



همایش ملی مهندسی شیمی  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر  
باشگاه پژوهشگران جوان



بررسی پدیده خوردگی قلیایی و زیرسویی در بویلرهای پالایشگاه تهران

و پیشنهاد روش‌هایی برای جلوگیری از آن

مجید خواجه نوری<sup>۱</sup> و غلامحسین صدیقیان<sup>۲</sup>

بخش مهندسی شیمی، دانشکده مهندسی، دانشگاه کاشان

khajenoori@grad.kashanu.ac.ir

## چکیده

خوردگی و رسوبدهی در دیگ‌های بخار، آب تغذیه و خطوط برگشتی مرتبط با آن‌ها برای سالیان متمادی به عنوان یک مشکل بزرگ در صنایع مطرح بوده است که جلوگیری از آن می‌تواند صرفه جویی اقتصادی زیادی به همراه داشته باشد. تحقیقات انجام شده بر روی یکی از بویلرهای پالایشگاه تهران شامل بررسی‌های ماکروسکوپی، متالوگرافی، آزمایشات مکانیکی بوده که به طور اختصار توضیح داده می‌شود. در بررسی‌های متالوگرافی، تغییرات میکروسکوپی احتمالی در ساختار آلیاژ مورد بحث و بررسی قرار می‌گیرد. نتایج آزمایش کشش نیز نشان داده است که میزان استحکام و انعطاف پذیری آلیاژ در حد مورد قبول بوده و به طور کلی آلیاژ از لحاظ خواص مکانیکی مشکلی ندارد. با توجه به نتایج آزمایشات، مشاهده شد بیشترین خسارات ناشی از خوردگی قلیایی و زیرسویی است. در ادامه عوامل ایجاد این دو نوع خوردگی مورد شناسایی قرار گرفته و در نهایت راهکارهایی برای مقابله با آن پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: دیگ‌های بخار، خوردگی قلیایی، خوردگی زیرسویی

## مقدمه

بویلرهای پالایشگاه تهران از نوع vu-60 بوده که طبق طراحی می‌توانند ۳۲۰۰۰۰ پوند بر اینچ مربع را با

<sup>۱</sup> - کارشناس ارشد مهندسی شیمی  
<sup>۲</sup> - استادیار مهندسی شیمی



دمایی حدود ۷۰۰ درجه فارنهایت تولید کنند. چرخش آب داخل لوله ها به صورت چرخش طبیعی<sup>۱</sup> می باشد. برای بررسی بهتر و کامل تر مشکلات خوردگی بویلرها، باید پدیده خوردگی را به دو دسته خوردگی داخلی و خوردگی خارجی تقسیم کرد [1]. در خوردگی داخلی پدیده خوردگی از درون لوله ها به آن ها صدمه می زند و در واقع عامل خورنده در داخل آب یا بخار موجود در لوله ها است ولی در خوردگی خارجی پدیده خوردگی در سطح خارجی لوله ها مشاهده شده و علت خوردگی تشکیل رسوباتی بر سطح خارجی فلز است که در نتیجه واکنش های شیمیایی سوخت با اکسیژن و هوا به وجود می آید [2].

### خوردگی داخلی

عمده ترین مشکل خوردگی در بویلرهای پالایشگاه تهران، تشکیل رسوب در داخل لوله های دیواره، سقف، کف و حتی سوپرهیتورها می باشد. تشکیل رسوب در داخل لوله ها، بدون این که به ماهیت رسوب یا مکانیزم عملکرد آن در رابطه با پدیده خوردگی توجه شود، به تنهایی می تواند باعث پارگی لوله ها شود. این نوع پارگی، پارگی طولانی مدت نامیده می شود. علت پارگی فوق تشکیل متناوب رسوبات در سطح داخلی لوله می باشد [3]. ابتدا رسوب بر روی سطح داخلی لوله تشکیل می شود. این رسوبات تمایل زیادی به ترک و شکستن دارند که در نتیجه آن، آب با سطح گرم لوله تماس پیدا کرده و موجب خنک شدن آن می گردد. در پی این عمل لایه جدید رسوب تشکیل شده و گرم و سرد شدن متناوب لوله را منجر خواهد شد که نهایتاً باعث پارگی لوله می شود. لبه پاره شده لوله در این حالت ضخیم می باشد. پارگی اخیر مشکلات بیشتری را برای بویلرها ایجاد می کند. البته نوع دیگری از پارگی لوله در بویلرهای پالایشگاه تهران دیده شده است که پارگی ناگهانی نامیده می شود [4].

