بسمه تعالی

کد مقاله: SBI-FAI-0010

تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۶/۳۱

شبکه بلبرینگ ایران

دپارتمان تحقیق و توسعه

تأثیر آلودگی محیطی و شرایط نشت‌بندی بر عمر بیرینگ‌های غلتشی

چکیده:

یکی از پارمترهای مؤثر بر عمر بیرینگ‌های غلتشی، میزان آلودگی محیطی و شرایط نشت‌بندی آن‌ها است. در این مطالعه، عمر بیرینگ 6210 ساخت شرکت SKF در حالت‌های مختلف نشت‌بندی و میزان متفاوت آلودگی محیطی محاسبه گردیده است. نتایج این بررسی نشان داد که آلودگی محیطی و شرایط نشت‌بندی تأثیر بسیار قابل توجهی بر عمر بیرینگ‌ها دارند. به طوری که با وجود اعمال نیروهای یکسان و شرایط نصب و سرعت کاری برابر، عمر کاری یکی از بیرینگ‌ها تقریباً ۱۲/۸۶ برابر عمر کاری یکی دیگر از آن‌ها بود. با توجه به عدم امکان کاهش آلودگی محیطی در بسیاری از موارد، این مطالعه نشان داد که تقویت وضعیت نشت‌بندی یک بیرینگ می‌تواند از خرابی زودهنگام ناشی از ورود آلودگی به آن، تا حد زیادی پیشگیری نماید.

کلمات کلیدی:

آلودگی محیطی، خرابی زودهنگام بیرینگ‌ها، عمر بیرینگ‌های غلتشی، نشت‌بندی.

۱- مقدمه:

یکی از پارمترهای مؤثر بر عمر بیرینگ‌های غلتشی، میزان آلودگی محیط کاری و شرایط نشت‌بندی آن‌ها است. در صورت نفوذ قابل توجه آلودگی به داخل یک بیرینگ، عمر آن به شدت کاهش می‌یابد و به احتمال زیاد دچار خرابی زودهنگام خواهد شد؛ ولی حتی در صورتی که میزان آلودگی وارد شده به داخل بیرینگ محدود باشد هم این آلودگی روی عمر بیرینگ مؤثر خواهد بود.

شکل ۱: نمونه‌ای از کاربرد بیرینگ در محیط‌های آلوده.

خطر خرابی زودهنگام بیرینگ‌ها در اثر ورود آلودگی به داخل آن‌ها، خطری جدی است. طبق یک بررسی که توسط شرکت SKF صورت گرفته است، حدود ۳۰ درصد از خرابی بیرینگ‌های موتورهای صنعتی به نوعی با مسئله آلودگی در ارتباط است [۱]. با بهبود متریال بیرینگ‌ها طی سال‌های اخیر، میزان خرابی زودهنگام در اثر خستگی کاهش یافته و منشأ خرابی بیرینگ‌ها از حالت زیرسطحی به حالت سطحی تبدیل شده که گواهی دیگر بر اهمیت مسئله آلودگی بیرینگ‌ها است [۲].

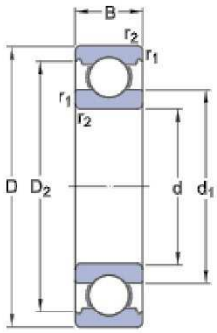
با این وجود، گاهی شرایطی در برخی صنایع پیش می‌آید که امکان حذف کامل آلاینده‌ها یا جلوگیری مطلق از ورود آن‌ها به داخل بیرینگ وجود ندارد و بنابراین باید تأثیر نفوذ آلودگی بر کاهش عمر بیرینگ به دقت مورد بررسی قرار گیرد تا از وقوع خرابی‌های پیش‌بینی نشده اجتناب گردد.

این مقاله با مقایسه عمر بیرینگ‌ها در شرایط آلودگی و نشت‌بندی مختلف به تحلیل میزان تأثیر فاکتور آلودگی بر عمر بیرینگ‌ها می‌پردازد.

۲- بررسی مقایسه‌ای عمر بیرینگ‌ها در شرایط آلودگی محیطی و نشت‌بندی متفاوت:

در این مطالعه، عمر تخمینی بیرینگ 6210 ساخت شرکت SKF در حالت‌های مختلف نشت‌بندی و میزان متفاوتی از آلودگی محیطی محاسبه شده است. جدول شماره ۱، مشخصات ابعادی بیرینگ 6210 را نشان می‌دهد. این بیرینگ از نوع بلبرینگ‌های شیارعمیق است و یکی از بیرینگ‌های پرمصرف در صنایع مختلف به شمار می‌رود و به همین دلیل هم برای بررسی در این مطالعه انتخاب گردید.

