Troubleshooting the cause of increased vibrations of steel factory conveyors

Keyvan Bahaldini[1]*
Graduated from Master's degree, Mechanical Engineering, Jahan Foulad complex, Sirjan, Iran

Hamid Kochi[2]
Graduated from Master's Degree, Metallurgical Engineering, Jahan Foulad Complex, Sirjan, Iran

Mohammad Taghi Elahi Far[3]
Graduated from Master's degree, Mechanical Engineering, Jahan Foulad complex, Sirjan, Iran

Abstract

Condition monitoring has many advantages, including reducing maintenance costs, reducing downtime, and extending equipment life. Non-destructive testing (NDT) techniques evaluate equipment conditions without affecting their structural performance, so they have played an important role in equipment health diagnosis. Among the various NDT techniques that have been investigated for CM applications, vibration-based techniques are the most popular because the vibration measured from the equipment contains physical information that directly reflects the severity of the defect. In this research, out of 27 conveyor belts of the factory, due to the same working conditions and the similarity of the defects in all of them, only one of the belts was analyzed using Time Signal and FFT charts. It has been shown that the common defects that cause an increase in the vibrations of the belts are the lack of proper industrial cleaning of the equipment, and as a result, mass contamination and increase in their vibrations.

Keywords: Mass index, vibrations, time signal diagram, FFT diagram, 1X frequency

[1] bakeyvan@yahoo.com ،09137457365- ORCID Code: 0009-0009-6507-9884
[2] Hamidkouchaki1988@gmail.com
[3] elahifarmt@gmail.com

عیب یابی علت افزایش ارتعاشات نوار نقاله های کارخانه فولاد سازی

کیوان بهاالدینی[1]*
دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، مجتمع جهان فولادسیرجان، سیرجان، ایران
حمید کوچکی[2]
دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی متالوژی، مجتمع جهان فولادسیرجان، سیرجان، ایران
محمد تقی الهی فر[3]
دانش آموخته کارشناسی ارشد، مهندسی مکانیک، مجتمع جهان فولادسیرجان، سیرجان، ایران

چکیده
پایش وضعیت مزایای بسیاری از جمله کاهش هزینه های نگهداری ، کاهش زمان خرابی ، طولانی شدن عمر تجهیز دارد. تکنیک‌های تست غیرمخرب (NDT) شرایط تجهیز را بدون تأثیر بر عملکرد ساختاری آن‌ها ارزیابی می‌کنند، بنابراین نقش مهمی در تشخیص سلامت تجهیز ایفا کرده‌اند. در میان تکنیک‌های مختلف NDT که برای کاربردهای CM بررسی شده‌اند، تکنیک‌های مبتنی بر ارتعاش محبوب‌ترین هست، زیرا لرزش اندازه‌گیری شده از تجهیز حاوی اطلاعات فیزیکی هستند که مستقیماً شدت عیب را منعکس می‌کنند. در این تحقیق از میان ۲۷ نوار نقاله کارخانه با توجه به شرایط کارکرد یکسان و همچنین تشابهه عیب در همه آنها فقط یکی از نوارها با استفاده از نمودار Time Signal و FFT مورد بررسی قرار گرفت. نشان داده شد عیوب مشترک که باعث افزایش ارتعاشات نوارها می باشد عدم انجام صحیح نظافت صنعتی تجهیز و در نتیجه نامیزانی جرمی و افزایش ارتعاشات آنها می شود که پس از مشخص شدن عیب و برنامه ریزی دقیق جهت نظافت صنعتی تجهیزات در بازه زمانی مشخص شده باعث کاهش ارتعاشات بر روی ۲۷ عدد نوار نقاله گردید.
لغات کلیدی: نامیزانی جرمی، ارتعاشات، نمودار Time signal، نمودار FFT، فرکانس 1X

