شستشوی شیمیایی لوله های سمت آتش بویلر نیروگاه رامین

سارا حق طلب راضیه اسراریان، محمد ابوعلی

شرکت مدیریت تولید برق اهواز

Archive of SID

چکیده

یکی از شناخته شده ترین مشکلات نیروگاهها تشکیل رسوب و گدازه در لوله های سمت آتش بویلر آنها می باشد که افت شدید راندمان را در پی دارد . روشهای متداول حذف این رسوبات که شامل استفاده از دستگاه سوت بلاور و یا افزودن مواد شیمیایی به سوخت می باشند اغلب گرانقیمت اند و یا کارایی پایینی دارند . بنابراین مشکل تشکیل رسوب بر روی سطوح انتقال حرارت سمت آتش بویلرها همچنان به قوت خود باقی است .در این مقاله یک روش شیمیایی موثر جهت پاکسازی رسوبات سمت آتش بویلر معرفی شده است. مواد شیمیایی استفاده شده در این روش نسبتاً ارزان و در دسترس بوده و اعمال آنان نیز آسان می باشد .

کلمات کلیدی: بویلر، قلیاشویی ، رسوب، مازوت

۱- مقدمه

یکی از مهمترین اجزای نیروگاههای حرارتی بویلر آن می باشد که با توجه به وظیفه حساس تأمین بخار مورد نیاز توربین، بهره برداری درست، تعمیر و نگهداری آن از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. به همین دلیل یکی از مهمترین وظایف کارشناسان نیروگاهی در این بخش شناسایی و دسته بندی عیوب، تشخیص، علل و عوامل بوجود آورنده و چگونگی رفع آنها می باشد. در نیروگاه رامین که بویلرهای آن از نوع Once Through بوده وظیفه تأمین 1000 t/h بخار مورد نیاز توربین برای تولید 315 mw برق را بعهده دارد. .خوردگی‌های مکرر و مختلف و سرعت مکانیسم‌های متفاوت مخصوصاً در آب تغذیه اکونومایزر، هیترهای فشار قوی و ضعیف و نیز آلودگی رسوبات در بخش‌های مختلف بویلر و پس از بویلر عموماً باعث کاهش انتقال حرارت، کاهش راندمان بویلر و توربین، کاهش عمر قطعات و تجهیزات، افزایش زمان و هزینه تعمیرات و خروج واحدها، افزایش سوخت به نسبت بخار تولیدی، افزایش مصرف آب تغذیه و بلودان شده و نیز موجب افزایش آلودگی های زیست محیطی و ... می شود [1].

یکی از مشکلات این واحد، که به دلیل تماس مستقیم با سوخت ایجاد می شود ، رسوبگیری و جرم گرفتگی می باشد . در صورت استفاده از سوخت گاز اغلب رسوبات نرم و دوده مانند تولید می شود که معمولاً به آسانی با روشهای فیزیکی حذف می شوند اما سوختهایی با کیفیت پایینتر مانند مازوت به دلیل وجود ناخالصی ها در سوخت رسوبات سختتر و حجیم تری بر روی لوله های سمت آتش بویلر ایجاد می کنند [1] که اگر به موقع پاکسازی نشوند به تدریج در حرارت بالای بویلر ایجاد لایه ای سخت و

