A-PDF Watermark DEMO: Purchase from www.A-PDF.com to remove the watermark

بسم الله الرحمن الرحیم

mohandes-iran.com

http://www.mohandes-iran.com

شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران

عنوان دوره:

اصول عملکرد، راه‌اندازی و کاربرد بهینه انواع بویلر ها در پالایشگاه

mohandes-iran.com

اردیبهشت ۱۳۹۰

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل ۱ انواع بویلرها ۱

۱-۱. مقدمه ۲

۱-۲. بخار ۲

۱-۳. بویلرهای فایرتیوب ۴

۱-۴. بویلرهای واترتیوب ۵

۱-۵. دسته‌بندی‌های دیگر ۸

۱-۵-۱. بر اساس صاف یا خمیده بودن لوله‌ها ۹

۱-۵-۲. بر اساس نحوه گردش آب ۱۰

۱-۵-۳. بر اساس نوع سوخت مصرفی ۱۰

۱-۵-۴. بر اساس نوع منبع حرارتی ۱۱

۱-۵-۵. بر اساس فشار عملیاتی ۱۲

فصل ۲ سیستم عملکرد ۱۳

۲-۱. مقدمه ۱۴

۲-۲. سیستم جریان آب و بخار ۱۶

۲-۳. سیستم حفظ کیفیت آب بویلر ۱۹

۲-۴. سیستم احتراق ۲۲

۲-۵. سیستم عبور گازهای حاصل از احتراق ۲۳

فصل ۳ اجزاء بویلر ۲۴

۳-۱. تجیزات مرتبط با جریان آب و بخار ۲۵

۳-۱-۱. مخزن هواگیری ۲۵

۳-۱-۲. پمپ تغذیه ۲۵

۳-۱-۳. گرمکن اولیه یا اکونومایزر ۲۶

mohandes-iran.com

http://www.mohandes-iran.com

مهندس ایران

mohandes-iran.com

۳-۱-۴. مخزن بخار (Steam drum) ۲۸
۳-۱-۵. لوله‌های آب بویلر ۳۰
۳-۱-۶. سوپرهیترها ۳۱
۳-۱-۷. ری‌هیترها (دی‌هیتر) ۳۲
۳-۱-۸. Test pipe ۳۳
۳-۱-۹. Blow down ۳۴
۳-۱-۱۰. سایر تجهیزات مرتبط با جریان آب و بخار ۳۵
۳-۱-۱۰-۱. مخزن خوراک ورودی آب DM ۳۵
۳-۱-۱۰-۲. مخزن لجن (Mud drum) ۳۵
۳-۱-۱۰-۳. Blowdown separator ۳۵
۳-۱-۱۰-۴. Blow tank ۳۵
۳-۱-۱۰-۵. بخش مواد شیمیایی ۳۵
۳-۲. تجهیزات مرتبط با احتراق و مسیر احتراق ۳۶
۳-۲-۱. محفظه احتراق یا بخش تابشی ۳۶
۳-۲-۲. بخش جابجایی ۳۷
۳-۲-۳. دودکش (Stack) ۳۸
۳-۲-۴. مشعل ۳۸
۳-۲-۴-۱. مشعل‌های گازسوز ۳۹
۳-۲-۴-۲. مشعل‌های با سوخت مایع ۳۹
۳-۲-۵. فن‌های مکنده، دمنده و ترکیبی ۴۰
۳-۲-۶. پیش‌گرم‌کن هوا (Air preheater) ۴۱
۳-۲-۷. دمنده‌های دوده (soot blower) ۴۱
۳-۲-۸. سایر تجهیزات مرتبط با محفظه احتراق ۴۲
۳-۲-۸-۱. مسیر فرعی اکونومایزر ۴۲
۳-۲-۸-۲. کانال ورودی هوا ۴۳
۳-۲-۸-۳. کانال هوا و رجیستر ۴۳
۳-۲-۸-۴. کانال گاز خروجی (Gas Duct) ۴۳
۳-۲-۸-۵. Damper Valve ۴۳
۳-۳. تجهیزات مرتبط به سوخت ۴۴
۳-۳-۱. مخازن سوخت ۴۴
۳-۳-۲. پمپ های انتقال سوخت مایع ۴۴
۳-۳-۳. سیستم گرمایش سوخت مایع ۴۴
۳-۳-۴. خطوط انتقال هوا یا بخار اتمایزکننده ۴۵
۳-۳-۵. تبخیرکننده سوخت مایع ۴۵

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com
مهندس ایران
mohandes-iran.com

۳-۳-۶. خطوط انتقال سوخت ۴۵
۳-۳-۷. صافیها (مایع و گاز) ۴۶
۳-۳-۸. مخلوط کننده یا mixer ۴۶
۳-۳-۹. سیستم جرقه زنی یا igniter ۴۶
۳-۴.سایر تجهیزات ۴۷
۳-۴-۱. شیر تخلیه آب دیوار ۴۷
۳-۴-۲. پوشش‌ها و عایق‌های بویلر ۴۷
۳-۴-۳. جمع‌کننده مایعات کندانس‌شده ۴۷
۳-۴-۴.نمایش‌دهنده سطح مایع در مخزن بخار ۴۸
۳-۴-۵. شیرهای تخلیه (Drain valve) ۴۸
۳-۴-۶. Flame detector ۴۸
۳-۴-۷. شیرهای قطع جریان (Safety Shutoff Valve) ۴۹
۳-۴-۸. دریچه آدم‌رو (Manhole) ۴۹
۳-۴-۹. دریچه peephole ۵۰
۳-۴-۱۰. صدا خفه‌کن (Silencer) ۵۰

فصل۴ کنترل ۵۱

۴-۱. مقدمه ۵۲
۴-۲. کنترل ارتفاع مایع در مخزن بخار ۵۲
۴-۳. کنترل فشار بخار در هدر اصلی ۵۴
۴-۴. کنترل دمای سوپرهیت ۵۵
۴-۵. کنترل مقدار جریان هوا ۵۷
۴-۶. حفظ کیفیت آب بویلر و کنترل Blow down ۵۷

فصل۵ راه‌اندازی، از سرویس خارج کردن و نگهداری سامانه ۵۹

۵-۱. راه‌اندازی ۶۰
۵-۲. چک و ثبت متغیرها ۶۴
۵-۳. عوامل Shutdown ۶۶
۵-۳-۱. از سرویس خارج کردن در حالت عادی ۶۸
۵-۳-۲. از سرویس خارج کردن اضطراری ۶۹
۵-۴. شرایط اضطراری ۷۱
۵-۵. آماده کردن شرایط و تحویل دادن جهت تعمیر ۷۲
۵-۶. تحویل گرفتن پس از انجام تعمیرات ۷۳

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com
مهندس ایران
mohandes-iran.com

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

فصل ۱ انواع بویلرها ۱

شکل ۱-۱. بویلر فایرتیوب ۵

شکل ۱-۲. بویلر واترتیوپ تک‌درامی ۷

شکل ۱-۳. بویلر استرلینگ با چهار درام ۸

فصل ۲ سیستم عملکرد ۱۳

شکل ۲-۱. بویلر واترتیوب دو درامه ۱۸

فصل ۳ اجزاء بویلر ۲۴

شکل ۳-۱. آرایش inline لوله‌های اکونومایزر ۲۷

شکل ۳-۲. آرایش staggered لوله‌های اکونومایزر ۲۸

فصل ۴ کنترل ۵۱

فصل ۵ راه‌اندازی، از سرویس خارج کردن و نگهداری سامانه ۵۹

mohandes-iran.com

http://www.mohandes-iran.com

مهندس ایران
mohandes-iran.com

فصل۱

انواع بویلرها

mohandes-iran.com

http://www.mohandes-iran.com

۱-۱. مقدمه

صنایع شیمیای منابع انرژی زیادی را مصرف می‌کنند تا بتوانند انرژی مورد نیاز خود را به منظور انجام بسیاری کارها از جمله به کار اندازی تجهیزات فرآیندی، تأمین انرژی حرارتی مورد نیاز برای گرم کردن مواد و... تأمین نمایند. منابع انرژی حال حاضر در جهان عمدتاً شامل سوخت‌های فسیلی، آب و باد، انرژی خورشیدی، انرژی زمین گرمایی و انرژی هسته‌ای هستند. از این میان، سوخت‌های فسیلی بیش از سایر منابع انرژی برای تهیه حامل‌های انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. معمولاً در صنایع شیمیایی، حامل‌های انرژی برق و بخار می‌باشند. بهترین راه برای آنکه بتوان از انرژی سوخت‌های فسیلی برای تولید برق و بخار استفاده کرد، سوزاندن آن است. در فرآیند سوختن، انرژی درونی به صورت حرارت آزاد می‌شود و به شکل تابش و جابجایی به محیط انتفاق می‌یابد. بویلرها و توربین‌های گازی، تجهیزاتی هستند که معمولاً برای تولید بخار و برق از طریق سوزاندن سوخت‌های فسیلی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

mohandes-iran.com

۱-۲. بخار

بخار فاز گازی مایع آب است. در واقع چنانچه آب در فشار اتمسفریک گرما جذب کند، شروع به جوشش و تولید بخار می‌نماید. با تبدیل آب به بخار، حجم آن تقریباً ۱۶۰۰ برابر می‌شود و انرژی درونی آن نیز حداقل به میزان ۶ برابر در حالت اشباع افزایش می‌یابد. گاز برخلاف مایع تراکم‌پذیر است و به راحتی می‌توان آن را فشرده نمود. این خصوصیات باعث شده تا برای اولین بار جیمز وات از بخار برای تولید کار مکانیکی استفاده کند. این ابداع آغازی برای استفاده بسیار گسترده بخار در صنعت بوده است. به طور کلی از جمله دلایلی که باعث شده از

mohandes-iran.com

بخار در صنایع شیمیایی به طور وسیع استفاده گردد، می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱- آب به طور فراوان و ارزان در دسترس بوده و ماده‌ای بی‌خطر و از دید محیط‌زیستی کاملاً بی‌ضرر می‌باشد و این یکی از علل استفاده گسترده از بخار در صنایع می‌باشد.

۲- بخار اشباع انرژی خود را در دمای ثابت منتقل می‌نماید و این به مفهوم این است که انرژی ذخیره شده در بخار اشباع را می‌توان در یک دمای ثابت و بدون آنکه دمای آن کاسته شود از آن دریافت کرد و تنها اتفاقی که در این حالت می‌افتد تغییر شکل از حالت بخار به مایع است (گرمای نهان تبخیر).

۳- در بعضی از فرآیندها بخار به عنوان جزئی از فرآیند وارد می‌گردد. از آن جمله می‌توان به برج‌های عریان‌سازی با بخار اشاره نمود.

۴- انتقال حرارت از بخار به اجسام دیگر به راحتی و به وسیله قرار دادن یک کویل در داخل و یا یک ژاکت حرارتی در اطراف آن صورت می‌گیرد. یکنواختی در انتقال حرارت از مزایای استفاده از بخار است.

۵- در مواقعی که از بخار برای حرارت دادن استفاده می‌گردد، کنترل دمای آن راحت بوده و عموماً این کار با استفاده از یک شیر کنترل که میزان دبی بخار عبوری را تغییر می‌دهد، صورت می‌گیرد.

از بخار با فشار بالا می‌توان به کمک توربین بخار، کار تولید کرد. این کار را می‌توان برای چرخاندن دستگاه‌های دواری مانند پمپ، کمپرسور، ژنراتور و... استفاده نمود.

همانطور که گفته شد بخار دارای مصارفی چون گرم کردن، انجام برخی فرآیندها، به حرکت درآوردن توربین بخار و غیره می‌باشد. در این میان به حرکت درآوردن توربین به منظور تولید توان، یکی از کاربردهای مهم بخار به شمار می‌رود. در حین این عملیات، انرژی بخار در توربین به کار تبدیل شده و بخار پس از عبور از پره‌های توربین، در یک کندانسور سرد شده و کندانس می‌شود. از آنجایی که آبی که برای تولید بخار استفاده می‌شود باید عاری از ناخالصی‌ها باشد، هزینه زیادی برای تولید آن صرف می‌شود. به همین دلیل بخار کندانس شده را دوباره وارد سیستم آب بویلر می‌نمایند تا مجدداً به بخار تبدیل شود. به عبارت دیگر قسمت زیادی از تولید

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

بخار و مصرف آن در واحدهای شیمیایی به صورت سیکل بسته است. یعنی بخار در بویلرهای واترتیوب یا HRSG تولید می‌شود و در توربین‌های بخار و مبدل‌های گرمایی و غیره مصرف شده و پس از کندانس شدن به بویلر باز می‌گردد.

برای تولید بخار، در مشعل‌های بویلرها، انرژی تابشی از شعله به سطوح داخلی محفظه احتراق انتقال می‌یابد و از تماس گازهای حاصل از احتراق با بخش‌های دیگر بویلر، حرارت به صورت جابجایی به لوله‌ها و نهایتاً آب درون آنها انتقال می‌یابد.

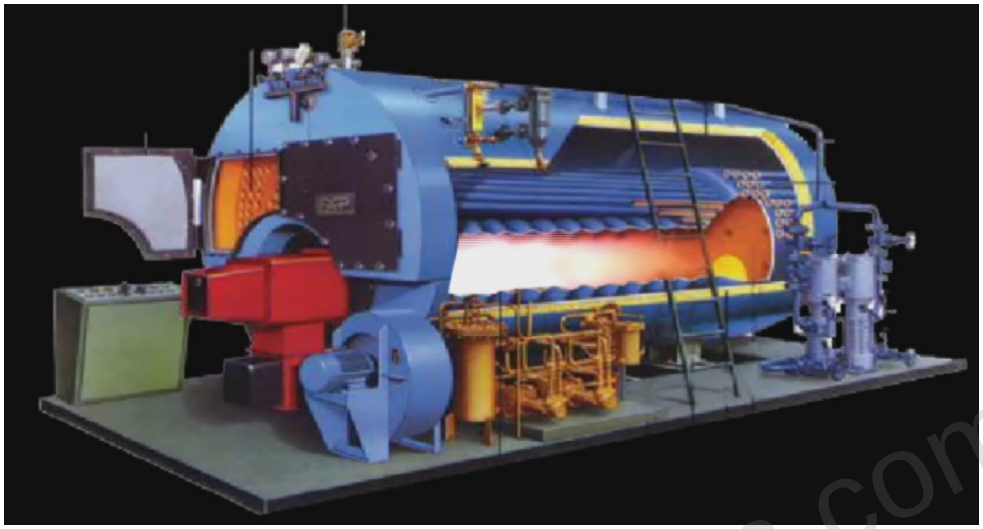
۱-۳. بویلرهای فایرتیوب

معیارهای زیادی برای تقسیم‌بندی بویلرها وجود دارد، مهم‌ترین معیار تقسیم‌بندی بویلرها بر اساس محتویات داخل لوله‌ها می‌باشد. بویلرهای فایرتیوب و واترتیوب دو نوع از این تقسیم‌بندی مهم هستند. عموماً بویلرهای فایرتیوب از یک محفظه احتراق و دیگ تشکیل شده‌اند. دیگ حاوی لوله‌هایی است که از یک طرف به آن وارد و از طرف دیگر خارج می‌گردند، بدین ترتیب بخش از فضای دیگ توسط لوله‌ها اشغال شده و باقی فضای موجود برای آب در نظر گرفته شده است. گازهای گرم حاصل از سوزاندن سوخت در محفظه احتراق وارد این دسته لوله‌ها شده و از سراسر دیگ عبور می‌کنند. در این حین انتقال حرارت بین گازهای عبوری از لوله‌ها و آب درون دیگ سبب گرم شدن آب و تولید بخار می‌گردد. در بویلرهای فایر تیوب نمی‌توان قطر محفظه احتراق را بزرگ طراحی نمود، طول محفظه احتراق را نیز از حدی بیشتر نمی‌توان در نظر گرفت. چرا که با وجود محدودیت قطر محفظه احتراق، قطر و طول مخروطی مقدار مشخصی خواهد بود. از طرفی فاصله نوک شعله تا انتهای محفظه احتراق به جهت ایجاد انتقال حرارت همگن و نیز پرهیز از ایجاد تنش حرارتی و نیز ذوب دیواره، دارای حد مشخصی است. این مشکل در نوع دیگر بویلرها که واترتیوب هستند به علت ساختار مکعبی‌شکل محفظه احتراق و نحوه قرارگیری، تعدد و نوع متفاوت مشعل‌ها کاسته می‌شود. در شکل (۱-۱) نمونه‌ای

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

از بویلر فایرتیوپ نشان داده شده است.



شکل۱-۱. بویلر فایرتیوب

۱-۴. بویلرهای واترتیوب

عموما این نوع بویلرها، از محفظه احتراق، لوله‌های بالارونده، پایین‌رونده، مخازن بخار و لجن تشکیل شده‌اند و تفاوت عمده آنها با نوع فایرتیوب در این است که آب در داخل لوله‌ها جریان داشته و جریان گاز کرم در خارج لوله‌ها می‌باشد. واترتیوب‌ها ساختمان پیچیده‌تری نسبت به نوع فایرتیوب دارند و بر اساس نوع لوله‌ها، تعداد و نحوه قرارگیری مخازن بخار و لجن ساختارهای متنوعی را شامل می‌شوند. این بویلرها به چندین روش دسته‌بندی می‌گردند. بویلرهای واترتیوب می‌تواند دارای اشکال مختلفی بر حسب اجزاء و قسمت‌های مربوط به آن باشد. به عنوان مثال لوله‌های آنها می‌تواند خمیده یا صاف بوده، نوع گردش آب به شکل طبیعی یا اجباری و موقعیت درام‌آنها عرضی یا طولی باشد. عموماً درام‌های عرضی در بویلرهای با ظرفیت بالاتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، از بین دو بویلر لوله آبی که ظرفیت یکسانی در تولید بخار دارند، آن بویلری که دارای درام عرضی می‌باشد، اندازه کوچک‌تری نسبت به نوع

http://www.mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

بادرام طولی دارد. نوعی از بویلرهای واترتیوب فاقد درام بوده و معروف به بویلرهای تک‌مسیره یا یکبار گذر (once through) می‌باشند. در این بویلرها آب در لوله‌ها فقط یک بار عبور می‌کند و معمولاً در تمامی فشارها و دماها کار می‌کنند، ولی در فشارهای بالا و فوق‌بحرانی اقتصادی‌تر هستند.

