

تشخیص درگیری نامناسب پینیون و گرث گیر آسیای گلوله‌ای با استفاده از تحلیل ترموگرافی

حسن حیدری جامع بزرگی^۱، رحیم ستوده بحرینی^۲، امیر خیرمند پاریزی^۳
محمد رضا شهسواری^۴ احمد رفیع زاده^۵

چکیده

آسیاهای^۶ مجتمع معدنی و صنعتی سنگ آهن گل‌گهر سیرجان، نقش اصلی و تعیین‌کننده در تولید دارند و در صورت توقف این تجهیزات به دلیل خرابی و وجود عیب، زمان زیادی صرف تعمیر و راه‌اندازی مجدد می‌گردد. تعمیرات پیشگویانه^۷ نقش بسزایی در تشخیص به موقع عیب جهت پایین آوردن توقفات ناخواسته دارد. از راهکارهای کاربردی در نگهداری و تعمیرات، استفاده از فناوری ترموگرافی^۸ است که نتایج ارزشمندی در زمینه نگهداری و تعمیرات و تاثیر عیب بر روی توزیع دمایی دارد. در این مقاله درگیری نامناسب پینیون^۹ و گرث گیر^{۱۰} با توجه به توزیع حرارتی، مورد بررسی قرار می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: تعمیرات پیشگویانه، ترموگرافی، پایش وضعیت، آسیا

⁶ Mill

⁷ Predictive Maintenance

⁸ Thermography

⁹ Pinion

¹⁰ Girth Gear

مقدمه

دیدگاه علمی و مدرن مدیریت مجموعه گل گهر باعث گردیده تا واحد پایش وضعیت^۱ علاوه بر تکنیکهای آنالیز ارتعاشات^۲ و آنالیز روغن^۳، مجهز به تکنیک آنالیز حرارتی^۴ نیز گردیده که همین امر باعث تقویت این واحد در جهت جلوگیری از بروز مشکلات تعمیراتی ناخواسته این مجموعه گردیده است.

اخیراً راهکارهای متعددی در زمینه نگهداری و تعمیرات و اصول تعمیرات پیشگیرانه، در صنعت به کار گرفته شده است. این راهکارها در صنایع به منظور افزایش دسترسی تجهیز و افزایش تولید و کاهش توقفات اضطراری در جهت رفع عیب پیشگیرانه نقش بسزایی را ایفا می کند. پیاده سازی و اجرای پایش وضعیت، گامهای موثری در راستای پیشگیری از خسارت ناشی از نقص و خرابی تجهیزات، تامین لوازم معیوب، هزینه های مربوط به تعمیرات بلند مدت و مضرات ناشی از عدم تولید واحد و افزایش قابلیت های اطمینان در زمینه بهره برداری برداشته است.

از جمله راهکارهای کاربردی در خصوص نت بهره گیری استفاده از فناوری ترموگرافی است. آنالیز ترموگرافی که به نامهای گرما نگاری، ترموویژن و تصویر برداری حرارتی نیز شناخته می شود، تکنیک مهمی است که دامنه کاربردهای آن بسیار گسترده و فراتر از بحث مراقبت وضعیت تجهیزات و ماشین آلات است. تصویر برداری حرارتی نوعی تکنیک بازرسی و بازدید بمنظور جمع آوری و تهیه اطلاعات یک سیستم در زمان معین می باشد. هدف از بازرسی و بازدید و بکارگیری فن آوری مادون قرمز شناسایی و مستندسازی اجزاء دارای اشکال و معیوب در شبکه های الکتریکی و تجهیزات دوار می باشد. از این طریق اشکالاتی که منجر به تغییر در الگوی توزیع دمای سطحی می شوند، قابل شناسایی خواهند بود. در فناوری ترموگرافی کاربردهای متنوعی در زمینه های گوناگون تعریف می شود که می توان به مواردی از قبیل دمای الکتروموتورها، گیربکسها، مسیره های سیالات، کویلینگها، یاتاقانها، تابلوهای برقی، هادیهای فشار قوی و ترانسفورماتورها اشاره کرد. در شرایط لازم می توان از موارد فوق تصویر برداری حرارتی انجام داده و تغییرات ایجاد شده در الگوی توزیع دمای سطوح را شناسایی و توسط نرم افزار آنالیز کرد تا در زمان کار یا توقف، اقدامات لازم نسبت به رفع عیب پیشگیرانه انجام گیرد.

