ضخامت دسته
- ۹ عرض یاتاقان
- ۱۰ فاصله دسته



- ۱ سطح قطعه
- ۲ آزاد کردن سطح حرکت
- ۳ ضخامت دیواره
- ۴ بادامک‌های اتصال چپ و راست
- ۵ سطح جلو
- ۶ سوراخ روغن
- ۷ سطح حرکت
- ۸ شیار روغن از داخل
- ۹ عرض یاتاقان



- ۱ بادامک توقف
- ۲ شیار روانکاری

توضیح اصطلاحات تخصصی

خورنده

ساینده/خورنده

علامه سایش

مرحله قبل از خوردگی که به علت اصطکاک مخلوط شدید (مثلاً به دلیل کمبود روغن روانکاری) پیش می‌آید. علامه سایش معمول عبارت است از تشکیل شیار و اثر اصطکاک مخلوط همچنین جابه‌جایی لایه لغزشی.

سرعت نهایی

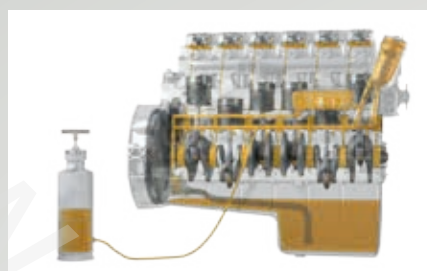
منظور از سرعت نهایی محدوده‌ای است که در آن انتقال از اصطکاک مخلوط به اصطکاک سیال بسته به سرعت لغزش بالاتر اتفاق می‌افتد. در یاتاقان‌های تخت هیدرودینامیکی، مثل آن چه که در موتورهای احتراقی استفاده می‌شود، فیلم روان‌کننده نازکی بعد از رسیدن به سرعت لغزش زیاد تشکیل می‌شود. در صورت پایین بودن سرعت لغزش این یاتاقان‌های صاف باید قابلیت تحمل اصطکاک مخلوط با سهم زیادی در اصطکاک جسم جامد را داشته باشند. به همین دلیل همیشه سعی می‌شود تا حد امکان کارکرد با اصطکاک مخلوط را کوتاه نگه داشت.

نیروی محوری

نیروی که در جهت محور جسم چرخنده اثر می‌کند.

پر کردن روغن فشار

برای جلوگیری از آسیب‌های اولیه مثل حرکت خشک یاتاقان تخت، باید سیستم روغن را پیش از اولین استارت موتور با روغن فشار پر و آن را هواگیری کرد.

**محدوده آزاد**

محدوده پوسته یاتاقان که در آن ضخامت دیواره در جهت سطح قطعه کاهش می‌یابد. این موضوع باعث ایجاد تعادل در دقت مونتاژ می‌شود.

گالوانیک

فرآیند روکش‌کاری الکتروشیمیایی که در آن لایه‌های گالوانیک به صورت الکتروشیمیایی روی یاتاقان‌های تختی که کامل پردازش شده‌اند، افزوده می‌شوند و اعمال فشار تا حدود ۱۰۰ مگاپاسکال را ممکن می‌سازند. با افزودن لایه‌های گالوانیک فرآیندهای تطبیق و سازگاری اولیه تسهیل می‌شوند و مقاومت پوسته یاتاقان در برابر ذرات و همچنین ویژگی‌های حرکت اضطراری آنها بهبود می‌یابند.

شاتون ترک‌دار

شاتون ترک‌دار ابتدا به صورت تک‌قطعه ساخته می‌شود، سپس خط شکست (شاتون یک‌تکه) یا شکست لیزری (شاتون فولادی) به آنها افزوده می‌شود و بعد از آن به صورت هدفمند به دو تکه شکسته می‌شوند (ایجاد ترک). هر دو قسمت هنگام مونتاژ شاتون به هم پیچ می‌شوند، به طوری که این دو قطعه به دلیل هندسه شکست جداگانه کاملاً با هم جفت می‌شوند.

فرسایش

از بین رفتن مواد به دلیل انرژی جنبشی مواد جامد، مایع یا گاز، که روی سطح اثر می‌گذارند.

بادامک اتصال

بادامک‌های اتصال روی پوسته یاتاقان در محدوده سطح قطعه تعبیه می‌شوند. این بادامک‌ها با قرارگیری به صورت محوری مانع بروز خطا هنگام مونتاژ می‌گردند.