معمولاً بویلرهای واترتیوب در ظرفیت‌های بالاتری نسبت به بویلرهای فایرتیوب ساخته می‌شوند. در یک سطح انتقال حرارت تابشی یکسان، محفظه احتراق مکعبی مانند بویلرهای واترتیوب در مقایسه با شکل استوانه‌ای محفظه احتراق فایرتیوب‌ها، به فضای کمتری برای نصب نیاز دارد. به عبارت دیگر در یک بویلر واترتیوب کوچک‌تر می‌توان سطح انتقال حرارتیت مساوی با یک بویلر فایرتیوب بزرگ‌تر ایجاد نمود. از طرفی شکل محفظه احتراق مکعبی شکل، آزادی عمل بیشتری را در نحوه آرایش و جانمایی مشعل‌ها در مقایسه با فایرتیوب‌ها در اختیار طراح قرار می‌دهد.

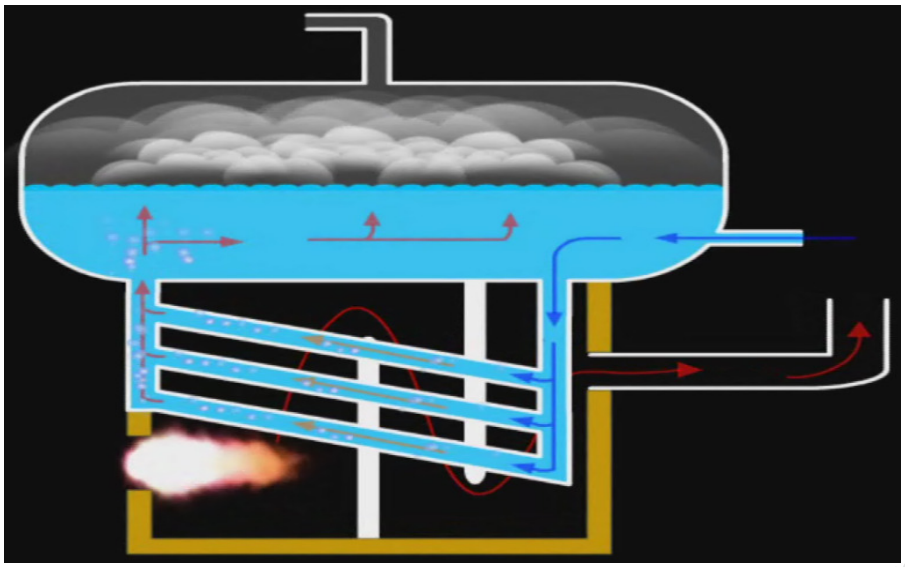
بویلرهای واترتیوب توانایی تولید بخار با فشار بالاتر را نسبت به بویلرهای فایرتیوب دارند. در بویلرها، محفظه در برگیرنده مخلوط آب و بخار باید مقاومت مکانیکی لازم جهت تحمل فشار را داشته باشد. از آنجایی که لوله‌های با قطر کمتر تحمل فشار بسیار بالاتری را در مقایسه با لوله‌های با قطر بیشتر و البته ضخامت یکسان دارد، بویلرهای واترتیوب علی‌رغم پیچیدگی بیشتر، برای تولید بخارهای فشار بالا مورد استفاده قرار می‌گیرد. معمولاً هر چقدر فشار بخار تولید بویلرهای واترتیوب بیشتر باشد، قطر لوله‌های آن نیز کمتر می‌باشد.

بویلرها واترتیوب می‌توانند از یک تا پنج درام داشته باشند:

- مطابق شکل (۱-۲) در بویلرهایی که به صورت تک‌درامی هستند، آب ورودی به بویلر از پایین مخزن از طریق یک هدر به لوله‌های شیب‌دار می‌رسد. آب در این لوله‌های شیب‌دار گرم شده و بخار تولید می‌شود. بخار تولید شده از طریق هدر دیگری به بالای مخزن وارد می‌شود. کوره در زیر لوله‌ها و مخزن قرار دارد.

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com



شکل۱-۲. بویلر واترتیوپ تک‌درامی

بویلرهای دو درامی که امروزه دارای کاربرد بیشتری می‌باشند به انواع D و O وجود دارند.

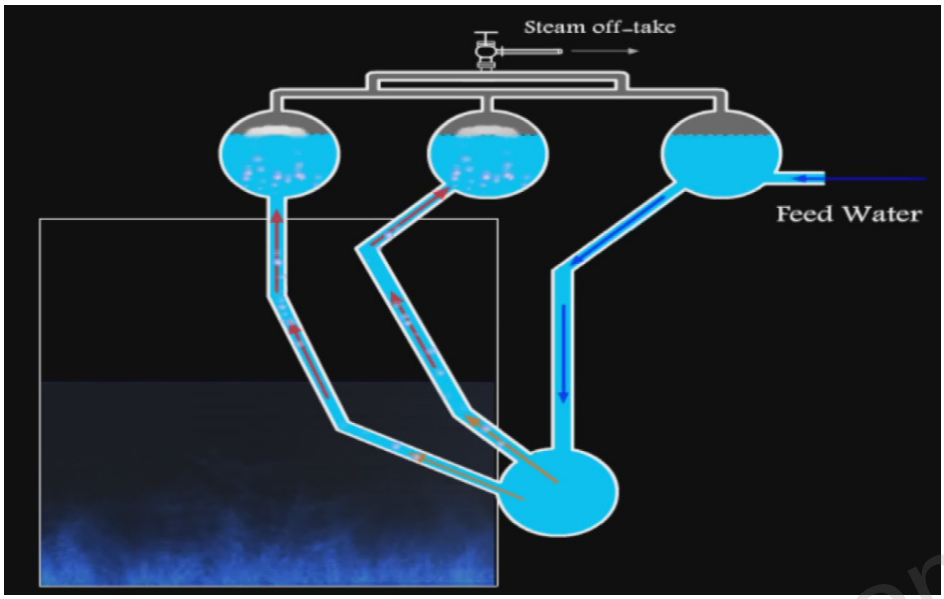
در بویلرهای D type درام‌ها در یک جهت راست یا چپ قرار گفته‌اند. عموماً مخزن بخار از مخزن لجن بزرگ‌تر بوده ولی ممکن است هم‌اندازه نیز باشند، نحوه قرارگیری لوله‌ها بین درام‌ها به شکل حرف انگلیسی D می‌باشد. در بخشی از بویلر لوله‌ها بین دو درام به شکل مستقیم نصب شده‌اند و در بخشی دیگر خمیده و به یک هدر وصل هستند، کوره بویلر در همین بخش خمیده قرار دارد.

بویلرهای لوله آبی O Type نیز شامل یک مخزن بزرگ بخار است که به صورت عمودی و به واسطه چندین لوله تولید بخار به یک مخزن آب کوچک‌تر متصل می‌باشد. اندازه آنها عموماً در حد کوچک تا متوط می‌باشد.

- بویلرهای سه درامه شامل یک درام بخار و دو درام لجن یا آب می‌باشند. نحوه قرارگیری درام‌ها به شکل حرف A می‌باشد.

بویلرها نوع استرلینگ دارای چهار یا پنج درام هستند که نحوه قرارگیری آنها در شکل (۱-۳) نشان داده شده است.

mohandes-iran.com



شکل۱-۳. بویلر استرلینگ با چهار درام

چنانچه به هر دلیلی از جمله اعمال تنش‌های حرارتی نامناسب در بویلرهای فایرتیوب، بر روی جداره محفظه احتراق ترک ایجاد گردد، مخلوط آب و بخار تحت فشار در دیگ، از این ترک خارج شده و به داخل محفظه احتراق وارد می‌گردند، که عموماً این خروج با انبساط حجم توأم بوده و ممکن است سبب انفجار دیگ کردد، این در حالی که بروز همین مشکل در نوع واترتیوب در نهایت، تنها سبب خرابی و نشتی لوله آسیب‌دیده می‌شود.

با توجه به مطالب گفته شده، بویلرهای واترتیوب در صنایع بزرگ به جهت نیاز به حجم زیاد و فشار بالاتر، کاربرد بیشتری دارند. به همین جهت در این نرم‌افزار به بررسی این نوع از بویلرها پرداخته می‌شود.

۱-۵. دسته‌بندی‌های دیگر

ممکن است بویلرها را بر اساس پارامترهایی دیگر نیز مانند نحوه گردش آب، نوع سوخت

mohandes-iran.com

مصرفی، نوع منبع حرارتی، فشار عملیاتی و غیره تقسیم‌بندی نمایند که عموماً این تقسیم‌بندی‌ها از درجه اهمیت کمتری نسبت به محتویات لوله برخوردار هستند که در ادامه توضیح مختصری از آنها بیان می‌شود

۱-۵-۱. بر اساس صاف یا خمیده بودن لوله‌ها

بویلرهای با لوله‌های صاف که ممکن است به صورت شیب‌دار و یا عمودی باشند.

نوع شیب‌دار دارای یک درام بوده که به صورت افقی نسبت به زمین قرار دارد. از زیر درام، هدرهایی به نام Downtake که لوله‌های شیب‌دار از آنها منشعب می‌گردند، خارج می‌شود. لوله‌های شیب‌دار صاف بوده و با شیبی در حدود ۵ تا ۱۵ درجه نسبت به حالت افقی در انتها و در ارتفاعی بالاتر به هدرهایی دیگر به نام uptake متصل می‌گردند. محفظه احتراق در زیر لوله‌های شیب‌دار قرار گرفته و آبی که از طریق هدرهای Downtake پایین آمده و وارد لوله‌های شیب‌دار شده را گرم می‌کند، از این رو بخشی از آب درون لوله‌های شیب‌دار پس از جذب گرما، تبدیل به بخار شده و به واسطه گردش طبیعی از طریق هدرهای uptake مجدداً وارد درام می‌شود.

لوله‌های صاف را نمی‌توان در قسمت‌هایی از دیواره که نیاز به قرارگیری اجزایی چون منهول، مشعل‌ها و یا peepHole می‌باشد، نصب نمود. لذا با توجه به این موضوع و نیز وضعیت قرارگیری لوله‌ها و مشعل‌ها در محفظه احتراق بخش‌های زیادی از محفظه احتراق فاقد لوله و یا به عبارتی سطوح انتقال حرارت برای دریافت گرما می‌باشد. از این رو مقدار زیادی از حرارت تولید شده از طریق تابشی بدون جذب مناسب اتلاف می‌گردد و راندمان بویلر پایین می‌آید. برای حل این مشکل نیاز به لوله‌های خمیده‌ای بود که بتواند با خمیده شدن و استفاده بهینه از فضای محفظه احتراق، سطح بیشتری برای انتقال حرارت تأمین نماید.

در نوع عمودی، از دسته لوله‌هایی که به صورت عمودی بر روی محفظه احتراق قرار دارند، استفاده شده است. جریان گازهای حاصل از احتراق از لابلای لوله‌ها عبور کرده و سبب تبدیل

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

آب به‌آب گرم و بخار می‌گردد. این بویلرها غالباً در اندازه‌های کوچک بوده و عملاً کاربردهای صنعتی ندارند و بیشتر از چوب به عنوان سوخت استفاده می‌کنند.

برای حل مشکل اتلاف حراتری ناشی از پایین بودن سطوح انتقال حرارت در بویلرهای با لوله‌های صاف، نوعی از بویلرهای واترتیوب با لوله‌های خمیده طراحی و ساخته شدند. به عنوان مثال در محلی که منهول وجود دارد، لوله‌ها با خمیده شدن فضای منهول را ایجاد می‌:نند و بدین ترتیب از حذف لوله‌ها در این بخش جلوگیری می‌گردد. در مجموع شکل خمیده شده لوله‌ها سبب شده تا انعطاف‌پذیری بیشتری در آرایش و جانمایی در سطوح انتقال حرارت در محفظه احتراق به دست آید.

عموماً اجزاء این نوع بویلرها نیز مشابه بویلرهای با لوله‌های صاف می‌باشد و عمدتاً اجزائی چون مخازن بخار و لجن، لوله‌های بالارونده و پایین رونده و غیره در آنها وجود دارد.

۱-۵-۲. بر اساس نحوه گردش آب

حرکت آب در لوله‌های بویلر به دو صورت می‌باشد:

۱- جریان گردش طبیعی: اساس گردش آب در این نوع اختلاف در دانسیته حاصل از تفاوت دما در لوله‌های پایین‌رونده و بالارونده می‌باشد.

۲- جریان گردش اجباری: در این نوع جریان از یک پمپ برای کمک به گردش بهتر آب در لوله‌ها و مخازن بخار و آب استفاده می‌گردد.

۱-۵-۳. بر اساس نوع سوخت مصرفی

بویلرها از انواع مختلفی از سوخت‌ها استفاده می‌نمایند. غالباً انواع سوخت‌هایی که در بویلرها استفاده می‌گردند، عبارتند از:

۱- سوخت‌های گازی یا Fuel gas

۲- سوخت مایع یا Fuel Oil

۳- سوخت جامد (زغال سنگ، چوب، تفاله نیشکر یا باگاس، ...)

۴- سوخت ترکیبی

۱-۵-۴. بر اساس نوع منبع حرارتی

بر اساس نوع منبع حرارتی بویلرها به انوع زیر تقسیم می‌گردند:

الف- بویلرهایی انرژی مورد نیاز را از سوزاندن مواد سوختی به دست می‌آورند. این مواد سوختی ممکن است به یکی از اشکال جامد، مایع و یا گاز وجود داشته باشد. به این دسته از بویلرها اصطلاحاً (Fossil Fuel Boiler) می‌گویند. در بعضی از بویلرها امکان استفاده از چند سوخت نیز وجود دارد.

ب- بویلرهایی که منبع حرارتی آنها بازیافت حرارتی می‌باشد و به اسامی چون بویلرهای بازیافت حرارت تلف شده (WHB) یا تولیدکننده‌های بخار از حرارت بازیافت شده (HRSG) معروف هستند. عموماً در این دسته از بویلرها، انرژی مورد نیاز از بازیافت حرارتی از جریان گازهای حاصل از احتراق یا گرمای حاصل از واکنش‌های شیمیایی تأمین می‌گردد. غالباً از این بویلرها در نیروگاه‌ها استفاده می‌گردد. گازهای حاصل از احتراق که به عنوان نیروی محرکه توربین‌های گازی نیروگاه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، پس از خروج از توربین حاوی مقادیر زیادی انرژی هستند که از طریق دودکش به اتمسفر وارد و اتلاف می‌گردد. از بویلرهای بازیافت حرارتی برای استفاده از این انرژی استفاده می‌گردد. عموماً این نوع بویلرها از یک درام تشکیل شده‌اند. آب سرد پس از ورود به درام و عبور از لوله‌هایی که در کانال عبوری گازهای داغ قرار دارند، حرارت جذب کرده و مخلوطی از آب و بخار تولید می‌شود. مخلوط آب و بخار مجدداً وارد درام می‌گردند و در آنجا عملیات جداسازی این دو فاز صورت می‌گیرد.

ج- بویلرهایی که منبع حرارتی آنها از انرژی الکتریکی می‌باشد.

د- بویلرهایی که منبع حرارتی آنها از انرژی اتمی می‌باشد.

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

۱-۵-۵. بر اساس فشار عملیاتی

گاهی نیز بر اساس فشار عملیایی بویلرها را تقسیم‌بندی می‌نمایند:

الف- بویلرهای با فشار زیر 200 psi که فشار پایین محسوب می‌گردند.

ب- بویلرهای با فشار بین 200-500 psi که جزو بویلرهای با فشار متوسط هستند.

ج- بویلرهای با فشار بین 500-2000 psi که در دسته بویلرهای با فشار بالا محسوب می‌شوند.

mohandes-iran.com

فصل ۲

سیستم عملکرد

mohandes-iran.com

http://www.mohandes-iran.com

۲-۱. مقدمه

در بویلرها به منظور تولید بخار، آب ابتدا وارد دستگاهی به نام هوازدا یا دی اریتور می‌شود. وجود گازهای نامحلول، مانند اکسیژن و دی‌اکسیدکربن باعث ایجاد خورندگی در لوله‌های بویلر می‌گردد، به همین دلیل باید این گازها را از جریان آب خارج نمود.

بعد از مرحله هوازدایی، آب وارد مخزن بخار یا Steam Drum وارد می‌شود. در مخزن بخار، آب ورودی به بویلر از طریق لوله‌های پایین‌رونده یا down comerها به سمت مخزن لجن یا mud drum می‌رود. از آنجا جریان آب وارد لوله‌های بالارونده یا riserها می‌گردد.

لوله‌های بالارونده، بخش‌های مختلف محفظه احتراق شامل دیواره‌ها، کف و سقف را می‌سازند. آب در لوله‌های بالارونده در معرض حرارت قرار گرفته و بخشی از آن تبدیل به بخار می‌گردد. مخلوطی از آب و بخار مجددا وارد مخزن بخار شده و در آنجا دو فاز بخار و آب از طریق عبور از مراحل جداکننده آب و بخار از یکدیگر جدا می‌شوند. فاز بخار با از عبور از مراحل مختلفی که برای جداسازی ذرات آب از بخار در درون مخزن بخار در نظر گرفته شده‌اند، از آب جدا شده و از طریق خطی جداگانه از بالای مخزن بخار خارج می‌گردد. فاز مایع مجدداً برای تبدیل شدن به بخار، مسیر قبلی را از لوله‌های پایین‌رونده، مخزن لجن، لوله‌های بالارونده و ورود مجدد به مخزن بخار طی می‌کند.