جدول ۱: مشخصات ابعادی بیرینگ 6210 ساخت شرکت SKF [۳]



DIMENSIONS

d	50 mm	Bore diameter
D	90 mm	Outside diameter
B	20 mm	Width
d1	≈62.51 mm	Shoulder diameter
D2	≈81.61 mm	Recess diameter
r1,2	min.1.1 mm	Chamfer dimension

برای محاسبه عمر بیرینگ‌ها اطلاع از مشخصات فنی آن‌ها ضروری است. جدول شماره ۲، برخی از مشخصات فنی بیرینگ 6210 را نشان می‌دهد.

جدول ۲: مشخصات فنی بیرینگ 6210 ساخت شرکت SKF [۳]

CALCULATION DATA

C	37.1 kN	Basic dynamic load rating
C_0	23.2 kN	Basic static load rating
P_u	0.98 kN	Fatigue load limit
	15 000 r/min	Reference speed
	10 000 r/min	Limiting speed
k_r	0.025	Minimum load factor
f_0	14.4	Calculation factor

در این مطالعه ۴ حالت نشت‌بندی و آلودگی محیطی در نظر گرفته شده است. بیرینگ A یک بیرینگ 6210 دارای نشت‌بند تماسی در دو طرف است که نام فنی کامل آن 6210-2RSH است و در شرایط محیطی تمیز مورد استفاده قرار گرفته است.

بیرینگ B یک بیرینگ 6210 دارای حفاظ فلزی در دو طرف است که نام فنی کامل آن 6210-2Z است و در شرایط محیطی عادی مورد استفاده قرار گرفته است.

بیرینگ C یک بیرینگ 6210 فاقد حفاظ فلزی یا نشت‌بند لاستیکی است و در شرایط محیطی عادی مورد استفاده قرار گرفته است.

بیرینگ D یک بیرینگ 6210 فاقد حفاظ فلزی یا نشت‌بند لاستیکی است و در شرایط محیطی با آلودگی شدید (ولی نه بسیار شدید) مورد استفاده قرار گرفته است.

بار اعمالی به هر چهار بیرینگ از نوع شعاعی خالص و برابر با ۳/۷۱ kN در نظر گرفته شده است. میزان انطباق‌ها و نحوه نصب در تمام موارد مطابق با دستورالعمل‌های شرکت SKF می‌باشد. سرعت چرخش تمام بیرینگ‌ها برابر با ۲۰۰۰rpm است و عمر مجاز تمام آن‌ها با قابلیت اطمینان ۹۰ درصد محاسبه خواهد شد.

عمر مجاز پایه برای بیرینگ‌ها با رابطه شماره ۱، محاسبه می‌گردد:

رابطه ۱:
$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{a}$$

که در آن:

L_{10} عمر مجاز پایه بر حسب میلیون دور و با قابلیت اطمینان ۹۰ درصد است.

C بار مجاز دینامیکی برای بیرینگ‌ها است که با توجه به جدول شماره ۲، برای بیرینگ 6210 ساخت شرکت SKF، برابر با ۳۷/۱ kN است.

P بار معادل دینامیکی اعمال شده به بیرینگ است که در این مطالعه برابر با ۳/۷۱ kN در نظر گرفته شده است.

و a: توان معادله عمر بیرینگ‌ها است که برای بلبرینگ‌ها برابر با ۳ در نظر گرفته می‌شود.

با استفاده از رابطه شماره ۱، میزان عمر مجاز پایه برای تمام بیرینگ‌های A، B، C و D برابر با ۱۰۰۰ میلیون دور محاسبه می‌گردد.

عمر مجاز اصلاح شده بر حسب میلیون دور از رابطه شماره ۲ محاسبه می‌گردد.

رابطه ۲: $L_{nm} = a_1 \, a_{SKF} \, L_{10}$

که در آن:

L_{nm} عمر مجاز اصلاح شده بر حسب میلیون دور است.

a_1 فاکتور تنظیم عمر بر اساس قابلیت اطمینان است.

a_{SKF} ضریب اصلاح عمر بر اساس محاسبات شرکت SKF می‌باشد.

