



بررسی تاثیرات مخرب استفاده از روانکار غیر استاندارد در چرخدنده باز دیسک های کارخانه گندله سازی و آنالیز خرابی دنده ها

مجید مریدی

شرکت فولاد سیرجان ایرانیان

چکیده

برای روانکاری دنده های باز دیسک های کارخانجات گندله سازی با توجه به شرایط عملکردی عموماً از گریس های با پایه بنتونیت یا کمپلکس آلومینیوم بدلیل خواص فشار پذیری ، مقاومت خوب در برابر سایش و خوردگی ، تحمل درجه حرارت بالا و قابلیت پمپاژ مناسب استفاده می گردد. این مطالعه به مقایسه و بررسی اثرات استفاده از گریس های با تغلیظ کننده بنتونیت و کمپلکس آلومینیوم بر روی پینیون و کرانویل دیسک های ناحیه پلتایزینگ شرکت فولاد سیرجان ایرانیان و آنالیز خرابی دنده ها می پردازد ، همچنین ضرورت انجام تست های تکمیلی توسط آزمایشگاه برای سنجش کیفیت روانکارهای ورودی به انبار و تاثیر آن بر روی تجهیزات مورد پردازش و بررسی قرار می گیرد.

واژگان کلیدی: واژه های کلیدی: سایش و فشارپذیری ، حفاظت در برابر خوردگی، گریس پایه بنتونیت و کمپلکس آلومینیوم



مقدمه

درک روان کننده های دنده باز و مکانیزم عملکرد

سازندگان این تجهیزات به صورت خاص و با توجه شرایط عملیاتی، روان کننده های تخصصی را پیشنهاد می دهند که دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی منحصر بفرد برای رفع نیاز این تجهیزات مهم و کاربردی باشند.

1-1 بار عملیاتی و سرعت لغزش: به دلیل تنش بسیار بالا و سرعت آهسته در چرخ دنده های باز، بایستی ملاحظات خاصی را در نظر گرفت، انتخاب یک گریس با ویسکوزیته روغن پایه بالا معمولاً برای ایجاد فیلم روانکاری مورد نیاز است. عملکرد فیلم روان کننده بایستی توسط مواد فشار شدید (EP) و سایشی (AW) تکمیل شود و برای جلوگیری از خرابی دنده که هنگام راه اندازی، تحت بارگیری ضربه ای و آلودگی شدید محیطی می باشد ضروری می باشد، واضح است که در صورت استفاده از گریس با ویسکوزیته پایین در اثر نیروی گریز از مرکز وارد شده بر سیستم، روانکار در حین کار می چکد یا پرتاب می شود، همچنین با توجه به اینکه در بیشتر مواقع دنده ها تحت شرایط روانکاری مرزی کار می کنند و مقدار گریس اعمال شده به چرخ دنده برای ایجاد فیلم روانکاری بین دندانه ها به صورت مداوم صورت نمی گیرد، و در بدترین شرایط عملیاتی (توقف موقت روانکاری) چرخ دنده قدرت و حرکت را از طریق نواحی نسبتاً کوچک روی سطح دندانه ها انتقال می دهد که منجر به تنش های تماسی بسیار زیاد در نواحی تماس می شود. و در طول تماس چرخ دنده های مشبک روی هم حرکت می کنند و از طریق لغزش و سپس غلتش و در نهایت حرکت لغزشی ثانویه عمل می کند و در واقع همین حرکت لغزشی مداوم، سایش را در یک مجموعه دنده به ویژه در سرعت کم و بار بالا، افزایش می دهد.

1-2 روانکار جامد: گرافیت معمولاً به عنوان مکمل در فرآیند ضداصلطاک و سایش در نظر گرفته می شوند و به طور موثری سایدگی بین سطوح را در حرکت چرخشی با بارهای سنگین، کاهش می دهد.