۱–مقدمه
پایش وضعیت اندازه گیری پارامترهای خاصی از تجهیزات مانند ارتعاشات در یک ماشین ، درجه حرارت آن، صدای آلتراسونیک یا وضعیت روغن آن است که این پارامترها علائمی از هرگونه تغییر مهم در تجهیز را نشان می دهد که می تواند نشان دهنده نقص قریب الوقوع تجهیز باشد. نظارت مستمر بر وضعیت تجهیزات و توجه و یادداشت هرگونه بی نظمی نامعمول در تجهیزکه به طور معمول طول عمر آن را کاهش می دهد اجازه می دهد تا تعمیر و نگهداری و یا اقدامات پیشگیرانه دیگری پیش بینی شود تا قبل از بروز مشکلات جدی تر موضوع حل شود. پایش وضعیت جزو اجزای اصلی نگهداری پیش بینانه بوده(در این روش تعمیر و نگهداری بر اساس آنچه ممکن است خرابی رخ دهد و چه برنامه هایی برای نگهداری باید برای جلوگیری از وقوع چنین خرابی ها برنامه ریزی شود) وداده های جمع آوری شده از پایش وضعیت در طول زمان ، اطلاعات ارزشمندی در مورد وضعیت فعلی و تاریخچه کارکرد یک تجهیز ارائه می دهد (مبلی[4]، ۲۰۰۲).

روش ها و تکنیک های پایش وضعیت
تکنیکهای پایش وضعیت بر اساس استانداردهای ISO و انجمن تست و مواد آمریکا استاندارد سازی شده اند که از آن جمله می توان به استانداردهای ISO 13372, 18436, 17359 , 13381 اشاره کرد. در زیر تکنیک های اصلی پایش وضعیت دسته بندی گردیده اند:
الف)آنالیز ارتعاشاتVCM

[1] bakeyvan@yahoo.com ،09137457365- ORCID Code: 0009-0009-6507-9884
[2] Hamidkouchaki1988@gmail.com ، ۰ ۹۱۷۰۶۲۸۵۷۳
[3] elahifarmt@gmail.com ، 09131795284
[4] Mobley

آنالیز ارتعاشات فرآیندی برای اندازه گیری میزان لرزش و فرکانس ماشین آلات و استفاده از آن اطلاعات برای تجزیه و تحلیل سلامت دستگاه می باشد. تجزیه و تحلیل لرزش می تواند مواردی از قبیل نابالانسی ، عیوب بیرینگ ها و گیربکس ، لقی مکانیکی، الاین نبودن، تشدید و فرکانس های طبیعی، دور بحرانی، عیوب موتور الکتریکی ، شافت خم و حتی کاویتاسیون را تشخیص دهد. تخمین زده می شود که آنالیز ارتعاشات توانایی ایجاد هشدارهای لازم برای خرابی را تا سه ماه قبل از بروز یک خرابی واقعی فراهم کند.

ب)آنالیز روغن و ذرات سایشی

آنالیز روغن یکی از تکنیکهای پایش وضعیت است که برای تجزیه و تحلیل روزمره سلامت روانکاری ماشین آلات ، آلودگی روغن و سایش در تجهیز استفاده می شود. فرآیند آنالیز روغن شامل تجزیه و تحلیل رطوبت ، شمارش ذرات ، آنالیز اجزا تشکیل دهنده ، تعداد اسید و پایه ، اندازه گیری ویسکوزیته و استفاده از طیف سنجی مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) برای تعیین چندین پارامتر دیگر است. به عنوان مثال ، یک آزمایش آنالیز طیفی روغن می تواند ترکیب شیمیایی روغن را برای پیش بینی مشکلات احتمالی پیش رو تجزیه و تحلیل کند. مقادیر بالای سیلیکون و آلومینیوم موجود در روغن ، آلودگی آن به چرک و لکه های خارجی یا ریگ (سیلیکات آلومینیوم) است. همچنین مقادیر بالای آهن حاکی از اجزای سایش است (محمود آبادی و همکاران، ۱۳۹۹).

ج)آنالیز ترموگرافی

فرآیند استفاده از یک تصویر حرارتی برای تشخیص تابش (گرما) ساطع شده از یک جسم ، تبدیل آن به دما و سپس نمایش آن توزیع دما در یک تصویر است. معمولاً برای پایش وضعیت الکتریکی و مکانیکی موتورها ، یاتاقان ها (اصطکاک غیر طبیعی) ، عایق بندی نسوز و مکان یابی سطح گاز ، مایعات و لجن مورد استفاده قرار می گیرد. هدف اصلی ترموگرافی مادون قرمز این است که با شناسایی الگوهای گرمای غیرطبیعی در یک ماشین که می تواند نشان دهنده نقص یا ناکارآمدی باشد ، اطمینان حاصل شود که ماشین آلات به طور عادی در حال کار هستند.