بخار خروجی از مخزن بخار به صورت بخار اشباع می‌شود. در صورت نیاز به بخار سوپرهیت، بخار تولید شده را وار بخش سوپرهیتر می‌کنند. بخار اشباع در سوپرهیترها به وسیله گازهای

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

حاصل از احتراق، گرم شده و به شکل سوپرهیت درمی‌آیند. سوپرهیترها باعث حذف ذرات رطوبت از بخار و افزایش دمای آن به دماهای بالاتر از دمای اشباع می‌گدند. بخار تولید شده در واحد بخار، پس از استفاده در واحدها، مجددا به واحد بخار بازگشته و پس از کندانس شدن مجددا وارد سیکل تولید بخار می‌گردد.

در صنعت برای تولید انواع بخارهای اشباع و سوپرهیت مورد نیاز، از بویلرهای متفاوتی استفاده می‌گردد که دارای عملکردهای تقریباً مشابهی هستند. اما مفهوم بخار اشباع و سوپرهیت چیست و با یکدیگر چه فرقی دارند؟

در واقع پس از آنکه آب به جوش آمد، ابتدا به بخار اشباع تبدیل می‌شود. بخار اشباع بخاری است که در مجاورت آب قرار دارد یا به عبارت دیگر ذرات آب در آن قابل مشاهده هستند. تا زمانی که تمام آب به بخار تبدیل نشود، بخار موجود در ظرف بخار اشباع می‌باشد. با تبخیر بیشتر، فشار بخار و به عبارت دیگر فشار ظرف بالا می‌رود. چنانچه در بالای این ظرف شیری قرار داشته باشد که اجازه ندهد فشار ظرف از حدی بالاتر رود، در این صورت جوشش آب در فشار ثابت و لذا در دمای ثابت انجام شود.

چنانچه به بخار اشباع حرارت داده شود، دمای بخار بالا می‌رود. این بخار، بخار سوپرهیت است که در آن دیگر ذرات آب دیده نمی‌شود و به همین دلیل به این نوع بخار که در فشار ثابت می‌تواند دماهای بالاتر از دمای اشباع داشته باشد بخار خشک نیز می‌گویند.

معمولاً بویلرها دارای بخش‌های مختلفی می‌باشند که عبارتند از:

۱- سیستم جریان آب و بخار، که از مخازن آب شروع شده و پس از تبدیل آب به بخار سوپرهیت در هدر جمع‌کننده بخار یا collect header پایان می‌یابد.

۲- سیستم حفظ کیفیت آب بویلر

۳- سیستم احتراق که شامل بخش‌های سوخت‌رسانی، هوارسانی و مشعل‌ها می‌باشد.

۴- سیستم عبور گازهای حاصل از احتراق که از کوره شروع شده و در دودکش بویلر را ترک می‌کند.

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

۲-۲. سیستم جریان آب و بخار

آب ورودی به واحد بویلر ابتدا به دستگاهی به نام هوازدا یا دی‌اریتور وارد می‌شود. چرا که گازهای نامحلولی مانند اکسیژن و دی‌اکسید کربن سبب ایجاد خورندگی در لوله‌های بویلر می‌گردد، از این رو باشد این گازها را از جریان آب بویلر حذف نمود. با توجه به اینکه حلالیت بسیاری از گازها از جمله اکسیژن در آب با بالا رفتن دما کاهش می‌یابد، یکی از روش‌های حذف گازهای حل نشده از آب، حرارت دادن آن است. در دی‌اریتور فرآیند حذف این گازهای حل نشده و خورنده یک فرآیند فیزیکی و بر اساس گرما دادن می‌باشد. با اینکه روش هواگیری مقادیر زیادی از گازهای حل نشده از آب را جدا می‌کند ولی باز هم مقدار کمی اکسیژن در آب باقی می‌ماند که باید با روش‌های شیمیایی جدا گردد. این دو مرحله یعنی حرارت‌دهی و تزریق مواد شیمیایی برای جداسازی گازهای نامحلول در آب، در این دستگاه صورت می‌پذیرد. پس از دی‌اریتور، آب هواگیری شده توسط پمپ‌های خوراک به سمت بویلر ارسال می‌گردد. در اولین بخش آب وارد اکونمایزر می‌گردد. ممکن است در بعضی از بویلرها بخشی به نام اکونومایزر وجود نداشته باشد که در این صورت آب مستقیماً به مخزن بخار وارد می‌گردد.

از نکات مهم در اکونومایزر این است که اولاً نباید آب ورودی به بویلر در اکونومایزر به جوش آید چرا که در این صورت هیچ آبی وارد مخزن بخار و لوله‌های بویلر نمی‌گردد و این بخش‌ها در برابر گرمای زیاد آسیب می‌بینند و ثانیاً با جذب حرارت زیاد از دودکش و در صورتی که دمای جریان گاز دودکش از نقطه شبنم گاز کمتر گردد، مقداری از جریان گاز به شکل مایع درآمده و امکان تولید ترکیبات اسیدی فراهم می‌گردد که در نهایت سبب خوردگی و فرسودگی خواهد گردید.

بعد از این مرحله آب به مخزن بخار یا Steam Drum وارد می‌شود. در مخزن بخار، آب ورودی به بویلر از طریق لوله‌های پایین‌رونده یا down comerها به سمت مخزن لجن یا mud drum می‌رود. از آنجا جریان آب وارد لوله‌های بالارونده یا riserها می‌گردد. این لوله‌های بالارونده هستند که بخش‌های مختلف کوره شامل دیواره‌ها، کف و سقف را می‌سازند. مشعل‌ها

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

نیز در محفظه احتراق قرار دارند. آب در لوله‌های بالارونده گرمای زیادی را دریافت نموده و بخشی از آن تبدیل به بخار می‌گردد. مخلوطی از آب و بخار مجدداً وارد مخزن بخار شده و در آنجا دو فاز بخار و آب از طریق عبور از مراحل جداکننده آب و بخار از یکدیگر جدا می‌شوند. فاز بخار پس از عبور از مراحل مختلفی که برای جداسازی ذرات آب از بخار در درون مخزن بخار در نظر گرفته شده‌اند، از آب جدا شده و از طریق خطی جداگانه و خروجی‌های بالای مخزن بخار، وارد یک خروجی بخار می‌گردد. فاز مایع مجدداً برای تبدیل شدن به بخار، مسیر قبلی را از لوله‌های پایین‌رونده، مخزن لجن، لوله‌ها بالارونده و ورود مجدد به مخزن بخار طی می‌کند.

بخار خروجی از مخزن بخار به صورت بخار اشباع می‌باشد. بخار اشباع در سوپرهیترها به وسیله گازهای حاصل از احتراق، گرم شده و به شکل سوپرهیت درمی‌آیند. سوپرهیترها سبب حذف ذرات رطوبت از بخار و افزایش دمای آن به دماهای بالاتر از اشباع می‌گردند.

ممکن است سوپرهیترها یک یا دومرحله‌ای باشند. در سوپرهیترهای یک مرحله‌ای بعد از سوپرهیتر و در سوپرهیترهای دومرحله‌ای در بین مراحل قسمتی به نام دی‌هیتر یا ری‌هیتر وجود دارد. در این مرحله دمای بخار سوپرهیت عموماً به وسیله تزریق آب کنترل می‌گردد. بخار خارج شده از سوپرهیترها در انتها وارد هدری به نام هدر جمع‌کننده یا collect header می‌گردد. این هدر محصول واحد بویلر که همان بخار با دما و شرایط مورد نظر است را به سمت مصرف‌کننده‌ها می‌برد.

مکانیزم جریان آب در لوله‌های پایین‌رونده و بالارونده به دو صورت می‌باشد:

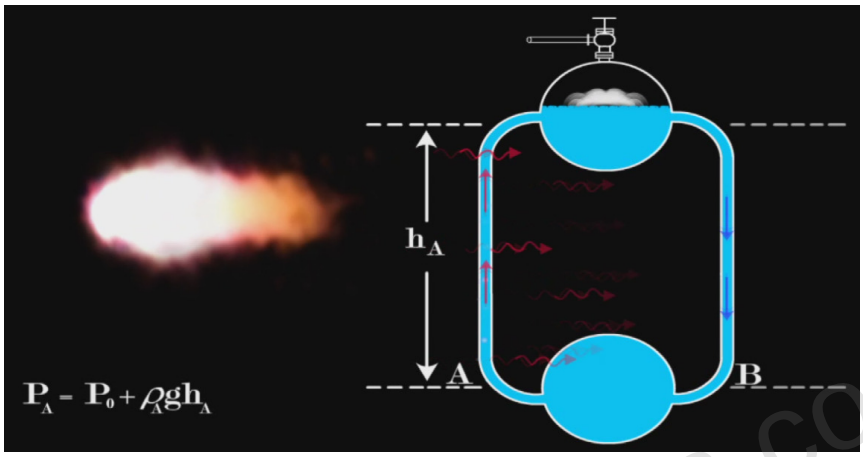
۱- گردش طبیعی: اساس کار سیستم‌های با گردش طبیعی، اختلاف دانسیته یا همان جرم حجمی در لوله‌های بالارونده و لوله‌های پایین‌رونده می‌باشد که به واسطه اختلاف دمای آب در لوله‌ها به وجود می‌آید.

آبی که به مخزن بخار وارد می‌گردد نسبت به آبی که در آنجا قرار دارد، سردتر است. از این رو دانسیته بیشتری نسبت به آب گرم درون مخزن بخار دارد. لذا قبل از اینکه کاملاً با آب گرم شده، مخلوط گردد، از طریق لوله‌های پایین‌رونده به سمت مخزن پایینی یا مخزن لجن حرکت

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

می‌نماید و از آنجا وارد لوله‌های بالارونده شده و در معرض تابش شعله قرار می‌گیرد. بخشی از این آب در همین لوله‌ها بالارونده به بخار تبدیل می‌گردد و مجدداً وارد مخزن بخار می‌شود.



شکل۲-۱. بویلر واترتیوب دو درامه

همانطور که در شکل (۲-۱) مشاهده می‌گردد، فشار در نقطه A برابر است با فشار مخزن بخار به اضافه فشاری که بر اثر نیروی وزن ستون آب وارد می‌گردد:

$$P_A = \rho_A g h_A + P_0 \qquad (۲-۱)$$

به طور مشابه و در نقطه B، فشار به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$P_B = \rho_B g h_B + P_0 \qquad (۲-۲)$$

همانطور که گفته شد، دانسیته آب سرد در لوله‌های پایین‌رونده، بیشتر از دانسیته مخلوط آب و بخار در لوله‌های بالارونده می‌باشد، از این رو فشار در نقطه B بیشتر از فشار در نقطه A می‌باشد. این اختلاف فشار بین دو نقطه طبق معادله (۲-۳) بدست می‌آید.

$$P_B - P_A = gh(\rho_B - \rho_A) \qquad (۲-۳)$$

آب از نقطه با فشار بالاتر یعنی نقطه B به سمت نقطه A که فشار کمتری دارد، حرکت می‌کند. به عبارت دیگر به واسطه اختلاف دانسیته، گردش طبیعی شکل می‌گیرد.

در صورتی که فشار در بویلرهای لوله آبی بالا رود، اختلاف دانسیته بین بخار و آب کم

mohandes-iran.com

می‌گردد. همانطور که در رابطه مقابل مشاهده می‌کنید، کم شدن اختلاف دانسیته سبب کاهش اختلاف فشار و در نهایت کاهش مقدار جریان گردش طبیعی می‌گردد. در این حالت با افزایش دادن ارتفاع لوله‌ها یا به عبارتی افزایش فاصله بین مخزن بخار و مخزن لجن، مقدار اختلاف فشار را افزایش یافته و بدین ترتیب مقدار گردش طبیعی افزایش می‌یابد.

ب- گردش اجباری: مواقعی که از یک پمپ یا به عبارتی از یک نیروی خارجی، برای ایجاد گردش آب در لوله‌های پایین‌رونده و بالارونده استفاده گردد، گردش آب در بویلر را در گردش اجباری یا مثبت می‌گویند. از مزایای این نوع گردش می‌توان به سرعت بیشتر درتولید بخار، ظرفیت بیشتر جهت کنترل نوسانات بار، حرارت دادن به شکل یکنواخت‌تر در قسمت‌های مختلف و غیره اشاره نمود. از طرفی وجود یک پمپ برای ایجاد گردش سبب افزایش هزینه‌های عملیاتی و نگهداری می‌گردد. در عمل استفاده از گردش طبیعی متداول‌تر است.

۲-۳. سیستم حفظ کیفیت آب بویلر

به سه دلیل عمده آب بویلر مورد تصفیه قرار می‌گیرد، این دلایل عبارتند از:

۱- جلوگیری از تشکیل رسوب

۲- به حداقل رساندن خوردگی در سیستم‌های بویلر و بخار

۳- حفظ کیفیت بخار

اصولاً فرایندهای تصفیه آب بویلر شامل دو دسته تصفیه خارجی و داخلی می‌باشد. در تصفیه خارجی کارهایی چون حذف ذرات سوسپانسیونی، حذف گازهای حل‌نشده‌ای مانند اکسیژن و سختی‌گیری از آب صورت می‌گیرد. در انتهای بخش تصفیه خارجی باید مقادیر سختی، قلیائیت، مقدار سولفات‌ها، سیلیکات و ذرات سوسپانسیونی موجود در آب در کمترین مقدار خود باشند. مقدار مجاز این ترکیبات توسط انجمن سازندگانی بویلر در آمریکا یا ABMA تعیین و ارائه شده است، همانگونه که مشاهده می‌نمایید، مقدار این پارامترها در فشارهای

mohandes-iran.com

مختلف فرق می‌کند. در کل هر چه فشار و دمای عملیاتی بویلر بالاتر باشد، باید در تصفیه آب ورودی به بویلر سختگیرانه‌تر عمل نمود، چرا که ناخالصی‌های موجود اثرات شدیدتری بر بویلر می‌گذارند. به عنوان مثال، مقدار مجاز سیلیکات در فشار ۲۰۰ psi در حدود ۱۲۵ ppm و در فشار ۸۰۰ psi در حدود ۲۰ ppm می‌باشد. یعنی با افزایش فشار مقدار مجاز سیلیکات در آب بویلر کاهش یافته است.

تصفیه داخلی آب بویلر به علل مختلف و با تزریق مواد شیمیایی به آب بویلر صورت می‌گیرد. مهم‌ترین دلایل تزریق مواد شیمیایی در این بخش شامل موارد زیر می‌باشد:

۱- تنظیم pH و حفظ میزان قلیائیت برای جلوگیری از ایجاد رسوب و خوردگی

۲- سختی‌گیری از آب ورودی

۳- جلوگیری از تشکیل لجن یا Boiler sludge conditioning

۴- حفاظت از بخش‌های در معرض حرارت از آب گرم

۵- هواگیری و جلوگیری از خورندگی اکسیژن

۶- جلوگیری از شکنندگی قلیایی

۷- جلوگیری از تشکیل فوم

۸- تشکیل فیلم محافظ برای جلوگیری از خوردگی

۹- جلوگیری از خوردگی به وسیه بخارات کندانس شده

همانطور که در جدول (۲-۱) مشاهده می‌شود، برای هر یک از موارد فوق، مواد مختلفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به عنوان مثال برای تنظیم pH موادی چون کربنات سدیم و یا سدیم هیدروکسید مورد استفاده قرار می‌گیرد. البته در هر واحدی بنا به شرایط فرآیندی و طراحی، مواد مناسبی برای تصفیه داخلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به عنوان مثال در واحد تولید بخار مجتمع پتروشیمی بندر امام از موادی چون آمونیاک در آب ورودی به بویلر و قبل از ورود به دی‌اریتور، DEHA در هیتر دی‌اریتور، آمونیاک و مورفلین در Storage دی‌اریتور و ترکیبات فسفات در مخزن بخار استفاده می‌گردد.

mohandes-iran.com

جدول۲-۱. مواد شیمیایی و دلیل تزریق آن‌ها

دلیل تزریق ماده شیمیایی	نوع مواد شیمیایی مورد مصرف
تنظیم pH و حفظ میزان قلیائیت برای جلوگیری از ایجاد رسوب و خوردگی	کربنات سدیم Na_2CO_3 سدیم هیدروکسید NaOH اسید سولفوریک H_2SO_4
سختی‌گیری از آب ورودی	کربنات سدیم Na_2CO_3 ترکیبات فسفات سدیم آلومینات

به مرور زمان، غلظت مواد نامحلول در آب بویلر افزایش خواهد یافت، از این رو با استفاده از سیستم‌های بلودان پیوسته و به طور دائم مقداری از آب بویلر، تخلیه می‌گردد و همراه این آب تخلیه شده، بخشی از رسوبات و املاح نیز خارج می‌گردد. معیاری که به واسطه آن مقدار بلودان مورد نیاز تعیین می‌گردد، TDS می‌باشد. TDS (Total Dissolved Solids) و معرف مقدار مواد جامد حل نشده در آب می‌باشد. این مواد حل نشده شامل ذرات نمک‌ها، مواد معدنی، فلزات، آنیون‌ها، کاتیون‌ها و به طور کلی هر چیزی به غیر از مولکول‌های آب می‌باشند. وقتی TDS آب بیش از مقدار مجاز باشد، محاسبه می‌گردد که چه حجمی از آب بویلر باید تخلیه گردد تا پس از ورود آب تازه به بویلر به TDS مطلوب دست یابیم. بخشی از بلودان از مخزن لجن صورت می‌گیرد تا ذراتی که در آنجا وجود دارد را از بویلر خارج سازد. ممکن است سیسم بلودان مخزن لجن به صورت پیوسته و یا ناپیوسته باشد.

مقدار آبی که به واسطه بلودان کردن از سیستم تخلیه می‌گردد، با آب DM جبران می‌گردد. آبی که به عنوان بلودان بویلر را ترک می‌کند، وارد یک جداکننده شده و فاز بخار و مایع آن از یکدیگر جدا می‌شود. بخار به دست آمده از بالای جداکننده، بخار با فشار ماشین یا LS می‌باشد که برای استفاده در بخش‌های چون دی‌اریتور که نیاز به این نوع بخار می‌باشد مورد استفاده قرار می‌گیرد. مایع خروجی از زیر جداکننده وارد blow tank شده و در آنجا مقدار کمی بخار جدا شده از آن به اتمسفر رفته و مایع خروجی از این تانک به فاضلات فرستاده می‌شود.

mohandes-iran.com

۲-۴. سیستم احتراق

سیستم احتراق شامل انتقال سوخت و هوای مورد نیاز مشعل‌ها می‌باشد.