اصطکاک سیال

که اصطکاک حاصل از مایع هم نامیده می‌شود. در یاتاقان‌های هیدرودینامیکی در سرعت‌های پایین فیلم پایدار روان‌کننده تشکیل نمی‌شود. در این حالت بین پین و یاتاقان تخت اصطکاک مخلوط وجود دارد. بعد از رسیدن به سرعت نهایی اصطکاک سیال، وضعیت مطلوب را ایجاد می‌کند. در اینجا فیلم پایدار روان‌کننده ساخته می‌شود و استهلاک پین و یاتاقان تخت به حداقل می‌رسد.

روکش پلیمر

که لاک روان‌کاری پلیمر هم نامیده می‌شود. این روکش از جنس رزین پلی‌آمید مقاوم در برابر حرارت و آلودگی با سهم بزرگی از مواد پرکننده‌ای است که از سایش و استهلاک می‌کاهند. نتیجه ترکیب جدید فلز و پلیمر ۲۰٪ مقاومت بیشتر در برابر فشار در یاتاقان‌های دوماه‌ای معمول، مقاومت بیشتر در برابر استهلاک و اصطکاک کمتر است.

محل فشار و پیش‌آمدگی

بوش‌ها و پوسته‌های یاتاقان عمدتاً با اعمال فشار روی بدنه ثابت می‌شوند. در پوسته‌های یاتاقان محل فشار به این ترتیب مشخص می‌شود که هر دو نیم‌سیلندر با محیطی بیش از ۱۸۰ درجه تولید می‌شوند. تفاوت بین ابعاد واقعی محیط پوسته یاتاقان و محیطی که باید ۱۸۰ درجه باشد، پیش‌آمدگی نام دارد. پیش‌آمدگی پوسته یاتاقان مستقیماً روی محل فشار تأثیر می‌گذارد.

گردی

گردی عناصر چرخان در یک برش (عمود به محور واقعی) برابر با حداقل پهنای حلقه بین دو دایره با مرکز مشترک است. امکان جابجایی مرکز به‌صورت آزاد در این برش وجود دارد، به‌طوری که پهنای حلقه به میزان حداقل برسد. در این حین همه نقاط عنصر بین این دو دایره قرار دارند.

انتشار

ابعاد انتشار انحراف قطر بیرونی را از شکل دایره‌ای ایده‌آل در محدوده سطح قطعه مشخص می‌کند. این میزان نمایانگر پس‌جهی ارتجاعی پس از شکل‌دهی است و در وضعیت تعبیه نشده اندازه‌گیر می‌شود. پیش‌تنیدگی پوسته یاتاقان حاصل از آن مونتاژ را به‌واسطه تجهیزات مناسب روی دیواره سوراخ تسهیل می‌کند و مانع بیرون افتادن با چرخش آن می‌شود.

کندوپاش

توان بالای موتور ایجاب می‌کند که به‌خصوص برای یاتاقان شاتون از موادی با مقاومت بسیار بیشتر در برابر خستگی، نرخ کمتر استهلاک در محدوده اصطکاک مخلوط و مقاومت خوب در برابر خوردگی در دمای بالا استفاده شود. این مشخصات ملزومات پیچیده با کمک رسوب فیزیکی بخار (PVD) برآورده می‌شود. ذرات ریز در شرایط خلأ از توزیع‌کننده خارج می‌شوند. این ذرات با کمک میدان‌های الکترومغناطیسی به‌صورت یکنواخت روی قطعه‌ای که روکش می‌شود، پخش می‌شوند. این روکش‌های مگنترون به‌دلیل توزیع بسیار خوب اجزای ساختاری منحصر به‌فرد متمایز می‌شوند. نقطه شروع این کار یاتاقان سیماده‌ای شناخته شده است. ساختار پایه‌ای حفظ می‌شود. سطح لغزشی گالوانیک با سطح لغزشی کندوپاش جایگزین می‌شود. پوسته‌های یاتاقان کندوپاش شده عمدتاً در سمت فشار یاتاقان‌های شاتون کاربرد می‌یابند. پوسته‌های مخالف، همان یاتاقان‌های معمول دو یا سیماده‌ای هستند. وضعیت صحیح مونتاژ پوسته کندوپاش شده یاتاقان شرطی برای ایمنی کار آن است.