د)آنالیز آلتراسونیک

آنالیز آلتراسونیک برای کاربردهای تجهیزات مکانیکی با سرعت کم و زیاد و شرایط مایعات با فشار بالا مفید است. به عنوان مثال ، یک اندازه گیر التراسونیک دیجیتال سیگنال های با فرکانس بالا را که از یاتاقان ها منتشر می شود اندازه گیری می کند و آن سیگنال ها را بطور مداوم و با تأخیر صفر یا کم در دسی بل در هر میکروولت (dBuV) نمایش می دهد. با گذشت زمان ، این اندازه گیری ها برای پیش بینی افزایش اصطکاک ، ساییدگی و سایر نقایص بیرینگ یا گیربکس ها ، یک تاریخچه ایجاد می کند. از این اطلاعات حتی می توان برای پیش بینی فواصل مناسب روانکاری استفاده کرد. آنالیز آلتراسونیک اغلب در کنار آنالیز ارتعاش مورد استفاده قرار می گیرد (گیردهار[1]، ۲۰۰۴).

۲-تشخیص عیوب ماشین آلات

تشخیص عیوب یکی از مهمترین اهداف پایش وضعیت است و یکی از ابزار قدرتمند برای این منظور کاربرد آنالیز ارتعاشات است. داده های آنالیز ارتعاشات در جهات عمودی، افقی و محوری وضعیت کارکرد ماشین را نشان می دهند. همچنین آنالیز ارتعاشات فرکانس های نیرویی هر جز از ماشین و میزان آن برای تشخیص مجاز بودن دامنه آن را نشان می دهد. برای این منظور متخصص ارتعاشات باید سیگنال های طیفی و موج زمانی را بررسی کرده و همچنین باید دید کاملی نیز بر دستگاهی که در حال پایش وضعیت آن است ، داشته باشد. در نهایت بررسی ریشه خرابی ها و عوامل اصلی ایجاد خرابی خیلی مهم می باشد.

به ندرت اتفاق می افتد که منبع ایجاد ارتعاش طراحی نادرست باشد . به عبارت دیگر عیوب سرچشمه ارتعاشند و این عیوب در تمام ماشین ها حتی ماشین نو نیز وجود دارد و ماشین بی عیب و نقص و کامل نداریم. اولین کار باید مشاهدات آنالیز ارتعاش را دسته بندی کرد و به همین منظور متخصص ارتعاشات باید بداند دنبال چه سیگنال ها و فرکانس هایی باشد. از نظر بررسی طیف فرکانسی مهمترین مواردی که نظر متخصص ارتعاشات را به خود جلب می کند عبارتند از (حسینی و همکاران، ۱۳۹۹) :

- دامنه بالای ارتعاش در دور 1X
- دامنه بالای ارتعاش در دور 2

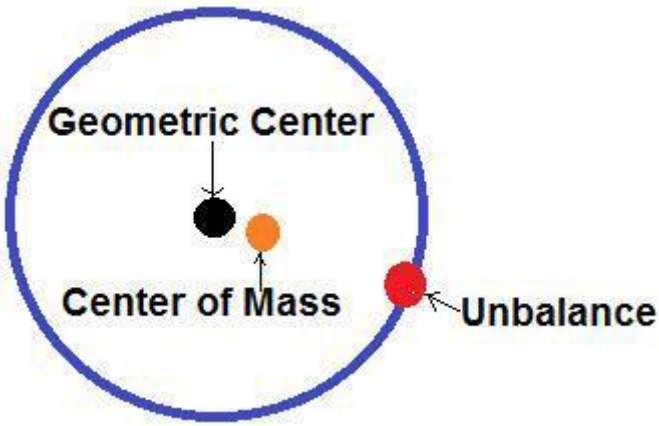
[1] Girdhar

- هارمونیک های فرکانس 1X
- وجود ساید بندها
- دامنه های با فرکانس سنکرون
- دامنه های با فرکانس غیر سنکرون
- دامنه های با فرکانس زیر سنکرون

