کد مقاله: SBI-CLA-0010

بسمه تعالی

تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۴/۰۴

شبکه بلبرینگ ایران

دپارتمان تحقیق و توسعه

مقایسه فاکتورهای عملکردی بلبرینگ‌های کفگرد با رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد

چکیده:

بلبرینگ‌های کفگرد و رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد، دو دسته از بیرینگ‌های غلتشی کفگرد هستند که از نظر فاکتورهای عملکردی شباهت زیادی به یکدیگر دارند. در این مطالعه فاکتورهای عملکردی مختلف این دو گروه از بیرینگ‌ها با یکدیگر مقایسه گردیده است تا راهنمایی در انتخاب میان یکی از این دو دسته برای طراحان باشد. نتایج نشان داد که در سرعت‌های بالا، بلبرینگ‌های کفگرد عملکرد بهتری نسبت به رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد دارند. اما رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد از نظر حداکثر تحمل بار محوری برتر از بلبرینگ‌های کفگرد هستند. همچنین حداقل بار لازم، فاکتور عملی مناسبی برای انتخاب بین این بیرینگ‌ها نیست؛ مگر این که بارهای وارده از قبیل وزن شفت، بسیار سبک باشند. علاوه بر این، هر دو بیرینگ نسبت به ناترازی زاویه‌ای و اعمال بارهای شعاعی ضعیف هستند و در این شرایط بهتر است که از هیچ‌کدام از این بیرینگ‌ها استفاده نشود.

کلمات کلیدی:

بار مجاز دینامیکی، بار محوری، بلبرینگ‌های کفگرد، رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد، سرعت مرجع.

فهرست علائم و اصطلاحات:

ضریب حداقل بار	A
بار مجاز استاتیکی بیرینگ (kN)	C_0
حداقل بار محوری لازم برای بیرینگ (kN)	F_{am}
سرعت چرخش بیرینگ (RPM)	n

۱- مقدمه

بیرینگ‌های کفگرد عمدتاً برای تحمل بارهای محوری طراحی شده‌اند. این بیرینگ‌ها در انواع مختلفی تولید و به بازار عرضه می‌شوند. از این بیرینگ‌ها در شفت‌های عمودی برای تحمل وزن شفت و یا در شفت‌های افقی در ترکیب با سایر انواع بیرینگ‌ها استفاده می‌شود.

شکل ۱: یک نمونه از بلبرینگ‌های کفگرد.

در بین انواع مختلف بیرینگ‌های کفگرد، بلبرینگ‌های کفگرد و رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد که به ترتیب در شکل شماره ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند، شباهت زیادی از نظر فاکتورهای مختلف عملکردی دارند. به عنوان مثال اگر چه برخی از انواع این بیرینگ‌ها قادر به تحمل همزمان بارهای شعاعی و محوری هستند، بلبرینگ‌های کفگرد و رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد منحصراً قادر به تحمل بارهای محوری می‌باشند [۱] و [۲].

شکل ۲: یک نمونه از رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد.

بنابراین در اغلب موارد ممکن است، طراحان در انتخاب میان این دو دچار تردید شوند. لذا مقاله حاضر به دنبال مقایسه فاکتورهای عملکردی این دو گروه از بیرینگ‌ها است تا از این طریق در انتخاب گزینه مناسب برای طراحان ماشین‌آلات مختلف راهگشا باشد.

۲- مشخصات بیرینگ‌های مورد بررسی

در این مطالعه بلبرینگ کفگرد با کد فنی 51220 با رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد با کد فنی 81220 TN مقایسه شده است. هر دو بیرینگ ساخت شرکت SKF هستند و در این مقاله تمامی اطلاعات و نحوه انجام محاسبات بر مبنای اطلاعات و روش‌های این شرکت خواهد بود. همانطور که در جدول شماره ۱، نشان داده شده است، مشخصات هندسی هر دو بیرینگ کاملاً یکسان است؛ که این امر، این بیرینگ‌ها را به نمونه‌های عالی برای مقایسه فاکتورهای عملکردی بلبرینگ‌های کفگرد و رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد تبدیل می‌کند.