www.SID.ir

چسبنده می کنند که به راحتی قابل برداشتن نیستند . بطورکلی مشکلات ناشی از مصرف نفت کوره در بویلرها را به سه دسته میتوان تقسیم بندی کرد : خوردگی دمای بالا (High temperature corrosion) خوردگی دمای پائین (Low temperature corrosion)، ایجاد رسوبات چسبنده و گدازه ای و ایجاد گازهای آلاینده جو در دود خروجی [2,3] . سدیم و پتاسیم موجود در سوخت نقش عمده ای در تشکیل این رسوب های چسبیده به سطوح داغ فلز را به عهده دارند. این رسوبات در حضور هوای داغ درون بویلر به سولفات ها و پیروسولفات تبدیل می گردند. و به دلیل داشتن نقطه ذوب پایین ، تشکیل لایه چسبنده و مذاب را می دهند. این لایه، ذرات خاکستر را نیز بر روی خود جذب می کند. با تلمبار شدن رسوبات، دمای سطح آنها افزایش می یابد و سایر مواد با نقطه ذوب بالاتر نیز علاوه بر مواد با نقطه ذوب پائین، ذوب می شوند. در این حالت ضخامت لایه رسوبات بیشتر شده و واکنش های بیشتری بین اکسید سیلیس ، آهن ، سدیم و پتاسیم صورت می گیرد و بدین ترتیب تشکیل گدازه مذاب و فشرده را می نمایند[4]. چسبیدن رسوبات به لوله های بویلر باعث عایق شدن لوله ها در برابر حرارت شده و لذا سطح بیرونی لوله بیشتر گرم شده و به همین دلیل رسوبات بیشتری به آن می چسبد و رسوبات روی لوله رشد می کنند و این سیکل مرتباً تکرار می شود . با افزایش ضخامت رسوبات ، انتقال حرارت کاهش می یابد وسوخت بیشتری مصرف نموده تا این مشکل جبران شود . مطالعات نشان می دهد که هرچه نسبت مقدار سدیم به وانادیم در این رسوبات بالاتر باشد استحکام و چسبندگی این رسوبات بیشتر است. این امر اهمیت وجود ناخالصیهای سدیمی در سوخت را نشان می دهد . رسوبات در قسمت هایی از دیگ که دمای فلز بالایی دارند به ویژه در سوپرهیترها و پایه های نگه دارنده آنها و در ورودی سطوح حرارتی منطقه کنوکسیون بعد از کوره بوجود می آیند. یکی از اثرات مهم در تشکیل رسوبات کاهش انتقال گرما بین لوله های سمت آتش و سمت آب- بخار می باشد . وقتی حرارت کمتری به آب درون لوله ها انتقال یابد ، حرارت در درون گاز باقی می ماند و از دودکش به هدر می رود و این امر راندمان بویلر را کاهش می دهد. همانگونه که در جدول (۱) نشان داده شده است وجود یک لایه رسوب به ضخامت تنها 0.8 mm راندمان کل بویلر را به میزان % 2.5 کاهش می دهد. [5] .

جدول ۱ : میزان کاهش راندمان بویلر در اثر تجمع رسوبات سمت آتش

ضخامت لایه رسوب سمت آتش	0.8 mm	1.6mm	3.2 mm
میزان کاهش راندمان بویلر	2.5 %	4.5%	8.5%

راهکارهای متداول حذف رسوبات سخت و چسبنده شامل موارد ذیل می باشد :

- استفاده از روشهای فیزیکی مانند استفاده از انواع سوت بلوئر ها . [6]
- افزودن مواد اصلاح کننده مانند اکسید منیزیم به سوخت جهت تشکیل ترکیباتی با نقطه ذوب بالا مثل : MgO, CaO, BaO می باشد که این مواد افزودنی بهبود دهنده احتراق، نقش کاتالیزور را ایفاء می کنند. مواد افزودنی که به سوخت اضافه می شوند، خواص خاکستر را به نحو مطلوبی تغییر داده تا بوسیله سوت بلوئرها به راحتی شسته شود و خوردگی دمای پائین را نیز تقلیل می دهند [7,8].
- شستشوی شیمیایی لوله‌ها در هر اورهال[12]
- کنترل میزان کاهش ضخامت لوله ، کیفیت و کمیت رسوبات موجود

با استفاده از تستهای غیر مخرب در تعمیرات دوره ای و اساسی [9,10].

- بکارگیری تکنولوژی امواج انفجار پالسی جهت تخریب رسوبات [10,11] .

