# بهبود سیستم نگهداری و تعمیرات در راستای ارتقاء بهره وری تولید و مصرف انرژی در صنعت آهن و فولاد (مطالعه موردی : بویلرهای کنورتور ذوب آهن اصفهان)

**دکتر سید اکبر نیلی پور طباطبایی**

استادیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر اصفهان

**مهندس سید اردشیر افضلی**

کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی – معاون بهره برداری شرکت ذوب آهن اصفهان

**مهندس عبدالرضا محمود پورگنجه**

کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی – مدیر خدمات و امور اجتماعی شرکت ذوب آهن اصفهان

**مهندس حسن خزائی کچوئی**

کارشناسی ارشد مدیریت اجرایی – سرپرست گازرسانی مدیریت انرژی شرکت ذوب آهن اصفهان

**چکیده :**

در فضای رقابتی امروز با توجه به جهانی شدن اقتصاد و از بین رفتن مرزهای اقتصادی ، و تغییر شکل بازار از انحصاری به رقابتی و قدرت زیاد رقبا و سرعت سریع ارتقاء سطح تکنولوژی ، تولید اقتصادی بمنظور افزایش سهم بازارهای مصرف از اهمیت فوق العاده و حیاتی برخوردار شده است. یکی از عوامل مهم و تأثیرگذاردر میزان تولید و عمر تجهیزات ، برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات تجهیزات تولیدی است .حفظ تجهیزات تولید بعنوان سرمایه های کشور از یکسو و ارزبری بالای خرید ماشین آلات و تجهیزات از سوی دیگر استفاده بهینه و برنامه ریزی شده و نگهداری و تعمیر بموقع ماشین آلات را به امری غیر قابل اجتناب مبدل نموده است . هدف اصلی در این تحقیق بررسی و اجرای روش های بهبود سیستم نگهداری و تعمیرات در راستای ارتقای بهره وری تولید فولاد در کنورتور و مصرف انرژی در بویلر های یوتیلیزاتور شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان می باشد . بر اساس نتایج کسب شده در بکارگیری روش های بهبود یافته در سیستم نگهداری و تعمیرات بویلرهای کنورتور ، توقفات تولید فولاد به میزان ۵۷ درصد، مصرف گاز به میزان ۴۷ درصد ، مصرف آب به میزان ۳۸ درصد ، زمان انجام تعمیرات به میزان ۵۷ درصد ، آلاینده های زیست محیطی به میزان ۸۷ درصد کاهش و تولید بخار به میزان ۲۸ درصد افزایش را نشان می دهند .

**واژگان کلیدی :** بهره وری تولید ، شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان ، سیستم نگهداری و تعمیرات ، کنورتور ، مصرف انرژی

**مقدمه**

امروزه راز موفقیت کشورهای پیشرفته را می توان مربوط به دیدگاه آنان به روش های تولید ، نگهداری و تعمیرات ، نیاز مشتری و تولید بر اساس آن و کنترل کیفیت دانست . در این میان در زمینه نگهداری و تعمیرات روش های متنوعی وجود دارند که باعث افزایش کیفیت و بهره وری می گردند.آنچه حائز اهمیت است این است که در حال حاضر و در سطح جهانی مصرف انرژی به عنوان یکی از چالش های عمده در زمینه های متنوع تولیدات صنعتی پیش روی مدیران و دست اندرکاران امور تولیدی یطور جدی مطرح گردیده و سازمان ها و صنایع مختلف را بر آن داشته تا برای بهینه سازی آن تلاش ها و برنامه های ویژه ای را تدارک ببینند. در این رابطه هر گونه تغییر و تحولی که بتواند به صورتی اثر بخش موجبات ارتقای بهره وری در مصرف انرژی را فراهم آورد نقش به سزایی در افزایش تولید به ویژه در سالی که مزین به نام " تولید ملی ، حمایت از کار و سرمایه ایرانی " است داشته یاشد .

