



شبکه بلبرینگ ایران دپارتمان تحقیق و توسعه

مقایسه تطبیقی بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه با بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس

چکیده:

بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه و بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس، جزء زیرمجموعه‌های بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای هستند و شباهت‌های عملکردی میان آن‌ها اغلب موجب سردرگمی مهندسان در انتخاب میان این دو گزینه می‌گردد. این مطالعه به منظور مقایسه فاکتورهای عملکردی این دو گروه از بلبرینگ‌ها انجام گردید؛ تا به عنوان یک راهنما در انتخاب گزینه مناسب برای طراحان ماشین‌آلات مختلف راهگشا باشد. نتایج نشان داد که بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس از نظر بار مجاز دینامیکی، تحمل بار محوری، وزن کم، پهنای کم و تحمل سرعت‌های بالا بهتر از بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه هستند. هر دو گروه از نظر تحمل ناترازی و قیمت در بازار ایران، مشابه یکدیگرند و مزیت بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه نسبت به بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس در تحمل بهتر نیروهای شعاعی است.

کلمات کلیدی:

بار مجاز دینامیکی، بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه، بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس.

۱- مقدمه

بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای یکی از پرکاربردترین انواع بلبرینگ‌های غلتشی هستند. ساختار یک بلبرینگ تماس زاویه‌ای به گونه‌ای است که انتقال نیرو در آن تحت یک زاویه خاص که به زاویه تماس مشهور است، صورت می‌گیرد. وجود این زاویه تماس، باعث می‌شود که بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای نسبت به بلبرینگ‌های شیار عمیق هم سایز خود، نیروی محوری بزرگتری را تحمل نمایند. بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای با زوایای تماس مختلف تولید می‌شوند. هر چه زاویه تماس یک بلبرینگ بزرگتر باشد، میزان تحمل بار محوری آن بلبرینگ بیشتر است و در مقابل از میزان تحمل بار شعاعی آن کاسته می‌شود [۱].

بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای به طور گسترده در انواع ماشین ابزارها استفاده می‌شوند. از جمله سایر کاربردهای این بلبرینگ‌ها می‌توان به استفاده در پمپ‌ها و کمپرسورهای صنعتی، موتورهای الکتریکی، برخی از انواع خودروها و غیره اشاره نمود [۲].

بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای تک‌ردیفه، نیروی محوری را تنها در یک جهت تحمل می‌کنند. بنابراین در مواردی که نیروی محوری در دو جهت اعمال می‌شود، می‌توان یکی از راهکارهای زیر را انتخاب کرد. یا باید این بلبرینگ‌ها به صورت جفت بسته شوند؛ یا از بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه استفاده شود و یا یک بلبرینگ دارای چهار نقطه تماس مورد استفاده قرار گیرد.

یک بلبرینگ تماس زاویه‌ای دوردیفه که مدل برش خورده شماتیکی آن در شکل شماره ۱ نشان داده شده است، از نظر طراحی نظیر دو بلبرینگ تماس زاویه‌ای تک‌ردیفه است که به صورت پشت به پشت جفت شده‌اند. این بلبرینگ‌ها بار محوری را در دو جهت تحمل می‌کنند. البته در صورتی که دارای شیار ساچمه زنی باشند، محدودیت‌هایی در تحمل بار محوری در یکی از جهت‌ها دارند [۳].



شکل ۱: یک نمونه از بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه [۴].

مزیت اصلی استفاده از یک بلبرینگ تماس زاویه‌ای دوردیفه به جای دو عدد بلبرینگ تماس زاویه‌ای تک‌ردیفه در جای کمتری است که اشغال می‌کند. بنابراین اگر محدودیت فضای محوری در طراحی مطرح نباشد، معمولاً استفاده از دو بلبرینگ تماس زاویه‌ای تک‌ردیفه ارجح است.

بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس که مدل برش خورده شماتیکی آن در شکل شماره ۲ نشان داده شده است، یکی از انواع بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای هستند که رینگ داخلی یا خارجی در آن‌ها به صورت دو تکه می‌باشد. هدف از این تغییر در طراحی، دستیابی به قابلیت تحمل بار محوری در هر دو جهت است. در این بین، حالتی که رینگ داخلی آن دو تکه می‌باشد، پرکاربردتر است. این بیرینگ‌ها به عنوان سری Q شناخته می‌شوند و معمولاً با قفسه‌های برنجی ماشین‌کاری شده یا قفسه‌های پلیمری تولید می‌گردند [۳].



شکل ۲: یک نمونه از بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس [۵].

بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه و بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس، جزء زیرمجموعه‌های بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای هستند و شباهت‌های عملکردی میان آن‌ها اغلب موجب سردرگمی مهندسان در انتخاب میان این دو گزینه می‌گردد. 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 بلبرینگ‌های مورد بررسی

در این مطالعه بلبرینگ تماس زاویه‌ای دوردیفه با کد فنی 3216 A با بلبرینگ دارای چهار نقطه تماس با کد فنی QJ 216 MA مقایسه شده است. هر دو بلبرینگ 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، قطر داخلی و قطر خارجی دو بلبرینگ کاملاً یکسان است؛ اما پهنا و وزن آن‌ها با یکدیگر تفاوت دارد.

جدول ۱: مشخصات هندسی بلبرینگ 3216 A و بلبرینگ QJ 216 MA [۳]

QJ 216 MA	3216 A	
۸۰	۸۰	قطر داخلی (mm)
۱۴۰	۱۴۰	قطر خارجی (mm)
۲۶	۴۴/۴	پهنا (mm)
۱/۸۵	۲/۶۵	جرم بلبرینگ (Kg)

۳- مقایسه میزان تحمل بار

طبق اطلاعات موجود در کاتالوگ شرکت SKF، میزان بار مجاز دینامیکی بلبرینگ 3216 A برابر با ۱۰۶ kN و میزان بار مجاز دینامیکی بلبرینگ QJ 216 MA برابر با ۱۴۶ kN است. بنابراین در این مورد، بار مجاز دینامیکی یک بلبرینگ دارای چهار نقطه تماس تقریباً ۳۸ درصد بیشتر از بلبرینگ تماس زاویه‌ای دوردیفه مشابه آن است [۳].

فرض کنید که یک نیروی شعاعی به بزرگی ۳ kN و یک نیروی محوری به بزرگی ۴ kN به طور همزمان به هر کدام از این دو بلبرینگ وارد می‌شوند، طبق محاسبات مبتنی بر اطلاعات کاتالوگ شرکت SKF اندازه بار معادل دینامیکی برای بلبرینگ 3216 A برابر با ۶/۸۵ kN و برای بلبرینگ QJ 216 MA برابر با ۶/۰۸ kN محاسبه می‌گردد [۳].

بنابراین با توجه به بزرگ‌تر بودن بار معادل دینامیکی برای بلبرینگ تماس زاویه‌ای دوردیفه و کمتر بودن بار مجاز دینامیکی آن نسبت به بلبرینگ دارای چهار نقطه تماس، عمر بلبرینگ تماس زاویه‌ای دوردیفه در این ترکیب از بارگذاری کمتر از بلبرینگ دارای چهار نقطه تماس مشابه آن است.

می‌دانیم که برای هر بلبرینگ، مفهومی به عنوان حداقل بار لازم مطرح می‌گردد که از آن به عنوان آستانه پایین مقدار بار مجاز اعمالی به بلبرینگ برای دستیابی به عملکرد قابل قبول و عمر مناسب، تعبیر می‌گردد. زیرا در صورتی که بار وارد بر یک بلبرینگ غلظتی بیش از حد سبک باشد، روی عملکرد و عمر آن تأثیر منفی خواهد داشت [۶].