1-3 دمای عملیاتی: در نظر گرفتن دمای عملیاتی به دلیل تاثیر قابل توجهی که بر ویسکوزیته روان کننده دارد، مهم و قابل توجه می باشد، برخی از روانکارهای مورد استفاده در آب و هوای دمای پایین، ممکن است استفاده از روغن پایه سنتتیک با نقطه ریزش پایین یا استفاده از یک حلال رقیق کننده مکمل برای افزایش قابلیت پمپاژ نیاز داشته باشند، همچنین حرارت ناشی از حرکات لغزشی و اصطکاک در کنار دندانه ها می تواند اثر معکوس داشته باشد و ویسکوزیته موثر روان کننده را کاهش دهد و فیلم روانکاری را از بین ببرد. همچنین برای دماهای عملیاتی بالا، خاصیت مقاومت در برابر اکسیداسیون بسیار مهم می باشد.

1-4 اندازه دنده و وضعیت سطح: ابعاد کلی چرخ دنده و پینیون و سرعت چرخش مجموعه دنده، خود می تواند مانعی برای روانکاری موثر باشد. تولید چرخ دنده های باز بزرگ از نظر تحمل و ظرفیت های ساخت معمولاً آن قدر دقیق نیستند و به همین دلیل احتمالاً روکش سطح، خشن تر و زبرتر از آنچه در دنده های بسته وجود دارد می باشد، پرداخت سطح در سهولت ایجاد یک فیلم روان کننده مناسب نقش موثری دارد، همچنین به دلیل ابعاد بزرگ چرخ دنده بایستی گریس تحت کنترل باشد و برای این منظور اکثر روان کننده ها به گونه ای فرموله می شوند که چسبندگی بسیار خوبی به سطوح درگیری داشته باشند.

معرفی تجهیز

دیسکهای توپی با مشخصات جدول 1 برای تولید گندله سنگ آهن استفاده می شوند و یکی از تجهیزات اصلی کارخانجات گندله سازی می باشند، این تجهیزات با 7500 چرخشی از نوع اسکرپر چرخان با کنترل سرعت فرکانس متغیر ایجاد می کنند که انحراف آنها را می توان به طور مداوم تنظیم کرد تا به وسیله اسکرپر قسمت پایین و سمت دیسک را تمیز نماید و با لرزش بستر دیسک و سپس با افزایش سرعت، توپ های گندله با کیفیت تولید می کنند.



تعداد دندانه های کرانویل (crown wheel) 127 و تعداد دندانه های پینیون (pinion) 18 عدد می باشد و روانکاری بین سطوح درگیری به صورت مرکزی برای شش دیسک در حال حاضر با گریس پایه کمپلکس آلومینیوم طبق کلاس استاندارد (DIN 51502 : OG PF 0/00 S-20) انجام می شود.

جدول 1: مشخصات تجهیز

Item/content	Name	Data	Unit
Disc parameter	φ7500	mm	Main Parameter
Disc edge height	650	mm	According to buyer's requirements
Obliquity adjusting range	44~53	°	
Disc revolving speed	5.1~7.6	r/min	
Capacity	90~110	t/h	variable frequency speed control
Type	YTSP315M 2-4	According to raw material condition	Motor
Rated power	160	kw	
Speed adjusting range	1000~1500	r/min	
Gear box	Type	B3SH 11-2	Flender
Ratio	27.836		
Module	22	Drive for Rotary Support	
Teeth number of Rotary Support	127		
Teeth number of pinion	18		
Ratio	7.05556		

از زمان راه اندازی کارخانه گندله سازی فولاد سیرجان ایرانیان در سال 1393 برای روانکاری دنده باز دیسک های ناحیه پلتایزینگ از گریس با تغلیظ کننده بنتونیت با مشخصات جدول 2 طبق توصیه سازنده استفاده می شده است:

جدول 2: مشخصات گریس پایه بنتونیت

NLGI	0/00	Base Oil Viscosity	1000 c.st	Fourball test	800 kgf
Base Oil	Mineral	Solid lubricant	15%	Dropping point	Over 250