و L_{10} عمر مجاز پایه بر حسب میلیون دور و با قابلیت اطمینان ۹۰ درصد است.

با توجه به این که محاسبات انجام شده در این مقاله بر مبنای قابلیت اطمینان ۹۰ درصد در نظر گرفته شده است، در این مطالعات $a_1 = 1$ در نظر گرفته می‌شود.

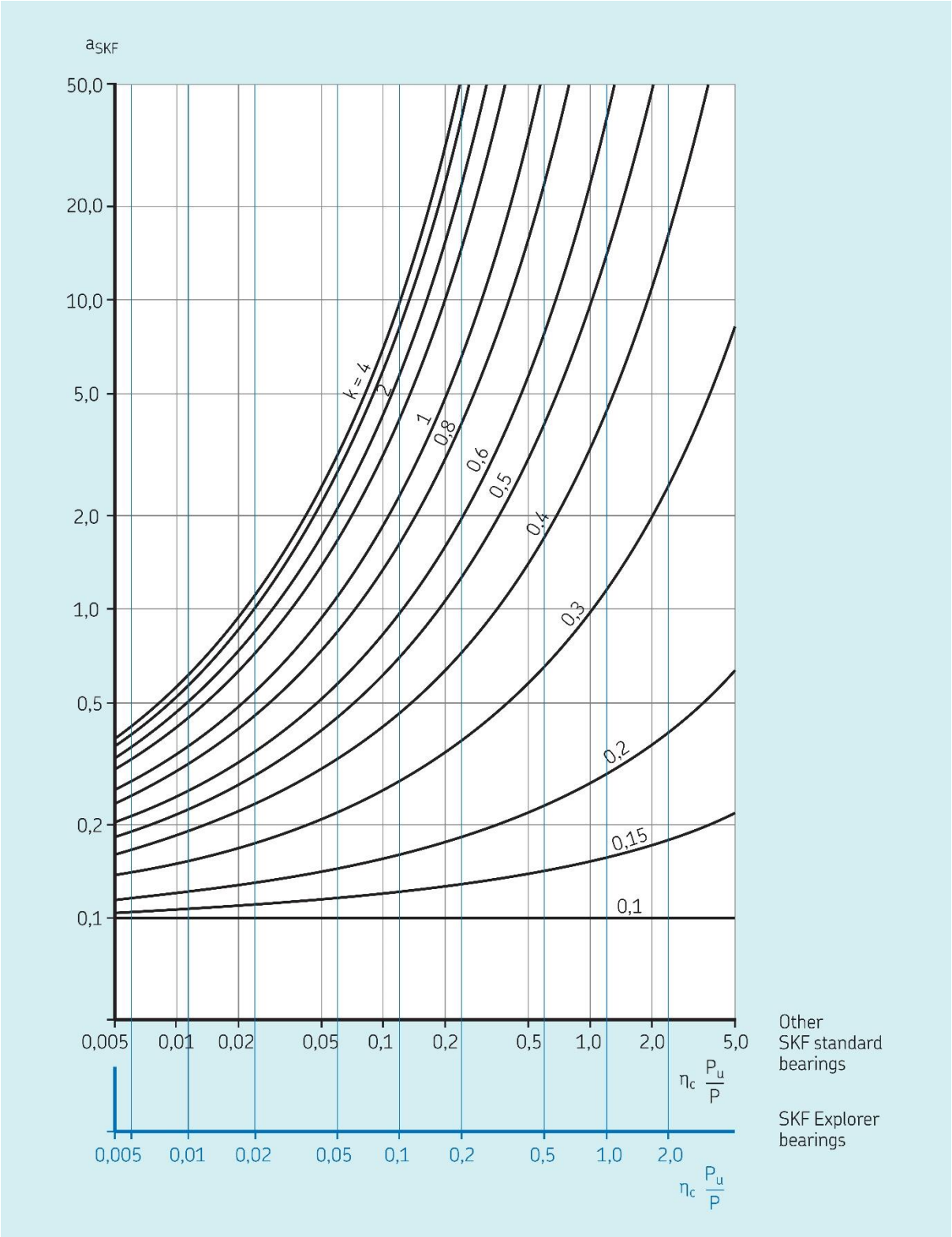
a_{SKF} برای بلبرینگ‌های شعاعی با استفاده از نمودار شکل شماره ۲، به دست می‌آید. همان طور که در این نمودار مشخص است برای محاسبه میزان a_{SKF} باید مقادیر P، P_u، η_c و κ مشخص باشند. در این نمودار:

P بار معادل دینامیکی اعمال شده به بیرینگ است و همان طور که ذکر شد، در این مطالعه مقدار آن برابر با ۳/۷۱ kN در نظر گرفته شده است.

