کد مقاله: SBI-FAI-0007

تاریخ انتشار: ۱۳۹۷/۱۱/۰۲

بسمه تعالی

شبکه بلبرینگ ایران

دپارتمان تحقیق و توسعه

مروری بر مفهوم
حداقل بار لازم برای بیرینگ‌های غلتشی

چکیده:

در صورتی که بار وارد به بیرینگ‌های غلتشی بیش از حد سبک باشد، روی عملکرد و عمر آن‌ها تأثیر منفی خواهد داشت. برای هر بیرینگ، می‌توان مقدار حداقل بار مجاز آن را تعیین نمود. مقاله حاضر به معرفی روابط محاسبه حداقل بار مجاز برای برخی از انواع بیرینگ‌های غلتشی می‌پردازد. در این مقاله، تمرکز بر آن دسته از بیرینگ‌های غلتشی است که بیشتر برای تحمل بارهای شعاعی طراحی و ساخته شده‌اند. همچنین مقادیر حداقل بار مجاز برای بیرینگ‌های مختلف با ابعاد یکسان محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج این محاسبات نشان داد که به طور کلی حداقل میزان بار مجاز رولربیرینگ‌های غلتشی به طور محسوسی بالاتر از حداقل میزان بار مجاز بلبرینگ‌ها است و بنابراین توجه به این موضوع در رولربیرینگ‌ها حساس‌تر از بلبرینگ‌ها می‌باشد.

کلمات کلیدی:

بلبرینگ‌ها، بیرینگ‌های غلتشی، حداقل بار لازم، رولربیرینگ‌ها.

فهرست علائم و اصطلاحات:

بار مجازی استاتیکی بیرینگ (KN)	C_0
حداقل بار شعاعی لازم برای بیرینگ (KN)	F_{rm}
ضریب حداقل بار	k_r
گرانروی روغن در دمای کارکرد ($\frac{mm^2}{s}$)	ν
سرعت چرخشی شفت (RPM)	n
سرعت مرجع بیرینگ (RPM)	n_r
قطر متوسط بیرینگ که میانگین قطر داخلی و قطر خارجی آن است (mm)	d_m

۱- مقدمه:

بیرینگ‌های غلتشی، یکی از مهم‌ترین و پرکاربردترین قطعات مکانیکی مورد استفاده در صنعت می‌باشند. به علت استفاده گسترده از این بیرینگ‌ها، داشتن شناخت کافی در خصوص مکانیزم‌های خرابی و عوامل مؤثر بر عملکرد آن‌ها، از اهمیت خاصی برخوردار است. یکی از مواردی که در انتخاب بیرینگ‌ها، عمر آن‌ها و نحوه عملکرد آن‌ها تأثیر بسیاری دارد، میزان بار وارد بر بیرینگ‌ها است. در اغلب موارد، تمرکز مهندسین بر این نکته است که بار اعمالی به بیرینگ‌ها از حداکثر مقادیر توصیه شده برای آن‌ها فراتر نرود. ولی آن چه اغلب از دید کاربران بیرینگ‌ها مورد غفلت واقع می گردد این نکته است که اعمال بار بسیار سبک نیز می‌تواند منجر به آسیب بیرینگ‌ها گردد. در رابطه با همین موضوع، مفهومی به عنوان حداقل بار لازم برای بیرینگ‌ها مطرح می‌گردد که از آن به عنوان آستانه پایین مقدار بار مجاز اعمالی به آن‌ها برای دستیابی به عملکرد قابل قبول و عمر مناسب، تعبیر می‌گردد [۱] و [۲].

۲- مقدار بار حداقل برای بیرینگ های غلتشی مختلف:

همان طور که می‌دانیم، بیرینگ‌های غلتشی به گروه‌های مختلف طبقه‌بندی می‌گردند و هر یک از این گروه‌ها دارای ویژگی‌های عملکردی خاصی می‌باشند که از هندسه متفاوت آن‌ها نشأت گرفته است. در همین راستا، فرمول محاسبه حداقل بار لازم برای هر یک از این بیرینگ‌ها نیز به نوع آن‌ها بستگی دارد و از گروهی به گروه دیگر تغییر می‌کند. همچنین پارمترهای مؤثر بر میزان حداقل بار لازم نیز به نوع بیرینگ بستگی دارد. به عنوان مثال، در بلبرینگ‌های شیار عمیق، گرانروی روانکار بر میزان حداقل بار لازم، مؤثر است؛ در حالی که در رولربیرینگ‌های استوانه ای، میزان گرانروی روانکار تأثیر مستقیمی بر میزان حداقل بار

لازم بیرینگ ندارد [۳]. در این جا نحوه محاسبه مقدار حداقل بار لازم برای چند نوع مختلف از بیرینگ‌های غلتشی ساخت شرکت SKF تبیین می‌گردد.