در این راستا بدون شک موضوعات مرتبط با نگهداری و تعمیرات تجهیزات در سرلوحه موضوعات مورد بررسی خواهند بود . با نگاهی به سابقه نگهداری و تعمیرات در جهان ناکنون شاهد رشد و ارتقاء شگفت آوری در میزان تولیدات سازمان ها و صنایع تولیدی بوده ایم که این روند همچنان نیز ادامه دارد. فعالیت های نگهداری و تعمیرات تا قبل از دهه ۱۹۵۰ در تعمیرات بعد ازخرابی خلاصه می شد. پس از آن نگهداری و تعمیرات بهره ور[۱] که توجه عمده ای به کارایی اقتصادی تجهیزات داشت در دهه ۱۹۶۰ در کشورهای صنعتی رواج یافت و از دهه ۱۹۷۰ روند تکاملی آن در مسائل نگهداری و تعمیرات تداوم یافت . در دهه ۱۹۸۰ نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر[۲] با تکامل روند رو به رشد نگهداری و تعمیرات بهره ور و بهره گیری از علوم جدید مدیریتی فعالیت های نگهداری وتعمیرات وارد مرحله تازه ای شد . در نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر نتایج حاصل از فعالیت های صنعتی و تجاری به صورت اعجاب انگیزی بهبود یافته و باعث ایجاد یک محیط کاری با بهره وری بالا ، شادی آفرین و ایمن ، با بهینه سازی روابط بین نیروی انسانی و تجهیزاتی که با آن سروکار دارند می گردد . اگرچه در حال حاضر روش های مختلفی برای برنامه ریزی نگهداری و تعمیرات ماشین آلات و تجهیزات در اکثر کشور های صنعتی بکار برده می شوند که اهم آنها عبارتند ازروش های مبتنی بر زمان[۳] ، این روش ها از قدمت زیادی برخوردار بوده و نمونه آن نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه[۴] می باشد . در این روش برنامه ریزی بر اساس ارتقاء شاخص های **MTTR ,**[۵] **MTBF**[۶] انجام می شود . مبنای انجام فعالیت ها در این روش افزایش میانگین زمان بین دو خرابی و یا حداقل نمودن زمان انجام تعمیرات می باشد .روش های مبتنی بر شرایط کارکرد[۷] این روش ها کارائی بیشتری نسبت به روش های مبتنی بر زمان دارند ولیکن جهت اجرا نیازمند وسایل و تجهیزات کاملی برای بازرسی فنی تجهیزات مانند ارتعاش سنج ، دماسنج و ... می باشند . برخی از این روش ها عبارتند از نگهداری و تعمیرات پیش بینانه[۸] ، نگهداری و تعمیرات کنش گرایاته[۹] و نگهداری و تعمیرات دقیق[۱]

---

1 Productive Maintenece
2 Total Productive Maintenance
3 Time-Baseed
4 Preventive Maintenance
5 Mean Time Between Failures
6 Mean Time To Repair
7 Condition Based
8 Predicitive Maintenance
9 Proactive Maintenance

در ایران و در بسیاری از شرکت های صنعتی برنامه جامعی جهت نگهداری و تعمیرات ماشین آلات صتعتی وجود نداشته و در تعداد معدودی از شرکت ها نیز نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه ( PM [۲]) بصورت رسمی و البته نه بطور کامل جهت کلیه تجهیزات ، در حال انجام می باشد .