لازم به ذکر است که ضخامت لایه رسوبات سمت آتش نیروگاه در برخی مناطق به بیش از ۳ میلیمتر می رسد. از این رو به منظور حفظ تجهیزات و افزایش راندمان تولید، یافتن روشی موثر جهت تمیز کاری این رسوبات ضروری می باشد . .شستشوی شیمیایی سطح لوله ها روش موثری است که علاوه بر مقرون به صرفه بودن راندمان خوبی نیز در حذف رسوبات دارد . انتخاب نوع محلول شوینده بستگی به جنس رسوبات و جنس لوله ها دارد و لازم است با از مواد شیمیایی استفاده شود که علاوه بر حذف موثر رسوبات به فلز لوله آسیبی وارد نسازد .

Archive of SID

www.SID.ir

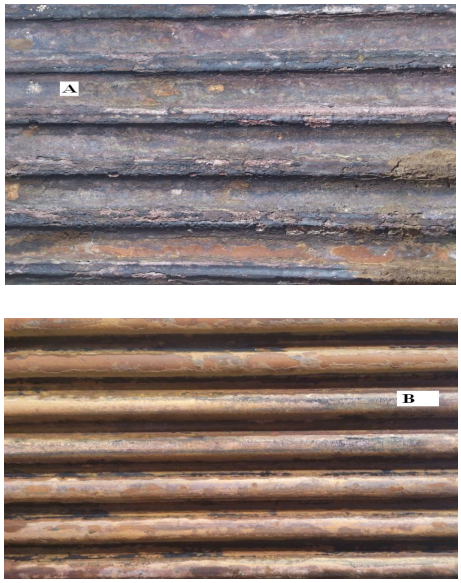
۲- روش انجام آزمایش

۲-۱- بررسی آزمایشگاهی

جهت رسیدن به مقدار بهینه ، شستشوی شیمیایی بر روی یک سری از لوله های سمت آتش با مساحت تقریبی $0.015\ m^2$ در آزمایشگاه شیمی اعمال گردید (جدول ۲) . حجم محلول آماده مورد نیاز جهت اعمال محلول بر روی رسوبات بصورت غوطه وری و نیز پاششی صورت گرفت . دمای تمامی محلولها بر روی $50^\circ C$ تنظیم گردید. اعمال محلول شستشو بر روی رسوبات در دمای محیط و بدون حرارت دهی راندمان حذف رسوبات را به شدت کاهش می دهد.

۲-۲- بررسی میدانی

در ابتدای امر به منظور اطمینان از موثر بودن روش پیشنهادی جهت تمیز کاری لوله های سمت آتش بویلر تستهای اولیه بر روی لوله های برش داده شده بویلر در ابعاد بزرگتر در سایت نیروگاه ($0.27\ m^2$) صورت پذیرفت. شکل (۲) نمایی از سطح قلیاشویی شده لوله های بویلر قبل و بعد از شستشو را نشان می دهد. در این شکل موثر بودن این روش در حذف رسوبات بویژه در ناحیه فینها به خوبی قابل مشاهده است .



شکل (۱): لوله های بویلر قبل(A) و بعد(B) از عملیات قلیا شویی

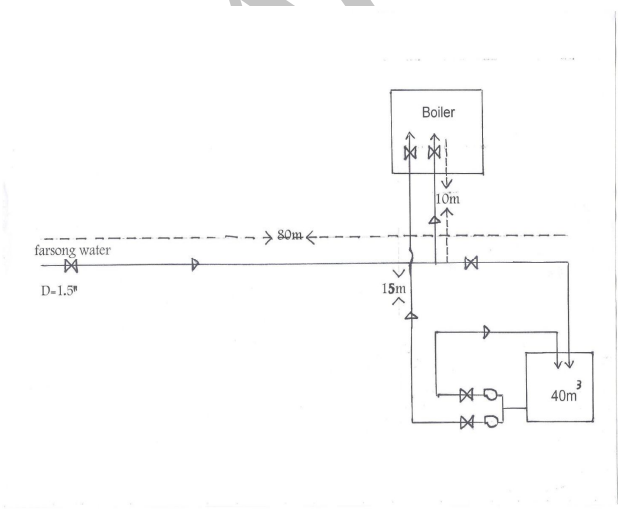
جدول(۲): بررسی میزان بهینه مواد شیمیایی مورد نیاز جهت حذف رسوبات لوله های سمت آتش بویلر به مساحت $0.015\ m^2$