در ادامه، عیب مربوط به درگیری نامناسب زوج چرخ دنده پینیون و گرث گیر آسیای گلوله ای کارخانه هماتیت با توجه به توزیع حرارتی و اختلاف دمایی آن مورد بررسی قرار می گیرد. [1]

تشریح سیستم آسیا و عیبهای احتمالی بر روی پینیون و گرث گیر

مهمترین هدف خردایش مواد استخراج شده از معدن، جداکردن ذرات با ارزش کانه از باطله ی همراه آن است ولی معمولاً با خردایش در مرحله سنگ شکنی، کانیهای با ارزش به درجه آزادی مطلوب نمی رسند و خردایش بیشتری نیاز است. این کار با خردکردن مواد سنگ شکنی شده در آسیاهای گردان صورت می گیرد.

در آسیاهای گردان، واسطه خردایش (گلوله های فلزی، میله و قلوه سنگ های سخت) نیروی لازم را برای خردایش تأمین می کند. در حین چرخش آسیای حاوی مواد و واسطه خردایش، تمام واسطه های خردایش در جهت چرخش آسیا بالا می آیند و در یک ارتفاع خاص، قسمتی از واسطه سرازیر شده و بر پایین ترین نقطه آسیا فرود می آید. مابقی واسطه ها تمایل به سر خوردن دارند ولی بلافاصله در جهت چرخش آسیا بالا می آیند. در حین این فرآیند، واسطه ها به طور مداوم بر روی مواد داخل آسیا فرود می آیند و آنها را خرد می کنند. قسمتی از خردایش نیز در اثر عمل سایش رخ می دهد. در نتیجه ی عملکردهای ترکیبی ضربه و سایش در طول زمان که مرتباً تکرار می شوند خردایش صورت می گیرد. با فراهم کردن زمان کافی برای خردایش، می توان به درجه آزادی مطلوب دست یافت.

¹ CM (Condition Monitoring)

² VCM (Vibration Condition Monitoring)

³ OCM (Oil Condition Monitoring)

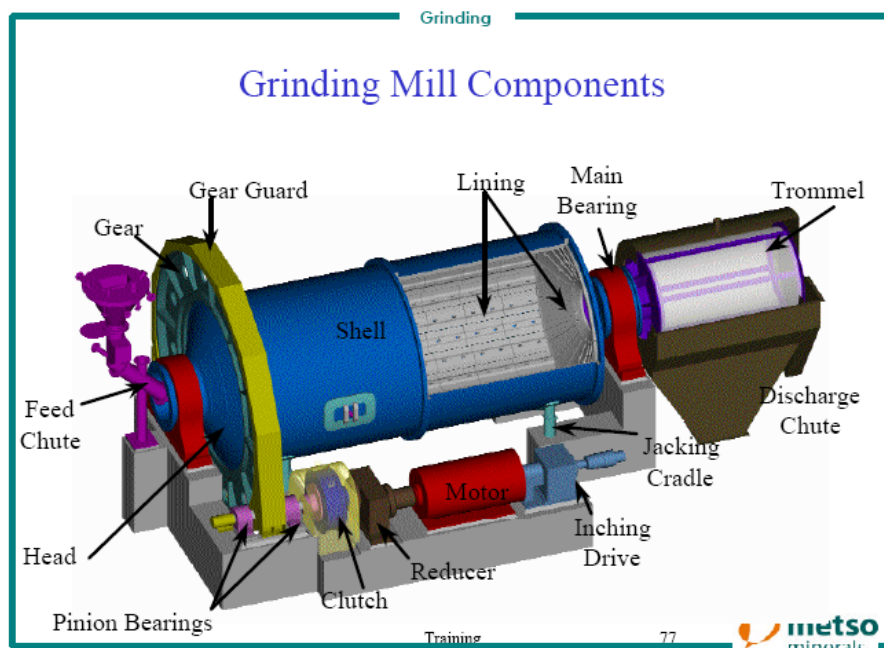
⁴ TCM (Thermography Condition Monitoring)

آسیاهای گلوله ای در سایزهای مختلف با توانهای متفاوت کاربرد وسیعی در صنایع معدنی دارند. در مجتمع معدنی و صنعتی گل گهر در کارخانه بازیابی هماتیت از باطله، آسیای گلوله ای با مشخصات زیر نصب شده است.