۱- سیستم سوخت‌رسانی

در مشعل‌های دوگانه‌سوز دو خط انتقال جداگانه برای انتقال سوخت مایع و گاز وجود دارد. سوخت مایع بویلر به وسیله پمپ از مخازن نگهداری تا مشعل‌های بویلر ارسال می‌گردد. در مسیر انتقال، سوخت از صافی‌هایی به جهت آشغال‌زدایی عبور داده می‌شود. در صورتی که سوخت مایع مورد نظر ویسکوزیته بالایی داشته باشد باید به وسیله سیستم گرمایش سوخت که عموماً به شکل یک کویل بخار در مخزن است. گرم شده تا راحت حرکت کند و اگر از چند سوخت مایع برای بویلر استفاده می‌گردد باید قبل از ورود سوخت‌ها به مشعل آنها را با هم مخلوط نمود.

سوخت گازی از مخازن گاز وارد سیستم جداکننده یا صافی‌ها شده و به وسیله خطوط انتقال به سمت بویلر منتقل می‌گردند، قبل از ورود این سوخت به مشعل‌های بویلر از دو شیر ایمنی به نام Safety shut off valve استفاده شده است که در مواقع اضطراری جریان سوخت به مشعل‌ها را قطع می‌کنند.

۲- سیستم تأمین هوای مورد نیاز احتراق

هوای مورد نیاز احتراق از طریق کانال ورودی هوا به سمت فن‌ها کشیده می‌شود. در محل ورود هوا به این کانال از تورهای استفاده شده است که از ورود اجسامی مانند آشغال و یا حتی پرندگان جلوگیری نماید. حرکت هوا با سرعت زیاد در این کانال‌ها سبب تولید صدای زیادی می‌گردد، از این رو در بعضی واحدها از یک صدا خفه‌کن یا Silencer به جهت جلوگیری از انتشار صدای هوا استفاده می‌نمایند. در مناطق سرد و حتی در بعضی مناطق گرم به جهت افزودن بازده احتراق، هوا را از پیش‌گرم‌کننده عبور می‌دهند. البته ممکن است بخش‌های صداخفه‌کن و پیش‌گرم‌کن در همه بویلرها وجود نداشته باشد. پس از این مرحله هوا وارد Damper Valve که دریچه اصلی هوای ورودی به فن است، می‌گردد. به وسیله این بخش

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

مقدار هوا را تنظیم می‌کنند، در بویلرهایی که فن دمنده دارند، هوا در این مرحله وارد فن شده و در خروجی فن وارد کانال اصلی هوای مورد نیاز احتراق می‌گردد. این کانال اصلی هوا به شاخه‌هایی تقسیم شده که هر یک به یکی از مشعل‌ها می‌رود و اصطلاحاً به آنها رجیستر می‌گویند، آنها هوای لازم برای احتراق هر مشعل را منتقل می‌نمایند. در انتها هوا به مشعل مورد نظر می‌رسد.

۲-۵. سیستم عبور گازهای حاصل از احتراق

پس از احتراق سوخت در مشعل، گازهای حاصل از احتراق در محفظه احتراق تشکیل می‌گردند. در این قسمت که بخش تابشی بویلر را تشکیل می‌دهد، گازهای گرم پس از برخورد با تعدادی از لوله‌های بالارونده، از مسیری وارد بخش جابجایی می‌گردند. در ابتدای ورود به بخش جابجایی، یعنی در گرم‌ترین بخش جابجایی، سوپرهیترها قرار دارند. گازهای حاصل از احتراق پس از سوپرهیترها به سمت لوله‌های پایین‌رونده رفته و در نهایت وارد کانال گاز یا gas duct می‌گردند. غالباً در مسیر جابجایی از بفل‌ها یا دیواره‌هایی استفاده شده است که تا حد امکان گازهای حاصل از احتراق با سطوح جذب حرارتی تماس بیشتری داشته باشند. گازهای حاصل از احتراق بعد از کانال گاز وارد بخش اکونومایزر و در نهایت دودکش می‌گردند.

mohandes-iran.com

فصل ۳

اجزاء بویلر

mohandes-iran.com

http://www.mohandes-iran.com

۳-۱. تجیزات مرتبط با جریان آب و بخار

۳-۱-۱. مخزن هواگیری

فرآیند حذف اکسیژن نامحلول از آب بویلر در دی‌اریتور صورت می‌گیرد. دی‌اریتور متشکل از سه قسمت عمده می‌باشد که عبارتند از:

۱- یک مبدل حرارتی پوسته و لوله‌ای به نام Vent condenser که آب ورودی به دی‌اریتور در این بخش به وسیله بخار با فشار پایین یا LS گرم می‌گردد، ممکن است که این بخش در همه دی‌اریتورها وجود نداشته باشد.

۲- پس از آن آب وارد یک بخش دیگر به نام heater که در زیر Vent condenser قرار دارد، می‌گردد. این بخش جایی است که عمده حرارت‌دهی آب در آنجا صورت می‌گیرد. روش‌ها مختلفی برای حرارت‌دهی آب در هیتر وجود دارد، مثلاً ممکن است آب را به شکل پودر درآورده و سپس با بخار تماس دهند، ممکن است آب به شکل لایه‌ای نازک از دیواره‌هایی پایین آمده و بخار بالارونده با آن تماس یابد و یا در نوع سینی‌دار آب از روی سینی‌هایی پایین ریخته و با بخار بالارونده تماس داده شود. معمولاً نوع سینی‌دار از سایر انواع متداول‌تر می‌باشد.

۳- آب گرم و هوازدایی شده پس از خروج از هیتر در بخشی به نام Storage tank که به صورت یک مخزن استوانه‌ای و افقی در زیر هیتر قرار دارد، ذخیره می‌گردد. دی‌اریتورها معمولاً در فشار اتمسفریک می‌باشند.

۳-۱-۲. پمپ تغذیه

وظیفه این پمپ، انتقال آب به مخزن بخار و دی‌سوپرهیتر بویلر می‌باشد. عموماً از پمپ‌های

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

سانتریفوژ و رفت و برگشتی برای این منظور استفاده می‌گردد. پمپ‌های تغذیه معمولاً دارای دو نوع محرک توربینی و الکتروموتور هستند. در زمان راه‌اندازی بویلر که هنوز بخار در دسترس نمی‌باشد، از پمپ الکتریکی استفاده می‌شود و پس از راه‌اندازی و تولید بخار پمپ‌های توربینی در سرویس قرار می‌گیرند. علت این امر این است که چنانچه به هر دلیلی برق واحد بخار قطع و یا دچار نوسان شود، خللی در تولید بخار مجتمع به وجود نیاید و واحدهای مصرف‌کننده بخار دچار مشکل نشوند. بعضاً قطع نابهنگام بخار برای برخی از واحدهای تولیدی، ضرر و زیان فراوانی را به دنبال دارد.

۳-۱-۳. گرمکن اولیه یا اکونومایزر

گازهای حاصل از احتراق پس از عبور از بخش جابجایی از طریق کانال‌هایی وارد دودکش شده و از طریق آن وارد اتمسفر می‌گردند. عموماً دمای این گازها در خروجی از دودکش بالا بوده و انرژی زیادی را با خود به بیرون از بویلر منتقل می‌کنند. در صورتی که بتوان مقداری از این انرژی را بازیافت نمود، راندمان بویلر افزایش خواهد یافت.

از این رو بعضی از بویلرها دارای بخشی به نام اکونومایزر هستند. اکونومایزرها در اصل مبدل‌های حرارتی و به شکل دسته لوله‌هایی می‌باشند که در مسیر جریان گازهای گرم خروجی قرار داده می‌شوند. لوله‌های مورد استفاده در اکونومایزرها به دو شکل صاف و فین‌دار وجود دارند، نوع فین‌دار در مواقعی که مقدار انتقال حرارت پایین باشد به جهت افزایش سطح انتقال حرارت مورد استفاده قرار می‌گیرد. از این نوع بیشتر در سوخت‌های تمیز مانند گاز که احتمال رسوب‌گرفتگی کمتری ایجاد می‌نمایند، استفاده می‌گردد.

عموماً نحوه آرایش این لوله‌ها در مسیر جریان گاز به دو صورت می‌باشد:

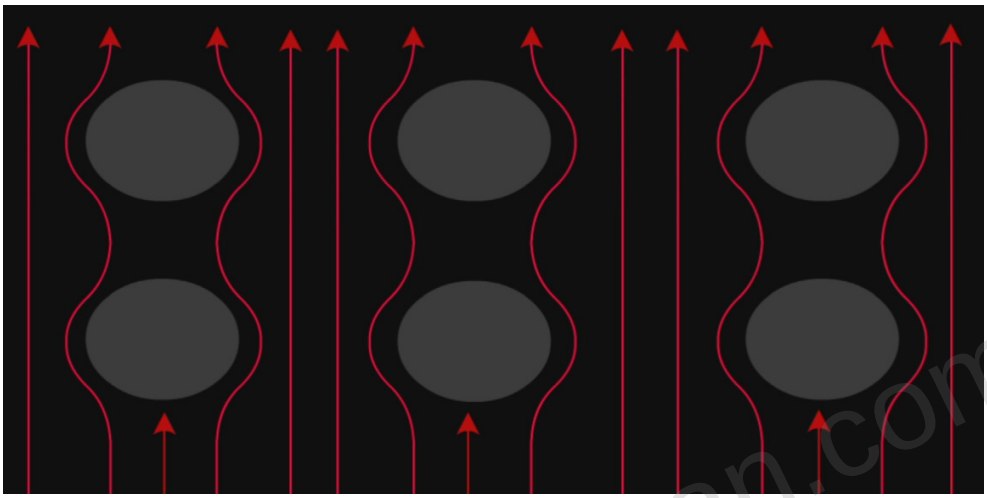
۱- آرایش به شکل inline:

مطابق شکل (۳-۱) در صورتی که به طور عمودی بر سطح مقطع لوله‌ها نگاه شود، هر ۴ لوله کنار هم به شکل رئوس یک مربع دیده می‌شوند. از این رو جریان گاز عبوری با تماس با

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

سطوح لوله‌ها و از طریق کانال‌های میانی بین آنها عبور می‌کند. این نوع در مواردی که احتمال تشکیل رسوب وجود دارد، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

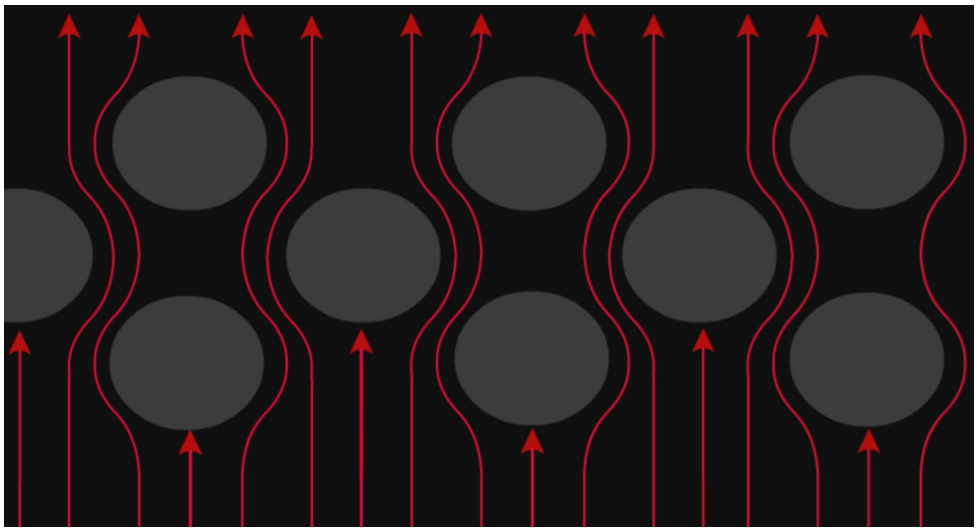


شکل ۳-۱. آرایش inline لوله‌های اکونومایزر

- آرایش به شکل staggered یا متناوب:

در صورتی که به طور عمودی بر سطح مقطع لوله‌ها در شکل (۳-۲) نگاه شود، هر ۳ لوله کنار هم به شکل رئوس یک مثلث متساوی‌الاضلاع دیده می‌شوند، لذا جریان گاز عبوری نمی‌تواند به راحتی و مشابه حالت inline و از درون کانال‌های بین لوله‌ها عبور نماید، در نتیجه در این چیدمان اغتشاش بیشتر و به واسطه آن شدت انتقال حرارت بیشتری وجود دارد، لذا سطح حرارتی کمتری نیاز دارد، ولی در عوض به واسطه نوع آرایش لوله‌ها مقدار افت فشار زیادتر از حالت inline است.

mohandes-iran.com



شکل ۳-۲. آرایش staggered لوله‌های اکونومایزر

۳-۱-۴. مخزن بخار (Steam drum)

آب ورودی به بویلر وارد مخزنی به نام Steam drum می‌شود و از طریق لوله‌هایی به نام لوله‌های پایین‌رونده به سمت مخزن لجن منتقل می‌گردد. مخلوط آب گرم و بخار نیز توسط لوله‌های بالارونده به این مخزن منتقل می‌شود. با تجمع بخار در مخزن بخار، فشار بخار بالا رفته و پس از رسیدن به فشار مورد نیاز عملیاتی و بعد از طی مراحل جداسازی قطرات آب از آن به بیرون از مخزن بخار از طریق یک هدر انتقال داده می‌شود. در صورتی که فازهای بخار و آب به خوبی از یکدیگر جدا نشوند، دو پدیده متداول در بویلرها اتفاق می‌افتد:

۱- پدیده Carry Over: در صورتی که قطراتی از آب به همراه بخار از مخزن بار به سمت سوپرهیتر برود، به آن Carry Over می‌گویند. این پدیده سبب بروز مشکلاتی در بخش سوپرهیترها می‌گردد، به این صورت که قطرات آب حاوی املاحی هستند که پس از تبخیر آب در سوپرهیتر بر روی جداره‌های داخلی سوپرهیتر رسوب می‌نمایند. بر اثر افزایش این رسوبات مشکل over heat شدن لوله‌ها و در پی آن خرابی آنها به وجود خواهد آمد.

۲- پدیده carry under: در صورتی که در آب ورودی به لوله‌های پایین‌رونده مقداری بخار

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

وجود داشته باشد، به آن carry under می‌گویند. به واسطه این پدیده ممکن است مقدار بخار در لوله‌های بالارونده بیشتر از آب شده و در بخش‌هایی لوله‌ها خشک بمانند و مشکل over heat شدن لوله‌ها به وجود آید.

بروز این دو پدیده بر بازدهی بویلر اثرات منفی برجای می‌گذارند، از این رو جداسازی بخار و آب بسیار مهم است. در بویلرهای قدیمی از Dry pipe برای جداسازی بخار از آب استفاده می‌گردید. Dry pipe لوله‌ای متصل به نازل خروجی بخار است که چیزی در حدود نصف و یا یک‌سوم طول درام می‌باشد و بر روی آن تعداد زیادی سوراخ وجود دارد. بخار خروجی از مخزن بخار می‌بایست برای ورود به لوله در حدود ۹۰ درجه بگردد و این عمل باعث جداسازی بخشی از رطوبت می‌گردید. در این روش کیفیت بخار به دست آمده به ندرت بیش از ٪۹۹/۵ می‌شود. امروزه برای جداسازی بهتر از جداکننده‌های چندمرحله‌ای استفاده می‌گردد که عموماً شامل مراحل ذیل می‌باشند:

۱- جدا کردن اولیه یا initial Separation

رایزرها به داخل درام و درون یک کانال سراسری وارد می‌گردند. بر روی این کانال و به فاصله‌ای از آن یک صفحه فلزی نصب شده است. مخلوط آب و بخار خروجی از لوله‌های بالارونده وارد این کانال شده و از آن سرریز می‌گردند. بخش عمده آب از بخار جدا شده و به داخل مخزن بخار می‌ریزد. بخار حاصل به سمت بالا حرکت کرده به و صفحه فلزی برخورد می‌نماید و برای عبور مجبور به تغییر جهت می‌گردد. به واسطه این برخورد و تغییرجهت بخش دیگری از آب همراه بخار جدا می‌شود. در بعضی از مخازن بخار از جداکننده‌های سیلکونی به جای کانال و صفحه فلزی برای جداسازی مخلوط آب و بخار استفاده می‌گردد.

۲- خشک کردن یا drying

بخار حاصل از مرحله اول ممکن است حاوی ذرات مایع، حباب، کف و یا فوم باشد. برای جداسازی آنها از فیلترهایی استفاده می‌گردد. این فیلترها انواع و اقسام مختلفی دارند، عموماً به شکل جعبه‌هایی هستند که از بالا به هدر خروجی بخار وصل بوده و از پایین به وسیله یک صفحه فلزی مسدود شده است. در دو سطح جانبی، صفحات فلزی به موازات هم قرار دارند،

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

بخار از لابلای این صفحات فلزی عبور کرده و به داخل جعبه وارد می‌گردد و پس از آن از بالای جعبه به هدر خروجی می‌رود. ذرات آب در برخورد با این صفحات فلزی از بخار جدا می‌گردند. در انواعی دیگر به جای این صفحات فلزی موازی هم، از غشاهای متخلخل استفاده می‌گردد. در غشاهای متخلخل مسیر عبور بخار دارای تغییرات ناگهانی در جهت بوده و بدین ترتیب ذرات ریز آب از بخار جدا می‌گردد.

کلیه بخش‌های مرتبط با جداسازی باید در بالای سطح آب قرار گیرند، اگر آب روی مراحل جداسازی را بگیرد، عملاً جداسازی وجود نخواهد داشت. از این رو کنترل ارتفاع آب در مخزن بخار از اهمیت زیادی برخوردار است.

