مطالعه تاثیر دمای هوای ورودی به لانگستروم به منظور جلوگیری از تشکیل اسید و خوردگی در بسکت‌ها لایه‌های مختلف

فواد نصوری[۱]، رضا بری شهواری[۲]، عبدالحمید انصاری نسب[۳] ،احسان اسمعیلی[۴]

[۱] کارشناسی ارشد، نیروگاه بخار بندرعباس، nasouri.foad@gmail.com

[۲] مربی، هیئت علمی،دانشگاه جامع علمی کاربردی واحد استان هرمزگان،rshahvari@gmail.com

[۳] مربی، هیئت علمی گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه هرمزگان، ansari.nasab@gmail.com

[۳] کارشناسی ارشد، نیروگاه بخار بندرعباس، e.shokaran@gmail.com

چکیده

لانگستروم را می‌توان قلب بویلر نامید، در لانگستروم پیش-گرم‌کردن هوای تازه به منظور احتراق، باعث افزایش کیفیت احتراق در بویلر می‌شود. این پیش گرمایش بوسیله دمای گازهای حاصل از احتراق که باعث بالا رفتن دمای ورق‌های فلزی لانگستروم می‌شود صورت می‌پذیرد . در اثر چرخش لانگستروم این ورق‌ها در مسیر جریان هوای تازه قرار می‌گیرند که بالا رفتن دمای این هوا را در پی خواهد داشت. اما شرایط دمایی ورق‌هی لانگسترو باعث ایجاد خرابی-های چون گرفتگی مجراها و خوردگی ورق بسکت‌های لانگستروم می‌شود. از اینرو، دانستن شرایط دمایی ورق‌ها تاثیر بسزایی بر روی عملکرد و شرایط بهره‌برداری لانگستروم دارد.

واژه های کلیدی

لانگستروم، بسکت، اسید سولفوریک، خوردگی.

مقدمه

انتقال حرارت از جریان گرم به جریان سرد گردایان دمایی به وجود می‌آورد که سبب اعوجاج حرارتی در سرتاسر اجزای سازه می‌شود.

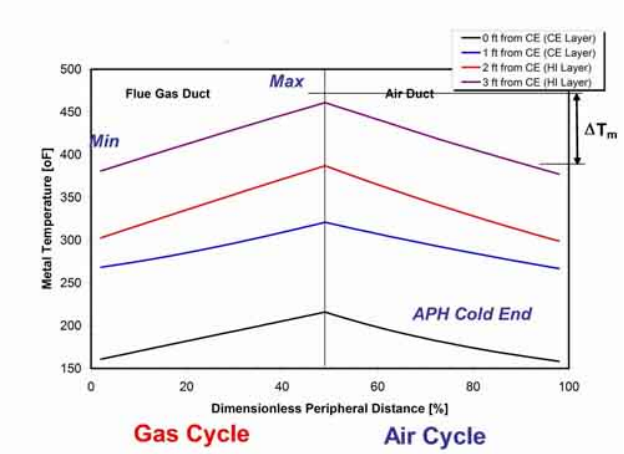
صفحات انتقال حرارت در لانگستروم به شکل ورق‌های صاف یا شکل‌داده شده به فرم چین‌دار، شیاردار و غیره هستند که گذرگاه‌های عبور هوا درون لانگستروم را تشکیل می‌دهند. صفحات انتقال حرارت به منظور افزایش انتقال حرارت و کاهش مقدار افت فشار طراحی شده اند. به عنوان یک تقریب، سطح انتقال حرارت در یک اینچ از طول یک لانگستروم استاندارد با دو فوت از یک گرم‌کن لوله‌ای با مقاومت برابر در مقابل جریان سیال برابری می‌کند. آرایش فشرده از صفحات فلزی سطح بسیار زیادی را برای انتقال حرارت در یک روتور نسبتا کوچک بوجود می‌آورد. به طور معمول سطح انتقال حرارت به دو یا چند لایه محوری تقسیم می‌شود که مزایای این لایه‌بندی عبارت است از:

Archive of SID

www.SID.ir

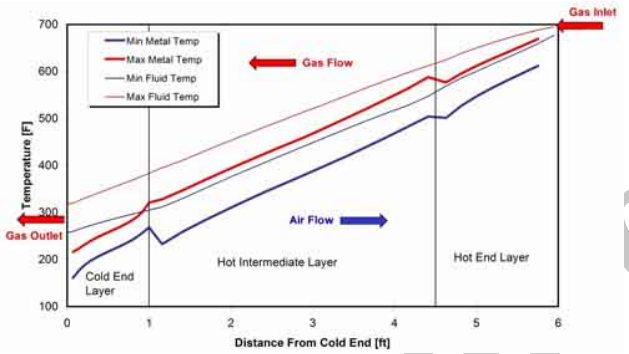
- بخش انتهای سرد معمولا به طول ۱۲ اینچ است که براحتی می‌توان این لایه را بعد از آسیب خوردگی یا انسداد شدید جایگزین کرد.
- به منظور برآورده کردن نیازهای هر قسمت، سطوح مختلف انتقال حرارت می‌تواند در لایه‌ها مختلف استفاده شود. علاوه بر این می‌توان وزن فلزات هر لایه متفاوت باشد،به عنوان مثال در لایه سرد از فلزات سنگین‌تر استفاده می‌شود.
- در هر لایه از مواد مختلف برای جلوگیری از رسوب و یا خوردگی که با توجه شرایط مختلف هر لایه و درجه حرارت گاز دودکش وجود دارد، می‌تواند استفاده شود.

با توجه به مطالب ذکر شده، عواملی چون خوردگی و رسوب که باعث گرفتگی کانال‌های عبور هوا در لانگستروم می شود، کاهش بازده این سازه را سبب می‌شود. ازینرو، جهت بررسی هر چه بهتر این پدیده‌ها، بررسی توزیع دما در صفحات فلزی لانگستروم می‌تواند به حل و ارائه راهکارها جهت افزایش بازده کمک کند. در شکل ۱ توزیع دمای متوسط در قسمت جریان هوای تازه و گاز خوروجی از کوره در یک لانگستروم به عنوان نمونه نشان داده شده است. آنچه در شکل نمایان است صفحات فلزی لایه‌های مختلف در اثر مجاورت با گاز گرم خروجی از کوره گرم می شوند و به دلیل چرخش لانگستروم (سرعت چرخش لانگستروم در حدود ۲ تا ۳ دور در دقیقه می-باشد) بین دو کانال، که یک کانال در مجاورت هوای تازه و یک کانال جهت خروج گازهای حاصل از احتراق در کوره می باشد، این صفحه‌های فلزی گرم در مجاورت جریان هوای تازه به کوره قرار می‌گیرند و از این جهت باعث گرم شدن هوا می‌شوند و به همین دلیل از دمای صفحات فلزی کاسته می‌شود.



شکل ۱- توزیع دما در مجرای عبور هوای تازه و گاز خروجی حاصل از احتراق در فواصل مختلف از لایهسرد در لانگستروم

این فرایند به صورت مداوم در پروسه پیش‌گرم کردن هوای احتراق وجود دارد و دمای صفحات در لایه‌های مختلف به دلیل چرخش بین گاز گرم و هوای تازه مدام در حال تغییر است. از اینرو، شناخت این دو مسئله که گرادیان دمایی بوجود آمده در هر نقطه از لانگستروم و دمای هر لایه از این صفحات به چه میزان است و همچنین گاز خروجی چه مشخصات شیمیایی دارد که باعث ایجاد مشکل شود، می‌تواند در بررسی شرایط تشکیل رسوب، خوردگی و گرفتگی لایه‌ها و بسکت‌های موجود در لانگستروم کمک کند. در شکل ۲ مقدار توزیع دما در گاز و هوای ورودی و اختلاف آن‌ها با دمای صفحات نشان داده شده است، در این شکل تغییرات دمای صفحات فلزی سه لایه موجود درون لانگستروم، انتهای سرد، گرم میانی و انتهای گرم مشخص است. همانطور که بیان شد این توزیع در اثر چرخش لانگستروم بین دو جریان گرم (گاز خروجی از کوره) و سرد (هوای تازه وارد شده به کوره) بوجود می‌آید[۱].



شکل ۲- توزیع دمای بیشینه و کمینه صفحات فلزی و سیال در لایه‌های مختلف لانگستروم

اهمیت بررسی این توزیع دما زمانی بیشتر می‌شود که شرایط بوجود آمدن اسید درون صفحات لانگستروم در لایه های مختلف نیز مطالعه شود. تشکیل اسید از گازهای خروجی حاصل از احتراق از عوامل خوردگی فلز است و باعث گرفتگی مجراهای موجود در بسکت‌های می‌شود[۲].

تشکیل و رسوب اسید سولفوریک

در اثر مجاورت تراکسید سولفور(SO_3) با بخار آب درون بویلر،اسید سولفوریک (H_2SO_4) به شکل بخار تشکیل می‌شود. در محدوده‌ی دمایی ۶۰۰ تا ۶۶۰ درجه فارنهایت، SO_3 و H_2SO_4 هر دو درون گاز خروجی از بویلر وجود دارد، اما H_2SO_4 غالب‌تر است. پایین‌تر از دمای ۶۰۰ درجه فارنهایت، تقریباً تمام SO_3 به H_2SO_4 تبدیل می‌شود.