بار شعاعی حداقل برای بلبرینگ‌های شیار عمیق و بلبرینگ‌های خودتنظیم از طریق رابطه شماره ۱، محاسبه می گردد [۳].

$$F_{rm} = k_r \left(\frac{vn}{1000}\right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{d_m}{100}\right)^2$$ **(رابطه شماره ۱)**

رابطه شماره ۲، نحوه محاسبه بار شعاعی حداقل را برای رولربیرینگ‌های استوانه‌ای نشان می‌دهد [۲].

$$F_{rm} = k_r \left(6 + \frac{4n}{n_r}\right) \left(\frac{d_m}{100}\right)^2$$ **(رابطه شماره ۲)**

بار شعاعی حداقل را برای رولربیرینگ‌های کروی در صورتی که با گریس روانکاری شده باشند و تنها تحت بار شعاعی قرار گیرند، از رابطه شماره ۳ محاسبه می گردد [۳].

$$F_{rm} = 0.01\, C_0$$ **(رابطه شماره ۳)**

همچنین بار شعاعی حداقل را برای رولربیرینگ‌های کروی که با روغن روانکاری شده باشند و تنها تحت بار شعاعی قرار گیرند، در صورتی که سرعت چرخش آن ها کمتر از ۳۰ درصد سرعت حدی آن‌ها باشد، از رابطه شماره ۴ و در صورتی که سرعت چرخش آن ها بیش از ۳۰ درصد سرعت حدی آن‌ها باشد، از رابطه شماره ۵ محاسبه می گردد [۳]. سرعتی حدی هر بیرینگ در کتابچه راهنمای سازنده آن ذکر شده است.

$$F_{rm} = 0.003\, C_0$$ **(رابطه شماره ۴)**

$$F_{rm} = 0.003\, C_0 (1 + 2\sqrt{\frac{n}{n_r} - 0.3}\,)$$ **(رابطه شماره ۵)**

توجه به این نکته ضروری است که در واقع از روابط شماره ۳ تا ۵، برای محاسبه حداقل بار معادل مورد نیاز رولربیرینگ‌های کروی استفاده می‌گردد که با استفاده از روابط معینی از ترکیب بار شعاعی و محوری به دست می‌آید؛ ولی چون در این جا فرض بر این است که تنها بار شعاعی به بیرینگ وارد می‌گردد، بار معادل برابر با بار شعاعی است و نیازی نیست که بار معادل به صورت مجزا محاسبه گردد.

جداول شماره ۱ و ۲، به مقایسه مقدار بار حداقل مورد نیاز برای چند نوع بیرینگ مختلف با ابعاد مشابه می‌پردازد. در محاسبات مربوط به این جدول، سرعت بیرینگ‌ها برابر با ۲۰۰۰ دور بر دقیقه و دمای کارکرد

آن‌ها ۷۵ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است و روانکار مورد استفاده برای هر یک از این بیرینگ‌ها از جنس روغن با ویسکوزیته مناسب آن بیرینگ انتخاب شده است.

جدول ۱: مقایسه میزان بار حداقل مورد نیاز یک بلبرینگ شیار عمیق با یک رولربیرینگ استوانه ای.

	بلبرینگ شیارعمیق 6220	رولربیرینگ استوانه ای NUP 220 ECP
قطر داخلی (mm)	۱۰۰	۱۰۰
قطر خارجی (mm)	۱۸۰	۱۸۰
پهنا (mm)	۳۴	۳۴
جرم بیرینگ (Kg)	۳/۱۵	۳/۴۰
بار مجاز دینامیکی (KN)	۱۲۷	۲۸۵
بار مجاز استاتیکی (KN)	۹۳	۳۰۵
بار حداقل مورد نیاز (KN)	۰,۲۸	۲,۷۹

جدول ۲: مقایسه میزان بار حداقل مورد نیاز یک بلبرینگ خودتنظیم با یک رولربیرینگ کروی.