طرف میله/درپوش

برای این که بتوان شاتون را روی میل‌لنگ مونتاژ کرد، یاتاقان شاتون از پوسته طرف میل و طرف درپوش تشکیل می‌شود. در حالت مونتاژ شده پیچ‌های شاتون، جفت پوسته شاتون را به حالت یاتاقان کاملاً بسته پیش‌تنیده می‌کنند. پوسته یاتاقان طرف میله از نظر مکانیکی تحت فشار بسیار بیشتری نسبت به پوسته طرف درپوش قرار دارد، چرا که نیروی گاز حاصل از فرآیند احتراق از طریق این قطعه به سمت میل‌لنگ هدایت می‌شود. به‌ویژه در موتورهای دیزل فشار قوی، فشارهای زیادی برابر با ۱۰۰ مگاپاسکال و بیشتر روی پوسته یاتاقان تخت وارد می‌شوند. وظیفه پوسته یاتاقان شاتون طرف درپوش بستن یاتاقان است.

سیستم خودکار استارت و توقف

در وهله اول به‌دلیل لزوم به کاهش آلایندگی CO₂ عملکرد استارت توقف به موتورهای احتراقی اضافه می‌شود. در عملکرد استارت و توقف موتور در حالت سکون خودرو متوقف و با شروع به حرکت آن به‌صورت خودکار استارت می‌خورد. این مسئله مستلزم آن است که یاتاقان‌های تخت داخل موتور نسبت به افزایش اصطکاک مخلوط مقاوم باشند. یاتاقان‌های با هر فرآیند استارت و توقف از محدوده کاری هیدرودینامیکی خارج می‌شوند و تا رسیدن به نقطه صفر سرعت لغزش وارد محدوده اصطکاک مخلوط می‌گردند. فقط لایه‌های لغزشی بهینه شده برای این موضوع تضمین آن هستند که یاتاقان‌ها تحت این شرایطی که برای یاتاقان تخت از نظر تریبولوژیکی بسیار سخت محسوب می‌شود، مقاومت لازم را در برابر استهلاک داشته باشند.

سطح قطعه

در سطوح قطعه پوسته یاتاقان صحبت از سر آزاد قسمت‌های سیلندر توخالی است. این سطوح هنگام جدا شدن پلاستین از نوار یا عملیات پسینی متناسب ایجاد می‌شوند. هنگام مونتاژ پوسته بالایی و زیر در بدنه بالای سطح قطعه تنیده می‌شود تا به این ترتیب با توجه به پیش‌آمدگی موجود نقطه فشار را ایجاد کند.

اثر پوشیدگی/الگوی پوشیدگی

شکل ظاهری سطح حرکت یاتاقان که به واسطه تماس با پین در طول کارکرد ایجاد شده است.

سیستم شیار/شیار روان‌کاری

سیستم‌های شیار برای توزیع ماده روان‌کاری لازم در یاتاقان ضروری هستند و به این ترتیب ایجاد وضعیت کاری هیدروپنوماتیکی را ممکن می‌سازند. این شیارهای ترجیحاً در قسمتی از یاتاقان که تحت فشار نیست، قرار می‌گیرند. با سیستم‌های شیار توزیع ماده روان‌کاری به سایر مصرف‌کننده‌ها نیز تضمین می‌شود.

ضخامت دیواره

جای بازی یاتاقان از طریق ضخامت دیواره یاتاقان صاف تنظیم می‌شود. از آنجا که قطر بیرونی به واسطه سازگاری با فشار از قبل مشخص می‌شود، می‌توان جای بازی یاتاقان را به صورت نسبی با قطر شفت از طریق تغییر در ضخامت دیواره تنظیم کرد. برای شفت‌های تعمیر شده یاتاقان‌های تختی با ابعاد مختلف (ضخامت دیواره بیشتر) وجود دارد.

ممانعت از نفوذ

مانع نفوذ لایه نازکی معمولاً از جنس نیکل (Ni) یا نیکل کرم (NiCr) است که از نفوذ قلع بین لایه لغزش کندوپاش شده یا گالوانیک (بالاترین لایه لغزشی) و ماده برنزی یاتاقان جلوگیری می‌کند. نفوذ قلع باعث می‌شود ویژگی‌های مکانیکی لایه لغزشی و فلز یاتاقان تغییر کنند.