راه‌کارهای بهبود عملکرد ژونگستروم برای افزایش راندمان بویلر

امیر توکلی
a.tavakoli.d@gmail.com

محمد مهدی زاده
m.mehdizadeh@me.iut.ac.ir

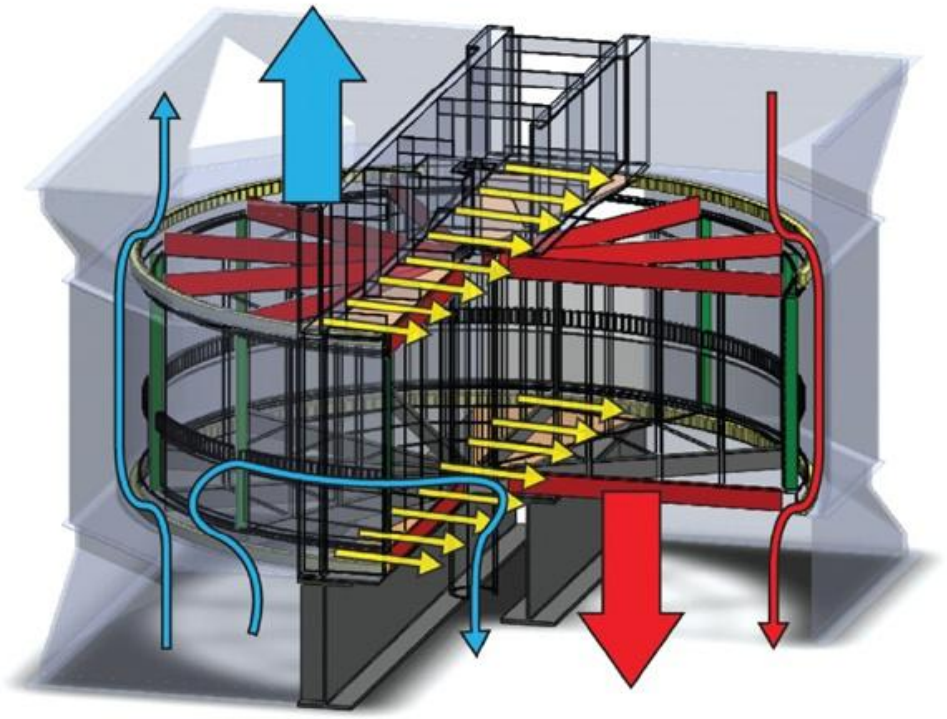
چکیده

پیش گرم کن هوا یکی از اساسی ترین قسمتهای بویلر با سوخت فسیلی است. ارزیابی و بهینه کردن عملکرد آن می تواند نقش اساسی در بهره وری بویلر داشته باشد. کاهش نشتی های داخل آن، با استفاده از سیستمهای آب‌بندی مدرن نیز می تواند در کیفیت هوای احتراق، راندمان احتراق و عملکرد مناسب فن هوا موثر باشد. وجود ژونگستروم در یک بویلر بزرگ تا ۱۰٪ در راندمان آن تأثیر دارد. عملکرد ژونگستروم به قدری حیاتی است که اگر دمای گاز خروجی تا ۱۰°F (۶ °c) تغییر کند می تواند صدها تا هزاران دلار در سال در قیمت سوخت مصرفی بویلر تأثیر بگذارد. مزیت اساسی ژونگستروم در این است که نسبت به سایر هیترها کمترین قیمت را دارد. نشتی های داخل ژونگستروم بیشترین تأثیر را در عملکرد آن دارد. خوردگی و رسوب گرفتگی ژونگستروم، تشکیل ترکیبات شیمیایی از قبیل سولفات آلومینیوم و... نیز علاوه بر اینکه مصرف انرژی را افزایش می دهد در افزایش اختلاف فشار دو طرف آن موثر بوده و هوای مورد نیاز بویلر را محدود می کند که این خود بر عملکرد F.D. Fan نیز تأثیر می گذارد.

