

کد مقاله: SBI-CLA-0003

بسمه تعالی

تاریخ انتشار: ۱۳۹۶/۰۷/۰۳



شبکه بلبرینگ ایران

دپارتمان تحقیق و توسعه

مقایسه تطبیقی رولربیرینگ های مخروطی با بلبرینگ های تماس زاویه ای

چکیده:

با توجه به این که بیرینگ، یکی از اجزاء مهم در بسیاری از سیستم های مکانیکی است، انتخاب بیرینگ مناسب، همواره یکی از دغدغه های طراحان و سازندگان ماشین آلات جدید می باشد. در مواقعی که بارهای وارد به بیرینگ ترکیبی از بارهای شعاعی و محوری می باشد، مهم ترین گزینه های مطرح، رولربیرینگ های مخروطی و بلبرینگ های تماس زاویه ای می باشند. هدف مقاله حاضر، مقایسه تطبیقی رولربیرینگ های مخروطی با بلبرینگ های تماس زاویه ای به منظور درک تفاوت های و نقاط قوت و ضعف هر یک از این بیرینگ ها می باشد. در همین راستا، بیرینگ های مذکور از نظر فاکتورهای تحمل نیرو، حداقل نیروی لازم برای عملکرد مناسب بیرینگ، تحمل سرعت های بالا، تحمل ناترازی، میزان دقت و قیمت با یکدیگر مقایسه شده و در نهایت پیشنهادهایی برای انتخاب بیرینگ مناسب ارائه گردیده است.

کلمات کلیدی:

انتخاب بیرینگ، بلبرینگ های تماس زاویه ای، رولربیرینگ های مخروطی.

۱- مقدمه:

بلبرینگ های تماس زاویه ای و رولربیرینگ های مخروطی دو دسته از بیرینگ های پرمصرف می باشند که در ماشین آلات مختلف از جمله پمپ ها، چرخ اتوموبیل ها، گیربکس های خودرویی و صنعتی و ماشین آلات معدنی و کشاورزی به کار می روند. این دو نوع بیرینگ، شباهت های عملکردی بسیاری به یکدیگر دارند. به عنوان مثال، هر دو نیروهای شعاعی و محوری را به طور همزمان تحمل می نمایند که مزیت قابل توجهی برای این بیرینگ ها به شمار می رود [۱]. شباهت های عملکردی این بیرینگ ها به گونه ای است که در بسیاری از موارد انتخاب بین یکی از این دو گزینه به منظور استفاده در ماشین آلات، برای طراحان دشوار است. به منظور حل این مشکل، مقاله حاضر به بررسی شباهت ها و تفاوت های این دو نوع بیرینگ می پردازد. در همین راستا، مقایسات مورد نظر بین بیرینگ 30208 به عنوان نمونه ای از رولربیرینگ های مخروطی و بیرینگ 7208 به عنوان نمونه ای از بلبرینگ های تماس زاویه ای انجام می گیرند که هر دو ساخت شرکت SKF می باشند. این بیرینگ ها در شکل های شماره ۱ و ۲ نشان داده شده اند.



شکل ۱: رولربیرینگ مخروطی 30208



شکل ۲: بلبرینگ تماس زاویه ای 7208

این بیرینگ ها به گونه ای انتخاب شده اند که از نظر ابعاد و وزن تقریباً مشابه یکدیگر باشند تا بتوان از تأثیر این موارد در مقایسه های انجام شده، صرف نظر نمود. جدول شماره ۱، مشخصات ابعادی و وزن بیرینگ های مورد نظر را نشان می دهد.