**- معرفی فرآیند عملیاتی مرتبط با کنورتور**

کنورتور تجهیزی به منظور تبدیل چدن مذاب به فولاد مذاب است. بخش فولاد سازی ذوب آهن دارای ۳ عدد کنورتور LD۳ با تناژ ۱۳۰ تن فولاد خالص برای هر یک است . در فرایند تولید فولاد درکنورتورهای ۱۳۰ تنی ذوب آهن از دمش اکسیژن ۹۹/۹۸ درصد بر روی مذاب چدن در داخل کنوتور با فشار ۱۶ اتمسفر و دبی از ۱۷۰۰۰ الی ۲۵۰۰۰ مترمکعب بر ساعت استفاده می شود . پس از شارژ چدن مذاب و آهن قراضه به کنورتور، توسط نازل (لانس) از دهانه کنورتور اکسیژن با فشار حدود ۱۵ اتمسفر و حداکثر دبی ۲۵۰۰۰ مترمکعب در ساعت به چدن دمیده می شود در اثر این دمش به ترتیب سیلسیم ، منگنز و قسمت اعظم کربن چدن اکسید شده و به سرباره تبدیل می شوند . با توجه به آنکه درصد گوگرد و فسفر فولاد بسیار کمتر از چدن است ، با افزایش ترکیبات CaF2 و CaO این دو عنصر کاهش می یابند . پس از اتمام دمش که مدت آن تحت کنترل است سرباره گیری انجام می شود و باقیمانده مذاب داخل کنورتور به داخل پاتیل فولاد تخلیه می شود . این محصول فولاد خام است . سپس با توجه به درجه و ترکیب فولاد آلیاژ سازی شده ، افزودنی های مورد نیاز به آن اضافه می گردد . این فولاد به LF جهت هموژنیزه شدن ، کنترل آنالیز و ... منتقل و در انتها ریخته گری می شود . از طرفی با توجه به الزامات قانونی محیط زیست نباید این گازها و گرد و غبار به فضای خارج از محدوده استاندارد فرستاده شود و لزوما می بایست طبق قانون مقدار گرد و غبار حداکثر 150 mg/Nm3 و میزان گاز CO نیز حداکثر ۴۳۰ قسمت در میلیون( PPM ) باشد .
گازهای خروجی از دهانه کنورتور دارای درجه حرارت بالا و دارای میزان زیادی گرد و غبار است که قابل تخلیه در هوا نمی باشند و به این دلیل تجهیزات عظیمی بنام دیگ اتیلیزاتور وظیفه نرمال سازی گاز خروجی را از نظر حرارت و غبارات برعهده دارد . سطوح حرارتی دیگ در مسیر بالارونده انرژی حرارتی گاز خروجی را از روش تشعشعی با ضریب توان چهارم درجه حرارت جذب می نماید . در انتهای مسیر بالا رونده در مسیری به نام پایین رونده گاز CO در شرایط خاص سوخته و ایجاد شعله و حرارت می نماید که توسط لوله های تبخیر کننده از طریق کنوکسیون حرارت موجود که ۹۰۰ درجه سانتیگراد است جذب شده و در ارتفاع ۲۲ متری انتهای دیگ اتیلیزاتور حرارت به ۳۰۰ تا ۳۵۰ درجه سانتیگراد می رسد . تمام گرمای کاسته شده به نحوی صرف تبخیر آب داخل سطوح حرارتی و تولید بخار ۴۲ بار اشباع به میزان ماکزیمم ۲۵۰ تن در ساعت و متوسط ۱۵۰ تن در ساعت می گردد که این بخار از طریق هدرها و کالکتورهای ناحیه ای جمع آوری و به درام با حجم ۱۰۰ تن در ۴۲ متری ارسال و ذخیره و آماده ارسال می گردد .
گاز با درجه حرارت ۳۵۰ درجه وارد مرحله تصفیه در ۲۲ متری شده و افشانک های سه گانه با فشار ۳ بار و دبی آب ۶۰۰ متر مکعب بر ساعت این گاز را خنک کرده و پس از عبور از ونتوری نهایتا امتزاج آب و غبار صورت گرفته و گاز وارد اسپری تاور شده و با کاهش سرعت و چرخش در برج ، ذرات گل به یکدیگر

---

[1] Precision Maintenance
[2] Preventive Maintenance

چسبیده و بر اثر نیروی ثقل در ناحیه مخروط اسپری تاور سقوط و بصورت لجن از لوله خروجی به سمت ستلرهای ناحیه آبرسانی هدایت می گردند . لجن محتوی ته نشین شده و آب حاصله پس از عبور از برج های خنک کننده به سیکل تصفیه برگشت داده می شود . در تجهیزاتی بنام جدا کننده ذرات[1] غبار نهایی موجود در گاز خروجی جذب شده و گاز خروجی در شرایط ایده آل و متناسب با استانداردهای زیست محیطی توسط دودکش در ارتفاع ۱۲۰ متری به اتمسفر تخلیه می گردد .