سود٪	۱	۲	۲/۵	۳
فسفات٪	۲	۳	۵	۶
بی کربنات سدیم٪	۰/۵	۱	۱/۵	۲
کاپتاکس٪	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
مایع شوینده٪	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
حذف رسوبات در دمای محیط	۳۳	۳۵	۵۳	۵۴
حذف رسوبات در دمای محیط $50^\circ C$	۶۰	۶۵	۸۵	۸۵

پس از اتمام رسوبزدایی به منظور حذف محلول و رسوبات باقیمانده سطح لوله ها چندین مرتبه با آب شسته شود تا زمانیکه pH آب شستشو خنثی شود (pH=7) . حجم آب مورد نیاز جهت رسیدن به pH خنثی حدود چهار برابر حجم محلول شستشو تخمین زده می شود .

۲-۳- قلیا شویی بویلر واحد ۳ نیروگاه رامین

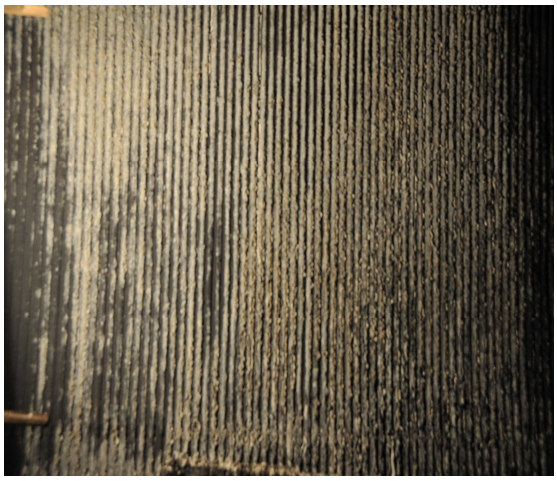
پس از بررسی های آزمایشگاهی و میدانی عملیات قلیا شویی بویلر واحد ۳ نیروگاه رامین به شرح ذیل طراحی و اجرا گردید شکل(۳-۶) .