جدول ۱: مشخصات بیرینگ های 7208 و 30208 [۲]

وزن (kg)	پهنا (mm)	قطر خارجی (mm)	قطر داخلی (mm)	نوع بیرینگ	نام بیرینگ
۰/۴۲	۱۹/۷۵	۸۰	۴۰	رولربیرینگ مخروطی	30208
۰/۳۷	۱۸	۸۰	۴۰	بلبرینگ تماس زاویه ای	7208

۲- مقایسه بلبرینگ های تماس زاویه ای با رولبرینگ های مخروطی از نظر تحمل نیرو:

به طور کلی سطح تماس بین المان غلتنده و مسیرهای ساچمه رو در رولبرینگ های مخروطی به طرز محسوسی بیشتر از سطح تماس در بلبرینگ های تماس زاویه ای است. بنابراین در ابعاد تقریباً یکسان، رولبرینگ های مخروطی قادر به تحمل نیروهای بزرگتری می باشند. به عنوان مثال بار مجاز دینامیکی و استاتیکی رولبرینگ مخروطی 30208 ساخت شرکت SKF به ترتیب برابر با ۶۱/۶ و ۶۸ کیلونیوتن است و این در حالی است که بار مجاز دینامیکی و استاتیکی مربوط به بلبرینگ تماس زاویه ای 7208 ساخت شرکت SKF تقریباً ۳۶/۵ و ۲۶ کیلونیوتن است. یعنی بار مجاز دینامیکی و استاتیکی 30208 به ترتیب تقریباً ۱/۷ برابر و ۲/۶ بار مجاز دینامیکی و استاتیکی بلبرینگ 7208 برابر می باشد که تفاوت قابل توجهی است [۲].

۳- مقایسه بلبرینگ های تماس زاویه ای با رولبرینگ های مخروطی از نظر حداقل نیروی لازم برای عملکرد مناسب بیرینگ:

به منظور دستیابی به عملکرد مناسب، بیرینگ ها باید تحت یک مقدار بار حداقل قرار بگیرند. مقدار این نیروی حداقلی، بسته به نوع بیرینگ متغیر است [۳]. حداقل نیروی شعاعی مورد نیاز برای عملکرد مناسب رولبرینگ های مخروطی تک ردیفه که به صورت تکی یا جفت نصب شده باشند، از رابطه زیر به دست می آید:

$$F_{rm} = 0.02 C$$

که در آن:

F_{rm} حداقل بار محوری مورد نیاز برای عملکرد مناسب بیرینگ

C بار مجاز دینامیکی بیرینگ بر حسب کیلونیوتن

بنابراین حداقل نیروی شعاعی مورد نیاز برای عملکرد مناسب رولبرینگ های مخروطی 30208 شرکت SKF برابر است با ۱۲۳۲ نیوتن.

حداقل نیروی محوری مورد نیاز برای عملکرد مناسب بلبرینگ های تماس زاویه ای که به صورت تکی نصب شده باشند، از رابطه زیر به دست می آید:

$$F_{am} = k_a \frac{C_0}{1000} \left(\frac{n d_m}{100000} \right)^2$$

و حداقل نیروی شعاعی مورد نیاز برای عملکرد مناسب بلبرینگ های تماس زاویه ای که به صورت جفت رخ به رخ یا پشت به پشت نصب شده باشند، از رابطه زیر به دست می آید:

$$F_{am} = k_r \left(\frac{\vartheta n}{1000} \right)^{2/3} \left(\frac{d_m}{100} \right)^2$$

که در این روابط:

F_{am} حداقل بار محوری مورد نیاز برای عملکرد مناسب بیرینگ

F_{rm} حداقل بار شعاعی مورد نیاز برای عملکرد مناسب بیرینگ

k_a ضریب حداقل بار محوری

k_r ضریب حداقل بار شعاعی

C_0 بار مجاز استاتیکی بیرینگ بر حسب کیلونیوتن

d_m قطر متوسط بیرینگ بر حسب میلیمتر

n سرعت چرخش بیرینگ بر حسب دور بر دقیقه

ϑ گرانروی روغن در دمای کاری بر حسب $\left[\frac{mm^2}{s} \right]$

بنابراین حداقل نیروی محوری مورد نیاز برای عملکرد مناسب بلبرینگ های تماس زاویه ای 7208 شرکت SKF در صورتی که با سرعت فرضی ۳۰۰۰ دور بر دقیقه بچرخد، با استفاده از مقادیر موجود در کتابچه شرکت SKF برابر با ۱۱۷۹ نیوتن به دست می آید.