### خوردگی قلیایی<sup>۲</sup>

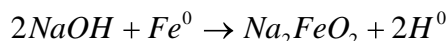
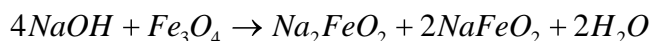
تغلیظ بیش از اندازه نمک ها در زیر رسوب و فیلم بویلینگ و علل دیگری که منجر به تغلیظ موضعی نمک ها در دیگ های بخار با فشار بالا گردد می تواند مقدمه ای در جهت خوردگی قلیایی باشد [5]. فیلم محافظ مگنتیت که در صورت عملیات صحیح و بهبودسازی بسیار خوب در سطوح داخلی دیگ بخار تشکیل گردیده است می تواند

---

<sup>2</sup>- Caustic Corrosion



دستخوش صدمه توسط نمک های هیدروکسید سدیم گردد. تخریب فیلم محافظ توسط هیدروکسید سدیم می تواند شروعی از خوردگی فلز دیگ بخار به شرح زیر باشد [6]:



خوردگی قلیایی می تواند بصورت گوگینگ<sup>1</sup> کاملاً آشکار گردد. در چنین شرایطی لوله مشخصه ای از تغییر شکل پذیری و نرمی نخواهد داشت. خوردگی گوگینگ تا هنگام نازک شدن لوله که سبب از کار افتادگی می گردد اتفاق خواهد افتاد [5,6].

لازمه جلوگیری از چنین خوردگی تمیز بودن سطوح فلزی می باشد. عواملی نظیر سختی، اکسید آهن و مس می بایستی به قدر کافی پایین نگهداری شود. عملیات مطلوب زمانی موفقیت آمیز می باشد که آب تغذیه به دیگ بخار دارای سختی نباشد. همان گونه که کارایی بهبود سازی اولیه آب به طور کامل، عدم نشتی در کولرها و عدم آلودگی در آب مقطر تقریباً غیر ممکن است لذا دستیابی به آب تغذیه بدون سختی برای همیشه هم غیر ممکن خواهد بود.

تمیز بودن اولیه دیگ های بخار با فشار بالا باید از حساسیت خاصی برخوردار باشد. لذا ضروری است تا کلیه تیوب ها، لوله های اصلی مربوط به آب تغذیه و لوله های مربوط به آب مقطر برگشتی کاملاً تمیز گردند. [7]. پالایشگاه تهران دارای ۸ بویلر است که ۴ بویلر در پالایشگاه شمالی و ۴ بویلر در پالایشگاه جنوبی قرار دارد. بویلر D پالایشگاه جنوبی یک بار شدیداً دچار مشکل خوردگی از نوع خوردگی قلیایی گردیده است. که تحقیقات و بررسی های گسترده ای را در این زمینه موجب گردیده است.

تحقیقات انجام شده بر روی بویلر D شامل بررسی های ماکروسکوپی، متالوگرافی، آزمایشات مکانیکی بوده و با همکاری مهندسين امر و پژوهشگاه صنعت نفت انجام گردیده است و به طور اختصار توضیح داده می شود.

بررسی های ماکروسکوپی شامل تعیین جنس لوله ها و تطابق آن ها با استانداردهای ASTM و تعیین قطر خارجی و ضخامت اسمی آنها می باشد. هم چنین جهت بررسی سطوح داخلی و خارجی لوله های واتروال برش

<sup>1</sup>-Gouging



هایی زده شده که در سطح خارجی این لوله ها لایه اکسید نازک به رنگ قهوه ای و در سطح داخلی علاوه بر لایه های اکسید سطحی رسوبات چسبنده متفاوتی به رنگ های مختلف و به ضخامت غیر یکنواخت وجود داشته است. به علاوه در لوله ها گودشدگی در سطح داخلی دیده شده که سطح آن دارای پستی و بلندی های خشن می باشد و درون آن ها حاوی رسوبات چسبنده متفاوتی است. که این رسوبات به رنگ های سفید، قهوه ای قرمز و سیاه رنگ به صورت لایه هایی روی یکدیگر یا کنار هم بصورت کاملاً چسبنده، قسمت هایی از گودشدگی و اطراف آن سطح را پوشانده است.

