

اقدامات بهینه سازی بهره برداری واحد تولید بخار کارخانه نیشکر حکیم فارابی

پیام عطارروشن^۱

۱- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، سرپرست اداره کوره بخار شرکت فارابی attar.payam@gmail.com

بویلرها از طریق تبخیر آب ورودی بوسیله گرمای حاصل از سوخت گاز، وظیفه تولید بخار کارخانجات نیشکر را بر عهده دارند. از این رو صرفه جویی در این واحد می‌تواند منجر به افزایش تولید شکر و تولید هرچه بیشتر انرژی الکتریکی و کاهش هزینه‌ها شود. نتایج اقدامات روش‌های مختلف بهینه سازی بهره برداری بویلرهای شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی مورد بررسی قرار گرفته از جمله مقدار بهینه هوای اضافی بویلرها، اتلاف گرما در دودکش را به حداقل رسانده و راندمان احتراق را بهبود می‌بخشد. اصلاح و ترمیم عایق کاری دیواره بیرونی بویلرها جهت جلوگیری از تلفات تشعشعی و کاهش راندمان بویلر و همچنین نقش تله بخار در بهینه سازی مصرف انرژی جهت جلوگیری از هدر رفت انرژی و مدیریت تله بخارها مورد بررسی قرار گرفته است.

کلمات کلیدی: بویلرها، تولید بخار، کارخانجات نیشکر، صرفه جویی بخار، هوای اضافی، عایقکاری، تله بخار

۱. مقدمه

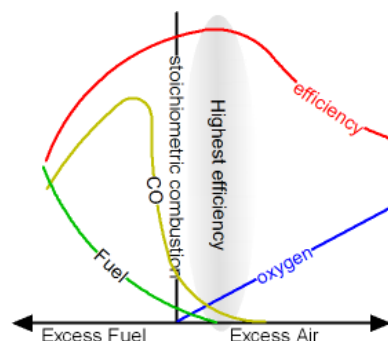
بویلرها از طریق تبخیر آب ورودی بوسیله گرمای حاصل از سوخت گاز، وظیفه تولید بخار کارخانجات نیشکر را بر عهده دارند و به منظور گردش توربین‌های واحد آسیاب جهت خرد کردن نیشکر ورودی و فرآیند تولید شکر سفید و همچنین تولید انرژی الکتریکی توسط توربوژنراتورهای واحد نیروگاه می‌باشند. از این رو صرفه جویی در این واحد می‌تواند به کمک تولید و استفاده موثر از بخار و تولید هرچه بیشتر انرژی الکتریکی و کاهش هزینه‌ها حاصل شود. بنابراین در ادامه نتایج اقدامات روش‌های مختلف بهینه سازی بهره برداری جهت بویلرهای شرکت کشت و صنعت حکیم فارابی با مشخصات 165 Ton/hr و فشار 30.6 Bar و دمای 380 درجه سانتیگراد است.

۲. بهبود وضعیت احتراق در بویلرها

کارکرد دیگ بخار با مقدار بهینه هوای اضافی، اتلاف گرما در دودکش را به حداقل رسانده و راندمان احتراق را بهبود می‌بخشد. راندمان احتراق معیاری از میزان انتقال مؤثر محتوای حرارتی سوخت به گرمای قابل استفاده است. دمای دودکش و غلظت اکسیژن گاز دودکش، شاخص‌های اصلی راندمان احتراق هستند. با توجه به اختلاط کامل، مقدار دقیق یا استوکیومتری* هوا برای واکنش کامل با مقدار معینی سوخت مورد نیاز است. در عمل، شرایط احتراق هرگز ایده‌آل نیست و برای سوختن کامل باید هوای اضافی تأمین شود. مقدار صحیح هوای اضافی از تجزیه و تحلیل غلظت اکسیژن یا دی اکسید کربن گاز دودکش تعیین می‌شود. هوای اضافی ناکافی منجر به مواد قابل احتراق نسوخته (سوخت، دوده، دود و مونوکسید کربن) می‌شود، در حالی که هوای اضافی بیش از حد منجر به اتلاف گرما به دلیل افزایش جریان گاز دودکش

* stoichiometric

می شود. بنابراین راندمان کلی سوخت به بخار دیگ بخار را کاهش می دهد. هوای اضافی معمول برای دستیابی به بالاترین راندمان ممکن، برای سوخت گاز طبیعی ۵ الی ۱۰ درصد و برای سوخت مازوت ۵ الی ۲۰ درصد است.