مخازن بخار بسته به نحوه قرارگیری آنها نسبت به جهت جریان گازهای خروجی، انواع طولی و عرضی دارد. نوع عرضی به این مفهوم است که جریان گازهای حاصل از احتراق در جهت عرض مخزن بخار عبور می‌کند و در نوع طولی جهت جریان گازهای حاصل از احتراق در جهت طول مخزن بخار است.

۳-۱-۵. لوله‌های آب بویلر

برای انتقال آب و بخار بین مخازن بخار و لجن از لوله‌هایی استفاده می‌گردد که وظیفه تأمین سطوح انتقال حرارت را نیز برعهده دارند. ممکن است در بخش‌هایی برحسب نیاز از پره‌ها و یا بفل‌هایی بر روی لوله‌ها استفاده گردد تا جذب حرارت بهت صورت گیرد. عموماً لوله‌های آب بویلرها را می‌توان به انواع زیر تقسیم‌بندی نمود:

۱- لوله‌های پایین‌رونده (down comer): دسته‌ای از لوله‌های بویلر هستند که آب ورودی به مخزن بخار را به مخزن لجن منتقل می‌نمایند. آنها مستقیماً و یا به وسیله یک هدر به این مخازن اتصال یافته‌اند و در بخش جابجایی بویلر قرار دارند.

۲- لوله‌های بالارونده (riser): لوله‌ها در اصل، محفظه احتراق بویلر را تشکیل می‌دهند، به عبارت دیگر دیواره‌ها، کف و سقف محفظه احتراق بویلر توسط رایزرها ساخته شده است. به

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

همین جهت گاهی به رایزرها در صورتی که در دیواره باشند، wall tube و در صورتی که در کف باشند، floor tube گفته می‌شود. حد فاصل دو لوله رایزر صفحه‌ای قرار داده شده است تا از عبور گاز جلوگیری نماید. رایزرها از مخزن لجن شروع شده و به مخزن بخار و یا هدرهایی که وارد مخزن بخار می‌شوند ختم می‌گردند. آب با حرارت دیدن در رایزرها به سمت بالا حرکت می‌نماید. گاهی به این لوله‌ها، تبخیرکننده نیز گفته می‌شود.

۳-۱-۶. سوپرهیترها

در بویلرها، برای تولید بخار سوپرهیت، بخار اشباع به دست آمده از مخزن بخار، در قسمتی به نام سوپرهیتر که نوعی مبدل حرارتی بوده و عموماً در ابتدای قسمت جابجایی بویلر قرار دارد، حرارت جذب می‌کند تا در شرایط فشار ثابت دمای آن افزایش یابد. بخار می‌تواند در شرایط فشار یا حجم ثابت از حالت اشباع به حالت سوپرهیت تبدیل شود و دماهای مختلفی بالاتر از دمای اشباع داشته باشد.

برحسب حالت انتقال حرارت از کوره به سوپرهیت‌کننده، انواع مختلفی از سوپرهیت‌کننده‌ها وجود دارند:

۱- سوپرهیت‌کننده‌های از نوع جابجایی (Convection Superheater):

سوپرهیترهای جابجایی دسته لوله‌هایی هستند که در مسیر عبور گازهای داغ با دمای بالا قرار دارند و با عبور گازها از روی آن دمای بخار بالا می‌رود.

۲- سوپرهیت‌کننده‌های از نوع تابشی (Radiant Superheater):

سوپرهیتر تشعشعی در دیواره کوره قرار دارد و انرژی حرارتی را به صورت تابشی از شعله دریافت کرده و به بخار اشباع منتقل می‌سازد. چنانچه از داخل سوپرهیترها بخار اشباع با دبی مناسب عبور نکند، به جهت در معرض تابش قرار داشتن آنها، امکان overheat شدن و دچار سوختگی شدن لوله‌های آن وجود دارد.

۳- نوعی هم از سوپرهیت‌کننده‌ها هستند که هم از بخش تابشی و هم از بخش جابجایی

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

انرژی دریافت می‌نماید، آنها طوری در بویلر استقرار می‌یابند که بخشی از آنها در قسمت بالایی کوره و قسمتی از آنها در مجرای جریان گاز قرار گیرد، یعنی در بین دو قسمت جابجچایی و تابشی کوره مستقر می‌گردند.

عموماً سوپرهیترها به اشکال زیر وجود دارند:

۱- سوپرهیتر نوع معلق Pendatnt-type

سوپرهیترهایی که به طور معلق در کوره قرار می‌گیرند توسط نگهدارنده‌ها از بالا آویزان می‌شوند و از نظر استحکام ساختمانی دارای مزیت می‌باشد.

۲- سوپرهیتر وارونه یا Inverted-type

در سوپرهیتر از نوع وارونه، سوپرهیتر به وسیله نگهدارنده‌ها (Support) در بخش Convection قرار دارد. تعمیر و سرویس لوله‌های سوپرهیتر به دلیل محل و نحوه نصب آنها بسیار مشکل می‌باشد. از این رو فلز مورد استفاده برای لوله سوپرهیتر بایستی در مقابل درجه حرارت و اکسیداسیون مقاوم باشد تا کمتر نیاز به تعمیر پیدا کند. فولاد کربن‌دار (Carbon Steels) و آلیاژهای (chromium molybdenum) معمولاً برای لوله‌های سوپرهیتر به کار می‌رود.

۳-۱-۷. ری‌هیترها (دی‌هیتر)

عموماً واحدهای مصرف‌کننده، نیاز به بخاری با دما و فشار مشخص دارند، از این رو باید بخار خروجی از واحد بویلر با دما و فشار کنترل‌شده تحویل گردد. برای این منظور از بخشی به نام متعادل‌کننده و یا دی‌سوپرهیتر استفاده می‌گردد، البته گاهی به آن ری‌هیتر نیز می‌گویند. روش‌های مختلفی برای کنترل دمای بخار سوپرهیت وجود دارد ولی عموماً این عمل با تزریق آب به بخار خروجی از سوپرهیتر صورت می‌گیرد. آب اضافه شده به بخار سوپرهیت با جذب انرژی گرمایی تبدیل به بخار شده و دمای بخار را پایین می‌آورد. مقدار آب اضافه شده در حدی است که بخار خروجی را به دمای مورد نظر برساند. در بویلرهایی که دارای یک مرحله

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

سوپرهیتر می‌باشند، این بخش بعد از سوپرهیت‌کننده قرار می‌گیرد و در بویلرهای با دو مرحله سوپرهیتر این بخش در بین دو مرحله سوپرهیت قرار می‌گیرد.

انواع مختلفی از دی‌سوپرهیترها وجود دارد. عملکرد کلی آنها به این صورت است که در مسیر عبور بخار سوپرهیت، یک لوله آب با سوراخ‌هایی بر سطوح جانبی، قرار داده می‌شود که آب از طریق این سوراخها به داخل جریان بخار اسپری می‌گردد. اسپری کردن آب به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد، یکی از انواع آن به شکل لوله‌ای سوراخ‌دار است که به طور ثابت در جریان بخار قرار داده شده است، آب ورودی از طریق یک شیر کنترل به لوله سوراخ‌دار وارد می‌گردد. دمای بخار پس از تزریق آب توسط یک ترمومتر اندازه‌گیری شده و در صورت متفاوت بودن دمای اندازه‌گیری شده با مقدار مقرری که برای ترمومتر در نظر گرفته شده است، فرمانی به شیر کنترل صادر می‌گردد. به واسطه فرمان صادره دبی آب ترزریقی تغییر کرده تا در نهایت دمای بخار در مقدار مورد نظر کنترل گردد. به این نوع، دی‌سوپرهیتر با تعداد سوراخ‌های ثابت یا Fixed nozzle desuperheater گفته می‌شود.درنوع دیگری که به دی‌سوپرهیتر با تعداد سوراخ‌های متغیر یا Vaiable nozzle desuperheater موسوم است، از یک دیسک درون لوله سوراخ‌دار استفاده شده است. این دیسک می‌تواند جلوی عبور آب از سوراخ‌ها را بگیرد. در صورت نیاز به تزریق آب بیشتر، میله‌ای سبب بالا آمدن دیسک شده و مسیر عبور سوراخ‌های بیشتری بازمی‌گردد.

۳-۱-۸. Test pipe

بخار تولیدی توسط بویلر که به عنوان محصول به واحدهای دیگر فرستاده می‌شود باید دارای فشار و دمای مورد نظر برای واحدهای مصرف‌کننده باشد. از این رو بخاری که دارای این شرایط نباشد به collect header فرستاده نمی‌شود. در زمان راه‌اندازی، فشار و دمای بخار تولیدی به تدریج اضافه شده تا به شرایط مورد نظر برسد. لذا تا زمان رسیدن بخار به شرایط مورد نظر آن را به اتمسفر می‌فرستند. این کار به وسیله خط لوله‌ای به نام Test pipe صورت

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

می‌گیرد. بعد از رسیدن بخار به شرایط مساعد، شیر بخار تست پایپ بسته شده و بخار را به collect header می‌فرستند.

۳-۱-۹. Blow down

عملیات کاهش غلظت آب در بویلر با استفاده از blow down صورت می‌گیرد. در طی این عمل مقداری از آب از بویلر تخلیه می‌گردد. بلودان به شکل لوله‌ای است که سطوح جانبی آن سوراخ‌دار بوده و به صورت افقی نسبت به مخزن و سطح مایع قرار داشته و بخشی از آب از طریق آن تخلیه می‌گردد. میزان دبی آب تخلیه توسط شیری کنترل می‌گردد ولی عموماً مقدار خروجی به صورت درصدی از آب ورودی به بویلر در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال در بعضی از بویلرها این مقدار حدود ۵ درصد است ولی ممکن است بسته به شرایط کیفیت آب این مقدار تغییر نماید. افت آب blow down توسط آب تغذیه با درجه خلوص بالاتری جبران می‌شود. بلودان بویلر می‌تواند به صورت پیوسته یا متناوب، بسته به میزان افزایش آلودگی آب بویلر عمل نماید. بلودان پیوسته از مخزن بخار و معمولاً بلودان متناوب از مخزن لجن صورت می‌گیرد. در بعضی از بویلرها بلودان مخزن لجن نیز به صورت پیوسته می‌باشد.

آبی که به عنوان بلودان از بویلر تخلیه می‌گردد دارای دمای بالایی می‌باشد و با خروج آن از بویلر، مقادیر زیادی انرژی از این طریق اتلاف می‌گردد. برای بازیافت انرژی تلف شده از این طریق راهکارهایی وجود دارد، در صورتی که بتوان شدت جریان یکنواختی از بلودان را در اختیار داشت می‌توان برای بازیافت انرژی، فرآیندی را در نظر گرفت، از این رو بلودان پیوسته از بلودان ناپیوسته مناسب‌تر به نظر می‌رسد.

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

۳-۱-۱۰. سایر تجهیزات مرتبط با جریان آب و بخار

۳-۱-۱۰-۱. مخزن خوراک ورودی آب DM

برای اطمینان از در دسترس بودن آب کافی برای بویلر، از مخازنی که آب DM در آنها ذخیره شده است و به عنوان مخزن خوراک بویلر محسوب می‌گردد، استفاده می‌شود.

۳-۱-۱۰-۲. مخزن لجن (Mud drum)

Mud drum مخزنی است که در زیر مخزن بخار و در پایین بویلر قرار گرفته و لوله‌های down comer خروجی از مخزن بخار به آن وراد شده و لوله‌های رایزر نیز از آن خارج می‌گردند. گاهی به آن مخزن آب نیز گفته می‌شود. در صورتی که املاح و یا لجن در بویلر وجود داشته باشد در این مخزن جمع می‌گردد، به همین دلیل اصطلاحا به آن مخزن لجن می‌گویند. سیستم بلودان نیز در مخزن لجن برای تخلیه رسوبات وجود دارد.

۳-۱-۱۰-۳. Blowdown separator

بلودان خروجی از بویلر دارای دمای بالایی می‌باشد، لذا با فلاش کردن آن می‌توان بخار با فشار پایین یا LS و آب گرم به دست آورد. مجموعه این مراحل در یک جداکننده به نام blowdown separator صورت می‌گیرد.

۳-۱-۱۰-۴. Blow tank

فاز مایعی که از خروجی بلودان در جداکننده از بخار جدا می‌گردد وارد یک مخزن به نام blow tank می‌گردد. در این مخزن مقداری بخار به اتمسفر آزاد شده و مایع برجای مانده به سیستم فاضلاب می‌رود.

۳-۱-۱۰-۵. بخش مواد شیمیایی

برای حفظ کیفیت آب بویلر از مواد شیمیایی مختلفی با غلظت معین در دی‌اریتور و مخزن

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

بخار استفاده می‌گردد. از این رو مواد مورد نظر در مخازنی با غلظت‌های مورد نظر تهیه و ذخیره می‌گردند که به ایستگاه مواد شیمیایی موسوم است. سپس مواد شیمیایی به وسیله پمپ‌ها به محل مورد نظر منتقل می‌گردند.

۳-۲. تجهیزات مرتبط با احتراق و مسیر احتراق

۳-۲-۱. محفظه احتراق یا بخش تابشی

این بخش قسمتی از بویلر می‌باشد که مشعل‌ها و شعله در آن قرار دارند. کوره در اصل از لوله‌های بالارونده به وجود آمده است. یعنی دیواره‌ها، سقف و کف کوره از لوله‌هایی که با خود، مخلوط آب و بخار را به سمت بالا و نهایتاً به مخزن بخار منتقل می‌نمایند، تشکیل شده است. لوله‌های بالارونده در کف توسط لایه‌ای از مواد نسوز پوشانده شده است. به جز در قسمت خروجی گازهای حاصل از احتراق، در دیواره‌ها و سقف، بین لوله‌ها با صفحاتی فلزی پر شده است تا از خروج گاز جلوگیری شود. چنانچه بویلر دارای سوپرهیتر باشد، گازهای حاصل از احتراق پس از خروج از محفظه احتراق به سمت سوپرهیترها می‌رود. در بخش محفظه احتراق، عمده انتقال حرارت به شکل تابشی می‌باشد.

در انتقال حرارت به طریق هدایت و یا جابجایی، گرما از طریق ماده بین دو جسم تبادل می‌شود، یعنی برای هر یک از این روش‌ها، واسطه‌ای برای انتقال انرژی نیاز است. در صورتی که در انتقال حرارت از طریق تابشی، گرما بدون نیاز به ماده واسطه، از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌گردد. اصولاً انتقال حرارت تابشی در همه دماها وجود دارد ولی مقدار آن در دماهای بالا قابل ملاحظه خواهد بود. در محفظه احتراق بویلرها، به علت بالا بودن دمای شعله، عامل اصلی انتقال حرارت تشعشع یا تابش است. مقدار آن از رابطه (۳-۱) به دست می‌آید:

$$q_{12} = F_{\varepsilon} F_G (T_1^4 - T_2^4) \qquad (۳-۱)$$

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

همانطور که مشاهده می‌شود، پارامترهای تأثیرگذار در میزان انتقال حرارت تابشی عبارتند از:

۱- توان چهارم اختلاف دمای دو جسم.

۲- F_ε که بستگی به نحوه قرار گرفتن اجسام نسبت به شعله دارد.

۳- F_G ضریب نشر اجسام، که معرف میزان نور بازتابیده شده می‌باشد. اجسام سفید بیشتر نور تابیده شده به آنها را منعکس می‌گردانند و اجسام تیره بیشتر نور تابیده شده به آنها را جذب می‌نمایند و در نتیجه دمای آنها بالا می‌رود.

۳-۲-۲. بخش جابجایی

این قسمت از بویلر، انرژی را از گازهای گرم خروجی به شکل جابجایی جذب می‌کند. بویلرهای بزرگ ممکن است دارای چندین بانک لوله باشند که به جهت استفاده بیشتر از انرژی گازهای داغ مورد استفاده قرار می‌گیرند. گازهای حاصل از احتراق از لوله‌های سوپرهیت‌کننده (اگر سوپرهیترها از نوع تشعشعی نباشند)، لوله‌های پایین‌رونده و در نهایت از اکونومایزر (در صورت وجود) عبور کرده و به طریق جابجایی انرژی خود را منتقل می‌نماید. دمای گازهای حاصل از احتراق در بخش سوپرهیترها بالا بوده و با رسیدن به بخش‌های انتهایی، دمای گاز کمتر می‌گردد. با کم شدن اختلاف دمایی بین دمای گاز خروجی و لوله‌ها، نرخ انتقال حرارت از گاز به لوله‌ها کم می‌شود. همانطور که می‌دانید نرخ انتقال حرارت جابجایی به سطح انتقال حرارت، اختلاف دمای سیال و سطح و ضریب جابجایی وابسته است، از این رو برای آنکه اثر کاهش اختلاف دمای سیال و سطح جبران شود از افروزدن بر سطح انتقال حرارت کمک گرفته می‌شود. لذا بخش‌هایی از لوله‌های نصب شده در انتهای بخش جابجایی را به صورت فین‌دار می‌سازند.

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

۳-۲-۳. دودکش (Stack)

گازهـای خروجـی از gas duct وارد دودکـش شـده و از آنجـا بـه اتمسـفر وارد مـی‌گردنـد. دودکش‌ها وظایف مهمی در بویلرها به عهده دارند، که از آن میان می‌توان به موارد ذیل اشـاره نمود:

۱- دودکش‌ها با ایجاد مکش طبیعی سبب کاهش فشار در محفظه احتراق شده و در نتیجه گازهای حاصل از احتراق با سرعتی مناسب از محفظه احتراق خارج و پس از عبور از بخش‌های جابجایی وارد دودکش گردیده و از بویلر خارج می‌شوند.