همچنین حداقل نیروی محوری مورد نیاز برای عملکرد مناسب یک جفت بلبرینگ های تماس زاویه ای 7208 شرکت SKF که به صورت پشت به پشت یا رخ به رخ نصب شده باشند، در صورتی که با سرعت فرضی ۳۰۰۰ دور بر دقیقه بچرخند، و گرانروی روغن در دمای کاری آن تقریباً $\left[\frac{mm^2}{s} \right]$ ۱۰ باشد، با استفاده از مقادیر موجود در کتابچه شرکت SKF برابر با ۲۷۸۰ نیوتن به دست می آید [۲].

البته در بسیاری از موارد، وزن خود بیرینگ ها به همراه سایر بارهای وارده، بیش از مقادیر حداقل بار لازم برای عملکرد مناسب بیرینگ ها است، ولی در مواردی که خلاف این رویه باشد، باید به این نکات توجه نمود.

۴- مقایسه بلبرینگ های تماس زاویه ای با رولربیرینگ های مخروطی از نظر تحمل سرعت های بالا:

اگر چه همان طور که اشاره شد سطح تماس بزرگتر میان غلتک های رولربیرینگ مخروطی و مسیر ساچمه رو موجب افزایش میزان بار مجاز این بیرینگ ها در مقایسه با بلبرینگ های تماس زاویه ای است، ولی همین

ویژگی موجب افزایش میزان نیروی اصطکاک می گردد و در نتیجه تحمل سرعت های بالا را برای این بیرینگ ها دشوارتر می نماید. به عنوان مثال، سرعت های مرجع و حدی رولربیرینگ مخروطی 30208 شرکت SKF به ترتیب برابر با ۸۵۰۰ و ۶۳۰۰ دور بر دقیقه است و این در حالی است که سرعت های مرجع و حدی بلبرینگ تماس زاویه ای 7208 شرکت SKF هر دو تقریباً برابر با ۱۱۰۰۰ دور در دقیقه می باشند [۲].

۵- مقایسه بلبرینگ های تماس زاویه ای با رولربیرینگ های مخروطی از نظر تحمل ناترازی:
بلبرینگ های تماس زاویه ای و رولربیرینگ های مخروطی، هر دو در مقابل ناترازی زاویه ای بین رینگ داخلی و خارجی خود ضعیف می باشند و از این نظر تفاوت چندان واضحی با یکدیگر ندارند. به طور کلی این بیرینگ ها نهایتاً تا ۴ دقیقه (در این جا دقیقه واحد زاویه است و هر دقیقه، یک شصتم ثانیه می باشد) را تحمل می کنند و در صورت جفت بستن بیرینگ ها، اگر میزان ناترازی بیش از ۲ دقیقه باشد، بهتر است که از روش نصب رخ به رخ استفاده گردد [۲].

۶- مقایسه بلبرینگ های تماس زاویه ای با رولربیرینگ های مخروطی از نظر میزان دقت:
تولید کنندگان مطرح بیرینگ، محصولات خود را در کلاس های دقت مختلف تولید و عرضه می نمایند. طبعاً بالاتر بودن دقت ابعادی و عملکردی بیرینگ، یک مزیت به شمار می رود، اما با توجه به این که بیرینگ های دقیق تر از قیمت بالاتری برخوردارند، همواره باید تعادلی بین دقت مورد نیاز و هزینه ها برقرار گردد. رولربیرینگ های مخروطی نیز در کلاس های دقت مختلف تولید و عرضه می گردند. اما تنوع کلاس های دقت در بلبرینگ های تماس زاویه ای وسیع تر بوده و شامل بیرینگ هایی با درجات بالاتری از دقت می باشد. بنابراین در کاربری هایی که نیاز به دقت بالا یکی از ضرورت های بیرینگ مورد نظر است، انتخاب بلبرینگ های تماس زاویه ای گزینه های بیشتر و بهتری را پیش روی طراحان قرار می دهد [۴].