جدول ۱: مشخصات آسیای گلوله ای

parameter	SRP4
Mill type	Ball tube mill
Kind of outlet	Overflow
Grinding system	Circuit with hydrocycles
Graining feed material	... 10 mm
Graining finished material	> 0.1
Troughput solid matters	80 t/h
Mill length	7.0 m
Mill inner diameter	4.0 m
Power requirement of the mill	1600 kW
Power Main drive	1800 kW
Power auxiliary drive	15 kW
r.p.m. Main drive	1500 1/min
r.p.m. mill	16.2 1/min
Relation of speed n/n_{krit}	75%
Pinion speed, driven by main drive	143.61/min
Number of teeth – gear rim	234
Number of teeth – pinion gear	23
Toothing module	25
Lining thickness	220 mm

شکل ۱ در زیر شماتیک این تجهیز و اجزای آن را نشان می دهد.

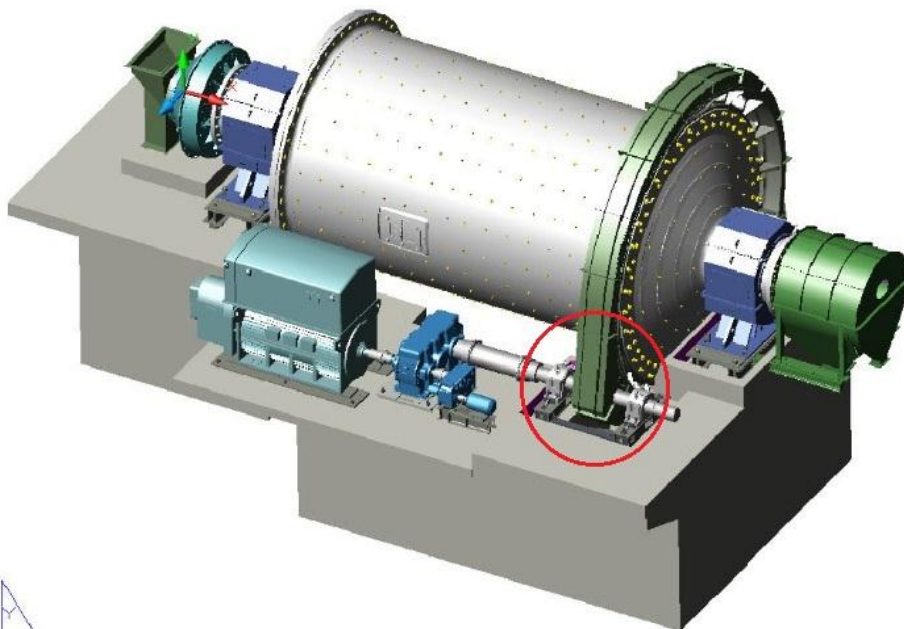


شکل ۱: شماتیک آسیا و اجزای آن

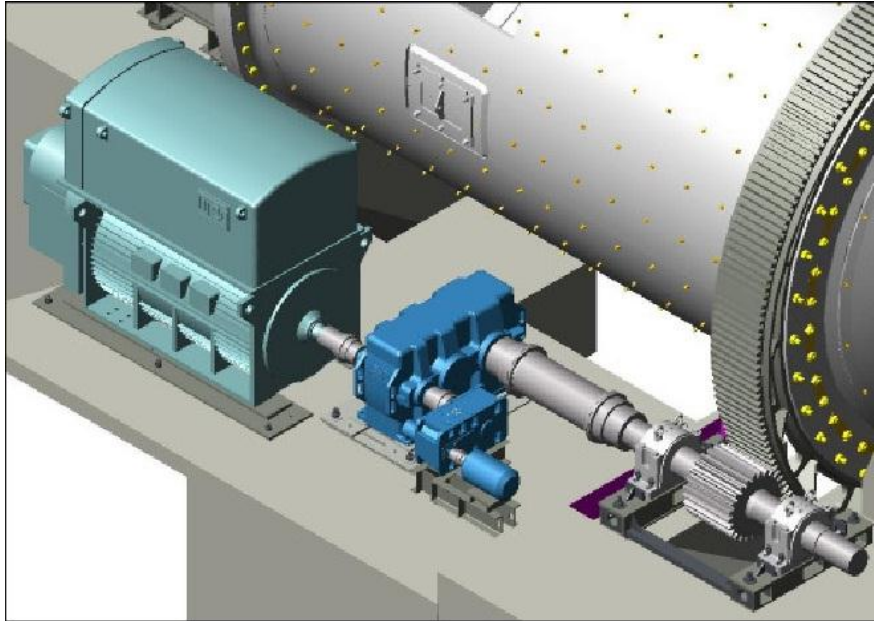
ورودی این آسیا، آب، گلوله و باطله سنگ آهن می باشد و پس از خوردایش خروجی ذرات ریز از طریق سرریز شدن می باشد. این سیستم با یک موتور الکتریکی با توان ۱۸۰۰ کیلو وات و دور ۱۵۰۰ دور بر دقیقه به حرکت در می آید. دور الکتروموتور با یک گیربکس به ۱۶/۲ دور بر دقیقه کاهش می یابد. نیروی محرکه سپس از طریق کوپلینگ به پنیون و سپس به چرخنده ای که دور سیلندر آسیا نصب شده است منتقل می شود. این چرخنده اصطلاحاً گرث گیر نامیده می شود. همچنین به منظور انجام تعمیرات یک الکتروموتور ۱۵ کیلو واتی و یک گیربکس کمکی روی تجهیز نصب شده است.