دامنه های ارتعاشی در جهات خاص (مثلا دامنه ارتعاشی بالا در جهت محوری و عدم وجود دامنه بالا در جهت عمودی و افقی) هر کدام از طیف های فوق قسمتی یا تمام الگوی یک عیب را تشکیل می دهد که منبع آن ارتعاش باعث بوجود آمدن آن الگوی طیف فرکانسی شده است. دسته بندی خرابی های ماشین آلات شامل خرابی های اولیه یا اساسی و خرابی های ثانویه می باشد. بعضی از مراجع سه خرابی اولیه شامل نابالانسی ، نامحوری و خرابی المان های چرخشی می دانند که به سه خرابی اصلی معروف است. بعضی مراجع خرابی ناشی از رزونانس و لقی را نیز به این عیب اضافه کرده اند. نکته مهم در پایش وضعیت به کمک آنالیز ارتعاشات آشنایی با الگوی ارتعاشی شامل طیف فرکانسی ،شکل موج زمانی و فاز ناشی از عیب می باشد (میلی، ۱۹۹۹).

۳-تشخیص نابالانسی با آنالیز ارتعاشات

شایع ترین و در عین حال ساده ترین از جهت تشخیص در بین خرابی های ماشین می باشد و زمانی اتفاق می افتد که مرکز جرم و مرکز دوران (مرکز هندسی) بر روی هم نیافتد شکل (۱)



شکل (۱). نابالانسی

این حالت به دلیل توزین نامتوازن جرم حول مرکز دوران به وجود می آید. در حالت کلی سه حالت کلی برای نابالانسی وجود دارد که شامل نابالانسی استاتیکی، نابالانسی کوپل و نابالانسی دینامیکی می باشد. بنا به تعریف ایزو نابالانسی عبارت است از شرایطی در یک سیستم دوار که در اثر نیروهای گریز از مرکز، نیروی ارتعاشی به سیستم تعلیق و بیرینگ ماشین وارد شود، این نیرو نابلانسی جرمی نامیده می شود. انواع دیگر نابالانسی شامل نابلانسی هیدرولیکی، نابالانسی آیرودینامیکی، نابالانسی الکتریکی و ... می باشد (پیرسل و پایز[1]، ۲۰۱۰).

۴-ابزار و روش تست ارتعاشات

در این قسمت به معرفی دستگاه تشخیص عیوب ارتعاشات شرکت جهان فولاد سیرجان می پردازیم. این دستگاه ابزار بسیار قدرتمند در تشخیص زود هنگام عیوب می باشد. در این تحقیق از دستگاه آنالیز ارتعاشات FALCON مدل Ultimate ساخت شرکت Oneprod استفاده شده است که از مجموعه دستگاههای با ارزش واحد بازرسی فنی شرکت جهان فولاد سیرجان می باشد تصویر آن در شکل (شماره ۲) آمده است. نرم افزار مربوط به تحلیل سیگنال ها و طیف ارتعاشی مربوط به این دستگاه با نام Nest می باشد که از طریق

[1] Piersol and Paez

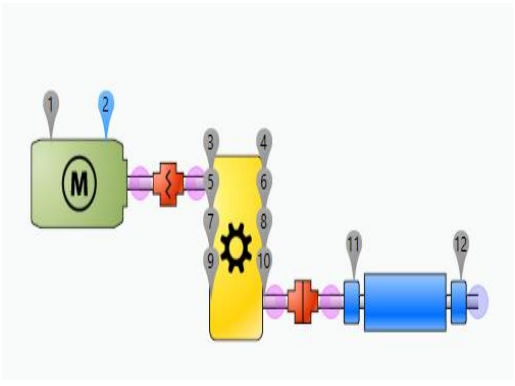
این نرم افزار می توان پارامترهای نظیر overall مربوط به شتاب و سرعت، Defect factor ، SFx، HMx ، Kurtosis ، Spectrum LF ، Spectrum MF، Spectrum HF، Time wave ، Envelop Spectrum و مواردی از این قبیل را بررسی کرد.