۲- عموما گازهای خروجی از دودکش‌ها ممکن است دارای گرد، غبار و ذرات مختلفی باشد که در صورت پایین آمـدن بـر روی واحـدها و نفـرات مسـتقر در آنجـا سـبب بـروز مشـکلات زیست‌محیطی گردند. از این رو دودکش‌ها با ارتفاعی سـاخته مـی‌شـوند کـه ذرات خروجـی از دودکش قبل از پایین آمدن بر روی واحدها به وسـیله جریـان بـاد دور گـردد و در محلـی کـه خطری برای افراد وجود ندارد، نشست کنند.

۳-۲-۴. مشعل

مشعل‌ها تجهیزاتی در بویلرها هستند که وظیفه ترکیب کـردن سـوخت و هـوا و همچنـین سوزاندن ماده سوختی را برعهده دارند و در واقع انرژی حرارتی کـوره را تولیـد مـی‌نماینـد. در واقع مشعل‌ها شکل و جهت شعله را در کوره به وجود می‌آورند و برحسب نیـاز در ارتفـاع‌هـای مختلفی در کوره نصب می‌گردند. سوخت‌های مختلفی در بویلرها سوزانده می‌شوند، و به همین دلیل مشعل‌ها برای سوزاندن انواع سوخت‌های مایع و گاز طراحی می‌گردند، بعضی از مشعل‌هـا برای سوخت مایع و بعضی برای سوخت گازی‌شکل طراحی شده‌اند. مشعل‌هایی هم وجود دارند که دوگانه‌سوز هستند و هر دو سوخت مایع و گاز را می‌سوزانند.

mohandes-iran.com

۳-۲-۴-۱. مشعل‌های گازسوز

عموماً مشعل‌های گازی دو نوع عمده دارند، در نوعی که به مشعل‌های با اختلاط قبلی موسوم هستند، سوخت گازی و هوا قبل از رسیدن به نوک مشعل با هم مخلوط می‌شوند و مخلوط به دست آمده در نوک مشعل می‌سوزد، در نوع دیگر که معروف به مشعل‌های بدون اختلاط قبلی هستند، هوا و سوخت گازی در نوک مشعل، با هم مخلوط شده و مشتعل می‌شوند.

۳-۲-۴-۲. مشعل‌های با سوخت مایع

معمولاً سوخت‌های مایع قبل از سوخته شدن در نوک مشعل به دلایل زیر باید به شکل پودر درآیند:

۱- هر چقدر ذرات سوخت ریزتر باشد، سریع‌تر و بهتر با هوا مخلوط و مشتعل می‌گردند.

۲- در صورتی که سوخت مایع به صورت ذرات درشت باشند، امکان نسوختن آنها در طول شعله وجود دارد. چنانچه این ذرات مستقیماً با سطوح لوله‌ها برخورد نماید، باعث تشکیل کربن و دوده می‌گردد، لذا اگر سوخت به شکل پودر باشد، بر اثر تبخیر شدن سریع این ذرات ریز و سوختن آنها در طول شعله امکان رسیدن سوخت به دیواره لوله‌ها از بین می‌رود.

برای پودر کردن سوخت‌های مایع از اتمایزرها استفاده می‌گردد، انواع مختلفی از اتمایزرها وجود دارند که عبارتند از:

۱- مشعل‌ها با اتمایزر بخار آب: اتمایزرهای با بخار، بسیار متداول است و تقریباً با هر سوختی کار می‌کنند و به علت اینکه سوخت را گرم می‌نمایند، از کارآیی خوبی برخوردارند.

۲- مشعل‌ها با اتمایزر هوا: در برخی موارد، از هوا جهت اتمایز کردن استفاده می‌شود. طرز عمل هوا در مشعل‌ها مشابه بخار آب بوده با این تفاوت که به علت خاصیت سردکنندگی هوا، دمای سوخت ورودی باید کمی بیشتر باشد. از این رو هنگامی که از سوخت ویسکوز استفاده می‌گردد، باید آن را قبل از ورود به مشعل گرم کرد تا ویسکوزیته آن کاهش یابد.

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

۳- مشعل‌ها با اتمایزر مکانیکی: در این نوع، سوخت با فشار زیاد وارد نوک مشعل شده و از طریق شکاف‌هایی به طور مماسی و با حرکت چرخشی وارد یک اریفیس می‌گردد. به واسطه نیروی گریز از مرکز حاصل از حرکات چرخشی، سوخت به طور مخروطی از ذرات ریز، به بیرون پرتاب می‌شود.

مشعل‌های ترکیبی گاز- مایع (combination oil and gas burner): این مشعل‌ها توانایی سوزاندن دو نوع سوخت مایع و گاز را دارند. عموماً در این مشعل‌ها یک مجرای سوخت مایع در وسط و تعدادی نازل در اطراف آن جهت سوخت گازی وجود دارد. نازل‌های گازی از نوع بدون اختلاط قبلی، هستند. دریچه‌های تنظیم مجزایی وجود دارد تا میزان هوای اولیه را برای سوخت مایع و هوای ثانویه را برای سوخت گازی کنترل نماید.

سوخت مایع و گاز در مسیرهای جداگانه‌ای به سمت محفظه اختلاط یا اتمایزکننده حرکت می‌کنند و پس از ورود به محفظه اتمایزینگ، سوخت مایع و عامل اتمایزکننده با هم مخلوط شده و سبب پودری شدن سوخت مایع می‌گردد و پس از آن وارد بخش احتراقی می‌گردند، در همین زمان هوا نیز به محل احتراق رسیده و با سوخت پودر شده، ترکیب شده و احتراق صورت می‌گیرد. سوخت گازی نیز در محفظه احتراق می‌سوزد.

۳-۲-۵. فن‌های مکنده، دمنده و ترکیبی

مکش طبیعی هوا برای تأمین هوای مورد نیاز احتراق کافی نیست، از این رو برای تأمین هوای کافی از فن‌هایی در بویلرها استفاده می‌گردد. فن‌ها به دو صورت دمنده و یا مکنده می‌باشند. از فن‌های دمنده قبل از کوره استفاده می‌گردد. این فن‌ها هوای مورد نیاز احتراق را با فشار از طریق مشعل به داخل کوره می‌فرستند. فن‌های مکنده را در محلی بعد از کوره و عمدتاً در دودکش نصب می‌کنند و هوا را از کوره به سمت دودکش می‌کشند و این خود سبب ورود هوا از مسیرهایی به داخل کوره نیز می‌گردد. گازهای حاصل از احتراقی که به فن‌های مکنده می‌رسد نسبت به هوای ورودی گرم‌تر بوده و از دانسیته کمتر و حجم بیشتری برخوردار

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

هستند، لذا این فن‌ها نسبت به فن‌های دمنده، اندازه بزرگ‌تری دارند. غالباً این فن‌ها به دو نوع محرک الکتریکی و توربینی مجهز می‌باشند تا با موتور الکتریکی راه‌اندازی شده و پس از تولید بخار، توربین‌ها برای ادامه کار راه‌اندازی شوند.

۳-۲-۶. پیش‌گرم‌کن هوا (Air preheater)

در صورتی که هوا قبل از ورود به مشعل و ترکیب با سوخت مقداری گرم شود، بازده احتراق بالا می‌رود. برای گرم کردن این هوا از بخشی به نام پیش‌گرم‌کن هوا استفاده می‌گردد. پیش‌گرم‌کن هوا نیز یک یک بخش بازیافت حرارتی محسوب شده و از انرژی حرارتی که همراه با گازهای حاصل از احتراق از بویلر خارج می‌گردد، استفاده می‌کند. این سیستم‌ها برای همه انواع بویلر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد و معمولاً برای بویلرهای با سوخت پودر (pulverized fuel)کاربرد دارند. مزایای اصلی پیش‌گرم‌کن هوا عبارتند از:

۱- بهبود احتراق

۲- افزایش بازده حرارت

۳- صرفه‌جویی در مصرف سوخت

۴- افزایش ظرفیت تولید بخار در بویلر

۳-۲-۷. دمنده‌های دوده (soot blower)

در بخش جابجایی و بر روی لوله‌های سوپرهیتر و پایین‌رونده ممکن است که ذراتی از قبیل دوده و یا ترکیبات دیگر رسوب نماید. این لایه رسوب کرده بر روی سطح لوله دو مشکل عمده ایجاد می‌نماید:

۱- همانند یک عایق سبب کاهش انتقال حرارت از گازهای حاصل از احتراق به لوله می‌گردد و لذا بخار و یا آب درون لوله‌ها به اندازه کافی انرژی حرارتی را جذب نمی‌کنند و

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

اتلاف حرارتی بویلر افزایش می‌یابد.

۲- رسوب دوده‌ها بر روی لوله‌ها و بخش‌هایی که در مسیر عبور گازهای حاصل از احتراق هستند سبب کاهش سطح مقطع جریان گاز و نهایتاً افت فشار می‌گردد. از این رو فشار درون محفظه احتراق بالا رفته و احتراق مشعل را دچار مشکل می‌نماید.

در نتیجه، باید سطوح دوده گرفته تمیز شوند. برای این کار از وسیله‌ای به نام دوده‌زدا یا soot blower استفاده می‌گردد. دوده‌زدا در اصل یک لوله است که دارای سوراخ‌هایی بر روی دیواره خود بوده و از این سوراخ‌ها، بخار با فشار زیاد بر روی سطوح لوله‌ها جت می‌گردد و بدین ترتیب لوله‌ها تمیز می‌شوند. انواع مختلفی از این دوده‌زداها وجود دارد:

۱- نوعی از دوده‌زداها هستند که در فواصل لوله‌های پایین‌رونده و به صورت ثابت قرار دارند. نحوه عملکرد آنها بدین صورت است که در دوره‌های زمانی مورد نیاز بخار از سوراخ‌ها خارج می‌گردد.

۲- نوعی از دوده‌زداها که عموما در بخش سوپرهیت‌کننده‌ها قرار دارند، به صورت متحرک هستند. آنها از طریق یک ریل به داخل بویلر وارد شده و به سمت جلو حرکت می‌کنند و سپس بخار را بر روی سطوح مختلف جت می‌کنند و پس از تمیز کردن لوله‌ها مجدداً به بیرون برمی‌گردند.

دوده‌زداها بر حسب طراحی به صورت افقی و یا عمودی وارد بخش جابجایی می‌گردند.

۳-۲-۸. سایر تجهیزات مرتبط با محفظه احتراق

۳-۲-۸-۱. مسیر فرعی اکونومایزر

عموماً دمای گازهای خروجی از دودکش در حد مشخصی کنترل می‌گردد، گاهی پایین آمدن دمای گازهای خروجی به مفهوم این است که اکونومایزر حرارت زیادی را جذب می‌نماید. در این حالت یکی از روش‌های کنترل دما از سرویس خارج کردن اکونومایزر است. برای این

http://www.mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

منظور در بعضی از بویلرها این توانایی با استفاده از قرار دادن یک مسیر by pass برای اکونومایزر در نظر گرفته شده است، که با استفاده از آن بویلر می‌تواند بدون در سرویس بودن اکونومایزر کار کند.

۳-۲-۸-۲. کانال ورودی هوا

برای انتقال هوا به درون blower از یک مسیر کانالی استفاده می‌گردد که به شکل یک شیپور بوده و قبل از آن یک صافی هوا وجود دارد. از این کانال هوای مورد نیاز برای احتراق به دخل blower کشیده می‌شود.

۳-۲-۸-۳. کانال هوا و رجیستر

هوای مورد نیاز احتراق از کانالی به سمت بویلر می‌رود. این کانال اصلی در مسیر خود به شاخه‌های تقسیم شده که هر یک از این شاخه‌ها تأمین‌کننده هوای مورد نیاز برای یک مشعل است که اصطلاحاً به آنها رجیستر می‌گویند.

۳-۲-۸-۴. کانال گاز خروجی (Gas Duct)

منطقه‌ای است که گازهای حاصل از احتراق پس از عبور از بخش‌های جابجایی بویلر یعنی بعد از لوله‌های پایین‌رونده وارد آن می‌گردد. این قسمت شبیه کانالی خالی بوده که جریان گاز را به سمت اکونومایزر و دودکش هدایت می‌کند.

۳-۲-۸-۵. Damper Valve

بعد از آنکه هوای مورد نیاز احتراق وارد کانال هوا گردید، وارد بخشی به نام damper valve می‌گردد تا از آنجا وارد مکنده شود. به وسیله این شیر می‌توان دبی حجمی هوایی را که به سمت مکنده می‌رود، تنظیم نمود تا بتوان به یک شعله مناسب در محفظه احتراق دست یافت.

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

۳-۳. تجهیزات مرتبط به سوخت

۳-۳-۱. مخازن سوخت

غالبا برای اطمینان از در دسترس بودن سوخ ت مورد نیاز بویلر، آنها را در مخازنی ذخیره می کنند .این سوخ تها ممکن است مایع یا گاز و یا هر دوی آنها باشد که بستگی به نوع مشعل بویلر دارد.

۳-۳-۲. پمپ های انتقال سوخت مایع

:سوختهای مورد نیاز مشعل را از طریق پم پهایی از مخازن ذخیر ه سازی به سمت بویلر انتقال م یدهند.

۳-۳-۳. سیستم گرمایش سوخت مایع

سوخت های سنگین، موادی ویسکوز و چسبنده بوده و انتقال آنها از مخازن نگهداری تا مشعل به سختی صورت می گیرد و حتی در مواردی این چسبندگی به حدی زیاد است که عملا انتقال سوخت ممکن نیست .از اینرو سوختهای ویسکوز را گرم می کنند تا هم راحت تر انتقال یابند و هم در حین احتراق بهتر بسوزند .برای این منظور از روش های مختلفی چون قرار دادن کویل بخار در مخازن نگهداری استفاده می شود .از جمله این سوخت ها می توان به موادی چون Heavy oil اشاره نمود.

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

۳-۳-۴. خطوط انتقال هوا یا بخار اتمایزکننده

در صورتیکه سوخت مایع با هوای فشرده ترکیب شده و به صورت اتمایز شده درآید، احتراق بهتری صورت م یگیرد .هوای فشرده با مخلو طشدن با سوخت مایع آن را پودر کرده و بـه ذرات ریز تبدیل م یکند .به عنوان مثال سوخت های سبک مانند را با استفاده از هوای فشـرده اتمـایز می کنند .در صورتیکه سوخت مورد نظر سنگین باشد بجای هوا از بخار برای این کـار اسـتفاده می گردد تا علاوه بر اتمایز کردن سوخت آن را گرم نیز بکنند .به عنوان مثال برای سوخت هایی سنگین مانندHeavy oil و Fossil oil از بخار استفاده می نمایند .برای انتقال بخار و یا هـوای مورد نیاز به جهت متمایز کردن سوخت تا مشعل از خطـوط انتقـال هـوا یـا بخـار اتمایزکننـده استفاده می گردد.

۳-۳-۵. تبخیرکننده سوخت مایع

گاهی لازم است که سوخت مایع به شکل گاز درآید تـا مـورد اسـتفاده قـرار گیـرد. در ایـن واحدها از تبخیرکننده ها برای اینکار استفاده می نمایند .به عنوان مثال، سوخت گاز در بعضی از واحدهای بویلر به عنوان سوخت اصلی می باشد و از سوخت مایع به عنوان سوخت دوم استفاده می گردد.

مواقعی پیش می آید که فشار سوخت گاز کم می گردد و برای رفع این مشکل، سوخت مایع پس از حرارت دیدن و تبدیل به گاز شدن با سوخت گاز ترکیب شـده و کـم بـودن فشـار آن را جبران می نماید.

۳-۳-۶. خطوط انتقال سوخت

خطوط لوله ای هستند که سوخت را از مخازن تا مشعل منتقل م ینمایند.

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

۳-۳-۷. صافیها (مایع و گاز)

سوخت های مایع و گاز، قبل از ورود به مشعل از صافی هایی عبور می کنند .شکل صافی در سوخت ها با هم تفاوت دارند .صافی های مربوط به سوخت مایع در ورودی به پم پها قرار دارند.

گازها در مسیر حرکت خود به سمت بویلر به صافی هایی وارد می گردند چراکه ممکن است گرد و غبار و ذرات مایع و ... در گازها وجود داشته باشد که باید از آنها گرفته شود و پس از آن وارد بویلر می گردند.

۳-۳-۸. مخلوط کننده یا mixer

در صورتیکه از چند سوخت مایع برای بویلر استفاده گردد، قبل از ورود سوخت به بویلر باید آنها را با هم مخلوط کنند .این عمل در میکسر صورت می گیرد.

۳-۳-۹. سیستم جرقه زنی یا igniter

وسیله ای نصب شده در مشعل می باشد که کار آن روشن نگه داشتن دائمی مشعل می باشد . سیستم های جرقه زنی در مشعل های نفت و گاز سوز تحت شرایط خاص تعیین شده برای آنها سوخت ورودی به کوره را شعله ور می کنند.

mohandes-iran.com

۳-۴. سایر تجهیزات

۳-۴-۱. شیر تخلیه آب دیوار

این شیر به هدر تغذیه‌کننده لوله‌های بالارونده محفظه احتراق متصل است تا از طریق آن بتوان آب موجود در لوله‌های بالارونده را تخلیه نمود. معمولاً در زمان از سرویس خارج کردن از این شیر استفاده می‌گردد.

۳-۴-۲. پوشش‌ها و عایق‌های بویلر

بخش‌های مختلفی از بویلر به وسیله عایق پوشیده شده است: مانند دیواره‌های بیرونی محفظه احتراق، بخش‌های بیرونی مخازن بخار و لجن، هدر اصلی خروج بخار از بویلر.

عموماً در پشت لوله‌های بالارونده در محفظه احتراق و روی لوله‌های کف کوره از لایه‌ای از آجر نسوز پوشیده شده است. همچنین بخش بیرونی مخازن لجن و بخار و نیز هدرهای بخار و آب را معمولاً با پشم و شیشه می‌پوشانند.