۷- مقایسه بلبرینگ های تماس زاویه ای با رولربیرینگ های مخروطی از نظر قیمت:
در تاریخ ۱۳۹۶/۰۶/۱۹ که مقاله حاضر در حال تدوین بود، قیمت هر عدد بیرینگ 30208 ساخت شرکت SKF با قفسه فولادی در بازار ایران در حدود ۳۲۰/۰۰۰ ریال و قیمت هر عدد بیرینگ 7208 ساخت شرکت SKF با قفسه پلیمری و برنجی به ترتیب ۵۷۰/۰۰۰ و ۱/۳۰۰/۰۰۰ ریال بود که این ارقام از قیمت پایین تر رولربیرینگ های مخروطی در مقایسه با بلبرینگ های تماس زاویه ای در ابعاد تقریباً مشابه حکایت دارد [۵].

۸- نتیجه گیری و پیشنهادات:

با توجه به مجموعه مطالب مطرح شده در خصوص انتخاب میان رولربیرینگ های مخروطی و بلبرینگ های تماس زاویه ای، پیشنهادات زیر ارائه می گردد:

* اگر نیروی وارد به بیرینگ و سرعت چرخش شفت هر دو کوچک باشند، بهتر است از رولربیرینگ های مخروطی استفاده گردد (زیرا هزینه پایین تری دارند).

* اگر نیروی وارد به بیرینگ بزرگ بوده، ولی سرعت چرخش شفت کم باشد، بهتر است از رولربیرینگ های مخروطی استفاده شود (زیرا بار مجاز دینامیکی و استاتیکی بزرگتری دارند).

* اگر نیروی وارد به بیرینگ کوچک بوده، ولی سرعت چرخش شفت زیاد باشد، بهتر است از بلبرینگ های تماس زاویه ای استفاده شود (زیرا سرعت حدی بالاتری دارند).

* اگر نیروی وارد به بیرینگ و سرعت چرخش شفت هر دو بزرگ باشند، در صورت امکان بهتر است از بلبرینگ تماس زاویه ای با ابعاد بزرگتر استفاده گردد (زیرا حل مشکل تحمل بار از طریق افزایش سایز بیرینگ، معمولاً ساده تر از حل مشکل تحمل سرعت می باشد).

* اگر دقت بالا، از ضرورت های سیستم مورد نظر باشد، بهتر است از بلبرینگ های تماس زاویه ای استفاده گردد (زیرا انواع مختلف بلبرینگ های تماس زاویه ای با دقت های بالا توسط تولید کنندگان بیرینگ عرضه می گردد).

* اگر ناترازی شفت زیاد باشد، بهتر است از هیچ کدام از این دو نوع بیرینگ استفاده نشود.

در پایان توجه به این نکته ضروری است که موارد ذکر شده در این قسمت را تنها به عنوان راهنمایی های کلی می توان مورد استفاده قرار داد و در مواردی که انتخاب بیرینگ، از حساسیت بالایی برخوردار است، بهتر است این انتخاب با انجام محاسبات کامل و در نظر گرفتن سایر فاکتورهایی که در این مقاله به آن ها اشاره نشده است، انجام گیرد.

منابع:

- [1] NSK Motion & Control TM. (1989), "Rolling Bearings".
- [2] SKF Group (2013), "Rolling bearings".
- [3] <http://www.skf.com>, Date of access: 2017.09.18
- [4] SKF Group (2016), "Super-precision bearings".
- [5] <http://bearingnet.ir>, Date of access: 2017.09.18.