نکته جالب توجه این است که حداقل بار لازم برای بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس به صورت یک بار محوری و برای بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه به صورت یک بار شعاعی تعریف می‌گردد. همچنین توجه به این نکته ضروری است که بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس، هنگامی قادر به ارائه عملکرد مناسب می‌باشند که نسبت نیروی محوری به نیروی شعاعی در آن‌ها حداقل برابر با $1/27$ باشد [۳]. بنابراین با توجه به مجموعه مطالب فوق، اگر چه هم بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس و هم بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه قادر به تحمل ترکیب بارهای شعاعی و محوری هستند، اما طراحی بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس با اولویت تحمل بارهای محوری و طراحی بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه با اولویت تحمل بارهای شعاعی انجام شده است.

۴- مقایسه میزان تحمل سرعت‌های بالا

به طور کلی می‌دانیم که بلبرینگ‌ها سرعت‌های بالا را به میزان قابل قبولی تحمل می‌نمایند. این امر به دلیل سطح تماس کم بین ساچمه‌های بلبرینگ‌ها و مسیر ساچمه‌رو در بلبرینگ‌ها است. زیرا میزان اصطکاک ایجاد شده با میزان این سطح تماس رابطه مستقیم دارد و می‌دانیم که اصطکاک اصلی‌ترین عامل محدودیت سرعت در بلبرینگ‌ها است.

طبق اطلاعات موجود در کاتالوگ شرکت SKF، میزان سرعت حدی بلبرینگ 3216 A برابر با 4300 RPM و میزان سرعت حدی بلبرینگ QJ 216 MA برابر با 8000 RPM است. بنابراین سرعت حدی یک بلبرینگ دارای چهار نقطه تماس تقریباً ۸۶ درصد بیشتر از بلبرینگ تماس زاویه‌ای دوردیفه مشابه آن است [۳].

۵- بحث و نتیجه‌گیری

همان طور که پیشتر اشاره شد، فاکتورهای عملکردی بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه و بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس تا حد زیادی مشابه یکدیگرند. اما هر کدام از این بلبرینگ‌ها نسبت به دیگری مزیت‌ها و محدودیت‌هایی دارد. به عنوان مثال بار مجاز دینامیکی بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس بزرگتر از بار

مجاز دینامیکی بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه مشابه آن‌ها است. همچنین این بلبرینگ‌ها بارهای محوری را بهتر از بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه تحمل می‌کنند.

از نظر تحمل سرعت‌های بالا هم بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس عملکرد بهتری نسبت به بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه دارند. همچنین بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس نسبت به بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه سبکتر و از نظر پهنا کوچکترند که این امر در ماشین‌آلاتی که سایز یا وزن آن‌ها مهم است، مزیت قابل توجهی محسوب می‌شود.

میزان تحمل ناترازی در هر دو این بلبرینگ‌ها مشابه و بسیار ناچیز است. همچنین طبق بررسی‌های انجام شده در حال حاضر (تاریخ ۱۴۰۱/۰۶/۳۰) در بازار ایران، قیمت بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس و بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه تقریباً مشابه یکدیگرند.

با توجه به مجموع مطالب بیان شده، تنها نقطه قوت بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه نسبت به بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس در تحمل بهتر نیروهای شعاعی است. زیرا بلبرینگ‌های دارای چهار نقطه تماس، هنگامی قادر به ارائه عملکرد مناسب می‌باشند که نسبت نیروی محوری به نیروی شعاعی در آن‌ها حداقل برابر با ۱/۲۷ باشد؛ اما چنین محدودیت در خصوص بلبرینگ‌های تماس زاویه‌ای دوردیفه وجود ندارد.

منابع:

[1] NKE Wälzlager Vertriebsges.m.b.H., "NKE Bearing Collage" booklet, 2012.

[2] <https://www.skf.com/us/products/rolling-bearings/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings>, Date of access:2022.09.21.

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

[4] <https://www.skf.com/us/products/rolling-bearings/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings/double-row-angular-contact-ball-bearings>, Date of access:2022.09.21.

[5] <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/angular-contact-ball-bearings/four-point-contact-ball-bearings>, Date of access:2022.09.21.

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