**- معرفی فرآیند عملیاتی مرتبط با دیگ های اتیلیزاتور**

دیگ های اتیلیزاتور دارای دو عملکرد بسیار مهم می باشند که عبارتند از تولید بخار با فشار ۴۲ بار در تناژ۲۵۰ تن ( هر دیگ ماکزیمم ۲۵۰ تن بخار بر ساعت بصورت اشباع و مینیمم ۵۶ تن ) و تصفیه گاز خروجی از کنورتور فولادسازی. بخارات کنورتور با دمای ورودی ۱۷۰۰ درجه سانتیگراد و حجم متوسط ۸۰۰۰۰ نرمال متر مکعب بر ساعت با میزان غبار ۲۰۰ گرم بر نرمال مترمکعب ، بعنوان ورودی دهانه بالا رونده دیگ بوده و گازهای سوختنی و غیر سوختنی شامل گاز سوختنیCO و گازهای غیر سوختنی $SO2,O2,NOx,CO2$ و بخار آب به مقادیر غیر ثابت با توجه به برنامه دمش کنورتور در طی ۲۰ الی ۲۵ دقیقه می باشد که با آنالیزهای انجام شده بطور متوسط دارای ۵ الی ۲۰ درصد گاز سوختنی CO می باشد که به نحوی در فرایند دیگ در نقطه های مشخص از دیگ خواهد سوخت و انرژی حرارتی بصورت کنوکسیون توسط سطوح تبخیر دیگر دریافت می گردد . نهایتاً گاز خروجی از دودکش در حجم ۲۵۰۰۰۰ نرمال مترمکعب بر ساعت و با غلظت غبار اسمی ۱۰۰ میلیگرم بر نرمال متر مکعب و گازCO به میزان حدود ۳۳۰ PPM با میزان رطوبت ۲۰-۱۸ و سرعت ۲۷ متر بر ثانیه در دهانه ورودی دودکش ۱۲۵ متری از دیگ خارج و وارد اتمسفر می گردد .

با توجه به نقش حساس عملیاتی و شرایط بسیار ویژه ای که این تجهیزات و فرآیند های عملیاتی آنها برای بولید فولاد در شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان داشتند، اخیرا تجهیزات جدید کنورتور و دیگ های اتیلیزاتور جایگزین تجهیزات موجود و قدیمی شدند که این امر نیاز به بهبود روش های نگهداری و تعمیرات را غیر قابل اجتناب می نمود . بر این اساس هدف از انجام تحقیق حاضر رسیدن به بهره وری مناسب در تولید و بکارگیری تجهیزات جدید می باشد در این راستا پس از شناسایی اهداف و جمع آوری اطلاعات مورد نیاز مرتبط با چگونگی مصرف انرژی و همچنین ریشه یابی علل چگونگی اجرای برنامه های نگهداری و تعمیرات در کنورتور و دیگ های یوتیلیزاتور و با توجه به طبیعت فرایند عملیاتی آنها ، روش بهبود یافته ای به عنوان روش جدید و استاندارد برای اجرای نگهداری و تعمیرات پیشگیرانه به مورد اجرا گذاشته شد .

**مراحل بهبود فرآیند نگهداری وتعمیرات**

با توجه به راه اندازی تجهیزات جدید و شروع بهره برداری از آنها و مواجه شدن با توقفات متعدد بویلرها و متعاقب آن کنورتورها و افت تولید ، و با استفاده از دیاگرام های علت و معلول و استخوان ماهی نسبت به عارضه یابی توقفات اقدام شد و عوامل مهم به سه دسته کلی تقسیم گردیدند.

۱-عوامل تجهیزاتی و تکنولوژیکی
۲-عوامل مرتبط با عدم دسترسی به دانش فنی مورد نیاز

[1] Mist Eliminator

۳-عوامل نیروی انسانی

پس از بررسی و دسته بندی عوامل اصلی به این جمع بندی رسیدیم که تجهیزات و تکنولوژی منصوب که با هزینه بسیار زیادی نصب شده بود در کوتاه مدت غیر قابل تعویض می باشند . از طرفی با توجه به دسترسی به تکنولوژی از طریق واسطه های بین المللی صنعتی و عدم تحویل دستورالعمل ها و دانش فنی مربوطه عملاً با یک تجهیز درحال بهره برداری وکار مواجه بودیم که دارای زوایای ناشناخته و پنهان بسیاری بود.

