بررسی شستشوی شیمیایی لوله های سمت آتش بویلر بر حذف رسوبات حاصل از سوخت مازوت و نتایج حاصله از آن

فریبرز نصیری[۱] , ,میثم باوی[۲]

کارشناس ارشد شیمی نیروگاه رامین اهواز[۱]

کارشناس ارشد شیمی نیروگاه رامین اهواز[۲]

Nasirifariborz@gmail.com
Sd2002love01@yahoo.com

Archive of SID

چکیده :

یکی از مشکلات واحدهای نیروگاهی که به دلیل تماس مستقیم با سوخت ایجاد می شود، رسوبگیری و جرم گرفتگی لولهای بویلر میباشد. سوختهایی با کیفیت پایینتر مانند مازوت رسوبات سخت تر و حجیم تری بر روی لوله های سمت آتش بویلر ایجاد می کنند که اگر به موقع پاکسازی نشوند به تدریج در حرارت بالای بویلر ایجاد لایه ای سخت و چسبنده می کنند که به راحتی قابل برداشتن نیست . تشکیل رسوب بر روی لولههای دیگ بخار سرانجام مسائلی از قبیلخوردگی زیر رسوبی و محدودیت در انتقال حرارت را باعث میشود که این امر سبب آورهیت شدن لوله ها و ترک برداشتن آنها می شود.

در این پایان نامه ماده شیمیایی مناسب جهت جلوگیری از ایجاد رسوبات سمت آتش بویلر انتخاب شد و نوع مشکل و نیز ملاحظات اقتصادی در نظر گرفته شده است. شرایط بهینه دما، فشار و زمان جهت حذف رسوبات اندازه گیری شد که زمان بهینه ۲ ساعت و میزان حذف رسوبات بالای ۹۰٪، دما ۹۰-۸۰ درجه سانتیگراد و میزان حذف ۹۸-۹۰ ٪ و فشار ۷-۵ اتمسفر و میزان حذف ۷۵٪ مشاهده گردید .

کلمات کلیدی : بویلر ، شستشوی شیمیایی ، مازوت

www.SID.ir

۱- مقدمه

بدون تردید یکی از مهمترین واحدهای انتقال حرارت در نیروگاه بویلر می باشد . از شروع دهه پنجاه، در دیگ های بخار نفت کوره به دلایل اقتصادی جایگزین زغال سنگ گردید. این جایگزینی سبب تشدید مشکلات خوردگی در سمت آتش این واحدها شد. این مشکلات ناشی از وجود عناصر خورنده ای همچون وانادیم، سدیم و گوگرد در این نوع سوخت می باشد. عناصر مذکور منجر به خوردگی و گرم شدن بیش از حد جداره های فلزی در بخش های مختلف دیگ بخار می گردند. همچنین استفاده از نفت کوره سبب نشر دوده های اسیدی در نیروگاه و پدید آمدن خوردگی های متعاقب آن می شود[۸] .

۲- تعیین جنس رسوبات

انتخاب نوع و ترکیب محلول شوینده بستگی به جنس رسوبات و جنس لوله ها دارد و لازم است با بررسی و مطالعات، محلول مناسب برای شستشوی رسوبات بر روی لوله های بویلر، بدست آید که علاوه بر حذف موثر و سریع رسوبات به فلز لوله آسیبی وارد نسازد.

N	Test Items	Unit	STANDARD METHOD OF TEST	RESULT
1	TFe(as Fe_2O_3)	W T %	3111 ST.M	16.8
2	SIO_2	W T %	GRAV . METHOD	0.3
3	NA_2O	W T %	FLAME PHOTO METHOD	20.3
4	K_2O	W T %	FLAME PHOTO METHOD	0.4
5	SULFUR AS OS4	W T %	4500 – SO_4 ST .M	32
6	CALCIUM AS CAO	W T %	3111 ST.M	5.8
7	MAGNESIUM AS MGO	W T %	3111 ST.M	0.2
8	ZINC AS ZNO	W T %	3111 ST.M	0.1
9	MAGNESIUM AS MNO	W T %	3111 ST.M	0.2
10	CHROMIUM AS CR_2O_3	W T %	3111 ST.M	0.2
11	NICKEL AS NIO	W T %	3111 ST.M	3.7
12	CADMIUM AS CD	W T %	3111 ST.M	<0.001
13	CHLORIDE (AS CI)	W T %	4500 – CI ST .M	0.08
14	COPPER AS CUO	W T %	3111 ST.M	0.02
15	ALUINIUM AS AL_2O_3	W T %	3111 ST.M	0.3
16	COBALT AS CO	W T %	3111 ST.M	<0.001
17	VANADIUM AS V	W T %	3111 ST.M	18
18	PO4	W T %	3111 ST.M	N . D . (<0.01)
19	L.O.I.550°C	W T %	GRA.METHOD	1.5