۳-۴-۳. جمع‌کننده مایعات کندانس‌شده

پمپ‌های تغذیه خوراک بویلر، دمنده‌ها و بسیاری از بخش‌های دیگر بویلر از بخار استفاده می‌کنند. در اینگونه تجهیزات بخشی از بخار به صورت کندانس شده به وجود می‌آید و به دلیل آنکه این آب کندانس شده از خلوص و کیفیت بالایی برخوردار است به وسیله جمع‌کننده‌هایی آنها را جمع‌آوری کرده و به عنوان خوراک ورودی به بویلر استفاده می‌کنند.

http://www.mohandes-iran.com
mohandes-iran.com

۳-۴-۴. نمایش‌دهنده سطح مایع در مخزن بخار

به دلیل اهمیت سطح مایع در مخزن بخار دقت زیادی روی کنترل سطح آن می‌گردد. در بعضی از واحدها از یک دوربین که دائماً وضعیت sight glass نصب شده بر روی مخزن بخار را در اتاق کنترل و بر روی مانیتور نشان می‌دهد، استفاده می‌گردد.

۳-۴-۵. شیرهای تخلیه (Drain valve)

برای تخلیه کردن مخازن لجن و بخار و آب درون بویلر به منظور تعمیرات از آنها استفاده می‌گردد.

۳-۴-۶. Flame detector

برای بررسی وضعیت شعله از لحاظ خاموش و یا روشن بودن در محفظه احتراق، از سنسورهایی استفاده می‌گردد. این سنسورها، شعله درون محفظه احتراق را حس کرده و در صورت خاموش شدن هر یک از مشعل‌ها آلارمی را در اتاق کنترل فعال می‌نماید. انواع مختلفی از این آشکارسازها وجود دارد که می‌توان به انواع Infrared و ultra vision اشاره نمود.

با خاموش شدن شعله در محفظه احتراق، سوخت ورودی بدون آنکه مصرف گردد، تجمع می‌یابد. در این شرایط به علت وجود سوخت زیاد، اکسیژن و گرمای داخل محفظه احتراق، احتمال آنکه سوخت مشتعل شود، وجود دارد. گاهی به علت بالا بودن مقدار سوخت در محفظه احتراق، امکان انفجار وجود دارد. در بویلرهایی که چندین مشعل دارند، با خاموش شدن یک مشعل، سوخت ورودی به محفظه احتراق از طریق مشعل خاموش، توسط دیگر مشعل‌ها سوخته شده و خطر تجمع سوخت کمتر خواهد بود و لذا سوخت کلیه مشعل‌ها قطع نمی‌شود و اپراتور ملزم به بررسی و رفع مشکل خواهد بود. برحسب طراحی بویلر، تعداد مشعل‌هایی که

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

می‌تواند خاموش باید و بویلر از سرویس به طور خودبخود خارج نشود متفاوت است. بـه عنـوان مثال در بویلری که دارای دو ردیف سه مشعله می‌باشد، چنانچه دو مشعل از ردیف پایین و یـا سه مشعل از ردیف فوقانی خاموش شوند، بویلر به طور خودبخود از سرویس خارج می‌شود. امـا در بویلرهایی که یک مشعل دارند، با خاموش شدن مشعل خطر تجمع سوخت وجـود داشـته و باید بویلر سریعاً از سرویس خارج گردد که این کار توسـط سیسـتم کنترلـی خودبخـود انجـام می‌شود. این کار در پی ارسال سیگنال این آشکارسازها به اتـاق کنتـرل و فرمـان بسـته شـدن Shut off valve روی مسیر سوخت ورودی به بویلر، صورت می‌گیرد.

۳-۴-۷. شیرهای قطع جریان (Safety Shutoff Valve)

شیرهای ویژه‌ای در مسیر جریان سوخت به مشعل بویلر قرار دارند کـه در صـورت دریافـت سیگنال در حالت اضطراری و یا نیاز در شرایط عادی مسیر عبور سوخت بـه کـوره را بـه طـور اتوماتیک و یکباره با سرعت زیاد می‌بندند. همچنین این شیرها به صورت دستی از طریق یـک Push Bottom از اتاق کنترل توسط اپراتور قابل بستن می‌باشد. دلایل متعددی وجود دارد کـه ممکن است بخواهند این شیرها مسیر عبور سوخت را ببندد که از جمله آنهـا: بـروز مشـکل در شعله مشعل، بروز مشکل در فشار سوخت، مشکل در فشار هوای احتـراق، مشـکل در گازهـای خروجی و یا فن‌ها، بالا رفتن زیاد از حد دما و... را می‌توان نام برد.

۳-۴-۸. دریچه آدم‌رو (Manhole)

برای ورود نفرات به داخل قسمت‌های مختلف بویلر جهت تعمیرات، عموماً در بخـش کـوره، سوپرهیتر، gas duct، دودکش دریچه‌هایی وجود دارد که به آن manhole می‌گویند.

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

۳-۴-۹. دریچه peephole

برای اینکه بتوان وضعیت کوره و شعله درون آن را مشاهده کرد، در بیرون کوره و در نقاط مختلف دریچه‌هایی قرار داده شده‌اند که هر یک از زاویه‌ای امکان مشاهده درون کوره را فراهم می‌سازند. این دریچه‌ها به صورت حفره‌ای در بین رایزرها ایجاد شده و توسط شیشه‌ای مخصوص و مقاوم در برابر حرارت با محیط بیرون در ارتباط هستند. بر روی شیشه و از بیرون یک صفحه قرار دارد که در حالت عادی باید این صفحه بر روی شیشه قرار داشته باشد و فقط در زمانی که نیاز به مشاهده درون کوره است، صفحه را باز می‌کنند. در صورتی که صفحه برای مدت زیادی باز باشد، شیشه آسیب می‌بیند.

۳-۴-۱۰. صدا خفه‌کن (Silencer)

در بعضی از بخش‌ها شیرهای ایمنی نصب شده که در زمان بالا رفتن فشار از حد مجاز عمل نموده و سبب خروج بخار یا هوا با فشار بالا به اتمسفر می‌گردند. در این زمان به واسطه فشار و سرعت بالای بخار یا هوا، صدای ناهنجاری به وجود می‌آید که سبب بروز مشکلات جدی برای سلامتی شنوایی افراد مستقر در محل می‌گردد. برای جلوگیری از انتشار این امواج صوتی مضر از بخشی به نام صدا خفه‌کن استفاده می‌گردد. این وسیله در اصل از یک‌سری فیلتر تهیه شده تا سرعت و صدای بخار یا هوای خروجی به اتمسفر را کاهش دهد.

mohandes-iran.com

فصل ۴

کنترل

mohandes-iran.com

http://www.mohandes-iran.com

۴-۱. مقدمه

بخش‌های مختلفی در بویلرها کنترل می‌گردد که از این میان، تعدادی از قسمت‌ها از اهمیت بالاتری نسبت به موارد دیگر، برخودار هستند، این موارد عموماً شامل فشار بخار در هدر اصلی، سطح مایع در مخزن بخار، دمای بخار سوپرهیت، مقدار اکسیژن خروجی از دودکش و کیفیت آب بویلر می‌باشند. عدم کنترل صحیح این موارد سبب بروز مشکلات جدی در کارکرد بویلر می‌گردد. برای کنترل این بخش‌های حساس، پارامترهایی مانند مقدار آب ورودی به بویلر و سوپرهیتر، مقدار سوخت و هوای ورودی به مشعل‌ها، میزان بلودان و میزان تزریق مواد شیمیایی تغییر داده می‌شود.

۴-۲. کنترل ارتفاع مایع در مخزن بخار

هدف از کنترل مقدار آب ورودی به بویلر، کنترل مقدار ارتفاع آب در مخزن بخار در حد مجاز و مورد نظر می‌باشد. در صورتی که سطح مایع در مخزن بخار پایین آید، آب کافی در داخل لوله‌ها قرار نداشته و بر اثر حرارت دیدن زیاد لوله‌ها امکان overheat شدن و خرابی آنها وجود دارد. در صورتی که سطح مایع در داخل مخزن بخار بالا رود، جداسازی آب و بخار به درستی انجام نمی‌گیرد و پدیده carry over پیش می‌آید و باعث کاهش بازده بویلر می‌گردد. این کنترل به سه صورت انجام می‌گیرد:

۱- کنترل تک‌جزئی (single element feed water control):

سیستم تک‌جزئی صرفاً از یک کنترل‌کننده سطح مایع تشکیل شده است. این روش، ساده‌ترین و در عین حال ناکارآمدترین روش کنترل سطح مایع است. مکانیزم عمل بدین

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

صورت است که اندازه‌گیر ارتفاع مایع در مخزن بخار در صورت بالا رفتن سطح مایع، به شیر کنترل آب ورودی به بویلر فرمان بسته شدن و در صورت پایین رفتن سطح مایع فرمان باز شدن می‌دهد و بدین ترتیب سطح مایع را کنترل می‌کند. در حقیقت سطح مایع در مخزن بخار را با تغییر دادن شدت جریان آب ورودی به بویلر تنظیم می‌کند.

۲- کنترل دوجزئی (two element feed water control):

در این روش سطح مایع از دو طریق کنترل می‌گردد.

۱- اندازه‌گیری دبی جرمی بخار خروجی از درام: روش کنترل آن بدین صورت است که مقدار جرمی از آب که به شکل بخار از درام خارج می‌گردد به وسیله ورود آب از طریق باز شدن شیر کنترل جبران می‌گردد. از این رو خروجی بخار با مقدار آب مساوی با آن از طریق ورودی جبران می‌گردد.

۲- اندازه‌گیری سطح مایع در درام: در مواردی که بلودان صورت می‌گیرد مقدار آب خارج شده از درام از طریق اندازه‌گیر سطح مایع تشخیص داده شده و به شیر کنترل آب ورودی به بویلر دستور باز شدن می‌دهد. در مجموع از طریق این دو جزء، کنترل بهتری نسبت به حالت تک‌جزئی وجود خواهد داشت.

۳- کنترل سه‌جزئی (three element feed water control)

این روش کنترلی برای مواقعی که آب ورودی به بویلر به دلیل استفاده از چندین پمپ ممکن است دارای تغییراتی در فشار و شدت جریان باشد، مناسب می‌باشد. علاوه بر دو متغیر فوق‌الذکر، نوسانات شدت جریان آب ورودی به عنوان متغیر سوم است. چرا که این نوسانات در میزان کنترل سطح مایع سبب مشکل می‌نماید. به عنوان مثال دبی مورد نظر ما با باز بودن ۴۰ درصد شیر کنترل تأمین می‌گردد، ناگهان شدت جریان ورودی به بویلر کم می‌گردد و در صورتی که هنوز شیر کنترل در همان مقدار ۴۰ درصد باقی بماند، مقدار مورد نیاز آب ورودی به بویلر تأمین نمی‌گردد و مقدار نوسانات زیاد شده و دیرتر سطح مایع کنترل می‌گردد. این مشکلی است که در کنترل‌کننده‌های دوجزئی وجود دارد. ولی در این سیستم با اندازه‌گیری شدت جریان ورودی و به محض کم شدن شدت جریان و قبل از آنکه اثر این نوسان در مخزن

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

بخار نمایان شود، فرمان باز شدن بیشتر شیر کنترل داده شده تا اثر کم شدن شدت جریان آب ورودی برطرف گردد.

۴-۳. کنترل فشار بخار در هدر اصلی

سوختی که در بویلر سوزانده می‌شود سبب ایجاد گرما و در نهایت تولید بخار می‌گردد. واضح است که با افزایش مقدار سوخت یا به عبارتی افزایش مقدار اشتعال، حرارت بیشتری تولید شده و نهایتاً بخار تولیدی بیشتری نیز خواهیم داشت. لذا برای کنترل فشار بخار در هدر اصلی می‌توان از تغییرات شدت اشتعال استفاده نمود که آن نیز به عوامل دیگری چون مقدار سوخت و هوای ورودی بستگی دارد. در صورتی که فشار بخار کم شود باید میزان سوخت بیشتری برای ایجاد حرارت بیشتر و تولید بخار بیشتر وارد بویلر گردد تا کمبود فشار جبران گردد و در صورت بالا بودن فشار باید مقدار سوخت کم گردد. سیستم کنترل احتراق به طوری طراحی می‌گردد تا وضعیت آتش‌گیری سوخت در مشعل به صورت پایدار بوده و نسبت هوا-سوخت برای شرایط عادی و یا اضطراری عملیات تنظیم گردد. روش عمل بدین صورت است که در زمان افزایش دادن اشتعال، کنترل‌کننده‌های احتراق سبب می‌گردند تا ابتدا شدن جریان هوا زیاد شده و سپس شدت جریان سوخت افزایش یابد و در زمان کاهش دادن شدت احتراق، ابتدا شدت سوخت کم شده و سپس شدت هوا کاهش می‌یابد.

ممکن است عوامل دیگری نیز بر شدت اشتعال، به طور مستقیم و بر فشار بخار در هدر، به طور غیرمستقیم تأثیر بگذارد، یکی از این موارد تغییر ارزش حرارتی سوخت می‌باشد. عموماً در زمان استفاده از سوخت‌های گازی، ممکن است ترکیب گاز ورودی تغییر نماید و به عبارتی، ارزش حرارتی گاز ورودی کم و یا زیاد شود. به عنوان مثال، در صورت بالا رفتن ارزش حرارتی مقدار حرارت ایجاد شده افزایش یافته و تولید بخار و فشار در هدر بخار بیشتر می‌گردد. در اینگونه موارد و برای جلوگیری از بروز چنین مشکلاتی در بویلر، از سنسورهایی که ارزش

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

حرارتی سوخت را تعیین می‌نمایند، استفاده می‌گردد. با بروز تغییر در ارزش حرارتی و قبل از آنکه اثر آن در سیستم با تغییر روی فشار هدر مشخص گردد، فرمانی از مرکز کنترل سیستم احتراق به شیر کنترل ارسال شده و مقدار سوخت به جهت جبران اثر تغییرات ارزش حرارتی تغییر می‌نماید.

۴-۴. کنترل دمای سوپرهیت

بخاری که برای واحدهای مصرف‌کننده فرستاده می‌شود باید از نظر دما و فشار کنترل گردد، علاوه بر آن در صورتی که لوله‌های سوپرهیت‌کننده بیش از حد گرم شوند، تنش و شوک حرارتی در آنها به وجود آمده و از بین می‌روند. از این رو کنترل دما در سوپرهیت‌کننده‌ها از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. روش‌های زیادی برای کنترل دمای سوپرهیتر وجود دارد که می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱- بایپس نمودن گاز در اطراف سوپرهیتر Bypassing the Furnace Gas :

در بویلرهای که ظرفیت کم دارند، می‌توان با بای‌پس (bypass) کردن بخشی از گازهای احتراق به وسیله یک دمپر دمای سوپرهیتر را کنترل نمود. این روش کنترل قبلاً به کار برده می‌شد ولی اشکالاتی که در انتخاب فلز مطمئن برای دمپر در برابر خوردگی و دمای بالا در مسیر عبور گازهای داغ وجود داشت، سبب منسوخ شدن روش کنترل با دمپر شده است.

۲- تغییر زاویه مشعل‌ها در کوره Tilting burners in the Furnace :

دمای بخار خروجی از سوپرهیتر را با تغییر زاویه مشعل‌ها به سمت بالا و پایین (به میزان ۳۰ درجه) در بویلرهای نوع عرضی می‌توان کنترل نمود. با تغییر زاویه مشعل‌ها به سمت پایین، لوله‌های بالارونده بخش بیشتری انرژی به شکل تابش جذب می‌نمایند، در نتیجه سهم جذب حرارت در سوپرهیتر نسبتاً کم شده و دمای آن پایین می‌آید. اگر مشعل‌ها به سمت بالا گردانده شوند، زاویه تابش نسبت به سوپرهیترها مناسب‌تر شده و انرژی حرارتی بیشتر به

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

سوپرهیترها منتقل و دمای آنها افزایش می‌یابد.

۳- استفاده از مشعل‌های اضافی (Auxiliary Burners) :

با استفاده از مشعل‌های جنبی علاوه بر مشعل‌های اصلی می‌توان دمای بخار را کنترل کرد. اثر این مشعل‌ها شبیه مشعل‌هایی با زاویه متغیر است.

۴- کاهش دمای سوپرهیتر با پاشش آب Desuperheating using water spray :

با اسپری کردن آب به بخار سوپرهیت می‌توان دمای آن را کاهش داد. اضافه کردن آب در بخشی به نام دی‌هیتر یا ری‌هیرت صورت می‌گیرد.

۵- کنترل پیش‌سردکن (Precondensing Control) :

دمای بخار خروجی را می‌توان با سرد کردن بخار خروجی از بویلر با آب تغذیه در یک کندانسور کوچک کنترل کرد. کنترل اتوماتیک، مقدار آب تغذیه bypass را تنظیم می‌کند.

۶- گردش مجدد گاز Gas Recirculation :

بخشی از گاز خروجی از اکونومایزر مجدداً داخل کوره می‌شود. این عمل به کمک یک فن انجام می‌گیرد. این گاز نظیر هوای اضافی عمل می‌کند و بر دیواره‌های کوره اثر می‌گذارد. این عمل انرژی حرارتی جذب شده توسط دیواره‌های آبی را کم کرده و انرژی جذب شده توسط سوپرهیتر را افزایش می‌دهد.