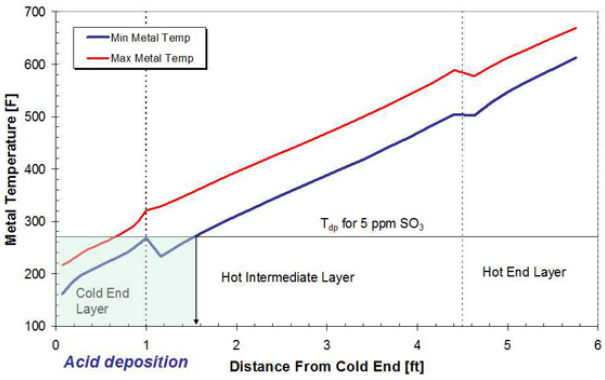
Archive of SID

www.SID.ir

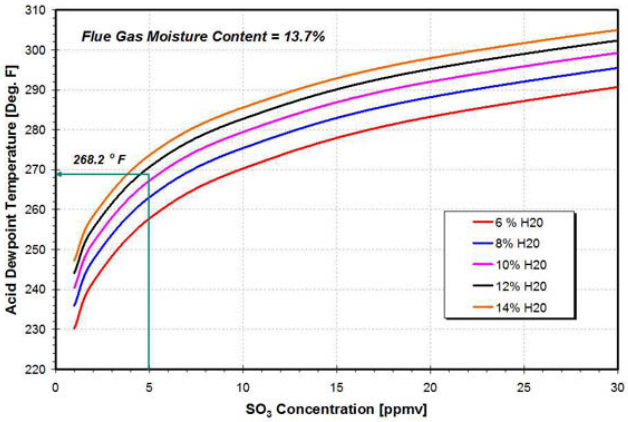
SO_3 در ابتدا با واکنش دی‌اکسید سولفور(SO_2) با اکسیژن (O) در ناحیه بعد از شعله در کوره بوسیله‌ی اکسیداسیون SO_2 با مولکول اکسیژن در مسیرهای عبور در بویلر تشکیل می‌شود. مقدار تشکیل اسید سولفوریک وابسته به مقدار اکسیژن اضافه است. در اثر هوای اضافه کم‌تر، SO_3 کمتر تشکیل می‌شود و به صورت کلی رابطه SO_3 با O_2 تقریباً به صورت خطی است. در کنار هوای اضافه، عوامل دیگر نیز در تشکیل SO_3 وجود دارد، مقدار سولفور موجود در سوخت، مساحت سطح کانال عبور گاز و دمای گاز و لوله‌ها از دیگر عوامل تشکیل SO_3 وجود دارد. بنابراین، یک نوع احتراق در دو واحد بویلر مختلف، یا در یک واحد تحت شرایط بهره‌برداری مختلف، می‌تواند مقادیر مختلفی از تشکیل SO_3 را نتیجه دهد.

در این میان لانگسترو نیز به عنوان یک متغیر جدید در دمای گاز خروجی نقش دارد. بدون در نظر گرفتن غلظت SO_3، دمای متوسط گاز، سرعت چرخش لانگستروم و ضخامت پروفیل‌ها لانگستروم می‌تواند باعث شود که دمای گاز خروجی در لایه سرد پایین‌تر از نقطه شبنم تشکیل اسید سولفوریک قرار بگیرد و درنتیجه اسید سولفوریک بر روی صفحات انتقال حرارت در لانگسترم چگالش یابد. اگر دمای صفحات انتقال حرارت و گاز خروجی پایین‌تر از نقطه شبنم تشکیل اسید قرار بگیرد، شروع چگالش اسید رخ می‌دهد.

به عنوان مثال در شکل ۳ حدود ۱۷ اینچ از لایه‌های لانگستروم در زیر نقطه شبنم قرار دارد، این شکل برای SO_3 با غلظت حدود 5 ppm رسم شده است که با توجه به این غلظت، نقطه شبنم تشکیل اسید در حدود ۲۶۸/۲ فارنهایت و رطوبت هوا ۱۳/۷٪ می‌باشد. در شکل ۴ نقطه شبنم تشکیل اسید سولفوریک برای غلظت‌های مختلف آب رسم شده است[۳و ۴].

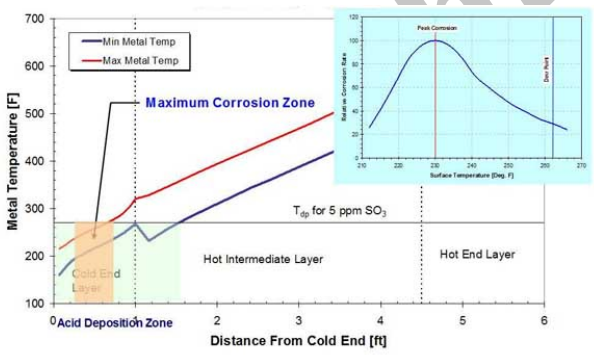


شکل ۳- قسمتی از دمای صفحات فلزی لانگستروم که دمای آن پایین‌تر از نقطه شبنم تشکیل اسید سولفوریک قرار می‌گیرد.