بر اساس بررسی های متعددی از جنبه های مختلف بعمل آمد تا بتوان علل عدم انجام مناسب فرآیند نگهداری و تعمیرات را در چند دسته کلی به شرح زیر تقسیم بندی نمود :

الف- عدم احساس نیاز به تعمیر بر روی تجهیزات خاص

ب - ضعف علمی نیروی انسانی و عدم وجود دانش و آگاهی لازم نسبت به تجهیز مورد نظر و آشنایی با روش های علمی نوین در نگهداری و تعمیرات

ج - کمبود منابع و مستندات فنی و علمی تجهیزات موردنظر

در نتیجه ابتدا هدف گذاری در مورد اجرای پروژه صورت گرفت و اهداف مورد نظر تشریح گردیدند سپس راهکارهای لازم برای اجرای نگهداری و تعمیرات مناسب مطرح شدند . مطابق مندرجات عملکردی اهداف زیر جهت نگهداری و تعمیرات بهره ور دیگ ها که شامل تجهیزات جدید می باشد در نظر گرفته شدند :

- حداکثر نمودن اثر بخشی کلی تجهیزات و نهایتاً بهبود راندمان کل و افزایش تولید
- توسعه یک سیستم نگهداری و تعمیرات بهره ور برای کل دوره عمر تجهیزات مورد نظر
- درگیر نمودن کلیه بخش های مرتبط با امور برنامه ریزی ، طراحی ، بهره برداری ، نگهداری و تعمیرات دستگاه های دیگ . منظور از طراحی ، دفتر فنی بخش فولاد سازی و منظور از برنامه ریزی ، کلیه امور مرتبط با سفارشات ، تدارکات و ارگان های خارج از بخش مانند امور فنی بهره برداری و مهندسی کارخانه می باشند .
- درگیر نمودن فعالانه کلیه کارکنان در امر نگهداری و تعمیر دیگ ها
- ایجاد انگیزش در امر توسعه فرهنگ نگهداری و تعمیرات از طریق فعالیت های گروهی و شرکت در نظام پیشنهادات سازنده

**روش اجرا**

از آنجائیکه در کلیه امور اجرایی ، منابع انسانی بعنوان مهمترین عامل اثرگذار ایفای نقش می کنند و از طرفی با توجه به دولتی بودن سیستم امکان جذب ، امکان بکارگیری منابع انسانی جدید مدنظر نبود ،با بررسی های به عمل آمده و با آگاهی از این امر که شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان دارای نیروی انسانی با تجربه ای بود که آگاهی کافی به تکنولوژی نوین را نداشتند لذا با شناسایی نقاط قوت و ضعف نیروی انسانی مذکور نسبت به سازماندهی و تقسیم وظایف به روش علمی و مدیریتی اقدام شد و نقاط ضعف آنها با برنامه ریزی مناسب آموزشی و توجه خاص به روش های مدیریت دانش با عنایت خاص به فرهنگ سازمانی و کارگری و جو استاد شاگردی حاکم در شرکت ، تا حد ممکن پوشش داده شد . در نتیجه به این مهم رسیدیم که توجه به نقاط قوت نیروی انسانی و تقویت نقاط ضعف آنها عاملی است بسیار ارزشمند که می تواند در شرایط بسیار سخت نیز گره گشای مشکلات موجود باشد. بنابراین در این مورد صرفاً نسبت به بررسی و تجزیه و تحلیل توانمندی های پرسنل موجود بر اساس قابلیت ها و شایستگی های آنان و بررسی سوابق آموزشی و رده های سازمانی نسبت به سازماندهی آنها اقدام گردید و سعی گردید یکی از جنبه های

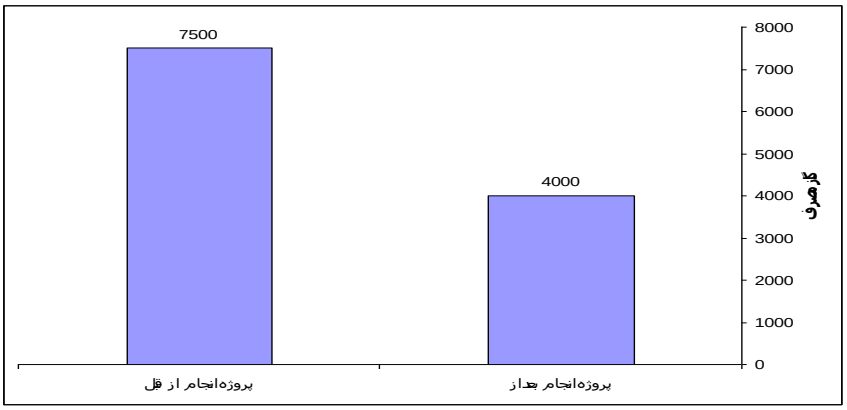
اصلی تمرکز در اجرای برنامه های تولید و نگهداری و نعمیرات معطوف به نیروی انسانی موجود در بخش های تولید و نگهداری و تعمیرات شود. لذا فرآیند عملیاتی قابل اجرایی طراحی و بر اساس آن سازماندهی مورد نیاز برای منابع انسانی موجود به شرح زیر به مورد اجرا گذاشته شد:

الف- پرسنل این مجموعه به سه دسته سرپرستان – اپراتورها- کارکنان نگهداری و تعمیرات تقسیم شدند.
ب - برای هر قسمت دستورالعملی مکتوب به صورتی استاندارد با عنوان شرح عملیات تهیه گردید.
ج - اپراتورهای هر قسمت شرح عملیات بهره برداری و مواردی نظیر بروز عیوب سیستم ها ،توقفات اضطراری و غیر اضطراری ،تعمیرات بالینی یا توقفی را در فرم های مشخصی که مطابق با دستورالعمل شرح عملیات طراحی شده بود ثبت نمودند.
د- کارکنان نگهداری و تعمیرات روزانه همزمان با سرپرستان فرم های اطلاعاتی مورد نظر را بررسی و موارد و رخدادهای ذکر شده را موقتاً ثبت و نهایتاً بصورت آمارهای پیوسته و منظم شده در فرم های اطلاعاتی مخصوص به خود ثبت نمودند.

**نتیجه گیری :**

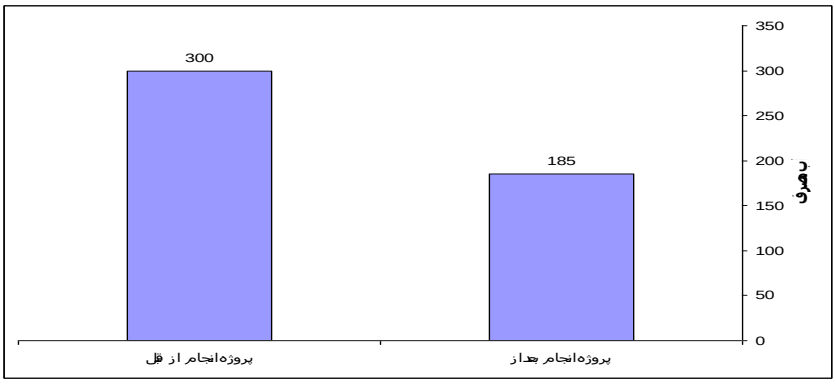
با اجرای مناسب و دقیق روش بهبود یافته جدید برای تگهداری و تعمیرات تجهیزات کنورتور و دیگ های یوتیلیزاتور در شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان نتایج ارزشمندی در رابطه میزان مصرف انرژی و افزایش میزان تولید فولاد بدست آمد که جزییات آن به شرح زیر می باشند :

الف - کاهش میزان مصرف گاز طبیعی در هر یک از دیگ های یوتیلیزاتور از ۷۵۰۰ به ۴۰۰۰ نرمال متر مکعب در ساعت مطابق با نمودار شماره ۱



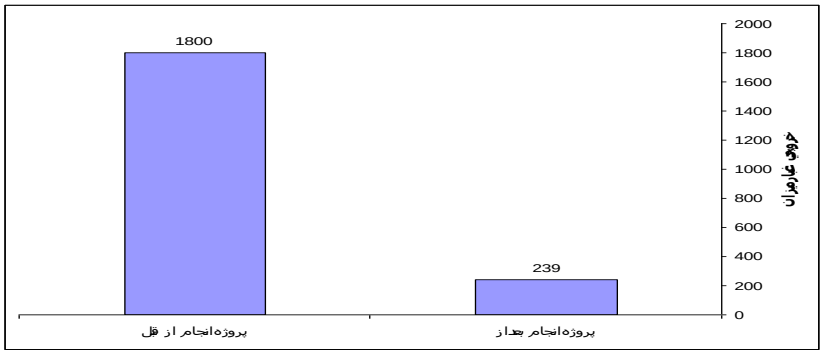

**نمودار شماره ۱ - میزان مصرف گاز طبیعی در دیگ های یوتیلیزاتور**

ب - کاهش میزان مصرف آب تغذیه در هر یک از دیگ های یوتیلیزاتور از ۳۰۰ به ۱۸۵ متر مکعب در ساعت مطابق با نمودار شماره ۲