P_u حد بار خستگی بیرینگ است که با توجه به جدول شماره ۲، برای بیرینگ 6210 برابر با ۰/۹۸ kN است.

η_c فاکتور آلودگی است که برای هر یک از بیرینگ‌ها محاسبه خواهد شد.

و κ نسبت ویسکوزیته است و به نوع روانکار انتخابی و شرایط دمایی بیرینگ بستگی دارد و در این مطالعه برای تسهیل در محاسبات برای همه بیرینگ‌ها برابر با ۱ فرض شده است.



شکل ۲: نمودار a_{SKF} برای بلبرینگ‌های شعاعی بر حسب مقادیر P، P_u، η_c و κ [۴].

همان طور که اشاره شد، η_c فاکتور آلودگی است. میزان این فاکتور به شرایط نشت‌بندی بیرینگ و میزان آلودگی محیطی بستگی دارد. جدول شماره ۳، مقادیر پیشنهادی فاکتور آلودگی را برای شرایط مختلف نشان می‌دهد. در این جدول منظور از d_m قطر میانگین بیرینگ است که برابر با میانگین قطر داخلی و خارجی هر بیرینگ می‌باشد و با توجه به جدول شماره ۱، برای بیرینگ 6210 برابر با ۷۰mm است.

جدول ۳: مقادیر پیشنهادی فاکتور آلودگی برای شرایط مختلف [۴]

Guideline values for factor η_c for different level of contamination

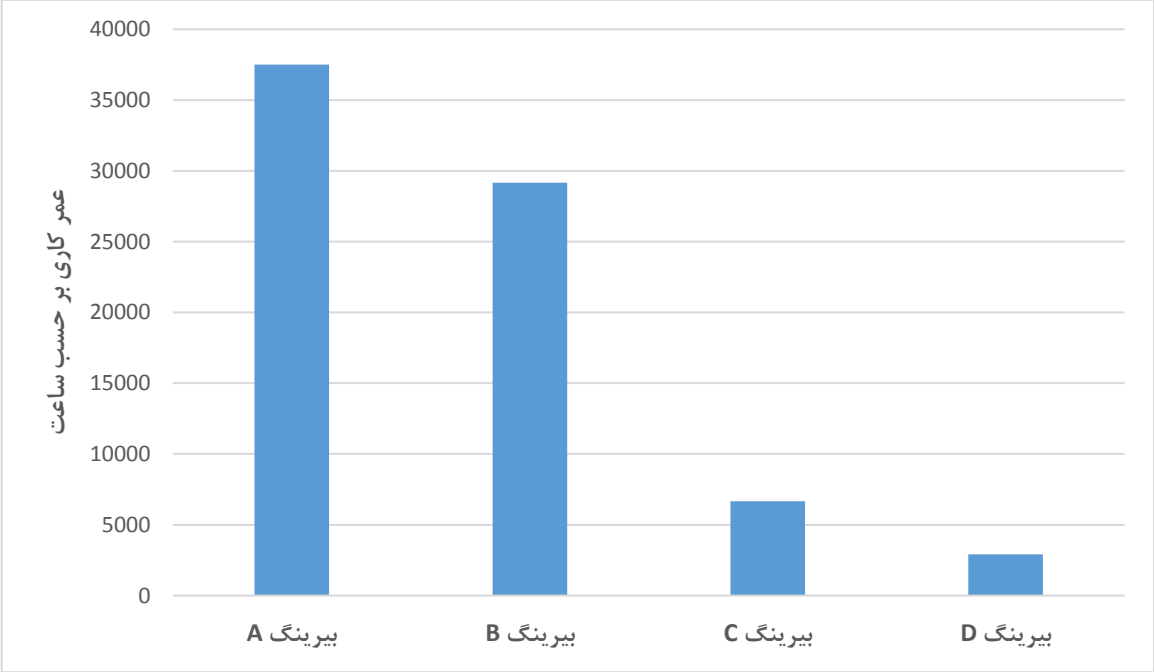
Conditions	Factor η_c for bearings with diameter $d_m < 100$	$d_m \geq 100$ mm
Extreme cleanliness • Particle size of the order of the lubricant film thickness • Laboratory conditions	1	1
High cleanliness • Oil filtered through an extremely fine filter • Typical conditions: sealed bearings that are greased for life	0,8 ... 0,6	0,9 ... 0,8
Normal cleanliness • Oil filtered through a fine filter • Typical conditions: shielded bearings that are greased for life	0,6 ... 0,5	0,8 ... 0,6
Slight contamination • Typical conditions: bearings without integral seals, coarse filtering, wear particles and slight ingress of contaminants	0,5 ... 0,3	0,6 ... 0,4
Typical contamination • Typical conditions: bearings without integral seals, coarse filtering, wear particles, and ingress from surroundings	0,3 ... 0,1	0,4 ... 0,2
Severe contamination • Typical conditions: high levels of contamination due to excessive wear and/or ineffective seals • Bearing arrangement with ineffective or damaged seals	0,1 ... 0	0,1 ... 0
Very severe contamination • Typical conditions: contamination levels so severe that values of ηc are outside the scale, which significantly reduces the bearing life	0	0