یکی از قسمت های حساس تجهیز، سیستم پنیون و گرث گیر می باشد که نوعی گیربکس باز به حساب می آید و همانند هر زوج چرخنده درگیر، می بایستی درگیری مناسبی داشته باشند. با توجه به ابعاد گرث گیر (قطر تعداد دندان و طول ضخامت رویه) تنظیم backlash و لقی پنیون و گرث گیر اهمیت بسزایی پیدا می کند زیرا هر گونه درگیری نامناسب منجر به اختلاف دما در سطح گرث گیر و پنیون می شود. این اختلاف دما منجر به تنش های حرارتی در عرض رویه گرث گیر و پنیون می شود. با توجه به اینکه سیستم تکیه گاهی آسیا روی یاتاقانهای ژورنال قرار دارد و امکان بهم خوردن تنظیمات پنیون و گرث گیر در تجهیز وجود دارد، لذا بایستی پنیون و گرث گیر تحت پایش باشد و بهترین پایش، پایش حرارتی است. با توجه به ابعاد گرث گیر و پنیون این اختلاف دما بایستی بنابر پیشنهاد سازندگان بین ۳ تا ۵ درجه باشد.

شکل ۲ و شکل ۳ شماتیک پنیون و گرث گیر را نشان می دهد. روانکاری این سیستم توسط اسپری گریس می باشد. این سیستم گریس را در فاصله های زمانی یکسان اسپری می نماید. گرث گیر توسط کاور محافظت می شود و این کاور توسط یک سیل نمدی فنر دار آب بندی شده است. این سیل وظیفه جلوگیری از ورود گرد و خاک را به محفظه پنیون و گرث گیر دارد همچنین تاثیر به سزایی در تبادل حرارتی محفظه گرث گیر دارد. بنا بر پیشنهاد سازنده این بایستی به صورت دوره ای روغن کاری شود. و همچنین در نصب باید دقت شود که آب بند با سطح آسیا (Slide Ring) بیش از حد تماس اصطکاک نداشته باشد تا باعث افزایش دمای تایر نشود. [2] [3]