شکل(۲): مسیرعملیات قلیا شویی بویلر واحد ۳

Archive of SID

www.SID.ir

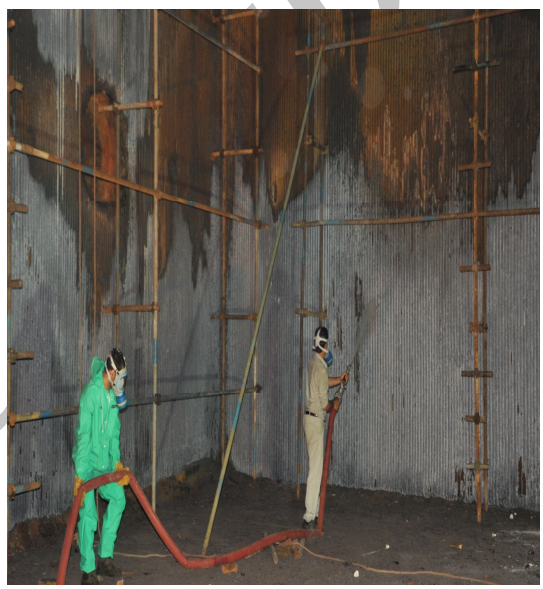


شکل(۳): دیواره بویلر واحد ۳ قبل از عملیات قلیا شویی

شکل(۶): دیواره بویلر واحد ۳ بعد از عملیات قلیا شویی

۳- نتیجه گیری

قلیاشویی سطح لوله ها نیز روش موثر دیگری است که علاوه بر مقرون به صرفه بودن راندمان خوبی نیز در حذف رسوبات دارد . سطوح خارجی لوله های بویلر, سوپرهیتر, اکونومایزر و سطوح انتقال حرارت در پیش گرمکنهای هوا و محفظه احتراق کوره که عمل احتراق در آن انجام شده و یا مستقیماً با دود و گاز حاصل از عمل احتراق در تماس می باشند بدلیل چسبیدن و رسوب کردن برخی از مواد روی این سطوح بطور متناوب باید از این ذرات و رسوبات پاکسازی گردد تا عمل انتقال حرارت به نحو مناسب انجام شود و خوردگی لوله ها و سطوح به حداقل برسد. عمل پاکسازی معمولاً بوسیله شستشو با جریان آب پرفشار انجام می گیرد. اگرچه ممکن است در برخی موارد که رسوبات و ذرات خاصیت اسیدی شدید داشته باشند مواد قلیایی نیز به آب افزوده گردد.



شکل(۴):عملیات قلیا شویی بویلر واحد ۳

شکل(۵):عملیات قلیا شویی بویلر واحد ۳

مراجع

[1]. N. HARE, M.G. RASUL* AND S. MOAZZEM, A Review on Boiler Deposition/Foulage Prevention and Removal Techniques for Power Plant , College of Engineering and Built Environment, Faculty of Sciences, Engineering and Health CQUniversity, Rockhampton, Queensland 4702, AUSTRALIA.

[2]. R.D. Port and H.M. Herro, "The NALCO Guide to Boiler Failure Analysis. " ,1991.

Archive of SID

www.SID.ir

[3].M.D. Bernstein, L.W. Roder, "Power Boiler" ,ASME, 1998.

[4].Skjoth-Rasmussen, M.S., Glarborg P Ostberg Beltrame A., Porshnev P., Merchan M. W., Saveliev A., Fridman A., Kennedy , "Soot and NO formation in methane–oxygen ,"diffusion flames Journal of Combustion enriched *and Flame*. (2001).Vol. 124, PP. 295–310.

[5]. Application Note – Energy Efficient Operations and Maintenance Strategies for Industrial Gas Boilers, Pacific Gas and Electric Company, May 1997.

[6]. Clyde Bergemann 2008, "Fouling and Cleaning,views" 20 August 2008,http// www. clydebergemann.com

[7]. Corrosion Resistant Coatings for Recovery Boiler Ductwork, Dennis A. Casol,, Denni,2002.

[8]. Z. Ma , F. Iman, P. Lu, R. Sears, L. Kong, A.S.Rokanuzzaman, D. P. McCollor and S. A.Benson, 2007 "A comprehensive slagging and fouling prediction tool for coal-fired boilers and its alidation/application"

[9]. Micro beam Technologies Inc.(www.microbeam.com).

[10]. Z. Huque, M.R. Ali and R. Kommalapati, 2009"Application of pulse detonation technology for boiler slag removal".

[11]. Z. Huque, D. Mei, P.O. Biney, J. Zhou,1998, "Slag Characterisation and removal using pulse detonation technology during coal gasification"Seventh annual Historically Black Colleges and Universities and other minority Institutions Symposium Conference,15-19 May 1998,Department of Energy, United States of America,pp,1-59.

۱۲- افزایش راندمان بویلر نیروگاه حرارتی ذوب آهن اصفهان با استفاده از داده کاوی فازی- مهدی پارسا ،علی وحیدیان کامیاد ، محمد باقر نقیبی سیستانی - تهران ، شرکت توانیر, پژوهشگاه نیرو ، ۱۳۹۰.

Archive of SID

www.SID.ir