جدول ۱: مشخصات هندسی بلبرینگ کفگرد 51220 و رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد 81220 TN [۳]

	51220	81220 TN
قطر داخلی (mm)	۱۰۰	۱۰۰
قطر خارجی (mm)	۱۵۰	۱۵۰
پهنا (mm)	۳۸	۳۸
جرم بیرینگ (Kg)	۲/۲	۲/۲

۳- مقایسه میزان تحمل بارهای محوری

همان طور که پیش‌تر اشاره شد، بلبرینگ‌های کفگرد و رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد هر دو تنها بار محوری را تحمل می‌کنند. بنابراین مقایسه میزان تحمل بار در این بیرینگ‌ها به بررسی میزان تحمل بارهای محوری محدود می‌شود.

طبق اطلاعات موجود در کاتالوگ شرکت SKF، میزان بار مجاز دینامیکی بلبرینگ کفگرد 51220 برابر با ۱۱۹ kN و میزان بار مجاز دینامیکی رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد 81220 TN برابر با ۲۷۰ kN است که ۲/۲۷ برابر بار مجاز دینامیکی بلبرینگ کفگرد مشابه خود است. بنابراین رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد نیروهای محوری را بهتر از بلبرینگ‌های کفگرد تحمل می‌کنند [۳].

اما این مقایسه وقتی جالب‌تر می‌گردد که بدانیم بار مجاز استاتیکی بلبرینگ کفگرد 51220 برابر با ۳۲۵ kN و میزان بار مجاز دینامیکی رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد 81220 TN برابر با ۱۰۶۰ kN است؛ یعنی ۳/۲۶ برابر بلبرینگ کفگرد مشابه خود [۳].

۴- مقایسه حداقل بار لازم

برای هر بیرینگ، مفهومی به عنوان حداقل بار لازم مطرح می‌گردد که از آن به عنوان آستانه پایین مقدار بار مجاز اعمالی به بیرینگ برای دستیابی به عملکرد قابل قبول و عمر مناسب، تعبیر می‌گردد. زیرا در صورتی که بار وارد بر یک بیرینگ غلتشی بیش از حد سبک باشد، روی عملکرد و عمر آن تأثیر منفی خواهد داشت [۴].

حداقل بار لازم برای بلبرینگ‌های کفگرد از رابطه شماره ۱ محاسبه می‌گردد [۳]:

$$F_{am} = A \left(\frac{n}{1000}\right)^2$$ **(رابطه شماره ۱)**

و حداقل بار لازم برای رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد از رابطه شماره ۲ محاسبه می‌شود [۳]:

$$F_{am} = 0.0005\, C_0 + A \left(\frac{n}{1000}\right)^2$$ **(رابطه شماره ۲)**

با توجه به اطلاعات مندرج در کاتالوگ شرکت SKF، میزان ضریب حداقل بار (A) برای بلبرینگ کفگرد 51220 برابر با ۰/۶۲ و برای رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد 81220 TN برابر با ۰/۰۹ است. بنابراین با فرض سرعت چرخش ۵۰۰ دور بر دقیقه برای هر دو بیرینگ، میزان حداقل بار لازم برای بلبرینگ کفگرد 51220 برابر با ۰/۱۵۵ kN و برای رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد 81220 TN برابر با ۰/۵۵۲ kN محاسبه می‌گردد.

بنابراین میزان حداقل بار لازم برای رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد تقریباً ۳/۵۶ برابر بلبرینگ کفگرد مشابهش است.

۵- مقایسه میزان تحمل سرعت‌های بالا

به طور کلی می‌دانیم که بلبرینگ‌ها نسبت به رولربیرینگ‌ها سرعت‌های بالا را بهتر تحمل می‌نمایند. این امر به دلیل سطح تماس کمتر بین ساچمه‌های بلبرینگ‌ها و مسیر ساچمه‌رو در مقایسه با سطح تماس بین غلتک رولربیرینگ‌ها و مسیر حرکت غلتکها است. زیرا میزان اصطکاک ایجاد شده با میزان این سطح تماس رابطه مستقیم دارد و می‌دانیم که اصطکاک اصلی‌ترین عامل محدودیت سرعت در بیرینگ‌ها است.