شکل(۲). دستگاه آنالیز ارتعاشات FALCON مدل Ultimate

۵-عیب یابی علت افزایش ارتعاشات در نوار نقاله های کارخانه فولاد سازی

در این قسمت به بررسی علت افزایش ارتعاشات در نوار نقاله های کارخانه فولاد سازی مجتمع جهان فولاد می پردازیم. در فرآیند تولید شمش کارخانه ذوب جهت انتقال مواد اولیه ذوب برای کوره های قوس و پاتیلی از ناحیه OUT DOOR به Storage Bin های ناحیه INDOOR کارخانه از تعداد ۲۷ نوار نقاله استفاده شده است. با توجه به اهمیت این تجهیزات در روند تولید بدون توقف، پایش وضعیت CM بر روی آنها انجام می شود. با توجه به اینکه ارتعاشات بر روی این نوار نقاله ها بصورت پیوسته در زمان بهره برداری روند صعودی داشت و این امر سبب آسیب دیدگی به تجهیزات فوق میشد عیب یابی دقیق این تجهیزات در دستور کار قرار گرفت.در این مقاله از میان نوار نقاله های ذکر شده که شرایط کاملا یکسانی از نظر وضعیت ارتعاشات داشتند باند NBC 12 مورد بررسی قرار می گیرد. تجهیز مورد بررسی نوار نقاله (NBC 12) NORMAL BELT CONVEYOR که در شکل (۲-الف) نمایش داده شده می باشد که وظیفه شارژ Storage bin های مربوط به مخازن کوره قوس را دارا می باشد. شماتیک مربوط به نقاط اندازه گیری دیتای ارتعاشات در شکل(شماره 2-ب) نمایش داده شده است. همچنین مشخصات باند NBC 12 نیز در جدول (۱) آمده است.

الف



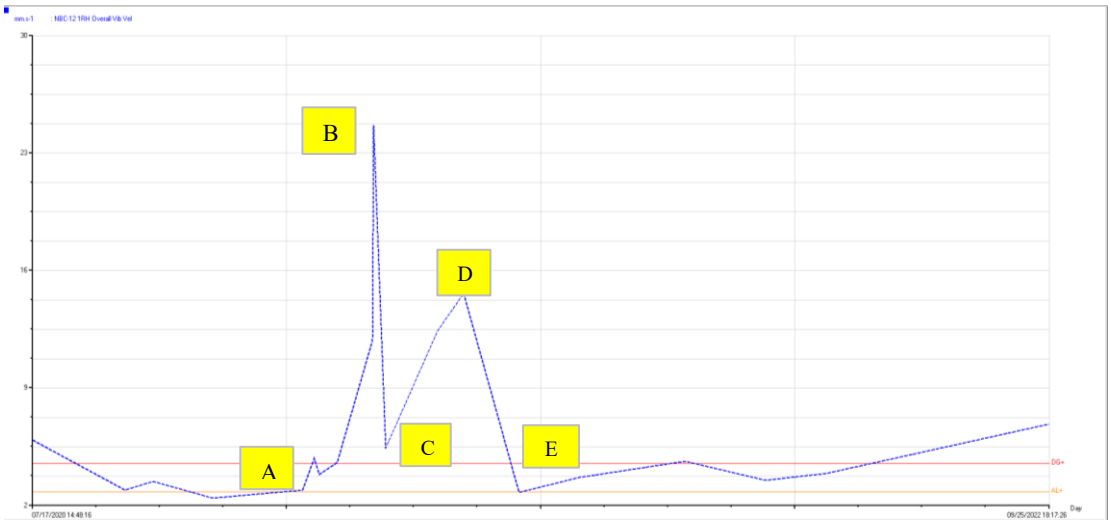
ب

شکل (۲). (الف) باند NBC 12 ، ب) شماتیک NBC 12)

جدول (۱). مشخصات باند NBC 12

Name	Motor		Gearbox		**Drum**	
	power	rpm	Input speed	Output speed	speed	**bearing**
NBC 12	30 kw	1500 rpm	1500 rpm	50 rpm	50 rpm	**22228EK**