جدول ۳-۸: نتایج آ نالیز شماره ۱

۳- ۲- روش اندازه گیری درصد حذف رسوب

برای آزمایش مربوط به شستشو و حذف رسوبات چسبیده شده ابتدا قطعاتی از لوله های بویلر که رسوبات حاصل از سوزاندن سوخت مازوت بر روی آن نشسته است را در اندازه های کوچک حدود ۱۰ X ۱۰ سانتی متر مربع بریده شد تا انجام آزمایش بر روی آنها صورت گیرد. قبل از انجام آزمایش هر کدام از قطعات نمونه فلزی توزین شد و پس از انجام آزمایش مورد نظر و شستشوی رسوب در شرایط مورد نظر، قطعه نمونه خشک شده و مجدداً توزین شد. درصد حذف رسوبات یا همان راندمان حذف با توجه به رابطه ۳- ۱ بدست می آید.

$$\text{درصد حذف رسوبات} = \frac{\text{وزن قبل از شستشو} - \text{وزن بعد از شستشو}}{\text{وزن قبل از شستشو}} * ۱۰۰ \qquad (۳-۱)$$

Archive of SID

www.SID.ir

در این پژو هش شستشوی نمونه ها به دو روش غوطه وری و پاششی انجام می شود. در روش غوطه وری نمونه فلزی بعد از توزین اولیه، در مدت معین درون محلول شوینده غوطه ور می شود تا رسوبات در محلول حل و شسته شود. در روش پاششی و محلول شوینده درون پمپ قرار گرفته و با فشار معین و باد بی حجمی معین محلول شوینده بر روی سطح نمونه فلزی پاشیده می شود. در شستشوی بویلر واقعی، تنها می توان شستشوی پاششی را به کار برد، اما برای بهینه کردن ترکیب محلول شوینده و بعضی از شرایط شستشو در مقیاس آزمایشگاهی، شستشوی غوطه مناسب است.

۳-۳ ترکیب محلول شویند

با توجه به اینکه رسوبات حاصل از سوزاندن مازوت به طور عمده از اکسیدهای فلزی تشکیل شده است می توان با قلیایی کردن، آنها را به اکسیدهای فلزی آبدار و یا رسوبات هیدورکسید تبدیل کرد. با توجه به اینکه اکثر مقالات مورد بررسی [۱۹و۲۰] از محلولی شامل هیدورکسید، فسفات و بی کربنات سدیم و بنزوتیازول برای شستشو و حذف رسوبات استفاده شد. بنزوتیازول به منظور جلوگیری از خوردگی و حفاظت فلز لوله های بویلر به محلول افزوده می شود و نقشی در شویندگی محلول ندارد، لذا با درصد ثابتی به همه محلول های مورد آزمایش افزوده می شود، اما درصد وزنی هر کدام از سایر ترکیبات در طی پژوهش، آزمایش شده تا مقادیر بهینه هر کدام از اجزاء محلول و ترکیب مناسب برای مایع شوینده به دست آید.

به منطور تعیین بهترین ترکیب مایع شوینده، غلظت های متفاوتی از اجزاء تشکیل دهنده محلول با درصدهای وزنی متفاوت تهیه شد. تنها درصد بنزوتیازول در تمام محلول های مورد آزمایش یکسان در نظر گرفته شد. برای بررسی تأثیر و قدرت شویندگی هر کدام از محلول ها، حجم های یکسانی از محلول ها انتخاب و درون هر کدام نمونه ای از قطعه های بریده شده یکسانی از بویلر قرار داده شد. با اندازه گیری وزن هر کدام از قطعه ها در قبل و بعد از شستشو درصد حذف هر کدام محاسبه شد. نتایج این اندازه گیری ها در جدول ۳- ۲ گرد آوری شده است. بر اساس نتایج این جدول بهترین راندمان حذف رسوبات مربوط به محلولی است که حاوی ۲/۵٪ سود، ۵٪ تری سدیم فسفات و ۲٪ بی کربات سدیم است.