در بررسی های متالوگرافی، تغییرات میکروسکوپی احتمالی در ساختار آلیاژ مورد بحث و بررسی قرار می گیرد [8]. هر فلزی ساختار مخصوص به خود را دارد. ولی ساختار میکروسکوپی همه فلزات از دو قسمت فریت و پرلیت تشکیل یافته است. زمینه سفید فریت و نقاط سیاه پرلیت ها می باشند. در اثر ایجاد هر گونه تغییر در پرلیت ها که به صورت طبیعی نواری شکل هستند، ساختار طبیعی فلز به هم ریخته و فلز مقاومت اولیه خود را از دست می دهد. این پرلیت های نواری شکل ممکن است تحت عوامل مختلف به صورت کروی در آیند و یا بصورت دانه های ریزتر یا درشت تر در آیند و یا حتی ممکن است مرز دانه ها از حالت طبیعی، ضخیم تر و یا نازک تر شده باعث ایجاد اشکال در ساختار فلز و نتیجتاً عملکرد فلز گردند [9].

بررسی های میکروسکوپی مقاطع مختلف لوله های بویلر D نشان داده است که تغییرات ساختاری محسوس (فریت ها و پرلیت ها) در لوله ها ایجاد نشده و حتی در اطراف نواحی گودشدگی ساختمان میکروسکوپی طبیعی می باشد. تنها در لوله ای که میزان گودشدگی آن چنان بوده که لوله سوراخ گردیده است. کل دانه ها اعم از فریت و پرلیت به دانه های ریزتری تبدیل شده اند و مقداری تغییر ساختار دیده می شود. این موضوع نشان می دهد که بطور کلی دمای آلیاژ لوله چندان بالا نبوده است. لیکن در زمانی که بطور موضعی لوله دچار گودشدگی می شود به علت کاهش ضخامت لوله و افزایش سرعت انتقال حرارت دمای فلز در آن نقاط شروع به افزایش می نماید و نتایج آزمایش سختی حاکی از آن است که افزایش سختی در آلیاژ لوله ها ایجاد نشده و عدد سختی در حد استاندارد می باشد و هم چنین نتایج آزمایش کشش نیز نشان داده است که میزان استحکام و انعطاف پذیری آلیاژ در حد مورد قبول بوده و به طور کلی آلیاژ از لحاظ خواص مکانیکی مشکلی نداشته است .



بنابراین تا این جا می توان نتیجه گیری نمود که تنها عامل تخریب لوله ها وجود عامل خوردنده در داخل لوله ها می باشد و خواص فلز از نظر متالورژیکی تغییر محسوسی نکرده است. مشاهدات ظاهری این لوله ها نشان می دهد که رسوبات مختلفی سطوح داخلی آن ها را پوشانده که ضخامت این رسوبات به حدود چند میلی متر نیز می رسد و نواحی که بطور موضعی دچار گودشدگی شده است در زیر این رسوبات قرار داشته است. رسوبات عمدتاً بسیار چسبنده بوده و جدا کردن آن ها به راحتی امکان پذیر نبوده است. نکته دیگر این که نیمی از سطوح داخلی لوله حاوی این رسوبات می باشند و لذا می توان انتظار داشت که در لوله هایی که عمدتاً موقعیت آن ها به صورت افقی یا کج بوده و حاوی آب یا بخار می باشند، این نوع خوردگی در ناحیه ای که تبادل حرارتی بیشتری صورت می گیرد و آب به بخار تبدیل می شود صورت می پذیرد.

با توجه به ظاهر و علائم خوردگی در این نوع لوله ها دو نوع خوردگی محتمل می باشد. خوردگی قلیایی و

خوردگی اسیدی. (شکل-۱)



شکل ۱- نمونه ای از یک لوله دیگ بخار که در اثر خوردگی کاملاً تخریب شده است

اصولاً تفکیک این دو نوع خوردگی از روی علائم ظاهری بسیار مشکل می باشد. یکی از علائم بروز خوردگی اسیدی ایجاد گاز هیدروژن در بخار می باشد که می تواند با استفاده از یک دستگاه آنالیز هیدروژن تشخیص داده شود.