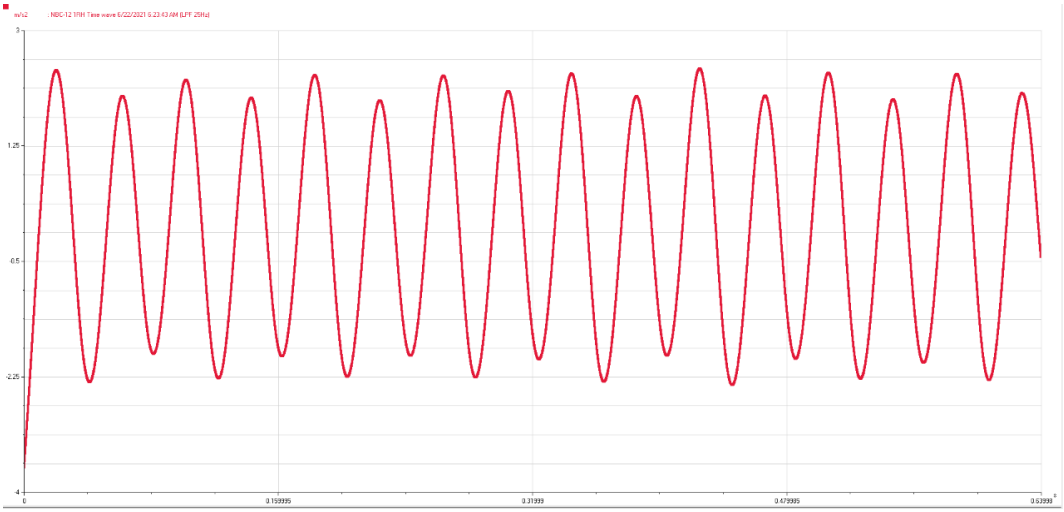
طبق ترند ارتعاشات نقطه ۲ در جهت افقی مطابق شکل (۳) اندازه پارامتر سرعت بر روی موتور رشد داشته است بطوریکه در زمان های ابتدایی راه اندازی در نقطه A قرار داشته است. پس از گذشت مدت زمان کارکرد تجهیز میزان پارامتر سرعت از نقطه A وارد نقطه B گردید ، پس از اعلام گزارش بازرسی فنی و عیب یابی تجهیز مبنی بر نظافت صنعتی تجهیز که حاصل آن کاهش پارامتر سرعت و وارد شدن به نقطه C بود پس از مدتی کارکردن تجهیز، مجدد دیتا برداری ارتعاشات از تجهیز مذکور انجام گردید و مجدد شاهد افزایش روند صعودی و وارد شدن به نقطه D بودیم . پس از توقف تجهیز در مدت زمان مجاز بین سکوئنس ها کوره بازرسی چشمی از تجهیز بعمل آمد و مشخص گردید مقدار زیادی فاین علاوه بر روی هیدروکوپلینگ و تجهیزات دوار قسمت خارجی در قسمت های داخلی بر روی شفت ها نیز وجود دارد . پس از گزارش واحد بازرسی فنی مبنی بر نظافت دقیق تجهیز اندازه پارامتر ارتعاشات کاهش یافت و وارد ناحیه E گردید.



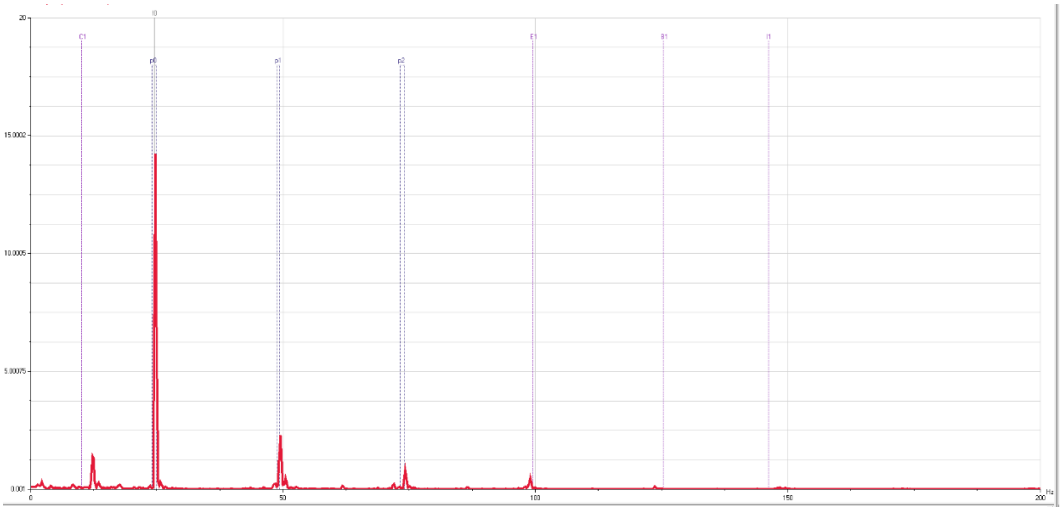
شکل (۳). ترند ارتعاشات نقطه ۲ در جهت افقی