جدول ۳-۲: ترکیب مواد شوینده

راندمان حذف	بیکربنات سدیم ٪ NaHco	تری سدیم فسفات ٪ Na3Po4	سود ٪ NaoH
5%	-	-	1
7%	1	1	1
10%	1	1	1
14%	1	1	2
17%	1	1	2/5
17%	1	1	3
20%	1	2	2/5
22%	1	3	2/5
25%	1	4	2/5
29%	1	5	2/5
29%	1	6	2/5
33%	1/5	5	2/5
33%	2	5	2/5

Archive of SID

www.SID.ir

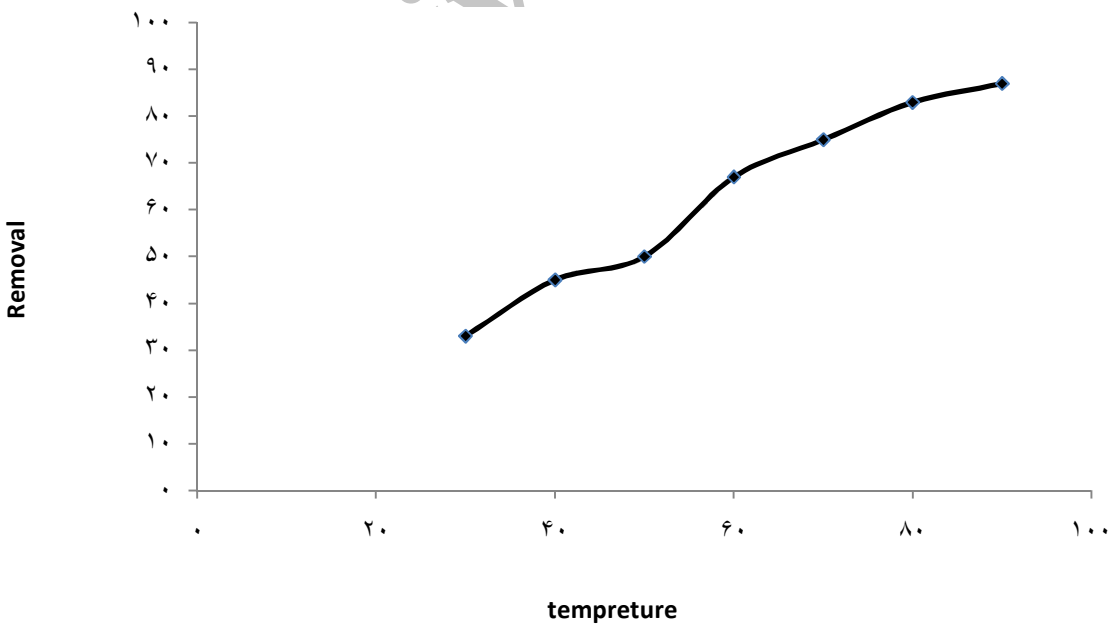
۳- ۴- بهینه کردن سایر شرایط شستشو

۳- ۴- ۱- دما

دما پارامتر مهمی در میزان انحلال رسوبات می باشد و معمولاً هر چه دمای محلول افزایش یابد، انحلال پذیری اکثر جامدات افزایش می یابد. بنابراین انتظار بر آن است که افزایش دما باعث افزایش درصد حذف رسوبات و راندمان حذف مایع شوینده شود. اما افزایش دما تا هر اندازه امکان پذیر نیست. بنابراین برای تعیین دمای مناسب و بهینه که از لحاظ عملی امکان پذیر باشد و در صد حذف مناسبی هم داشته باشد، راندمان حذف در دماهای مختلفی مورد آزمایش قرار گرفت. برای تنظیم دمای مورد نظر در هر آزمایش به دمای محلول توسط ترموستات کنترل شد. در جدول ۳- ۳ راندمان حذف در دماهای مختلفی گزارش شده است و نمودار تغییرات راندمان حذف بر حسب دما در شکل ۳- ۱ ترسیم شده است. همانطور که از نمودار و نتایج جدول مشخص است دمای مناسب و بهینه برای حذف رسوبات ۹۰ درجه سانتیگراد می باشد.