روش دیگر انجام آزمایشات متالوگرافی و آنالیز محصولات خوردگی می باشد. در بویلرهایی که آب آن ها عمدتاً به وسیله آب دریا یا ترکیبات اسیدی آلوده شده باشند خوردگی اسیدی می تواند بوقوع بپیوندد. بدیهی است در این شرایط ممکن است حتی PH کل آب قلیایی باشد. لیکن رسوبات و تغلیظ نمک های اسیدی شرایط ایجاد



موضعی PH کم را فراهم آورد. بنابراین وجود ترکیبات کلر سولفور و یا فسفر در محصولات خوردگی می تواند نشانی از بروز خوردگی اسیدی بصورت موضعی باشد. و در آزمایشات متالوگرافی نیز مشاهده خسارات هیدروژنی در نواحی زیر گودشدگی می تواند دلیل بر ایجاد خوردگی اسیدی باشد که در بویلر D آثاری از خسارات هیدروژنی مشاهده نگردید. به علاوه آنالیز محصولات خوردگی میزان قابل ملاحظه ای از عناصر P، Cl و S را نشان نداد. بنابراین احتمال ایجاد خوردگی اسیدی در این لوله ها بسیار ضعیف می باشد.

جدول (۱): نتایج آنالیز کمی برخی از عناصر موجود در محصولات خوردگی سطوح داخلی دو عدد از لوله های واتروال بویلر D با استفاده از دستگاه XRF (دستگاه فلورسانس اشعه ایکس)

عنصر	محصولات سطح داخلی	Na	Cu	Ca	P	Cl
لوله واتروال نمونه اول	۱/۶	۱/۲	۰/۷	۰/۵	۰/۳	
لوله واتروال نمونه دوم	۱/۱	۱/۲	۱۷/۷	آنالیز نشد	آنالیز نشد	آنالیز نشد

اصولاً حساسیت یک فولاد به این نوع خوردگی ها به لحاظ خاصیت دوگانه<sup>۱</sup> اکسیدهای آهن است. یعنی اکسیدهای آهن هم در محیط های اسیدی و هم در محیط های قلیایی می توانند خورده شوند. در محیط های قلیایی مانند هیدروکسید سدیم، مگنتیت می تواند با NaOH یا ترکیبات قلیایی دیگر واکنش دهد و در پی آن با جدا شدن لایه اکسید، واکنش مواد قلیایی می تواند مستقیماً با آهن نیز انجام شده و نهایتاً خوردگی به شکل موضعی اتفاق افتد [10].

عمده مواد ایجاد کننده این نوع خوردگی هیدروکسید سدیم و یا نمک هایی می باشند که محلول در آب بوده و تولید قلیائیت می کنند. محصولات خوردگی نیز عمدتاً محلول در آب بوده و با جریان فرآیند شسته می شوند.

<sup>۱</sup>-Amphoteric



البته می توان انتظار داشت که ترکیبات سدیم نیز مانند اکسیدهای آهن، ترکیبات فسفر و هیدروکسید کلسیم، عمده محصولات خوردگی باشند. لیکن به علت آن که مقدار ترکیبات سدیم کمتر از پنج درصد کل نمونه های آزمایش بوده است، امکان شناسایی آن با دستگاه XRF وجود نداشته است. در محصولات حاصل از خوردگی بویلر ها، منابع سدیم می تواند از مسیرهای ذیل باشد:

۱- از زئولیت تعویض یونی سدیم

۲- آب شهر

۳- سولفیت سدیم اضافه شده به عنوان اکسیژن زدا.

به طور کلی شرایط ایجاد خوردگی قلیایی شامل وجود هم زمان دو عامل می باشد:

۱- در دسترس بودن هیدروکسید سدیم و یا نمک هایی که تولید قلیائیت می کنند.

۲- شرایط مناسب جهت تغلیظ این مواد.