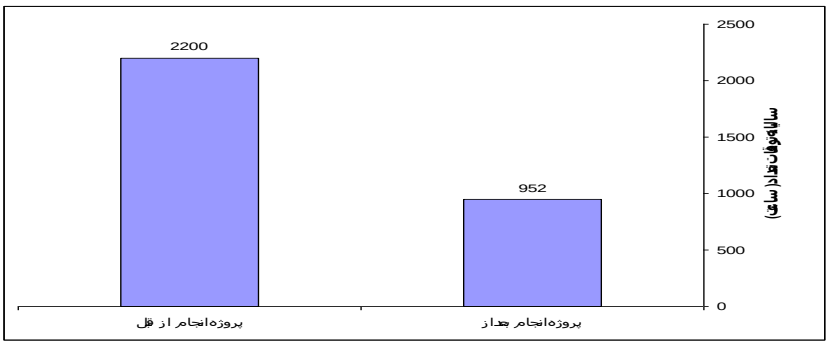

**نمودار شماره ۲ - میزان مصرف آب تغذیه در دیگ های یوتیلیزاتور**

ج - کاهش میزان غبار خروجی تصفیه گاز در دیگ های یوتیلیزاتور از ۱۸۰۰ به ۲۳۹ میلی گرم در متر مکعب مطابق با نمودار شماره ۳




**نمودار شماره ۳ - میزان غبار خروجی تصفیه گاز در دیگ های یوتیلیزاتور**

د - کاهش میزان توقفات ناشی از دیگ به کنورتور ها و در نتیجه افزایش میزان تولید از ۲۲۰۰ ساعت به ۹۵۲ ساعت مطابق با نمودار شماره ۴

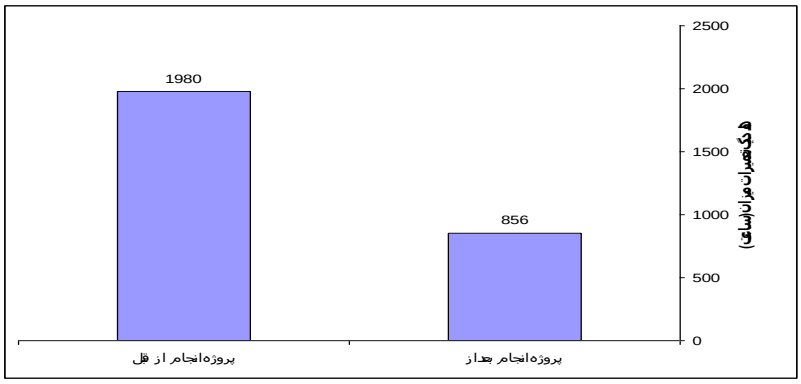



**نمودار شماره ۴- میزان کاهش توقفات ناشی از دیگ به کنورتورها**



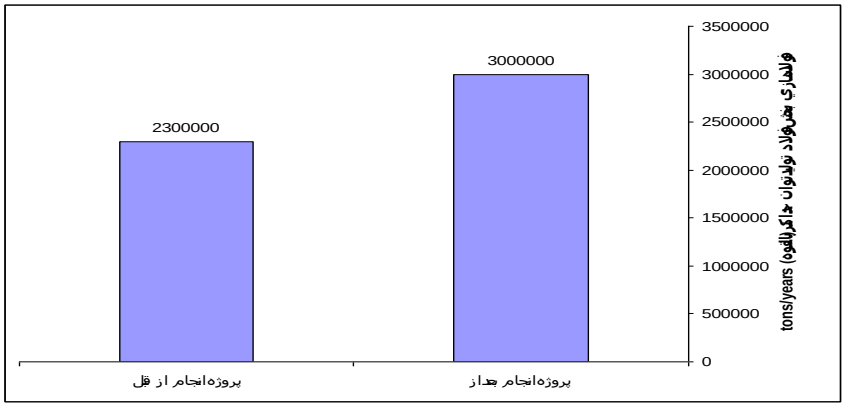
زمان

ه - کاهش میزان زمان تعمیرات دیگ ها و در نتیجه افزایش میزان تولید از ۱۹۸۰ ساعت به ۸۵۶ ساعت مطابق با نمودار شماره ۵




**نمودار شماره ۵- میزان کاهش زمان تعمیرات دیگ ها**

و- افزایش میزان تولید فولاد از ۲۳۰۰۰۰۰ به ۳۰۰۰۰۰۰ تن در سال مطابق با نمودار شماره ۶