کلمات کلیدی: ژونگستروم ، بویلر ، نیروگاه ، بهبود راندمان ، نشتی ژونگستروم

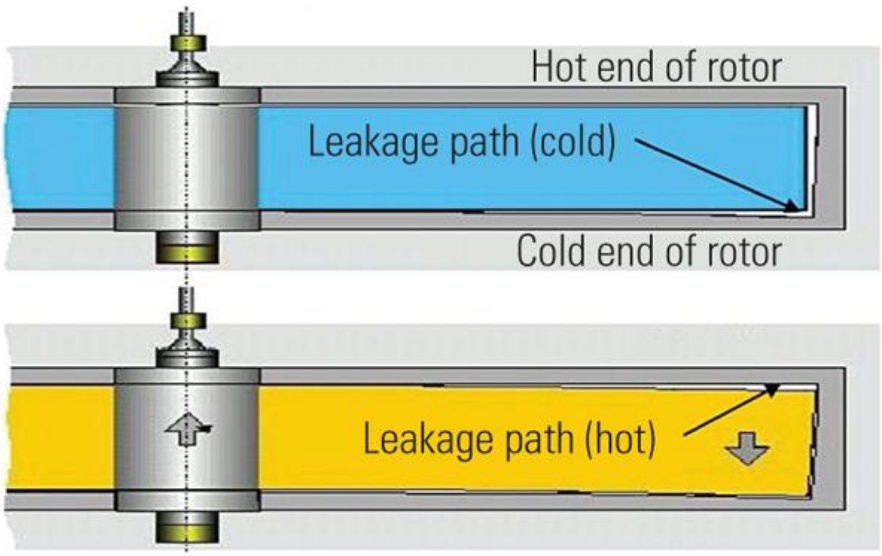
۱- تحلیل عملکرد ژانگستروم

عملکرد یک ژونگستروم در شکل ۱ نشان داده شده است. مسیر عبور هوا در این شکل با فلش‌های آبی رنگ و مسیر عبور دود با فلش‌های قرمز رنگ نشان داده شده است. فلش آبی رنگ سمت چپ نشان دهنده نشت هوا از اطراف ژونگستروم بوده، بدون اینکه تبادل حرارتی داشته باشد. فلش آبی رنگ پایین شکل نشان دهنده نشت هوا به مسیر دود بوده که بدون اینکه در بویلر مورد استفاده قرار گیرد، همراه با دود خارج می شود . این موضوع از یک طرف موجب کاهش هوای احتراق شده و از طرف دیگر پس از تماس با دود، دمای آن افزایش یافته همراه با دود تلف می شود. فلش‌های با رنگ زرد که در بالای شکل نشان داده شده، بیان کننده نشت هوای گرم به داخل مسیر دود می باشد این هوای گرم از یک طرف موجب کاهش هوای احتراق شده و از طرف دیگر پس از جذب انرژی از دود، مجدداً وارد مسیر دود شده از سیستم خارج می‌شود. فلشهای با رنگ زرد که در پائین شکل نشان داده شده، بیان کننده نشت هوای سرد به داخل مسیر دود و خروج آن از سیستم است. این مورد فقط باعث افزایش هوای مورد نیاز بویلر می شود.



شکل ۱. عملکرد ژونگستروم

عموماً بین ۵۰ تا ۶۰ درصد انرژی دودهای ورودی به ژونگستروم جذب شده و مورد استفاده قرار می گیرد. عملکرد این گونه از ژونگستروم ها ، همانطور که قبلاً نیز بیان شد، می تواند تا ۱۰٪ در راندمان بویلر موثر باشد. آب بندی این سازه دینامیکی (به دلیل قطر زیاد آن، که در بعضی موارد تا ۱۸ متر نیز می رسد) اساساً کار مشکلی است. انبساط و انقباض های شعاعی سمت گرم و سرد روتور پس از راه اندازی نیز مزید بر علت است. همانطور که در شکل ۲شکل ۲ نشان داده شده است. این انبساط و انقباض ها می تواند تا ۳ اینچ نیز برسد.



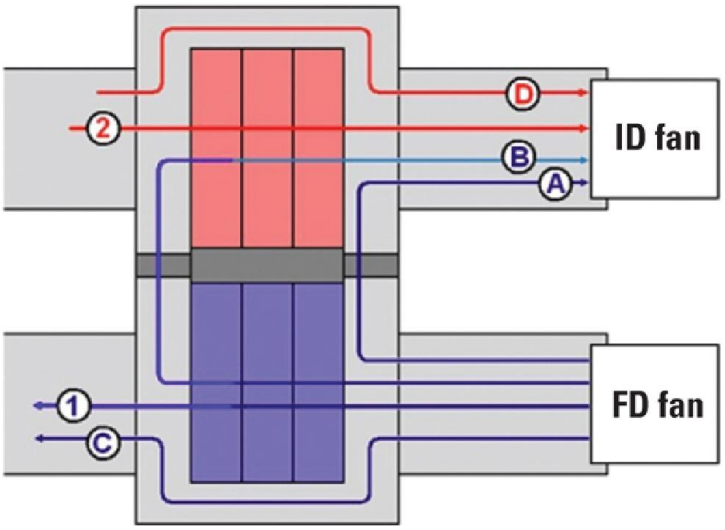
شکل ۲. انبساط و انقباض ها در ژونگستروم

علاوه بر انبساط و انقباض های محیطی، انبساط و انتقباض های طولی نیز باید مد نظر قرار گیرد. وجود آب بندها (Seals) نیز به گونه‌ای باید باشد که از یک طرف ممانعتی برای چرخش محور بوجود نیاورد و از طرف دیگر بتواند آب بندی مناسبی برای جلوگیری از نشت ایجاد کند.