در شرایط عادی عموماً این مواد بصورت عمدی در مقادیر غیر خورنده به آب بویلر اضافه می شود. لیکن احتمال ورود این ترکیبات از طریق دیگر نیز به درون بویلر وجود دارد. در مورد تغلیظ مواد سه مکانیزم اصلی وجود دارد:

۱- DNB

۲- تشکیل رسوب

۳- تغلیظ در مرز مشترک آب و بخار

ظاهر خوردگی در لوله های تحت بررسی نشان داده است که مکانیسم سوم حاکم نیست. زیرا در آن صورت خوردگی در امتداد و آثار آن به صورت خوردگی در امتداد خطی مستقیم مشاهده می گردید. در زیر نقاطی از رسوبات که در سطح داخلی لوله ها به صورت عایق حرارتی عمل می کنند حباب های بخار در سطح فلز تشکیل می شوند و تحت این شرایط معمولاً غلظت جامدات آب بویلر در فصل مشترک حباب و آب به مرور در سطح فلز افزایش می یابد.

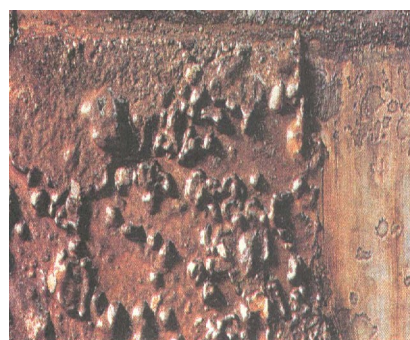
حضور هیدروکسید سدیم و خورنده های تغلیظ شده دیگر ابتدا لایه اکسید مگنتیت و سپس خود فلز را خورده و



سبب گودشدگی موضعی می گردد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده و علائم به جا مانده بیشترین احتمال وقوع در مورد این نوع خوردگی ناشی از خوردگی قلیائی نشان می دهد و وجود ترکیبات فسفات که سبب ایجاد رسوبات زیادی در لوله ها می گردد، می تواند نقش مهمی در تسریع این خوردگی داشته باشد. (شکل-۲)



(ب)



(الف)

شکل ۲- خوردگی زیررسوبی

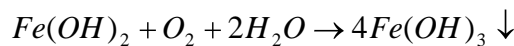
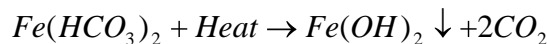
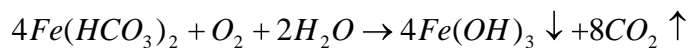
الف- اکسیدهای آهن، هیدروکسیدها، فسفات ها و مواد آلی روی سطح نمونه

ب- خوردگی زیر رسوبی در اثر وجود ترکیبات فسفات

### تشکیل رسوب در اثر محصولات خوردگی

محصولات خوردگی از آهن و مس در آب مقطر برگشتی موجب رسوب گرفتگی و یا چسبندگی در تجهیزات قبل از دیگ بخار خواهند گردید. کنترل آب مقطر برگشتی از نظر مقدار یون فلزی، درجه خوردگی و لزوم تزریق صحیح مواد شیمیایی بازدارنده خوردگی به آن ضروری می باشد. چنانچه مواد شیمیایی بازدارنده خوردگی به سیستم آب مقطر تزریق نگردد لازم است تجهیزاتی نظیر صافی ها برای خارج نمودن اکسیدهای فلزی آهنی و مسی اختصاص یابد. در آب جبرانی مقداری آهن محلول بصورت بی کربنات آهن یافت می گردد. آبی با چنین خصوصیتی می تواند در اثر حرارت یا در معرض هوا قرار گرفتن شروع به ته نشینی و رسوب ترکیبات آهن به شرح زیر نماید:





به علت چسبندگی بودن رسوب آهن، مقدار آن در تجهیزات قبل از دیگ بخار در حداقل نگهداری می شود. زمانی که مقدار آهن در آب جبرانی کمتر از یک قسمت در میلیون بوده و با هوا در تماس نباشد سیستم مبادله گر یونی در سیکل سدیم نسبت به حذف آهن به نحو رضایت بخشی اقدام خواهد نمود. لازم به ذکر است که مانع شدن تماس آب با هوا معمولاً مشکل می باشد. بهترین روش شناخته شده جهت حذف آهن استفاده از هوادادن، نگهداری و سپس صاف کردن می باشد. همچنین احیاسازی زئولیت منگنز با پرمنگنات سدیم می تواند کمکی در حذف آهن در آب جبرانی باشد [11].