**نمودار شماره ۶- میزان افزایش تولید فولاد**

ز- افزایش میزان تولید بخار از ۱۸۰ به ۲۳۰ تن در هر دیگ مطابق با نمودار شماره ۷

**نمودار شماره ۷- میزان افزایش تولید بخار**

خلاصه نتایج اجرای سیستم بهبود نگهداری و تعمیرات در راستای کاهش مصرف انرژی و افزایش میزان تولید در کنورتورها و دیگ های یوتیلیزاتور شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان همراه با نمونه هایی از جزییات اقدامات انجام شده در جدول شماره ۱ نشان داده شده اند.

جدول شماره ۱ – خلاصه نتایج پس از اجرای روش بهبود یافته

| ردیف | عنوان | قبل از بهبود | بعد از بهبود | شرح اقدامات انجام شده |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | توقفات ناشی از دیگ به کنورتورها و تولید فولاد | 2200 Hour | 952 Hour | تعویض لوله های آتشخوار فرسوده و لوله های ارتباطی و جلوگیری از سوراخ شدن لوله ها .<br>تعویض الکتروموتور و روتور مکنده دود<br>کاهش تنش های حرارتی و فشاری به لوله ها بر اثر تعویض مشغل ها و کنترل رژیم حرارتی دیگ با تجهیزات اتوماسیونی |
| ۲ | تولید بخار هر دیگ | $180\ ^{ton}/_{per\,1boiler}$ | $230\ ^{ton}/_{per\,1boiler}$ | افزایش ظرفیت حرارتی دیگ با افزایش سطح حرارتی و جنس لوله های آتشخوار – افزایش ظرفیت درام – افزایش اکومولاتورها |
| ۳ | مصرف گاز دیگ | هر دیگ<br>$7500\ ^{Nm^3}/_{h}$ | هر دیگ<br>$4000\ ^{Nm^3}/_{h}$ | تعویض مشعل های روسی قدیمی با مشعل های جدید Hamworthy انگلیسی به روز شده با کمترین مصرف گاز و راندمان بالا<br>تناسب دمنده مشعل با مشعل |
| ٤ | مصرف آب دیگ | $300\ ^{m^3}/_{h}$ | $185\ ^{m^3}/_{h}$ | جایگزینی پمپ های فرسوده با پمپ های مدرن با مکانیزم آب بندی مکانیکال سیل – ( پمپ های راندمان بالا ) در پمپ خانه تغذیه و سیرکولاسیون |
| ٥ | میزان ز مان تعمیرات دیگ ها | 1980 Hour | 856 Hour | نو سازی تجهیزات اجرای PM جدید |
| ٦ | وضعیت آلاینده های زیست محیطی | $1800\ ^{mg}/_{m^3}$<br>غلظت بار | $239\ ^{mg}/_{m^3}$<br>غلظت بار | تعویض قسمت تصفیه گاز از مکانیزم پلی ونتوری ۹۰ تائی به تک ونتوری- بهینه سازی آب ورودی به تصفیه گاز با افزایش حجم استخرهای رسوب گذاری ( ستلرها ) – افزایش سرعت آب در لوله های ورودی و خروجی تصفیه گاز بواسطه تعویض لوله های رسوب دار |

**منابع و مراجع :**


۱ - نگهداری و تعمیرات بهره ور فراگیر ، انتشارات مؤسسه مهندسی نگهداری و تعمیرات ژاپن JIPM ، ترجمه علی حاج شیر محمدی ، ۱۳۸۷

۲- مدارک و مستندات موجود از انجام فرآیند PM ، شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان ، ۱۳۹۰

۲- مدارک و مستندات مرتبط با روش های نصب و نگهداری و تعمیرات کنورتور و بویلرهای یوتیلیزاتور شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان ، ۱۳۸۹ - ۱۳۹۰

۳- اصول طراحی مبدل های حرارتی ، علی اصغر رستمی ، ۱۳۸۶

۴- مکانیک سیالات ، استریتر ، ویکتور - والی ، بنجامین ،ترجمه گروه مهندسی مکانیک ، ۱۳۸۵

۵- مستندات بخش مهندسی ارشد دیگ های اتیلیزاتور شرکت سهامی ذوب آهن اصفهان ، ۱۳۸۹-۱۳۹۰