۲- تأثیر سیستمهای آب بندی ژونگستروم در افزایش راندمان بویلر

مسیرهای عبور هوا و دود به وضوح در شکل ۳ نشان داده شده است. در این شکل مسیرهای ۱، ۲، A، B، C، D مشخص است. توضیحات مربوط به این مسیر ها در جدول ۱ آمده است.

مسیرهای C و D بر انتقال حرارت و در نتیجه بر نرخ حرارتی (Heat rate) بویلر تأثیر می گذارد. مسیرهای A و B موجب افزایش دبی دود شده و در عمل از کارایی F.D.Fan می‌کاهد.



شکل ۳. مسیر های عبور هوا و دود

جدول ۱. شرح مسیر های عبور دود و هوا

مسیر	شرح
۱	مسیر عبور هوا قبل از گرم شدن و پس از آن
۲	مسیر عبور دود قبل از سرد شدن و پس از آن
A	نشت هوا به مسیر دود بدون گرم شدن(مسیر شعاعی)
B	نشت هوا به مسیر دود پس از گرم شدن(مسیر شعاعی)
C	نشت هوا به مسیر اصلی خود بدون گرم شدن (مسیر محیطی)
D	نشت دود به مسیر اصلی خود بدون سرد شدن(مسیر محیطی)

۳- نشتی های مربوط به ژونگستروم

نشتی های مربوط به ژونگستروم مشتمل بر دو نوع هستند که به طور مختصر در مورد آنها توضیح داده خواهد شد:

الف) نشتی های محیطی(مسیرهای CوD)

این نشتی ها، همانطور که از اسم آنها پیداست از محیط ژونگستروم (فاصله بین روتور و پوسته) به بیرون نشت می‌کنند. دودهای نشتی از محیط ژونگسروم (مسیر D) بدون اینکه تأثیری در افزایش دمای هوا داشته باشند، مجدداً وارد مسیر دود می شوند . در اینجا چون این دودها سرد نشده اند ، از یک طرف باعث کاهش راندمان شده و از طرف دیگر به دلیل افزایش دمای دود خروجی از ژونگستروم موجب افزایش حجم شده و طبیعتاً اگر I.D.Fan به کار رفته باشد، تأثیر منفی بر عملکرد آن دارد و موجب کاهش راندمان می شود. هوای نشتی از مسیر C نیز مشابه توضیحات قبلی، بدون گرم شدن، از محیط ژونگستروم وارد مسیر اصلی هوا می شود. محاسبه میزان نشتی‌های محیطی، چه برای هوا و چه برای دود، عملاً کار مشکلی است. راه ساده و موثر برای این اندازه گیری ها وجود ندارد. عواملی که در میزان این نشتی ها موثرند عبارتند از: فاصله بین سیستمهای آب بندی محیطی به کار رفته در روتور و اختلاف فشار ورودی و خروجی مسیر گاز (هوا یا دود) در ژونگستروم.

ب) نشتی های شعاعی (مسیرهای B و A)

این نشتی ها عموماً از مسیر هوا به دود است. به عبارت دیگر هوایی که از F.D.Fan عبور کرده بدون اینکه در احتراق شرکت نماید وارد I.D.Fan می شود . از یک طرف انرژی F.D.Fan و از طرف دیگر انرژی I.D.Fan را افزایش می دهد . ضمناً هوای عبوری از مسیرB نیز مقداری گرم شده و عملاً مورد استفاده واقع نشده است. مطلب مورد توجه دیگر اینکه تغییر در سوخت و شرایط بهره برداری طی سالیان متمادی ، موجب تغییرات نقطه کار F.D.Fan می شود. در بارهای کامل اگر ۱٪ دبی گاز عبوری از یک فن افزایش یابد، بار مصرفی آن نیز ۳ درصد افزایش می‌یابد.

معایب ناشی از نشتی های شعاعی عموماً بر دو قسمت هستند اول تلفات حرارتی ناشی از نشت هوای گرم خروجی از مسیر هوا به مسیر دود (مسیر B) و دوم افزایش توان مصرفی فن ها (حتی اگر I.D.Fan نیز وجود داشته باشد توان مصرفی آن هم افزایش می یابد).

