بسمه تعالی

کد مقاله: SBI-FAI-0009

تاریخ انتشار: ۱۳۹۸/۰۹/۲۹

شبکه بلبرینگ ایران

دپارتمان تحقیق و توسعه

نگاهی به چالش‌های کاربرد بیرینگ‌های غلتشی در دماهای بالا

چکیده:

استفاده از بیرینگ‌های غلتشی در دماهای بالا، چالش‌هایی را به همراه دارد که در صورت عدم تخمین مناسب، ممکن است خسارات عمده‌ای را در پی داشته باشند. مقاله حاضر به بررسی برخی از این چالش‌ها از قبیل تغییر در ویژگی‌های مواد به‌کاررفته در ساختار بیرینگ، انبساط بیش از حد، تضعیف نشت‌بندی، مشکلات روانکاری و محدودیت در سرعت‌های مجاز می‌پردازد. شناخت این چالش‌ها به کاربران امکان می‌دهد تا بروز آن‌ها را پیش‌بینی کرده و برای پیش‌گیری از بروز آسیب‌های جدی، چاره‌اندیشی کنند. البته تبیین راهکارهای برخورد با این مشکلات، نیازمند مطالعه‌ای دیگر است.

کلمات کلیدی:

بیرینگ‌های غلتشی، دمای عملکردی بیرینگ، سختی سطح.

۱- مقدمه:

استفاده از بیرینگ‌های غلتشی در دماهای بالا با چالش‌هایی روبرو است که اگر برای آن‌ها چاره اندیشی نشود، ممکن است به خرابی بسیار زودهنگام بیرینگ و حتی تخریب سایر بخش‌های دستگاه منجر گردد. تقریباً همواره، دمای بیرینگ‌ها در هنگام کار، بیشتر از دمای عادی آن ها در هنگامی است که دستگاه مورد نظر خاموش است. اما تا زمانی که این افزایش دما در محدوده مجاز باشد، معمولاً مشکل خاصی ایجاد نمی‌شود. اگر چه رسیدن دمای یک بیرینگ به مقادیر بالا ولی قابل پیش بینی، ممکن است به دلیل شرایط کاری ویژه آن از قبیل سرعت چرخش بالا، نیروهای قابل توجه و ... باشد، ولی آن چه اغلب موجب چنین شرایطی می‌گردد، دمای محیطی بسیار بالا است. به عنوان مثال می‌توان به بیرینگ‌هایی که در صنایع غذایی در بخش های نزدیک به فرهای صنعتی کار می‌کنند، اشاره کرد (شکل شماره ۱).

شکل ۱: صنایع غذایی؛ نمونه‌ای از کاربرد بیرینگ در دماهای بالا.

به طور کلی محدوده مجاز دمایی به عوامل مختلفی از قبیل جنس بیرینگ، شرایط روانکاری و ... بستگی دارد. ولی به عنوان یک تخمین کلی، بیرینگ‌های دارای قفسه پلیمری تا حدود دمای ۱۰۰°C و بیرینگ‌های دارای قفسه‌های فولادی و برنجی به شرط این که فاقد نشت‌بند لاستیکی باشند، تا حدود دمای ۱۵۰°C را تحمل می‌کنند. ذکر این نکته ضروری است که برای دستیابی به دمای مجاز هر بیرینگ باید به کتابچه‌های راهنمای تولیدکنندگان مراجعه نمود. معمولاً نیاز به اتخاذ تصمیمات دشوار، هنگامی پیش می‌آیند که مهندسین با شرایطی که در مرز قابل قبول بودن یا نبودن بیرینگ برای دمای مورد نظر است، مواجه می‌شوند [۱].

در این مقاله، چالش‌های ناشی از استفاده بیرینگ‌های غلشی در دماهای بالا مورد بحث قرار می‌گیرد. نکته‌ای که باید مورد توجه واقع شود، این است که هنگامی که در این مقاله در خصوص دمای بالا صحبت می‌شود، منظور دمای بالای قابل پیش‌بینی است و نه مواردی که در اثر مشکلات پیش‌بینی نشده، دمای عملکردی یک بیرینگ افزایش یافته است. همچنین مقاله حاضر، بیشتر به دنبال بیان چالش‌ها است و در مقاله‌ای دیگر به ارائه راهکارها پرداخته خواهد شد.