جدول ۳-۳ : بررسی دما

ردیف	(درجه سلیسوس) دمای محلول	راندمان
۱	30	33%
۲	40	45%
۳	50	50%
۴	60	67%
۵	70	75%
۶	80	83%
۷	90	87%

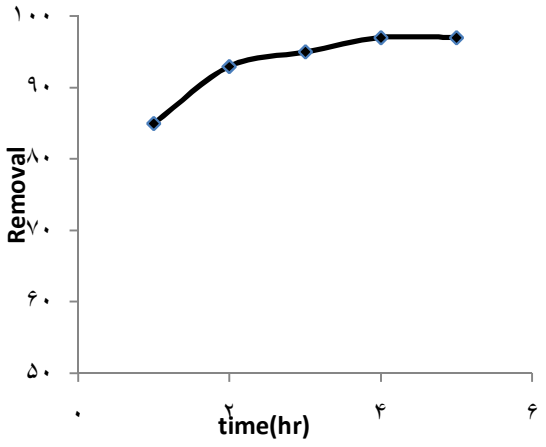


نمودار ۳-۱: میزان حذف بر حسب دما

www.SID.ir

۳- ۴- ۲- زمان شستشو

ردیف	زمان ماند (ساعت)	راندمان حذف رسوبات
۱	۱	**85%**
۲	۲	**93%**
۳	۳	**95%**
۴	۴	**97%**
۵	۵	**97%**



نمودار ۴-۱: میزان حذف بر حسب زمان

۳- ۴- ۳- حجم مایع شوینده

ردیف	ماده شیمیایی	مقدار مورد نیاز
۱	محلول نهایی شستشوی شیمیایی	40 m^3
۲	تری سدیم فسفاتNa_3Po_4	4 تن
۳	بی کربنات سدیم NaHCO	1 تن
۴	مرکاپتوبنزو تیازول(MBT)	5 کیلوگرم
۵	سود مایع NaoH	3 متر مکعب
۶	مایع شوینده	30 لیتر

جدول ۳-۵ : مقدار مواد شیمیایی مورد نیاز جهت تهیه ۴۰ m^3 محلول شستشوی شیمیایی

Archive of SID

www.SID.ir

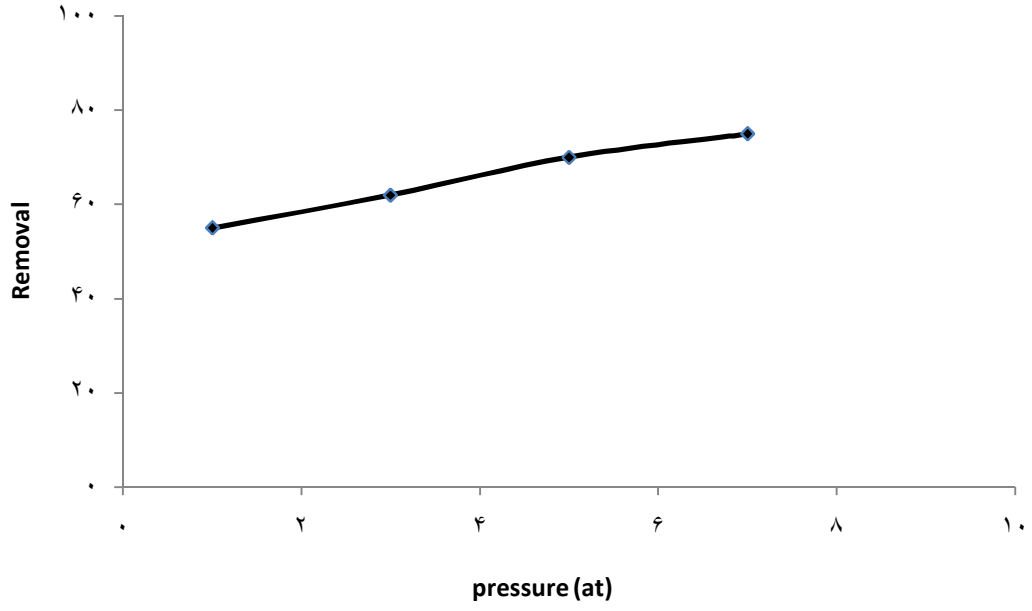
۳- ۴- ۴- تعداد دفعات شستشو

شستشو در سه مرحله انجام گرفت.ابتدا آب شویی گرم، سپس قلیاشویی و مجدداً آب شویی نهایی انجام گرفت.