مشکلات ناشی از محصولات خوردگی در بویلرهای پالایشگاه تهران نیز دیده شده است. چنانچه این رسوبات از جمله  $Fe_2O_3$  ناشی از خوردگی آهن موجب بهم چسبیدن و طولیل شدن رسوبات شده آن ها را از حالت معلق در می آورد و به دیواره می چسباند.

### نتیجه گیری و پیشنهادات

در حال حاضر در زمان افزایش بار و تعمیرات بویلرها، علاوه بر اینکه داخل لوله ها توسط HCl (البته محلول رقیقی از آن) اسیدشویی می شود، قسمت های خارجی لوله ها با محلول رقیقی از  $HCO_3$ ، اسید شویی گشته و سطوح خارجی کاملاً تمیز می شوند. این کار چندین سال است که در پالایشگاه انجام می شود و نتایج بسیار خوبی نیز حاصل شده است.

پیشنهاداتی که در این زمینه می توان ارائه کرد عبارتند از:

۱- تعبیه سینی های متحرک Ash Collector در دیگ های بخار برای سهولت تمییز کردن رسوب های ریخته شده.

۲- استفاده از مواد افزودنی مشابه با ذرات ریزتر که بتواند ذرات رسوب ها را به اندازه ای خرد نماید که طی عملیاتی خاص از دودکش خارج شوند.



۳- استفاده از ارتعاش های صوتی برای ایجاد موج لرزش و تکاندن رسوب ها در محفظه احتراق .

۴- تزریق ماده افزودنی به طور مستقیم به شعله دیگ های بخار .

در لوله هایی که موقعیت آن ها افقی و یا کج می باشد، خوردگی قلیائی منجر به نازک شدن و حتی سوراخ شدن لوله ها در قسمت های مختلف شده است. وجود رسوبات مختلف بخصوص ترکیبات فسفات و عدم جداسازی به موقع آن ها شرایط را برای تشکیل حباب های بخار و نهایتاً تغلیظ ترکیبات قلیائی تا حد خورنده فراهم نموده است. از آن جایی که وجود هم زمان هر دو عامل:

۱- در دسترس بودن

۲- تغلیظ ترکیبات قلیائی

شرایط لازم برای ایجاد این نوع خوردگی می باشد. حذف یا کاهش هر کدام از عوامل می تواند سرعت خوردگی را به طور قابل ملاحظه ای کاهش دهد. تمهیدات زیر می تواند در خصوص این موضوع مفید واقع شود:

-کاهش میزان سدیم هیدروکسید آزاد.

-جلوگیری از نشتی نمک های تولید کننده قلیائیت به داخل کندانسورها.

-جلوگیری از آلودگی بخار و کندانسیت بوسیله جریان های پروسس.

-جلوگیری از آلودگی آب جبرانی<sup>۱</sup> در اثر مواد شیمیایی قلیایی.

هر چند رعایت موارد فوق می تواند از وقوع این نوع خوردگی تا حدی بکاهد لیکن موثرترین راه، جلوگیری از تغلیظ ترکیبات تولید کننده قلیائیت می باشد. یکی از این راه ها حذف نقاط داغ با کنترل پارامترهای عملیاتی بویلر می باشد. نقاط داغ در اثر تنظیم نامناسب مشعل ها، تغییر سوخت می توانند ایجاد شوند. روش دیگر حذف نقاط داغ اندازه گیری و کنترل ضخامت یا میزان رسوبات در لوله ها مطابق استاندارد ASTM .D887-82 می باشد.

نظر به آن که عمده نشتی ها در لوله های سقف و یا بعضاً در ناحیه بالایی لوله های جانبی و دیواره مشعل ها مشاهده گردیده است. لذا چنین به نظر می رسد که قاعدتاً سطح این لوله ها می بایستی قدری گرمتر از حد لازم

<sup>۱</sup> -Make up



باشد. که این امر خود می تواند به دو عامل بستگی داشته باشد:

الف- کمتر بودن احتمالی میزان آب جریانی در داخل لوله های سقف. این پدیده به نوبه خود ممکن است در اثر هر یک از عوامل ذیل بروز نماید:

- رسیدن حرارت بیش از اندازه به لوله های روبروی مشعل ها که می تواند موجب تسریع در امر بخار شدن آب در آن نواحی گردد، سبب افزایش سرعت آب و بخار در آن نواحی شده و میزان جریان آب در مسیرهای دورتر کمتر می شود. در این جا ذکر این نکته لازم است، در صورتی در بدنه دیگ بخار بخصوص در نواحی جلو و سقف دیگ، مرزهایی جهت فرار انرژی (حرارت) وجود داشته باشد، همان طور که بر اساس مشاهدات ظاهری چنین نیز می باشد، جهت رسیدن به دما و فشار مورد نظر در بخار خروجی ممکن است آن واحد میزان سوخت مشعل ها را بالا برده و نتیجتاً حرارت بیشتری به لوله های روبروی مشعل ها برسد.