۲- چالش‌های استفاده از بیرینگ های غلتشی در دماهای بالا:

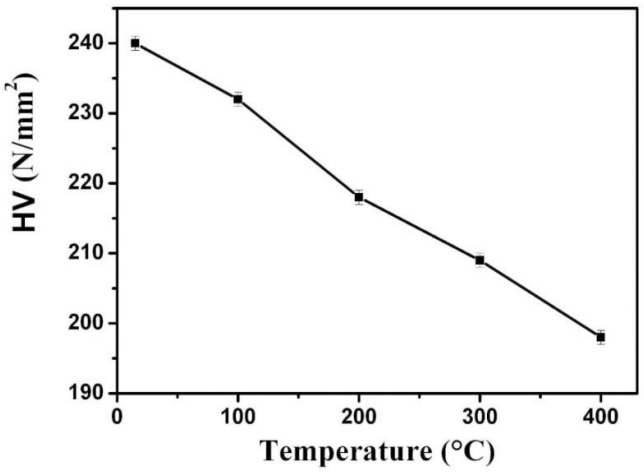
۲-۱- تغییر در ویژگی‌های مواد به‌کاررفته در ساختار بیرینگ

با افزایش دمای بیرینگ‌ها، ویژگی‌های عملکردی مواد به‌کاررفته در آن‌ها دچار تغییر می‌گردد. در این جا تمرکز بر روی خواص فولادهای به‌کاررفته در بیرینگ‌های غلتشی است. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌هایی که در خصوص فولادهای به‌کاررفته در بیرینگ‌های غلتشی مورد نظر است، میزان سختی سطحی آن‌ها است. اگر چه با افزایش دما، همواره میزان سختی سطح کاهش می‌یابد، اما در تغییرات دمایی اندک، معمولاً میزان کاهش سختی سطح قابل چشم‌پوشی است. ولی اگر افزایش دما شدید باشد، تغییر در میزان سختی سطح و سایر ویژگی‌های عملکردی متریال بیرینگ‌ها نیز قابل توجه خواهد بود. البته در این میان، تفاوت‌هایی بین فولادهای مختلف وجود دارد. به گونه‌ای که نرخ تغییرات سختی سطح نسبت به تغییر دما، از فولادی به فولاد دیگر متفاوت است و از این نظر، فولادی برای استفاده در بیرینگ غلتشی مناسب‌تر است که به ازای مقدار مشخصی از افزایش دما، میزان کاهش سختی سطحی آن، محدودتر باشد.

شکل شماره ۲، تغییرات سختی سطح یک نمونه از فولاد 9Cr18Mo را که از فولادهای رایج در بیرینگ‌های غلتشی به‌کاررفته در دماهای بالا است، در اثر تغییردما نشان می‌دهد. آنالیز شیمیایی این فولاد در جدول شماره ۱، مشخص شده است.

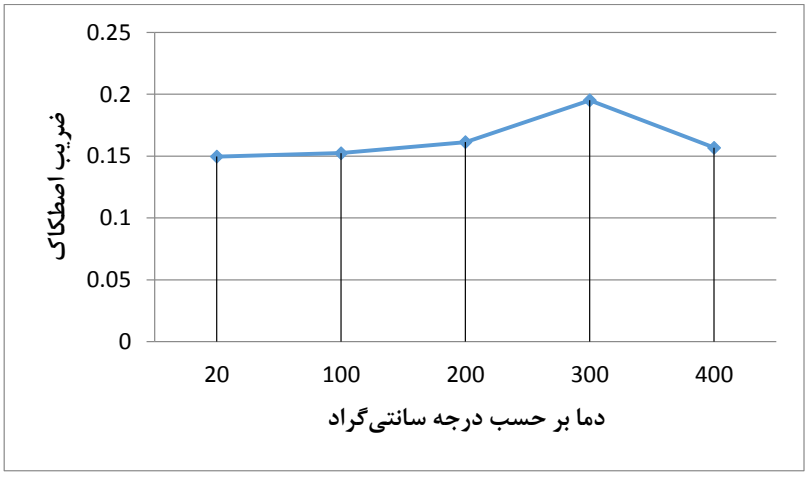
جدول ۱: آنالیز شیمیایی فولاد 9Cr18Mo [۲].

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
Content (Wt. %)	0.974	0.008	0.498	0.019	0.005	17.2	0.492	0.092



شکل ۲: تغییرات سختی سطح فولاد Cr18Mo۹، در اثر تغییردما [۲].

یکی دیگر از ویژگی‌هایی که اغلب با دما تغییر می‌کند، ضریب اصطکاک است. در اغلب موارد، با بالا رفتن دما تا محدوده ۳۰۰°C، میزان ضریب اصطکاک مواد به‌کاررفته در بیرینگ‌های غلتشی افزایش می‌یابد و این به معنی اتلاف بیشتر انرژی و تخریب سریع‌تر بیرینگ است. شکل شماره ۳، نمودار تغییرات ضریب اصطکاک فولاد 9Cr18Mo را بر حسب دما نشان می‌دهد. همان طور که در این نمودار نشان داده شده است، میزان افزایش ضریب اصطکاک تا ۲۰۰°C، ناچیز است، اما از ۲۰۰°C تا حدود ۳۰۰°C، افزایش ضریب اصطکاک قابل توجه بوده و پس از آن ضریب اصطکاک دوباره رو به کاهش می‌گذارد.