شکل ۲: نمای کلی آسیا و موقعیت قرار گرفتن پنیون و گرث گیر



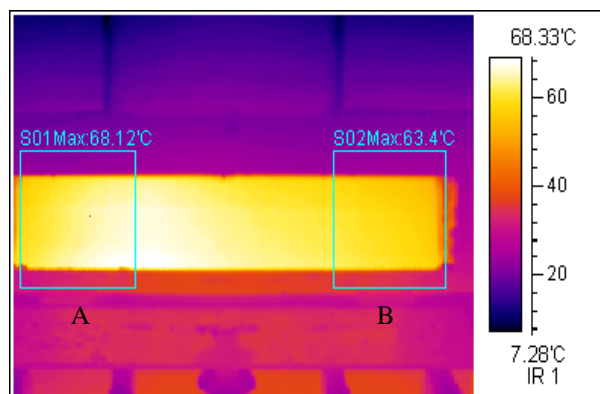
شکل ۳: نمای قرار گرفتن پینیون و گرث گیر

بازرسیهای ترموگرافی پینیون و گرث گیر

با استقرار CM در شرکت معدنی و صنعتی سنگ آهن گل گهر سیرجان، تعدادی از تجهیزات کارخانه های مجتمع تحت بازرسی ترموگرافی دوره ای قرار گرفته اند و تجهیزاتی که افزایش دما در آنها محسوس تر است، نیازمند توجه بیشتری به آنها می باشد و در بازه های بازرسی ترموگرافی فشرده تری قرار می گیرند.

در بازرسی های دوره ای که از تجهیزات انجام شد، مشاهده گردید که اختلاف دمای دو سر پینیون و گرث گیر آسیای کارخانه هماتیت در حال صعود و افزایش می باشد و این مسئله باعث شد تا بازرسی در دوره های کوتاه تری انجام گیرد و تحت نظر دقیق واحد CM قرار گرفت. [4]

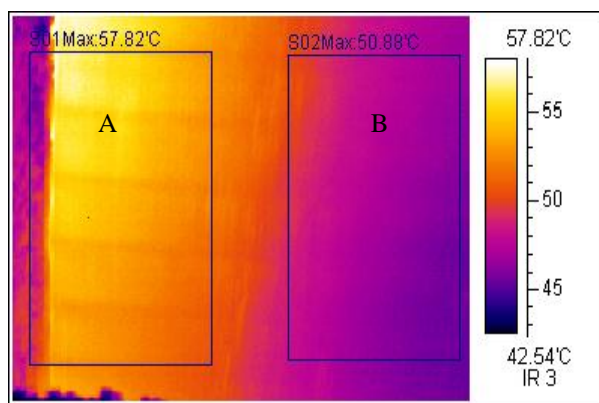
شکل ۴ و شکل ۵ تصاویر ترموگرافی و دیجیتالی مربوط به پینیون و شکل ۶ و شکل ۷ تصاویر ترموگرافی و دیجیتالی مربوط به گرث گیر در بازرسی می باشد که منجر به کوتاه تر شدن دوره بازرسی گردید.



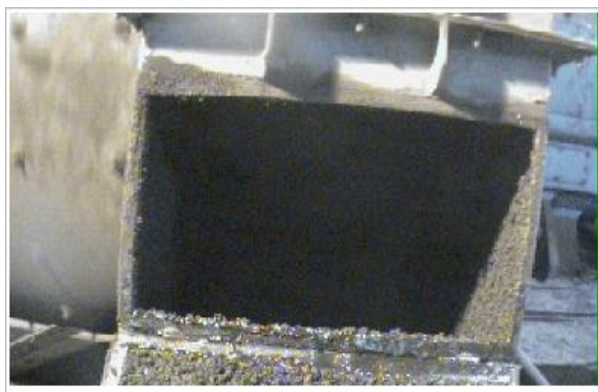
شکل ۴: تصویر حرارتی پینیون (دوره اول)



شکل ۵: تصویر دیجیتالی پینیون



شکل ۶: تصویر حرارتی و دیجیتالی گرث گیر (دوره اول)



شکل ۷: تصویر حرارتی و دیجیتالی گرث گیر

همانگونه که مشاهده می گردد، اختلاف دما در دو سر پینیون حدود ۴/۹۸ درجه سانتیگراد و اختلاف دما در دو سر گرث گیر حدود ۶/۹۴ درجه سانتیگراد ثبت گردیده است در حالی که دمای نرمال بین ۳ تا ۵ درجه می باشد. در جدول ۱ میزان دماها در چهار دوره بازرسی و اختلاف دمای دو سر پینیون و گرث گیر آورده شده است.