در این مورد نیز میزان سرعت مرجع بلبرینگ کفگرد 51220 برابر با RPM ۱۸۰۰ و میزان سرعت مرجع رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد 81220 TN برابر با RPM ۹۰۰ است. یعنی سرعت مرجع بلبرینگ کفگرد ۲ برابر رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد مشابهش است [۳].

۶- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به مجموعه مطالب ذکر شده در بخش‌های قبلی این مقاله، می‌توان چنین نتیجه گرفته که اگر بار وارد بر بیرینگ نسبتاً سبک و از نوع محوری خالص باشد، استفاده از بلبرینگ‌های کفگرد گزینه مناسب‌تری است. همچنین بلبرینگ‌های کفگرد در سرعت‌های بالا عملکرد بهتری نسبت به رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد دارند.

در خصوص حداقل بار لازم به عنوان یک معیار فرعی انتخاب بیرینگ، باید توجه نمود که اگر چه میزان حداقل بار لازم برای رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد تقریباً ۳/۵۶ برابر بلبرینگ کفگرد مشابهش است، ولی اندازه حداقل بار لازم برای هر دو نوع بیرینگ فوق به نسبت کوچک است. به عنوان مثال در نظر داشته باشید که میزان حداقل بار لازم برای رولربیرینگ استوانه‌ای NUP 220 ECP - که قطر داخلی آن هم مشابه رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد 81220 TN برابر با mm ۱۰۰ است- برابر با kN ۲/۷۹ است که به طور واضحی بیشتر از مقدار حداقل بار لازم برای رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد 81220 TN است [۳]. بنابراین به نظر می‌رسد که حداقل بار لازم، فاکتور عملی مناسبی برای انتخاب بین این بیرینگ‌ها نیست؛ مگر این که بارهای وارده بسیار سبک باشند.

از سوی دیگر، رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد در تحمل نیروهای محوری بزرگ عملکرد بهتری دارند. به خصوص اگر سرعت چرخش شفت چندان زیاد نباشد.

اما پرسش چالش برانگیزی که ممکن است مطرح شود، این است که اگر بار محوری وارد بر بیرینگ نسبتاً سنگین و سرعت چرخش بیرینگ هم بالا باشد، اولویت با انتخاب بلبرینگ کفگرد است و یا رولربیرینگ استوانه‌ای کفگرد؟

در پاسخ به پرسش فوق باید گفت که در این شرایط می‌توانیم از بلبرینگ کفگرد با تعداد بیشتر و یا ابعاد بزرگتر استفاده کنیم، زیرا حل مشکل تحمل بار از طریق افزایش تعداد و یا سایز بیرینگ، معمولاً ساده تر از حل مشکل تحمل سرعت است [۵]. البته راهکارهای بهتری نظیر استفاده از بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای نیز در این خصوص مطرح است. علاوه بر این، هم بلبرینگ‌های کفگرد و هم رولربیرینگ‌های استوانه‌ای کفگرد نسبت به ناترازی زاویه‌ای و اعمال بارهای شعاعی ضعیف هستند و در این شرایط بهتر است که از هیچ‌کدام از این بیرینگ‌ها استفاده نشود.

منابع:

[1] NSK MOTION & CONTROL TM (2011), "Rolling Bearings".

[2] NKE Wälzlager Vertriebsges.m.b.H., “NKE Bearing Collage” booklet, 2012.

[3] SKF Group (2018), “Rolling Bearings”.

۴- دپارتمان تحقیق و توسعه شبکه بلبرینگ ایران (۱۳۹۷)، «مروری بر مفهوم حداقل بار لازم برای بیرینگ‌های غلتشی»، کد مقاله: SBI-FAI-0007.

۵- دپارتمان تحقیق و توسعه شبکه بلبرینگ ایران (۱۳۹۶)، «مقایسه تطبیقی رولربیرینگ های مخروطی با بلبرینگ های تماس زاویه ای»، کد مقاله: SBI-CLA-0003.