شکل ۴- نقطه شبنم تشکیل اسید سولفوریک با توجه به غلظت آب در گاز حاصل از احتراق

باید توجه شود در قسمتی از لایه‌های لانگستروم که دمای آن‌ها پایین‌تر از نقطه شبنم تشکیل اسید است، در نواحی که دما ۳۰ درجه فارنهایت کمتر از این نقطه است بیشترین خوردگی رخ می‌دهد. این بیشترین نرخ خرابی به دلیل بالارفتن نرخ تشکیل اسید در این نقاط می‌باشد، نرخ چگالش اسید سولفوریک بر روی ورق‌های فلزی لانگستروم وابسته غلظت SO_3 و اختلاف دمای بین نقطه شبنم اسید و فلز است. در شکل ۵ این ناحیه که در آن بیشترین خوردگی رخ می‌دهد نشان می‌دهد.



شکل ۵- ناحیه‌ای از لایه سرد که بیشترین خوردگی در آن رخ می‌دهد

نتیجه‌گیری

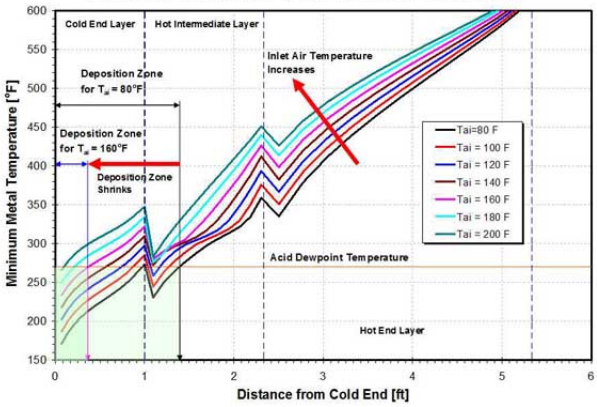
در بخش قبل نحوه تشکیل اسید سولفوریک و نواحی که بیشترین خرابی در آن رخ می‌دهد بیان شد. یکی از مشکلات نیروگاه بخار بندرعباس همانند دیگر نیروگاه‌هایی که از سوخت فسیلی سنگین استفاده می‌کنند، خوردگی و از بین رفتن پروفیل‌های بسکت‌های لایه‌های مختلف لانگستروم می‌باشد. استفاده از سوخت‌هایی که غلظت بسیار بالای سولفور در آنها

Archive of SID

www.SID.ir

باعث ایجاد مشکلات متعدد در لانگسترم و کاهش بازده این سازه می‌شود که در نتیجه هم باعث کاهش بازده کلی نیروگاه و تحمیل هزینه بسیار بالا برای تعویض بسکت‌ها می‌شود. پیش-گرم کردن هوای احتراق باعث افزایش بازده بویلر در نتیجه ی احتراق مناسب صورت می‌گیرد.

در نیروگاه بخار بندرعباس پیش از لانگستروم از پیش‌گرم‌کن-های هوا در جریان هوای تازه ورودی به لانگستروم استفاده می-شود تا همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود دمای صفحات فلزی بالاتر از نقطه تشکیل شبنم قرار بگیرد و از اثرات تخریب تشکیل اسید کاسته شود. در عمل شیر ورودی بخار داغ به این پیش گرم‌کن‌ها تا انتها باز می‌باشد اما هوا به اندازه‌ای که باید دمای صفحات فلزی لانگستروم را در محدوده‌ی امن قرار گیرد، گرم نمی‌شود. از اینرو باید در بازه‌ی پیش‌گرم‌کن‌های هوا مطالعه‌ی کاملی صورت پذیرد.



شکل ۶- تاثیر افزایش دمای هوای ورودی بر روی صفحات فلزی لانگستروم

مراجع

[1] J. of Engineering, Computing and Architecture, Juangjandee P., Sucharitakul T, Performance Analysis of Primary Air Heater Under Particulate Condition in Lignite-Fired Power Plant, 2,2007

[2] Power magazine, Power 101,Improving the Performance of Boiler Auxiliaries

[3] Consol R&D library, Joseph T. Maskew, Burton L. Marker ,evaluation of air heater performance and the accuracy the resualt,p2-20,20,1998

[4] ERC: European Resarch Council

Archive of SID

www.SID.ir