- گرفتگی قسمتی از دهانه ورودی این لوله ها

- متفاوت بودن قطر آن ها با لوله های مشابه در سایر دیگ های بخار A,B,C

ب- رسیدن انرژی بیشتر به لوله های سقف که این پدیده نیز ممکن است در اثر عوامل زیر بروز کند:

- کمتر بودن ضخامت لوله ها و یا بیشتر بودن طول لوله های مذکور در مقایسه با لوله های مشابه در سایر دیگ های بخار.

- بالا بودن دمای کلی در محفظه احتراق.

- به لحاظ وجود درزهای نسبتاً زیاد در بدنه دیگ بخار خصوصاً در نواحی پشت دیگ و هرز رفتن انرژی از دیواره دیگ احتمال افزایش دما در محفظه احتراق وجود دارد که در آن صورت به لحاظ همین اتلاف انرژی هیچ گونه افزایش دما و یا فشار در بخار خروجی مشاهده نخواهد شد. ولی اثرات تخریبی خود را در داخل محفظه خواهد داشت. بنابراین پیشنهاد می شود جهت پی بردن دقیق به این مشکل، اطلاعات زیر گردآوری شود تا امکان بررسی های لازم مقدور گردد.

۱- دمای پوسته لوله های سقف و لوله های روبروی مشعل ها با نصب ترموکوبل اندازه گیری شود.

۲- دمای گازهای خروجی در حواشی دمپر خروجی و همچنین دمای محفظه احتراق اندازه گیری شود.



۳- میزان سوخت مصرفی در مقایسه با بخار تولیدی در دیگ بخار اندازه گیری شود.

۴- حتی الامکان میزان دقیق اکسیژن اضافی محفظه احتراق اندازه گیری گردد.

لازم به ذکر است که این اطلاعات لازم است برای مدت حداقل شش ماه از عملیات مداوم دیگ بخار گردآوری

شود تا با مقایسه آن ها با سایر دیگ های بخار بتوان نتیجه گیری نهایی را به عمل آورد.

## مراجع

- [1]- Kirk-Othmer, "Encyclopedia of Chemical Technology", 3rd ed., v. 1, John Wiley N.Y.,1978.
- [2]- "Corrosion Data Survey", NACE, Houston, 1985.
- [3]- J.schoofs, The Examination of Case of Corrosion in a Reheater of a power-station Boiler "Bull centre Belge Etudes Document , Eaux, No.83, 436-9(1975).
- [4]- D.N.French, Metallurgical Failures in Fossil Fired Boilers, John Wiley and sons, NewYork.N.Y.1983.
- [5]- H.H.uhlig.The corrosion Handbook, john Wiley and Sons. New York..1997
- [6]- F.Gabrielli, " An Overview of water Related Tube Failures in Industrial Boiler " Corrosion 88, March 21-25,1988.
- [7]- Corrosion Basics,National Association of Corrosion Engineers, Houston, Texas, 1984.
- [8]- R. S. Ondrejcin, S. P. Rideout and J. A. Donovan, "Control of Stress Corrosion Cracking in Storage Tanks Containing Radioactive Waste", Nuclear Technology, v. 44, 1979, 297.
- [9]- "Physical Constants of Inorganic Compounds", Handbook of Chemistry and Physics, Chemical Rubber Company.
- [10]- L.L.Shreir, Corrosion, Newnes – Butterworth,London,1976.
- [11]- V. J. Calise, High Pressure Boiler Feed Water Treatment:



همایش ملی مهندسی شیمی  
دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر  
باشگاه پژوهشگران جوان



Evaporation VS. Demineralizing and Silica Removal, Proce. 11<sup>th</sup> Ann. Water  
Conf. Eng. Soc. West Penna, 1950.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.