شکل ۱ - تغییرات هوای اضافی نسبت به راندمان احتراق

در ادامه راندمان احتراق عادی برای گاز طبیعی در ترکیبات مختلف دمای هوای اضافی و گاز دودکش در جدول زیر نشان داده شده است:

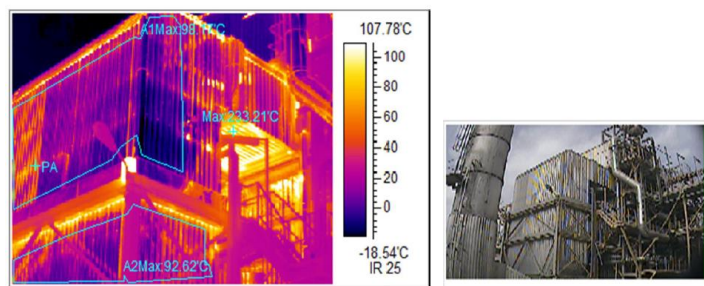
جدول ۱- راندمان احتراق برای سوخت گاز طبیعی

هوا اضافه (درصد)		راندمان احتراق				
		دمای گازهای خروجی دودکش کمتر از دمای هوای احتراق (°C)				
هوا	اکسیژن	93	149	204	260	315
۹.۵	۲.۰	85.4	83.1	80.8	78.4	76.0
۱۵	۳.۰	85.2	82.8	80.4	77.9	75.4
۲۸.۱	۵.۰	84.7	82.1	79.5	76.7	74.0
۴۴.۹	۷.۰	84.1	81.2	78.2	75.2	72.1
۸۱.۶	۱۰.۰	82.8	79.3	75.6	71.9	68.2

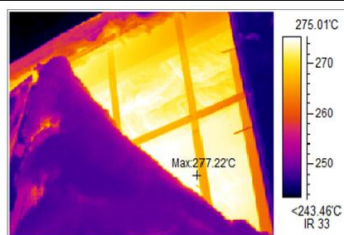
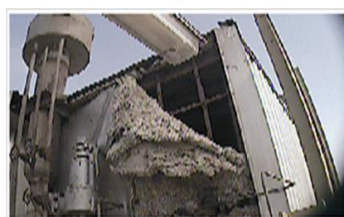
بنابراین جهت بهره گیری از بالاترین راندمان احتراق بویلرهای شرکت کشت و صنعت فارابی و استفاده از O₂ آنالایزر نصب شده و همچنین سنجش دمای خروجی دودکش به صورت مداوم پایش شده و مقدار هوای اضافه تنظیم می گردد که بالاترین راندمان استفاده شود.

۳. اصلاح و ترمیم عایق کاری دیواره بیرونی بویلرها

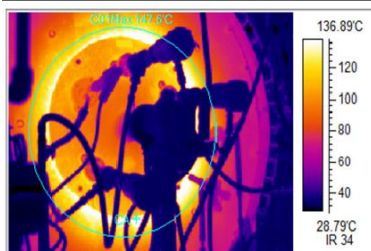
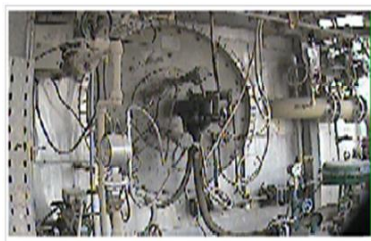
تلفات حرارتی که از طریق پوشش عایق بندی بویلرها صورت می پذیرد را تلفات تشعشعی می گویند. مقدار اتلاف حرارتی که از این طریق صورت می پذیرد در صورت عدم عایقکاری مناسب در طول دوره بهره برداری قابل توجه است. اغلب خراب شدن و کاهش ضخامت عایق حرارتی پوشش دیواره بویلر این تلفات را افزایش می دهد. بدین وسیله با بازرسی ترموگرافی در کلیه قسمت های بویلرها و برطرف نمودن مشکلات عایقکاری، علاوه بر کاهش تمرکز تنش و تلفات حرارتی در تجهیزات و اتصالات که موجب کاهش روند خوردگی و پوسیدگی سطحی در بدنه تجهیزات می شوند. علاوه بر آن باعث کاهش مصرف سوخت و افزایش راندمان حرارتی بویلرها شد.