	بلبرینگ خودتنظیم 2220	رولربیرینگ کروی 22220 E
قطر داخلی (mm)	۱۰۰	۱۰۰
قطر خارجی (mm)	۱۸۰	۱۸۰
پهنا (mm)	۴۶	۴۶
جرم بیرینگ (Kg)	۵/۰۰	۴/۹۰
بار مجاز دینامیکی (KN)	۹۷/۵	۴۲۵
بار مجاز استاتیکی (KN)	۴۰/۵	۴۹۰
بار حداقل مورد نیاز (KN)	۰/۴۶	۳/۰۵

۳- بحث و نتیجه گیری

همان طور که اشاره شد، تأمین نشدن حداقل بار مورد نیاز بیرینگ، می تواند موجب کاهش عمر مفید آن گردد. با توجه به این که رولربیرینگ‌ها در مقایسه با بلبرینگ‌ها به طور کلی برای تحمل بارهای بزرگ‌تری طراحی شده‌اند، مقدار بار حداقل نیز در رولربیرینگ‌ها نسبت به بلبرینگ‌ها بیشتر است. نتایج بخش قبل نیز مؤید این نکته می‌باشد. بنابراین احتمال بروز مشکل تأمین نشدن حداقل بار مورد نیاز در رولربیرینگ‌ها

بیش از بلبرینگ‌ها است. البته در بسیاری از موارد، وزن شفت و مجموعه نیروهای اعمالی، بیش از میزان حداقل بار لازم برای بیرینگ است.

ممکن است این پرسش مطرح گردد که اصولاً احتمال تأمین نشدن حداقل بار مورد نیاز بیرینگ چقدر است؟ پاسخ به این پرسش، علاوه بر نوع بیرینگ، به نوع ماشین‌آلاتی که بیرینگ در آن‌ها به کار رفته نیز بستگی دارد و اگر چه اغلب احتمال بروز این مشکل چندان جدی گرفته نمی شود، ولی وقوع این حالت (تأمین نشدن حداقل بار مورد نیاز بیرینگ) در برخی از کاربردها کاملاً شایع است. به عنوان مثال، بنا بر اطلاعاتی که شرکت SKF در سال ۲۰۱۷ منتشر نموده است، تأمین نشدن حداقل بار مورد نیاز بیرینگ، یکی از ۵ عامل اصلی خرابی بیرینگ‌ها در موتورهای الکتریکی می باشد [۴] و در صورتی که حداقل بار مورد نیاز بیرینگ تأمین نگردد، احتمال بروز پدیده Smearing در بیرینگ افزایش می یابد [۱] و [۵].

اهمیت اعمال حداقل بار مورد نیاز بیرینگ در مواردی که در اثر شروع و متوقف شدن‌های سریع شفت، شتاب‌های بزرگی به بیرینگ وارد می‌گردد و همچنین در شرایطی که سرعت چرخش بیرینگ بیش از ۵۰ درصد سرعت حدی آن باشد، مضاعف می‌گردد [۱].

حال که با لزوم تأمین حداقل بار لازم برای بیرینگ‌ها آشنا شدیم، این پرسش مطرح می‌شود که در صورتی که مجموع وزن شفت و نیروهای وارده، کمتر از حداقل مقدار مورد نیاز بیرینگ باشد، چه باید کرد؟ یکی از راهکارهای ممکن، استفاده از بیرینگ با ابعاد کوچک‌تر است. ولی در اغلب موارد ممکن است، به دلایل مختلف، این کار مقدور نباشد. یکی دیگر از راهکارهای پیشنهادی استفاده از بیرینگ‌هایی است که دارای روکش ضد سایش می‌باشند. تغییر نوع روانکار نیز ممکن است در برخی موارد مؤثر باشد. اما راهکار رایج‌تر، اعمال پیش بار مناسب در هنگام نصب بیرینگ است. همچنین در خصوص بیرینگ‌های شیار عمیق تک‌ردیفه، اعمال مقدار مشخصی بار محوری راهگشا خواهد بود. این بار را می توان با استفاده از فنرهای مختلف به بیرینگ اعمال نمود [۱].

منابع:

[1] http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/principles/bearing-selection-process/bearing-size/required_minimum_load/index.html

[2] Schaeffler KG (2006), “Rolling Bearings”.

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

[4] http://www.skf.com/group/news-and-media/news-search/2017-01-22-5_most_common_causes_of_bearing_failures_in_electric_motors_and_what_to_do_about_them.html, Date of access: 2019.01.09

[5] http://www.skf.com/cn/en/products/bearings-units-housings/roller-bearings/principles/troubleshooting/bearing-failures-and-their-causes/bearing-damage/smearing/index.html, Date of access: 2019.01.09