۳- ۴- ۵- فشار پا شش

ردیف	فشار atm	میزان حذف رسوبات
1	1	55%
2	3	62%
3	5	70%
4	7	75%
5	9	غیر قابل انجام

جدول ۳-۴: بررسی اثر فشار پاشش محلول و شستشوی



نمودار ۴-۳: میزان حذف بر حسب فشار

www.SID.ir

۳- ۵- بررسی نتایج در محیط حقیقی بر روی بویلر

شکل ۴-۱: لوله ها قبل از شستشو

شکل ۴-۳: مراحل شستشو

۳-۶- عوامل که شستشوی شیمیایی بویلر راتوجیه می کند

یکی از مشکلات واحد های ما بخصوص در فصلهای گرم سال نبودن هوای کافی برای سوختن سوخت میباشد. بدین صورت که به دلیل کاهش انتقال حرارت در لوله های اکونو مایزر و بخصوص کاهش انتقال حرارت در ایر هیتر فشار در بویلر افزایش یافته و در نتیجه فشار کوره مثبت میشود و ما مجبور میشویم که هوای ورودی به کوره را کاهش دهیم کاهش هوای کوره کاهش سوخت را موجب میشود در نهایت کاهش سوخت و هوای کوره کاهش مگاوات تولیدی را به همراه دارد

در تابستان ما سعی میکنیم با افزایش سوخت وافزایش هوای ورودی به کوره کاهش مگاوات و کاهش انتقال حرارت را جبران کنیم که این کار نیز خود موجب میگردد امپر الکتروموتور فن مکنده هوای کوره تا حد زیادی بالا رفته و سبب خارج شدن فنهای بویلر گردد و مگاوات تولیدی به نصف تقلیل یابد

در نهایت نتیجه میگیریم که باید ما بطور مرتب و بصورت دوره ای تمام قسمت های بویلر از قبیل لوله های دیواره .سوپر هیتر های اصلی و رهیت واکونومایزرو بخصوص پاکت های ایر هیتر را از وجود رسوبات حاصل از سوخت مازوت پاکسازی کنیم .

Archive of SID

www.SID.ir

۳-۷- نتایج حاصل ازقلیاشویی :

۱-بهبود انتقال حرارت درلوله های واتر وال دیوارهای سمت آتش

۲-بهبود انتقال حرارت در فن دوار دود و هوا (ایر هیتر)

۳-کاهش شدت جریان فن های مکنده و دمنده هوای کوره

۴-کاهش قابل توجه خوردگی های زیر رسوبی بر روی دیواره داخلی کوره

۵-عدم اورهیت شدن لوله های سوپر هیترهای تشعشعی

۶-بهبود خلاء کوره

۷-پایداری واحدوتولید مستمر به دلیل کاهش خروجهای اضطراری ناشی pitting corrosion

۸-کاهش مصرف سوخت

سباس و قدر دانی

با سباس و تشکر از همکاران عزیز و گرانقدر مهندس رضا جدیدیان ومهندس محمد ابو علی و تمام کسانی که در این راه ما را یاری رسان بوده وتشکر ویزه از همسر مهربان ودلسوز م که در سایه همیاری وهم دلی ایشان به این امر نائل آمدم

منابع

[1]Remediation of ash problems in pulverised coal-fired boilers, VUTHALURU H. B.,fuel,1999,vol.78,n15,pp.1789-1803(22ref.)

[2]remediation of ash problems in pulverised coal-fired boilers, VUTHALURU. B.,FUEL, 1999, VOL. 78,N15,PP. 1789-1803(22 REF)

[3]omputer system for one -Line monitoring of slagging and fouling and optimization of sootblowing in steam boilers, jan taler1,marcin trojan1,dawid taler2,2nd international conference on engineering optimization 6 - 9,2010,Lisbon,portugual

Archive of SID

www.SID.ir