شکل ۳: نمودار تغییرات ضریب اصطکاک فولاد Cr18Mo۹ بر حسب دما [۲].

اگر دمای بیرینگ تا بیش از ۴۰۰°F (حدود ۲۰۵°C) افزایش یابد، اغلب فولادهای معمولی به‌کاررفته در بیرینگ‌های غلتشی دچار آنیلینگ نامطلوب می‌گردند که این به معنی تغییر دائمی برخی از ویژگی‌های عملکردی آن‌ها است. بنابراین در دماهای بالاتر از ۲۰۵°C باید از بیرینگ‌هایی استفاده شود که از فولادهای ویژه دماهای بالا تولید شده باشند [۳].

۲-۲- انبساط بیش از حد

با افزایش دمای بیرینگ، اجزاء مختلف آن دچار انبساط می‌گردند و هر چه میزان افزایش دما بیشتر باشد، میزان انبساط نیز بیشتر خواهد بود. این تغییرات ابعادی، می‌تواند تأثیر قابل توجهی در عملکرد بیرینگ‌های غلتشی داشته باشد. به خصوص که میزان افزایش دما در نقاط مختلف بیرینگ، متفاوت است و این به معنی میزان متفاوت انبساط در نقاط مختلف بیرینگ است که اگر از قبل به درستی پیش‌بینی نشده باشد، ممکن است به گیرپاژ بیرینگ منجر شود [۴].