جدول ۱: میزان دماها در چهار دوره بازرسی و اختلاف دمای دو سر پینیون و گرث گیر

گرث گیر		پینیون				
ΔT	دما B	دما A	ΔT	دما B		دما A
۶/۹۴	۵۰/۸۸	۵۷/۸۲	۴/۹۸	۶۳/۱۴	۶۸/۱۲	بازرسی اول
۸/۳۵	۵۵/۵۴	۶۳/۳۷	۵/۲۳	۶۴/۳	۶۹/۵۳	بازرسی دوم
۱۰/۵۹	۵۹/۳۱	۶۷/۷۸	۸/۷۱	۵۸/۴۳	۶۷/۱۴	بازرسی سوم
۱۳/۰۸	۳۶/۸	۴۹/۸۸	۱۰/۸	۵۳/۳۹	۶۴/۱۹	بازرسی چهارم

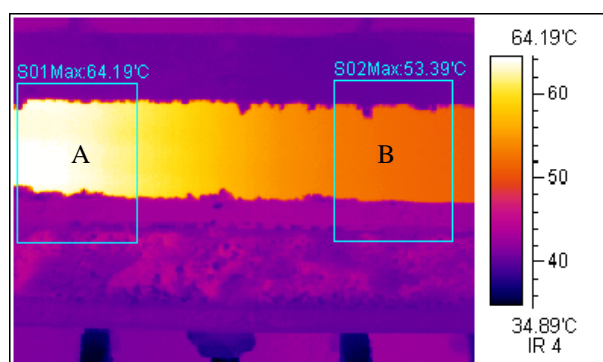
در جدول فوق به دلیل میزان تناژ ورودی و پاور آسیا و مدت زمان کارکرد آسیا، دماهای دو سر دارای تفاوت قابل ملاحظه ای می باشند اما آنچه اهمیت دارد اختلاف دمایی دوسر چرخنده می باشد. اختلاف دمایی دو سر پینیون و گرث گیر، طبق نظر سازنده بین ۳ تا ۵ درجه سانتیگراد مناسب بوده و در صورتی که اختلاف دمای دو سر بیشتر از این مقدار باشد، وجود عیب در مجموعه پینیون و گرث گیر محتمل است.

همانگونه که در جدول ۱ مشاهده می گردد در بازرسیهای انجام شده، اختلاف دما در حال افزایش بوده و بعد از بازرسی سوم دستور کار فعالیت تعمیراتی به شرح زیر صادر گردید و مقرر گردید در اولین توقف،

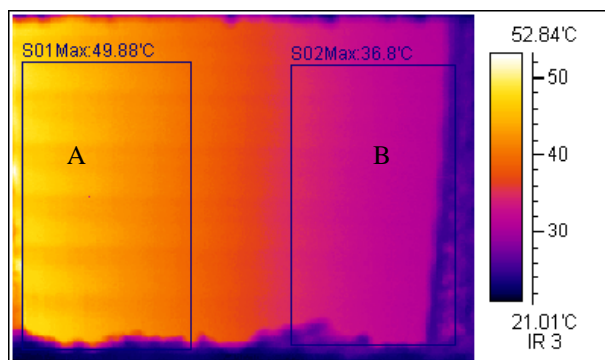
۱- درگیری چرخ دنده پینیون و گرث گیر چک شود

۲- Backlash و توازی زوج چرخ دنده چک گردد.

قبل از تعمیرات، بازرسی مجدد (بازرسی چهارم در جدول ۱) انجام گردید که در شکل ۸ و شکل ۹ تصاویر ترموگرافی مربوط به پینیون و گرث گیر آورده شده است. اختلاف دمایی برای پینیون حدود ۱۰/۸ درجه سانتیگراد و برای گرث گیر حدود ۱۳/۰۸ درجه سانتیگراد ثبت شده که در جدول ۱ و شکل‌های ۸ و ۹ نمایش داده شده است.