با توجه به اینکه این گریس (shell gadus s2 ogh 0/00) محصول یکی از تولید کنندگان برتر دنیا بوده است و با اطمینان کاذب از کیفیت محصول، با انجام تست های اولیه و ساده مطابق جدول 3 بر روی نمونه گریس های ارسالی به



آزمایشگاه در طی سالیان مختلف، روانکار تاییدیه جهت استفاده در تجهیزات را کسب می نموده است و مورد بهره برداری قرار می گرفته است و از انجام تست های تکمیلی بدلیل سهل انگاری و ظرفیت موجود آزمایشگاه های داخل کشور در خصوص گریس های تخصصی صرف نظر می شده است. علاوه براین، با توجه به عدم در دسترس بودن سایر منابع تامین گریس مرغوب با تغلیظ کننده بنتونیت، ناچارا از همین روانکار در تجهیزات استفاده شده است.

جدول 3: تست رپپورت آزمایشگاهی گریس نامرغوب بنتونیتی تاریخ 1400/04/05

No.	Test Name	Result	Test Method
1	Iron (Fe) -ppm	180	ASTM D6595
2	Chromium (Cr) -ppm	0.9	ASTM D6595
3	Aluminum (Al) -ppm	228	ASTM D6595
4	Copper (Cu) -ppm	8.5	ASTM D6595
5	Lead (Pb) -ppm	5.5	ASTM D6595
6	Tin (Sn) -ppm	0	ASTM D6595
7	Nickel (Ni) -ppm	1	ASTM D6595
8	Titanium (Ti) -ppm	2.6	ASTM D6595
9	Silver (Ag) -ppm	0.2	ASTM D6595
10	Molybdenum (Mo) -ppm	15	ASTM D6595
11	Silicon (Si) -ppm	827	ASTM D6595
12	Sodium (Na) -ppm	15.4	ASTM D6595
13	Boron (B) -ppm	1.6	ASTM D6595
14	Vanadium (V) -ppm	4.1	ASTM D6595
15	Zinc (Zn) -ppm	6.9	ASTM D6595
16	Phosphorus (P) -ppm	81	ASTM D6595
17	Calcium (Ca) -ppm	16	ASTM D6595
18	Barium (Ba) -ppm	2.5	ASTM D6595
19	Magnesium (Mg) -ppm	53	ASTM D6595
20	Color	Gray	ASTM D1500
21	Drop Point - °C	>250	ASTM D566
22	GreaseWorked Penetration 1/10 mm	360 *	ASTM D217
23	NLGI	0	DIN 51818

اثرات نامطلوب استفاده از گریس تقلبی و نامرغوب و بررسی دلایل خرابی دنده ها در طولانی مدت همانگونه که می دانید سایش را نمی توان به طور کلی از بین برد، اما سرعت دوران، ویسکوزیته روانکار، دمای عملیاتی، ارتعاشات و بارگذاری سنگین در شرایط روانکاری مرزی، محدودیت هایی بر شرایط عملکردی دنده ایجاد می کند.



شکل 1: پینیون و آثار سایش و خوردگی

کچلی (fretting) نوعی از سایش است که در اثر حرکت های ارتعاشی بر روی سطح چرخ دنده بروز می نماید و روانکار در سطح عمل به خارج انتقال یافته و سطح با کمترین میزان فیلم روانساز عمل می نماید و زمانی که دنده سطح سخت با دنده سطح نرم با یکدیگر درگیر می شوند، صیقلی شدن سطح دندانه بر روی سطح سخت بروز می کند. (polishing) این عیب معمولا در سطح دندانه و در اثر برخورد ملکولهای روانساز و برداشته شدن ماده فلزی همراه است (erosion) و این ساییدگی به معنی انتقال مواد یا برداشتن مواد سطحی در اثر ذرات سخت فلزی در حالت تخریبی می باشد. (fatigue crack) همچنین زمانی که چرخ دنده تحت بار بیشتر از بار طراحی باشد، بارهای آبی و شوک ناشی از آن باعث بروز برخی عیوب مانند میکرو پیتینگ در اثر تنش های سیکلی تکرار شونده می شود که سبب کاهش تحمل بار نیز می گردد.