شکل ۲ - ترموگرافی از دیواره بیرونی بویلر



شکل ۳ - ترموگرافی از Hotbox بویلر



شکل ۴ - ترموگرافی از مشعل‌های بویلر

۴. نقش تله بخار در بهینه سازی مصرف انرژی و مدیریت آن

یکی از مهمترین المان های موجود در سیستم های بخار، تله های بخار هستند که وظیفه حفظ شرایط استاندارد بخار در خطوط انتقال و تخلیه کندانس را دارا هستند. بروز اشکال در عملکرد تله های بخار مشکلاتی را در پی خواهد داشت که به طور خلاصه عبارتند از: اتلاف بخار، کاهش راندمان تجهیزات مصرف کننده بخار، کاهش کیفیت بخار، افزایش خوردگی در شبکه توزیع و تجهیزات مصرف کننده بخار و نیز افزایش هزینه های تعمیر و نگهداری. لذا وجود یک سیستم مکانیزه تعمیر و نگهداری تله های بخار در راستای اعمال برنامه های منظم بازرسی، تعمیر، تعویض و نگهداری، علاوه بر بهینه سازی مصرف بخار باعث افزایش قابلیت اطمینان و کارآئی سیستم خواهد شد. نشستی از یک تله بخار ۱ اینچ در فشار 14 bar در مدت یک سال هزینه زیادی را در بر دارد. بنابراین برای جلوگیری از به هدر رفتن انرژی در سیستم های بخار یکی از مهمترین مسائل مطرح در مورد این سیستم ها می باشد. یکی از المان های مورد استفاده برای تأمین هدف بهره وری انرژی، تله های بخار هستند. تله های بخار شیرهای اتوماتیکی هستند که برای حفظ شرایط بهینه کاری سیستم بخار طراحی شده اند و مانع از خروج بخار پر انرژی از سیستم شده و از طرفی، آب و یا گازهای نامحلول موجود در سیستم را تخلیه کرده و کیفیت بخار را ثابت نگه می دارد. این شیرها بطور موازی با سیستم بخار قرار گرفته و وظیفه تخلیه چگالیده موجود در خطوط را بر عهده دارند.



شکل ۵ - تله بخار شناوری-حرارتی مدل Spirax-Sarco AE-14

۴-۱ ارزیابی عملکرد تله های بخار

اگر یک تله بخار در وضعیت بلوکه* قرار داشته باشد، کندانس در سیستم باقی مانده و باعث بروز مشکلاتی مانند کاهش راندمان حرارتی تجهیزات، کاهش کیفیت بخار، افزایش خوردگی در سیستم توزیع بخار و تأثیر بر روی عملکرد تجهیزات دوار مصرف کننده بخار مثل توربین ها خواهد شد. تله بخاری که در وضعیت نشستی بخار† قرار داشته باشد، نیز از طریق اتلاف بخار و انرژی ایجاد اشکال می نماید. روش چشمی مبتنی بر مشاهده چشمی جریان پایین دست تله بخار است. در هر صورت ارزیاب تله بخار، بخار فلاش شده که در اثر کارکرد مناسب تله بوجود می آید و بخار زنده که ناشی از مشکل باز شدن خروجی تله و نشستی مقدار زیادی بخار از سیستم بوجود می آید را تشخیص می دهد. از این رو جهت تله بخارها از لحاظ کارکرد به سه دسته تقسیم می شوند. (جدول ۲)

* Blocked

† Leaking

جدول ۲- دسته بندی تله بخار از لحاظ کارکرد

سالم	تله بخار سالم است و دارای عملکردی نرمال است
دارای نشتی	تله بخار نشتی بخار دارد.
بلوکه	تله بخار خروجی ندارد

پس از شناسایی همه تله های بخار موجود و شماره گذاری آنها (۸۰ عدد) و تست و تعمیر و تعویض تله های بخار معیوب، برنامه بازرسی مستمر در نظر گرفت و موجب کاهش هدر رفت بخار و افزایش راندمان شد.

۵. نتیجه گیری

همانطور که ملاحظه می شود اقدامات بهینه سازی انرژی در واحد تولید بخار تاثیر بسزایی در افزایش راندمان دارد و به تبع آن باعث کاهش مصرف انرژی در طول بهره برداری می شود.

۶. مراجع

1. Peter Salmon-Cox, March 2002 "Improve Your Boiler's Combustion Efficiency," Office of Industrial Technologies, Energy Efficiency, and Renewable Energy
2. Kisson, K. and Carpenter, K. (2008), "Common Boiler Excess Air Trends and Strategies to Optimize Efficiency," University of Dayton.
3. Chiran D.M.O. Ranaraja, J.W. Devasurendra, M.I.P. Maduwantha, G.A.L. Madhuwantha, R.Y.D. Hansa, Udara S.P.R (2020), "Optimization of an Industrial Boiler Operation," University of Sri Jayewardenepura.
4. M. Sugumar, P. Gokul, S. Gokul, S. Hariprabakaran, & M. Prabhu. (2017), "To increase the efficiency of the boiler by optimizing the combustion," Department of mechanical Engineering, Nandha Engineering College, Tamil Nadu, India.
5. R. A. Zeitz, Energy Efficiency Handbook, Council of Industrial Boiler Owners

۳. آرش اژدری، "تعمیر و نگهداری تله های بخار گامی مؤثر در صرفه جویی مصرف انرژی"، نشریه انرژی ایران، شماره ۲۲، اردیبهشت ۱۳۸۴