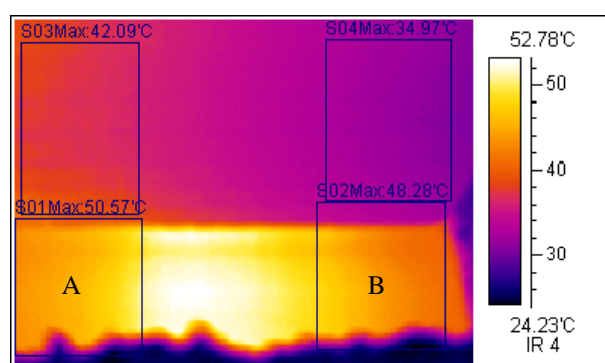


شکل ۸: تصویر حرارتی و دیجیتالی پینیون (دوره چهارم)

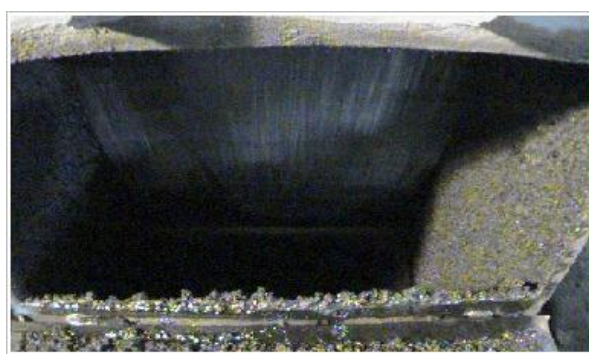


شکل ۹: تصویر حرارتی و دیجیتالی گرث گیر (دوره چهارم)

درگیری چرخ دنده پینیون و گرث گیر چک و تنظیم شد و همچنین Backlash و توازی دو دنده چک و تنظیم مجدد گردید و همچنین تنظیمات لازم دیگر نیز روی پینیون صورت گرفت. روز بعد از تعمیرات و راه اندازی آسیا، مجدداً بازرسی ترموگرافی انجام گرفت و کاهش چشمگیر اختلاف دما در دو سر پینیون و گرث گیر مشاهده گردید. شکل ۱۰ تصویر مربوط به پینیون و گرث گیر در یک نما آورده شده است.



شکل ۱۰: تصویر حرارتی ترکیبی پینیون و گرث گیر (بعد از تنظیم)



شکل ۱۱: تصویر دیجیتالی پینیون و گرث گیر

همانطوری که مشاهده می شود توزیع حرارتی و اختلاف دما در طول درگیری پینیون مناسب است و اختلاف دمای حدود ۲/۲۹ درجه سانتیگراد بر روی پینیون ثبت شده است و اختلاف دمایی بر روی گرث گیر حدود ۷/۱۲ درجه سانتیگراد ثبت شده که نسبت به قبل از تنظیمات در شرایط بهتری قرار دارد. شکل ۱۲ روند تغییرات اختلاف دمایی در بازرسیهای مختلف قبل و بعد از تعمیرات آورده شده است.



شکل ۱۲: روند تغییرات اختلاف دمایی دو سر پینیون و گرت گیر

نتیجه گیری و پیشنهادات

با توجه به اهمیت آسیاها در مجتمع گل گهر، سیستم محرک آسیا شامل زوج چرخ دنده پینیون و گرت گیر تحت پایش دمایی قرار گرفت. افزایش روند اختلاف دما معیار بسیار مناسبی جهت نشان دادن درگیری نامناسب زوج چرخ دنده پینیون و گرت گیر می باشد به نحوی که میزان اختلاف دمای ۳ تا ۵ درجه نشان دهنده شدت عیب در تنظیمات زوج چرخ دنده پینیون و گرت گیر است. در این موردکاوی با دقت پایش قرار دادن دمای تجهیز و بررسی روند افزایش اختلاف دما که ناشی از درگیری نامناسب بود، اقدامات اصلاحی شامل تنظیم درگیری زوج چرخ دنده پینیون و گرت گیر انجام شد که این اقدام منجر به کاهش اختلاف دما تا حد نرمال شد. لذا می توان ترموگرافی را جزء بهترین ابزار پایش وضعیت درگیری چرخ دنده های باز در سیستم آسیاهای خوردهای مواد معدنی دانست.

مراجع

- [1] www.cbmschool.com
- [2] Gol-e-Gohar Documentation- MI 301 (SRP4) Ball Mill, DOC. No.: GGC-CG-T1-4 13 MI 301,Rev.: A, Date: 04.01.2008.
- [3] www.cemag.com
- [4] مدارک و گزارشات دوره ای و اضطراری موجود در بایگانی واحد CM شرکت معدنی و صنعتی گل گهر سیرجان.