بر مبنای کد تست های کارایی (Performance test code) استاندارد ASME ، فرض بر این است که تمام نشتی های شعاعی در مسیر سرد (یعنی مسیر A) اتفاق می افتد. علیرغم اینکه در عمل این نشتی ها در مسیر B نیز وجود دارد. تعیین میزان نشتی مسیرهای A و B اگر چه مشکل است ولی با یک نسبت ۶۰٪ و ۴۰٪ می‌توان تخمین زد. به عبارت بهتر ۶۰٪ کل اختلاف فشاری که موجب بروز نشتی در مسیر A می شود به مراتب بیشتر از اختلاف فشار موثر بر نشتی در مسیر B است. همچنین دانسیته هوا در مسیر A نیز بیشتر از مسیر B است. برای محاسبه راندمان ژونگستروم می توان از اختلاف انتالپی ها استفاده کرد. بدین مفهوم که افزایش انتالپی هوای عبوری تقسیم بر کاهش انتالپی دود می تواند شاخصی از بهره وری ژونگستروم باشد.

سایر اشکالات ناشی از نشتی ها مربوط به رسوب گذاری و خوردگی ناشی از دودها در ژونگستروم می باشد که باعث کاهش سریع انتقال حرارت و بروز خسارت به سیستمهای آب بندی می‌شود. این رسوبها به صورت ترکیباتی از سیلیسیم و آلومینیوم روی جداره ها ظاهر می شود. اهمیت سرعت ناشی از حرکت دود شاید حدود ۳ برابر بیشتر از رسوب گذاری است. وجود جریان غیر یکنواخت دود و سرعت بالای آنها موجب خوردگی شدید سبدهای داخل ژونگستروم می شود که در شکل ۴ مشخص شده است.

شکل ۴. خوردگی شدید سبدهای داخل ژونگستروم

همچنین لازم است به اغتشاشات ناشی از وجود پره های هدایت کننده به ژونگستروم توجه خاص معطوف شود.

برای ارزیابی ژونگستروم لازم است که دمای ورودی و خروجی دود و هوا و همچنین میزان اکسیژن موجود در دود (قبل و بعد از ژونگستروم) در دسترس باشد کد ASME PTC4.3 مرتبط با CO_2 موجود در دود قبل و بعد از ژونگستروم می باشد و به سادگی مقدار آن قابل اندازه گیری است. تغییرات CO_2 می تواند بیانگر نشتی های شعاعی ژونگستروم باشد و ربطی به نشتی های محیطی ندارد.

۴- راهکارهای کاهش نشت

یک روش اقتصادی و ساده برای کاهش میزان نشت در ژونگستروم تعویض سیستم‌های آب بندی با سیستم‌های جدید است بدین منظور می توان آب بندهای شعاعی را به گونه ای تنظیم کرد که حداقل فاصله را بین قطعات ثابت و متحرک ایجاد نماید. همچنین برای آب بندی بهتر در محیط (اطراف) ژونگستروم می توان از سیستمهای آب

بندی که تماس کافی بین قطعات ثابت و متحرک ایجاد می نماید استفاده کرد. با این کار می‌توان تا ۵۰٪ از نشتی ها را کاهش داد. نمونه ای از این سیستمهای آب بندی در شکل ۵ نشان داده شده است.

شکل ۵. نمونه ای از سیستمهای آب بندی ژونگستروم

در سمت چپ شکل، سیستم آب بندی قبلی و در سمت راست شکل سیستم آب بندی جدید نشان داده شده است. در سیستم جدید خاصیت فنری صفحات به کار رفته موجب می شود که حداقل فاصله بین قطعات ثابت و متحرک حفظ شود که به تبع آن میزان نشتی های محیطی به مقدار قابل ملا حظه ای کاهش می یابد.

سیستمهای آب بندی شعاعی در مقایسه با محیطی تأثیر کمتری در کاهش میزان نشتی ها دارند که در شکل ۶شکل ۶ نشان داده شده است.

شکل ۶. سیستمهای آب بندی شعاعی ژونگستروم

در شکل ۷ سیستمهای آب بندی محیطی جدید و در شکل ۸ سیستمهای آب بندی قدیمی به کار رفته در ژونگستروم نشان داده شده است.

شکل ۷. سیستمهای آب بندی محیطی

شکل ۸. سیستمهای آب بندی قدیمی

۵- تأثیر کاهش دمای گازهای خروجی از ژونگستروم

برای کاهش مصرف سوخت، دمای گازهای خروجی از ژونگستروم باید کاهش یابد. این کاهش دما اگر از حد معینی فراتر رود موجب رسیدن به نقطه شبنم و تشکیل اسید در ژونگستروم شده، که نهایتاً خوردگی را به دنبال

خواهد داشت. چنانچه ماکزیمم انتقال حرارت در ژونگستروم اتفاق بیفتد، مینیمم درجه حرارت خروجی در ژونگستروم ملاحظه می شود. دو روش عمده برای انجام این کار وجود وارد که عبارتند از:

۱- افزایش عمق المانهای انتقال حرارت

۲- تغییر سرعت دورانی ژونگستروم با تغییرات سرعت دوران لازم است فواصل زمانی تمیز کردن سبدهای ژونگستروم نیز مورد بررسی قرار گیرد.

energyenergy.ir