۶–بررسی نمودارهای Time Signal و FFT ارتعاشات باند NBC 12

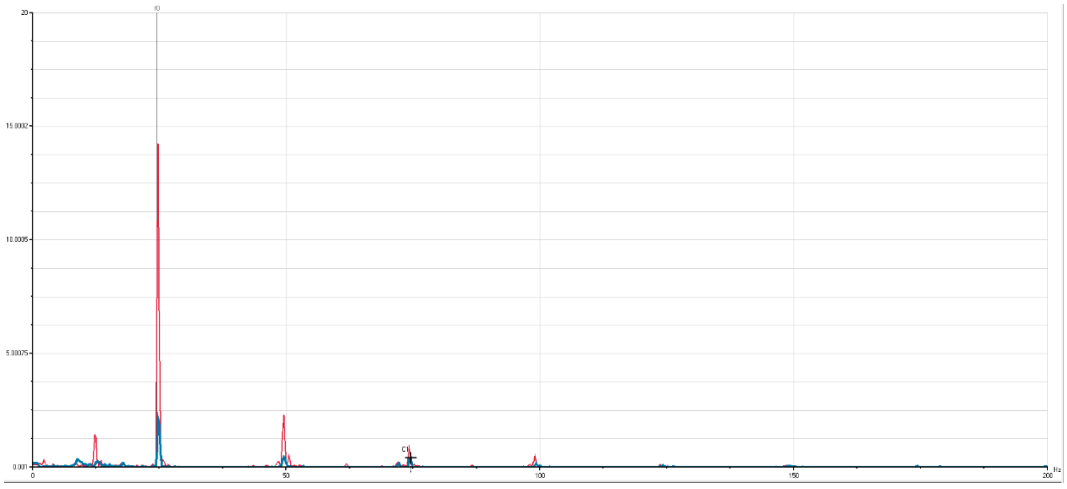
جهت عیب یابی دقیق تجهیز و مشخص کردن نوع عیب ، نمودار Time Signal و FFT در نقاط مختلف ترند ارتعاشی مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا در نقطه B شکل 3 نمودار Time ارتعاشات مورد بررسی قرار گرفت که الگوی آن بصورت کاملا سینوسی بود شکل (۴). پس از بررسی اولیه نمودار FFT نیز مورد بررسی قرار گرفت که مشخص گردید فقط دامنه سیگنال 1X شکل (۵) افزایش داشته است. بدین صورت که اندازه این دامنه فقط در جهات شعاعی افزایش داشت و نقطه قابل تامل، اندازه دامنه 1X می باشد، که اندازه این دامنه در طیف سرعت نقطه ۲ در جهت افقی و عمودی یکسان بود، که از نشانه های نامیزانی جرمی می باشد. پس از نظافت صنعتی دقیق تجهیز میزان ارتعاشات به شدت کاهش یافت در جدول (۲) ارتعاشات مربوط به overall قبل و بعد از انجام نظافت دقیق تجهیز نشان داده شده است. همچنین در شکل (۶) اندازه دامنه فرکانس 1x نیز قبل و بعد از انجام نظافت مشخص می باشد.