آن چه که در سطح پینیون مطابق شکل 1 مشهود است خستگی ناشی از صیقلی شدن سطح در اثر کارکرد طولانی مدت تحت بار سنگین همراه با روانکار غیر استاندارد می باشد که متأسفانه سبب از دست رفتن کارایی تجهیز گردید. و آن چه که بر روی دندانهای کرانویل مطابق شکل 2 مشهود می باشد آثار خراشیدگی (scuffing) در اثر بارهای کوبه ای و عدم ایجاد فیلم روانکاری به دلیل ویسکوزیته نامشخص روغن پایه گریس و چسبیدن سطوح به یکدیگر اتفاق افتاده است. (روغن پایه گریس با تغلیظ کننده بنتونیت قابلیت جدا شدن و اندازه گیری ندارد).



شکل 2: خراشیدگی سطح کرانویل در اثر پدیده scuffing

تغییر ماهیت روانکار از بنتونیت به کمپلکس آلومینیوم

با مشاهده آثار فرسایش و خرابی سطوح، در دسترس نبودن گریس پایه بنتونیت مرغوب و عدم قابلیت انجام تست نقطه ریزش (بدلیل اختلاط با خاک رس) و همچنین جدانشدن روغن پایه از گریس و اندازه گیری ویسکوزیته و سایر آزمون های صحت سنجی کیفی، تصمیم به تغییر روانکار به کمپلکس آلومینیوم گرفته شد که مشخصات آن طبق جدول 4 می باشد:

جدول 4: مشخصات گریس پایه کمپلکس آلومینیوم

NLGI	0/00	Base Oil Viscosity	1000 c.st	Fourball wear test	0.6 mm
Base Oil	Mineral	Solid lubricant	15% graphit	Dropping point	200

با تامین گریس کمپلکس آلومینیومی، نمونه برداری از گریس جدید انجام و به آزمایشگاه ارسال گردید که آزمایشات و تست های تکمیلی مطابق با دیتای درخواستی جدول 5 انجام و گزارش گردید. تست سایشی بر روی نمونه گریس، در راستای ارزیابی خواص گریس انجام و عمق خراش 0.64 mm برای پارامتر سایشی اعلام گردید. همچنین تست تیمکن برای گریس به روش استاندارد ASTM D2509 محدود به بیشتر از 45 lb را پاس نموده است و تست خاصیت جلوگیری از خوردگی به روش ASTM D1743 پاس گردید که با انطباق این نتایج با کلاس استاندارد DIN51502:OGPF0/00S-20 و اپروال استاندارد DanieliType8/0.340333.w مورد قبول واقع شد.



جدول شماره 5: آنالیز انجام شده بر روی گریس نو پایه کمپلکس آلومینیوم

1	Iron (Fe) -ppm	16	ASTM D6595
2	Chromium (Cr) -ppm	0.2	ASTM D6595
3	Aluminum (Al) -ppm	687	ASTM D6595
4	Copper (Cu) -ppm	0.3	ASTM D6595
5	Lead (Pb) -ppm	0.5	ASTM D6595
6	Tin (Sn) -ppm	10.8	ASTM D6595
7	Nickel (Ni) -ppm	0.1	ASTM D6595
8	Titanium (Ti) -ppm	0	ASTM D6595
9	Silver (Ag) -ppm	0	ASTM D6595
10	Molybdenum (Mo) -ppm	345	ASTM D6595
11	Silicon (Si) -ppm	23.8	ASTM D6595
12	Sodium (Na) -ppm	72	ASTM D6595
13	Boron (B) -ppm	8.8	ASTM D6595
14	Vanadium (V) -ppm	6	ASTM D6595
15	Zinc (Zn) -ppm	23.4	ASTM D6595
16	Phosphorus (P) -ppm	273	ASTM D6595
17	Calcium (Ca) -ppm	2846	ASTM D6595
18	Barium (Ba) -ppm	0.2	ASTM D6595
19	Magnesium (Mg) -ppm	18.6	ASTM D6595
20	Potassium (K) -ppm	0	ASTM D6595
21	Lithium (Li) -ppm	0	ASTM D6595
22	Antimony (Sb) -ppm	0	ASTM D6595
23	Manganese (Mn) -ppm	0	ASTM D6595
24	Cadmium (Cd) -ppm	0	ASTM D6595
25	Density Kg/m ³ @15 °C	960	ASTM D4052
26	GreaseWorked Penetration 1/10 mm	378	ASTM D217
27	Grease UnWorked Penetration 1/10 mm	362	ASTM D217
28	NLGI	0	DIN 51818
29	Grease Copper Corrosion @ 24hr &100 °C	1a	ASTM D4048
30	Grease Soap Type	Al-Complex	---
31	Wear Preventive characteristics of lubricating grease (4 Ball) -mm	0.641	ASTM D2266
32	خاصیت جلوگیری از خوردگی	pass	ASTM D1743
33	تحميل بار به روش ایمکن - کیلوگرم	<20.4 (<45)(lb)	ASTM D2509
34	Dropping Point Over Wide Temp. Range °C	196	ASTM D2265
35	Water Resistance	3	DIN 51807/1