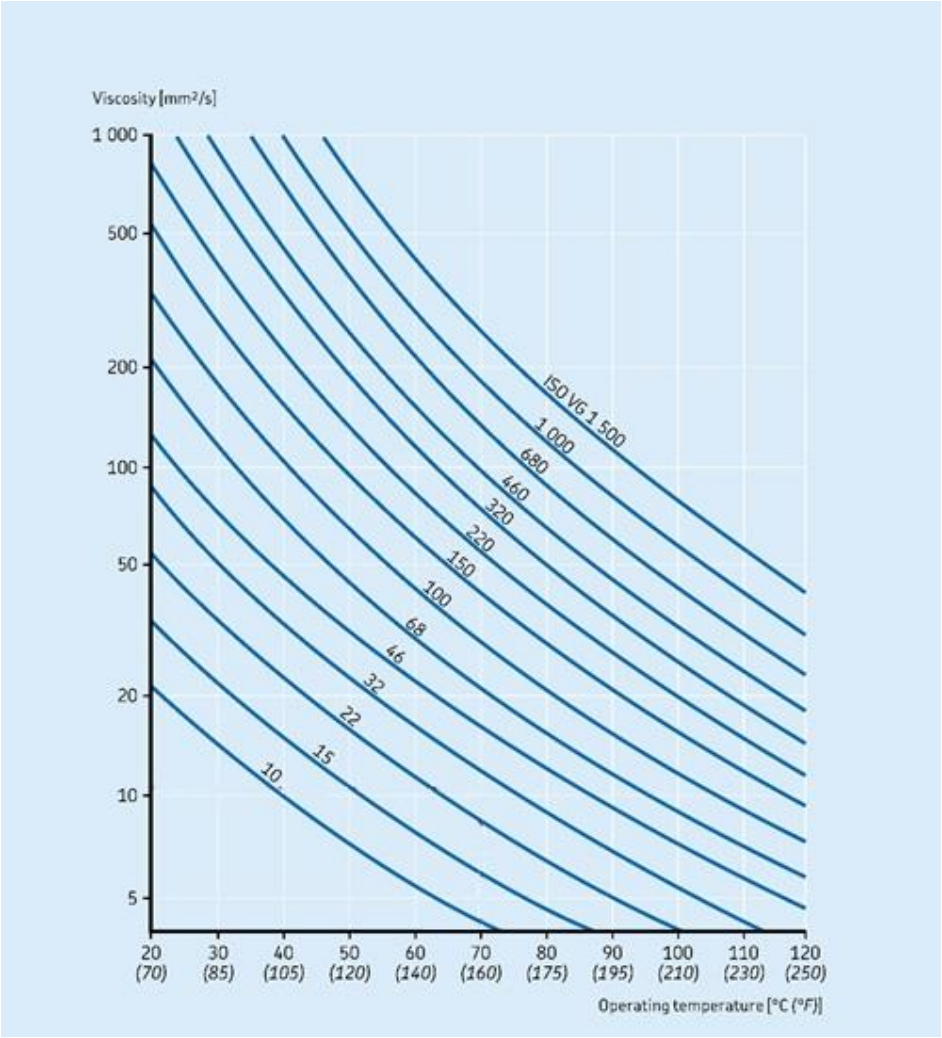
۲-۳- تضعیف نشت‌بندی

یکی دیگر از مشکلاتی که در دماهای بالا با آن مواجه هستیم، مسأله نشت‌بندی بیرینگ‌های غلتشی است. می‌دانید که روش‌های مختلفی برای نشت‌بندی بیرینگ‌های غلتشی وجود دارد. از بین نشت‌بندهایی که روی خود بیرینگ‌ها سوار هستند، بهترین میزان نشت‌بندی را نشت‌بندهای تماسی دارند [۱]. اما مشکل این جا است که این نشت‌بندها از نوع نشت‌بندهای لاستکی هستند و تحمل دماهای بالا را ندارند [۵]. بنابراین در دماهای بالا اغلب از حفاظ‌های فلزی استفاده می‌گردد که میزان نشت‌بندی آن‌ها به طور قابل توجهی کمتر از نشت‌بندهای لاستیکی تماسی است [۶].

۲-۴- مشکلات روانکاری

معیارهای مختلفی برای انتخاب گریس مناسب برای بیرینگ‌های غلتشی وجود دارد که یکی از آن‌ها میزان تحمل دما توسط گریس است. اگر چه می‌توان گریس‌هایی یافت که دماهای بالا را به طور مناسب تحمل کنند، ولی مشکل این جا است که تنوع گریس‌های دما بالا از نظر سایر پارامترهای عملکردی کمتر از گریس‌های عادی است و این امر ممکن است محدودیت‌هایی در انتخاب روانکار مناسب ایجاد نماید.

همچنین با افزایش دما، گرانروی روانکارهای رایج کاهش می‌یابد و این خطر وجود دارد که میزان گرانروی به کمتر از حد مجاز برسد. شکل شماره ۴، نمودار تغییرات گرانروی برخی از روغن‌های رایج در روانکاری را بر حسب تغییر دما نشان می‌دهد.



شکل ۴: نمودار تغییرات گرانروی برخی از روغن‌های رایج در روانکاری بر حسب تغییر دما [۱].

۲-۵- محدودیت در سرعت های مجاز

بیرینگ‌های غلتشی اغلب در بازه خاصی از سرعت‌های چرخشی قابل استفاده هستند. ولی بازه سرعت مجاز برای یک بیرینگ، اغلب یک بازه ثابت نیست، بلکه به پارامترهای مختلفی از قبیل میزان نیروهای اعمال شده به بیرینگ، نوع این نیروها، میزان ناترازی و همچنین دمای کاری بیرینگ بستگی دارد. بنابراین، با افزایش دما، دامنه بازه سرعت‌های مجاز بیرینگ، کاهش می‌یابد.

۳- بحث و نتیجه‌گیری:

در این مقاله چالش‌های ناشی از استفاده بیرینگ‌های غلتشی در دماهای بالا مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به این که در برخی از موارد، ناچار به استفاده از بیرینگ‌های غلتشی در دماهای بالا هستیم، آن چه که مهم است، پیش‌بینی این چالش‌ها و استفاده از راهکارهای مناسب برای مواجهه با آن‌ها است.

در برخی از موارد، ممکن است که کاربر از اندازه دقیق دمای عملکردی بیرینگ اطلاع نداشته باشد. یکی از نکاتی که در تشخیص افزایش بیش از حد دمای بیرینگ به ما کمک می‌کند، بررسی تغییرات رنگ بیرینگ استفاده شده است. اگر دمای بیرینگ بیش از حد بالا برود، ممکن است رنگ فولاد بیرینگ، تغییر کرده و به طیفی از آبی تا طلایی تغییر رنگ دهد. شکل شماره ۵، یک نمونه بیرینگ غلتشی را که دچار افزایش دمای بیش از حد شده است، نشان می دهد و در آن، طیف رنگی آبی تا طلایی مشهود است.

شکل ۵: یک نمونه بیرینگ غلتشی که دچار افزایش دمای بیش از حد شده است [۳].

آن چه در این مقاله ارائه گردید به پیش‌بینی چالش‌های مذکور کمک می‌کند، اما ارائه راهکارها نیازمند مطالعه‌ای دیگر است.

منابع:

[1] SKF Group (2013), “Rolling Bearings”.

[2] Qiang He, et al. (2018), “Investigation on Friction and Wear Properties of High Temperature Bearing Steel 9Cr18Mo”, Mat. Res. vol.21 no.3 São Carlos 2018 Epub Apr 05.

[3] BARDEN Presision Bearings, “Bearing Failure: Causes and Cures”.

[4] https://www.bearing-news.com/bearing-considerations-high-temperature-applications/ , Date of access: 2019.12.15

[5] https://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/self-aligning-ball-bearings/temperature-limits/index.html, Date of access: 2019.12.15

[6] SKF Group (2015), “SKF high temperature bearings”.