شکل (۴). نمودار Time signal نقطه ۲ در جهت افقی



شکل (۵). نمودار طیف ارتعاشی سرعت نقطه ۲ در جهت افقی، بیشترین دامنه فرکانس 1X



شکل (۶). نمودار Time Signal صدای آلتراسونیک پس از تعویض بیرینگ

جدول (۲). پارمترهای مربوط به سرعت قبل و بعد از اقدامات اصلاحی

قبل از انجام اقدام اصلاحی

		unit	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9	Point 10	Point 11	Point 12
Overall Vel	A	mm/s	4.3	4.2	4.6	5	4.5	2	3	4	2.5	2	3.9	4.1
	H	mm/s	14.6	13.3	11	8	9	8.5	6.5	7.5	8.1	5	4.1	4.6
	V	mm/s	12	11.5	10	11	10	9.1	6	7.1	6	5.5	4	5

بعد از انجام اقدام اصلاحی خواهیم داشت:

Overall Vel	A	m/s^2	1.6	1.5	1.3	1.2	1	1	0.9	0.9	0.7	0.7	0.7	0.8
	H	m/s^2	2.7	2.1	1.5	1	1.3	1.1	1.8	1.6	0.9	1.1	0.8	0.8
	V	m/s^2	1.4	1.6	1.8	1.4	1.4	0.9	1.3	1	1.3	1.01	0.6	0.4

۷–نتیجه گیری

در این تحقیق عیب افزایش ارتعاشات مربوط به نوار نقاله های کارخانه ذوب شرکت مجتمع جهان فولاد سیرجان مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه افزایش دامنه ارتعاشات ناشی از حضور عیب بر روی تجهیز را نشان می دهد و همچنین کارکرد تجهیز در این شرایط سبب آسیب دیدگی و کلاهش طول عمر آن و همچنین توقف بدون برنامه ریزی می شود، همانطور که مشاهده شد کار کوچکی همچون نظافت صنعتی تجهیز بطور صحیح شکل (۷) از اهمیت بالایی در شرایط کارکرد تجهیزات می تواند داشته باشد. همچنین باید به این نکته توجه نمود که در بعضی از عیوب مانند مورد ذکر شده که در تعداد زیادی تجهیز یکسان می باشد با شناسایی و رفع آن می توان کاهش ارتعاشات چیزی در حدود ۳ تا ۴ برابر کمتر (نسبت به شرایط کاری آن قبل از انجام اقدام اصلاحی) بر روی ۲۷ عدد نوار نقاله گردید که این امر سبب کاهش هزینه های نگهداری ، کاهش زمان خرابی ، طولانی شدن عمر تجهیز، تولید بدون توقف و مواردی از این قبیل گردد. همچنین با توجه به محیط آلوده کارکرد نوار نقاله ها، نظافت صنعتی تجهیز بصورت برنامه روتین مشخص شده در دستورات کار نفرات تعمیرات قرار گرفت که این امر سبب کاهش ارتعاشات تمامی نوار نقاله ها در زمان کاررکرد شد.

شکل (۷). فاین های انباشته شده در قسمت های داخلی باند ۱۲

منابع

محمودآبادی، ف. رضایی زاده، م. جمعه زاده ماهانی، ع. بیگانی، ع. (۱۳۹۹). آنالیز خرابی زودهنگام یاتاقان غلتشی به کمک آنالیز ارتعاشی (مطالعه موردی)، نشریه فناوری آزمون های غیر مخرب، دوره ۲، شماره ۶.

حسینی، م. فدایی، م. شاطریان، م ر. رحیمی، ا. (۱۳۹۹). بهینه سازی فرایند با تغییر سیستم های پنیوماتیک به نوار نقاله در فرایندها ی صنایع چوب؛ مطالعه موردی شرکت صنعت چوب شمال، اولین همایش ملی و بین المللی تسمه نقاله و سیستمهای نوار نقاله.

Mobley, R.K. (2002). An Introduction to Predictive Maintenance, Elsevier, United States of America.

Girdhar, P. (2004). Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance, Elsevier, Oxford.

Mobley, R.K. (1999). Vibration Fundamentals", Elsevier, United States of America, 1999.

Piersol, G. and Paez, T. L. (2010). Harris shock And Vibration Handbook, McGraw-Hill, United States of America,