با توجه به اطلاعات مندرج در جدول شماره ۳ و با انتخاب مقادیر میانگین برای هر بازه پیشنهادی، میزان ضریب آلودگی برای بیرینگ A برابر با ۰/۷، برای بیرینگ B برابر با ۰/۵۵، برای بیرینگ C برابر با ۰/۲ و برای بیرینگ D برابر با ۰/۰۵ می‌باشد.

سپس با استفاده از نمودار شکل شماره ۲، میزان a_{SKF} برای بیرینگ A برابر با ۴/۵، برای بیرینگ B برابر با ۳/۵، برای بیرینگ C برابر با ۰/۸ و برای بیرینگ D برابر با ۰/۳۵ به دست می‌آید.

۳- بحث و نتیجه‌گیری:

در این مقاله تأثیر آلودگی محیطی و شرایط نشت‌بندی بر عمر بیرینگ‌های غلتشی بررسی گردید. برای درک بهتر تأثیر این پارمترها، عمر بیرینگ 6210 ساخت شرکت SKF در چهار حالت مختلف آلودگی محیطی و نشت‌بندی محاسبه شد. عمر تخمینی در هر یک از بیرینگ‌های A تا D بر حسب ساعت کاری در نمودار شکل شماره ۳ نشان داده شده است. لازم به ذکر است که این محاسبات با فرض حذف سایر عوامل خرابی زودهنگام بیرینگ‌ها صورت گرفته است.



شکل ۳: نمودار عمر بیرینگ‌های A، B، C و D.

همان طور که در نمودار شکل شماره ۳ قابل ملاحظه است، شرایط آلودگی محیطی و نشت‌بندی تأثیر بسیار قابل توجهی بر عملکرد بیرینگ‌ها دارند. به طوری که عمر کاری بیرینگ A تقریباً ۱۲/۸۶ برابر عمر کاری بیرینگ D است. علاوه بر این همان طور که در جدول شماره ۳ ذکر شده است، ضریب آلودگی برای بیرینگ‌های فاقد نشت‌بندی که در شرایط محیطی بسیار آلوده مورد استفاده قرار گیرند، برابر با صفر فرض می‌شود که این به معنی کاهش بسیار شدید عمر و خرابی بسیار سریع بیرینگ می‌باشد.

اگر چه کاهش آلودگی محیطی می‌تواند تأثیر بسیار زیادی بر عمر بیرینگ‌ها داشته باشد؛ ولی در بسیار از مواقع، کاهش آلودگی محیطی مقدور نمی‌باشد. بنابراین راهکار اصلی ما برای مقابله با نفوذ آلودگی به داخل بیرینگ، تقویت وضعیت نشت‌بندی بیرینگ است.

منابع:

[1] https://evolution.skf.com/us/bearing-contamination, Date of access: 2021.09.15

[2] Joyce, R.S.D. (1993), "The effects of lubrication contamination on rolling bearing performance", Department of Mechanical Engineering, Imperial College of Science, Technology and Medicine, London.

[3] https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-6210, Date of access: 2021.09.15

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