با تغییر نوع گریس و انجام تست ها بر روی آن ، اطمینان از کیفیت روانکار احراز شده و با پاکسازی سطوح دنده ها از گریس قبلی (بدلیل ناسازگاری اختلاط) گریس کمپلکس آلومینیومی در شش دیسک بصورت مرکزی شارژ گردیده است و در هشت ماه گذشته خوشبختانه به لحاظ آسیب های سایشی و ارتعاشی با مشکلات کمتری مواجه هستیم . هرچند که در طول این سالیان تجهیز بدلیل استفاده از روانکار تقلبی دچار آسیب گردیده است ، این نوشتار اهمیت انجام تست های تکمیلی سایشی، فشارپذیری، جلوگیری از خوردگی و... را برای روانکارهای مورد استفاده در صنایع مختلف و کاهش آسیب های ناشی از سایش و شکست در اثر استفاده از روانکارهای نامرغوب بیان می کند. امید است که با بهره گیری از این تجربه ، مقدار آسیب به تجهیزات و هزینه های نگه داری و تعمیرات به حداقل برسد.



جمع بندی

با تغییر ماهیت روانکار از تغلیظ کننده بنتونیت به کمپلکس آلومینیوم و با انجام تست های سایشی و فشار پذیری تکمیلی بر روی گریس و اطمینان از کیفیت روانکار ، خوشبختانه وضعیت ارتعاشات و خرابی تجهیز بطور نسبی کاهش یافت. همچنین مقدار ریت مصرف گریس و دفعات پمپاژ به تجهیزات نیز با توجه به استفاده از گریس با ویسکوزیته روغن بالا و ایجاد فیلم روانکاری مطلوب ، بطور قابل ملاحظه ای کاهش یافت و علاوه بر بهبود وضعیت تجهیز ، سود تقریباً 3 میلیاردی برای بازه زمانی 9 ماهه از طریق کاهش مصرف عاید مجتمع گردید. (میزان مصرف گریس در زمان استفاده از گریس پایه بنتونیت باتوجه به عدم کیفیت روانکار ، عدم ایجاد فیلم روانکاری و ریزش بیش از حد ، مقدار 950 کیلوگرم در هفته معادل 5 بشکه 190 کیلویی بوده است که با جایگزینی گریس کمپلکس آلومینیوم ، تقریباً به 550 کیلوگرم معادل 2.8 بشکه در هفته تقلیل یافته است.)



مراجع

[1] راهنمای عملی روان کاری ماشین آلات/تالیف رابرت اسکات، جیم فیچ، ال لیوگنر، ترجمه دکتر محمود ترکی جوشقانی

[2] www.nlgi.org

[3] <https://medium.com/Different Types Of Failures In Gears>

[4] آزمایشگاه پایش وضعیت یکتا شرق (پویش)