۷- قرار دادن کویل در درام بویلر (Coil Immersion in the Boiler Drum) :

بعضا برای کاهش دمای سوپرهیتر، بخشی از بخار خروجی از آن را، به وسیله یک کویل به مخزن لجن وارد می‌نمایند. این بخارات پس از کاهش دما و قبل آن آنکه به دمای اشباع بخار در آن فشار برسد، مجدداً به سوپرهیتر وارد می‌شود تا بدین صورت با افزایش فلوی عبوری از آن، دمای سوپرهیتر کاهش یابد.

mohandes-iran.com

۴-۵. کنترل مقدار جریان هوا

این کار به وسیله تنظیم مقدار اکسیژن در گازهای حاصل از احتراق و در دودکش صورت می‌گیرد. وجود ۳ درصد اکسیژن در گازهای خروجی از دودکش به مفهوم به‌سوزی در کوره است. در صورتی که اکسیژن خروجی از دودکش کمتر از ۳ درصد باشد، داخل کوره دوده‌زایی وجود خواهد داشت و با افزایش مونوکسید کربن مواجه می‌گردیم و در صورت بالا بودن بیشتر از ۳ درصد در خروجی از دودکش مقدار ناکس افزایش خواهد یافت و به علت افزایش حجم گازهای حاصل از احتراق، انرژی حرارتی زیادی به همراه هوای اضافی از کوره به بیرون رفته و تلف خواهد شد. در بویلرها سعی بر این است مقدار هوا را طوری تنظیم نمایند که مقدار ۳ درصد اکسیژن در جریان خروجی از دودکش وجود داشته باشد. از آنجایی که برای تأمین هوای مورد نیاز احتراق در بویلرها از فن‌های دمنده و مکنده استفاده می‌گردد، لذا با استفاده از دمپرهای هوای ورودی مقدار هوا را تنظیم می‌کنند. از طرفی مقدار هوای مورد نیاز با توجه به مقدار سوخت تنظیم می‌گردد. از این رو در دودکش بویلرها و با استفاده از سنسورهایی که مقادیر اکسیژن و مونوکسید کربن را اندازه می‌گیرند، مقدار هوای ورودی به کوره تنظیم می‌گردد، با بالا رفتن مقدار اکسیژن دمپرهای هوای ورودی بسته شده و با کم شدن اکسیژن دمپرها باز می‌شوند. در دودکش بعضی از بویلرها به منظور کنترل بهتر احتراق، میزان مونوکسید کربن خروجی نیز اندازه‌گیری می‌شود.

۴-۶. حفظ کیفیت آب بویلر و کنترل Blow down

برای حفظ کیفیت آب بویلر باید مقدار تزریق مواد شیمیایی و بلودان کنترل گردد. عموماً کنترل تزریق مواد شیمیایی، بلودان پیوسته و ناپیوسته به صورت دستی و از روی نتایج حاصل از آنالیز شیمیایی آب بویلر صورت می‌گیرد. به این مفهوم که در صورت مشاهده تغییرات pH

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

مقدار مواد شیمیایی تزریقی به آب بویلر را تغییر می‌دهند و یا در زمان بالا رفتن مقادیر سختی، مقدار بلودان را افزایش می‌دهند، این کار از طریق بلودان ناپیوسته صورت می‌گیرد، چرا که عموماً بلودان پیوسته، به صورت تناسبی و به نسبتی از مقدار آب ورودی به بویلر تنظیم شده است. در بعضی واحدها برای بلودان پیوسته از یک سیستم کنترل خودکار استفاده می‌گردد. اساس کار این سیستم بر پایه هدایت الکترولیتی آب است، در صورت بالا رفتن هدایت آب بویلر، مقدار بلودان پیوسته افزایش یافته تا غلظت مواد نامحلول پایین آید و در محدوده مجاز قرار گیرد.

mohandes-iran.com

مهندس ایران
mohandes-iran.com

فصل۵

راه‌اندازی، از سرویس خارج کردن و نگهداری سامانه

mohandes-iran.com

http://www.mohandes-iran.com

۵-۱. راه‌اندازی

راه‌اندازی بویلر نیازمند انجام اقداماتی اولیه می‌باشد که معمولاً شامل فراهم کردن مـواردی چون سوخت، هوا و آب مورد نیاز، بررسی خطـوط انتقـال سـوخت، آب و همچنـین راه‌انـدازی تجهیزاتی چون پمپ، دمنده، دی‌اریتور و غیره می‌باشد کـه مجموعـه ایـن اعمـال را اصـطلاحاً پیش‌راه‌اندازی می‌گویند. پیش‌راه‌اندازی هر یک از تجهیزات دستورالعمل‌های مربوط به خـود را دارا می‌باشد و توسط شرکت‌های سازنده آنها ارائه می‌گردد. در مجموع راه‌اندازی بویلر شامل دو قسمت راه‌اندازی تجهیزات یا پیش‌راه‌اندازی و راه‌اندازی خود بویلر می‌باشد.

در راه‌اندازی بویلرها باید به این نکته توجه داشت که همزمـان بـا بـالا رفـتن فشـار و دمـا، تنش‌های زیادی در بویلر به وجود می‌آید. در صورتی که دما و فشار با سـرعت زیـادی افـزایش یابند، این تنش‌ها می‌توانند سبب بروز مشکلات بسیاری برای بویلر گردند. از این رو شرکت‌های سازنده بویلر، نموداری برای راه‌اندازی بویلر ارائه می‌کنند که نحوه افزایش فشار و دما را با زمان نشان می‌دهد، تا به این وسیله بتوان بویلر را در مدت‌زمان کـافی و بـا افـزایش مناسـب میـزان سوخت، به شرایط عملیاتی رساند.

حدوداً تا دو ساعت پس از شروع راه‌اندازی، در بویلر فشـاری بـه وجـود نمـی‌آیـد چـرا کـه ونت‌های مخزن بخار باز بوده و بخار بدون آنکه باعث افـزایش فشـار بـویلر گـردد، از آن خـارج می‌گردد، از این رو فشار بویلر اتمسفریک می‌باشد. پس از حدود دو ساعت، ونت‌ها بسته شده و به تدریج فشار در مخزن بخار افزایش می‌یابد. میزان مصرف سوخت توسـط اپراتـور بـه طـوری افزایش می‌یابد تا میزان افزایش فشار در مخزن بخار بر حسب زمان در محدوده مجـاز منحنـی قرار داشته باشد.

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

الف- پیش‌راه‌اندازی:

قبل از مشعل بویلر به وسیله جرقه روشن گردد، اقداماتی باید صورت گیرد که در اصل راه‌اندازی تک‌تک تجهیزات بویلر می‌باشند و شامل موارد ذیل می‌باشند:

۱- دیگ بخار یا steam drum تا سطح مجاز پر می‌گردد.

۲- باید وضعیت فشار سوخت مورد استفاده برای مشعل‌ها بررسی گرد تا فشار آنها کم نبوده و مناسب باشند.

۳- باید برای عملیات هواگیری، vent و drainهای steam drum در ابتدای کار باز باشند.

۴- وسایل کمکی بویلر مثل پمپ‌ها، دمنده‌ها، ... از لحاظ وضعیت روغن باید چک کردند.

۵- وسایل کمکی ذکر شده در بالا دارای سیستم خنک‌کننده با آب می‌باشند که باید وضعیت آب خنک‌کننده چک گردد.

۶- سوئیچ راه‌اندازی بویلر در اتاق کنترل در وضعیت ON قرار می‌گیرد.

۷- مسیر عبور سوخت به مرحله احتراق باز می‌گردد.

۸- شاخص سطح آب در steam drum برای عملیات راه‌اندازی بررسی می‌گردد.

۹- تمام شیرهای پمپ‌های تغذیه‌کننده آب بویلر بررسی می‌گردد.

۱۰- در صورتی که بویلر دمنده برقی داشته باشد، پره‌های دمنده یا دمپر برای راه‌اندازی دمنده بسته می‌گردد.

۱۱- وضعیت الکتروموتور/ توربین دمنده باید از لحاظ روغنکار و سطح روغن بررسی گردد.

۱۲- الکتروموتور/توربین دمنده راه‌اندازی می‌گردد و در ضمن آمپر الکتروموتور برقی نیز باید چک گردد.

۱۳- مسیرهای تنظیم‌کننده هوای مشعل‌ها (register) کاملاً باز می‌گردند.

۱۴- پره‌های ورودی هوا (Damper) دمنده به مقدار مورد نیاز باز می‌شوند.

۱۵- در این مرحله باید کوره در معرض دمیدن هوا و به مدت حداقل پنج دقیقه به منظور انجام عملیات pre purging قرار گیرد. بعد از عملیات purging کوره آماده مشعل زدن می‌باشد.

۱۶- مسیرهای تنظیم‌کننده هوای مشعل‌ها (register) کاملاً بسته می‌شوند.

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

۱۷- شیرهای ورودی سوخت (مایع یا گاز و یا هر دو) به آرامی باز می‌گردند.

۱۸- مسیرهای انتقال سوخت (مایع یا گاز و یا هر دو) به هر مشعل آماده می‌گردند.

۱۹- هوای مورد نیاز جهت احتراق به صورت دستی کنترل می‌گردد.

۲۰- برای تلمبه‌های برقی باید آمپر الکتروموتور و وضعیت روغنکاری و سطح روغن در مخزن چک گردد.

۲۱- دی‌اریتور در سرویس قرار داده می‌شود.

ب- راه‌اندازی خود بویلر:

از زمانی که مشعل بویلر روشن می‌گردد تا وقتی که بخار تولیدی به شرایط دمایی و فشاری مورد نظر برسد، اقداماتی صورت می‌گیرد که مربوط به راه‌اندازی خود بویلر می‌باشد و عموماً شامل مراحل زیر می‌باشد:

۲۲- عملیات مشعل زدن صورت می‌گیرد تا شعله درون کوره ایجاد گردد.

۲۳- با بالا رفتن فشار و دما و به علت انبساط حجمی آب، میزان ارتفاع سطح مایع درون درام افزایش می‌یابد. در این زمان گاهی لازم است با تخلیه کردن بخشی از آب، سطح درام را در حالت نرمال قرار دهند.

۲۴- بعد از ثابت شدن سطح آب درون مخزن بخار، خط آب ورودی به بویلر باز می‌گردد و آب وارد مخزن بخار می‌گردد.

۲۵- شیرهای هواگیری مربوط به درام و خط اصلی بخار یا هدر بسته می‌گردد.

۲۶- در یک مقدار فشاری که توسط سازنده بویلر داده شده است، شیرهای تخلیه هوای بالای بویلر (air vent) را بسته و عملیات راه‌اندازی مطابق نمودار راه‌اندازی بویلر انجام می‌گیرد.

۲۷- سرعت بالا رفتن فشار بویلر با تنظیم نمودن شیر test pipe و میزان احتراق کنترل می‌گردد.

۲۸- شیر هواگیری سوپرهیتر بسته می‌شود.

۲۹- شیرهای تخلیه (drain valve) سوپر هیتر بسته می‌گردد.

۲۸- در این مرحله با افزودن میزان شعله مشعل‌ها عملیات افزایش فشار صورت می‌گیرد. در

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

بویلرهای با دو ردیف مشعل این کار ابتدا با مشعل‌های پایینی و بعد با مشعل‌های بالایی صورت می‌گیرد.

۳۰- در این مرحله باید دمای بخار خروجی از سوپرهیتر چک گردد که با بالا رفتن ناگاهانی دما لوله‌های سوپرهیتر دچار گرما دیدن زیاد یا over heat نگردند که سبب خرابی لوله‌ها می‌گردد.

۳۱- شیرهای تخلیه و bypass تله‌های بخار بسته می‌گردند.

۳۲- عملیات تخلیه بخار به test pipe تا زمانی که به فشار و دمای مورد نظر نزدیک شویم ادامه می‌یابد. در این حین تمامی قسمت‌ها و سیستم‌های کنترل چک و بررسی می‌گردند تا از عملکرد صحیح آنها اطمینان حاصل گردد که وقتی بویلر وارد خط می‌گردد دچار مشکل نشویم.

۳۳- ممکن است دمای بخار سوپرهیت بالا رود که در صورت بالا رفتن دما و به منظور کنترل آن، خط آب ورودی به ری‌هیتر راه‌اندازی می‌گردد.

۳۴- پس از رسیدن به فشار و دمای مورد نظر، شیر ورودی بخار به هدر به آرامی و به طور کامل باز می‌گردد. این شیر دارای موتوری است که بتوان آن را از اتاق کنترل نیز باز و بسته نمود.

۳۵- مسیر راه‌اندازی test pipe به آرامی بسته می‌گردد.

۳۶- برای افزایش تولید بخار مشعل‌های بیشتری در سرویس قرار داده می‌شوند.

۳۷- میزان تولید بخار افزایش داده می‌شود.

۳۸- عملیات بلودان دائمی و تزریق مواد شیمیایی شروع می‌گردد.

۳۹- کلیدهای اینترلاک و emergency trip در حالت نرمال قرار می‌گیرند.

توضیحات:

۱- کنترل‌کننده هوا را در حالتی که تولید بخار بیشتر از ۳۰ درصد میزان طراحی باشد، در حالت اتوماتیک قرار دهید.

۲- کنترل‌کننده آب درون درام را در حالتی که تولید بخار بیشتر از ۱۰ درصد میزان

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

طراحی باشد، در حالت اتوماتیک قرار دهید.

۳- کنترل‌کننده‌های دمای بخار خروجی را وقتی به دمای سوپرهیت رسید، در حالت اتوماتیک قرار داده شود.

۴- مابقی کنترلرها را بر اساس میزان تولید بخار به حالت اتوماتیک قرار داده شود.

۵- کلیدهای اینترلاک فقط وقتی که بویلر به صورت نرمال در سرویس قرار گرفت در حالت نرمال قرار داده می‌شود.

۵-۲. چک و ثبت متغیرها

از وظایف اصلی اپراتورهای بویلر، بازرسی و ثبت برخی پارامترهایی است که معرف عملکرد بویلر می‌باشد. چک و ثبت این متغیرها در هر روز و در بازدیدهای روزانه صورت می‌گیرد، مجموعه این متغیرهای ثبت شده، شرح کامل از نحوه عملکرد بویلر را ارائه می‌دهد. در صورت بروز مشکل و یا حادثه در واحد تولید بخار، این اطلاعات کمک زیادی به یافتن دلیل حادثه می‌نماید. گاهی نیز بررسی روند تغییراتی که در گذشته اتفاق افتاده است بهره‌برداران را از بروز مشکلی که ممکن است در آینده ایجاد گردد، مطلع می‌گرداند و می‌توانند بدین‌وسیله از بروز آن جلوگیری نمایند. یک اپراتور در حین ورود به اتاق کنترل، باید به نتایج و گزارش بازرسی‌های انجام شده در شیفت‌های قبلی توجه نماید. چرا که احتمال دارد مشکلی قبلا به وجود آمده که اپراتور باید در طول مدت زمان کاری خود یا مشکل را حل نماید و یا از بروز مشکلات بیشتر جلوگیری نماید. در برخی مواقع امکان دارد مشکلی هنوز به وجود نیامده، اما وجود هشدار در گزارش‌های قبلی باعث می‌شود تا اپراتور احتیاطات لازم را در نظر داشته باشد.

اطلاعات مربوط به بخش‌های مختلفی که در طی روز بازدید می‌گردند در برگه‌هایی به شکل جدول، ثبت می‌شوند که به این برگه‌ها اصطلاحاً log Sheet گفته می‌شود. در شکل مقابل نمونه یک log Sheet مشاهده می‌گردد. log Sheet عموماً شامل قسمت‌های ذیل می‌باشند:

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

۱- بالای صفحه نام دستگاه و اینکه اطلاعات این log Sheet باید از سایت یا اتاق کنترل جمع‌آوری گردد، ذکر شده است.

۲- در یک ستون قسمت‌های مهمی که برای اطمینان از عملکرد صحیح دستگاه باید به طور مرتب چک گردند، لیست شده‌اند.

۳- عموماً در یک ستون و مقابل لیست مواردی که باید چک گردند، مقادیر مجاز یا محدوده حداکثر و یا حداقل مقادیر آورده شده است، در صورتی که مقدار مشاهده شده در سایت با اعداد ثبت شده در این ستون مغایرت داشته باشد، به مفهوم بروز یک مشکل بوده و اپراتور باید سریعاً به واحد کنترل خبر دهد.

۴- عموماً چک و ثبت متغیرها هر دو ساعت یک بار صورت می‌گیرد، البته ممکن است بنا به حساسیت دستگاه مورد نظر این زمان متفاوت باشد، از این رو در جلوی ستون‌های قبلی، ستون‌هایی برای ثبت مقادیر در ساعات مختلف وجود دارد.

۵- در انتهای log Sheet محلی برای درج نام و امضاء نوبت کار و سرپرست نوبت کاری وجود دارد.

عموماً log Sheetهایی که در اتاق کنترل واحد تولید بخار پرمی‌گردند، شامل موارد ذیل می‌باشند:

۱- وضعیت مخازن سوخت، که شامل سطح مایع، دما و فشار می‌باشد

۲- در مورد هر بویلر اطلاعاتی چون موارد ذیل ثبت می‌گردند:

- شدت جریان بخار تولیدی
- شدت جریان و فشار آب ورودی به بویلر
- مقادیر سوخت گازی و مایع ورودی به بویلر
- فشار بخار در هدر HS، MS و LS
- مقادیر بلودان
- اطلاعات مربوط به مشعل بویلر که عمدتاً شامل: فشار بخار یا هوای اتمایزکننده ورودی به مشعل، تعداد مشعل‌هایی که برای هر بویلر در سرویس قرار دارد، فشار سوخت مایع و گاز در

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

مشعل (fuel pressure at burner) می‌باشد.

- مکش در محفظه احتراق (funace draft)
- فشار هوا در محفظه هوا (wind box air pressure)
- فشار، دما و سطح مایع در مخزن بخار
- فشار، دما و سطح مایع در دی‌اریتور
- فشار هوا در خروجی فن
- وضعیت مقدار مصرف بخار توسط واحدهای مصرف‌کننده، در واحدهایی که چند مصرف‌کننده وجود دارد مقدار مصرف توسط هر مصرف‌کننده نیز ثبت می‌گردد.

عموماً log Sheetهایی که در سایت و توسط نوبت کار محوطه تکمیل می‌گردند، شامل log Sheetهای مربوط به مخازن سوخت، پمپ‌های تغذیه نوع برقی و توربینی آب بویلر، فن‌های دمنده یا مکنده و ایستگاه مواد شیمیایی می‌باشد.

۵-۳. عوامل Shutdown

عوامل مختلف خارجی مانند تغییر در شدت جریان آب ورودی به بویلر، می‌تواند بر روال کارکرد طبیعی بویلر اثر بگذارد، در این شرایط سیستم های کنترل به جهت حفظ شرایط کارکرد عادی بویلر، وارد عمل شده و با تغییر پارامترهایی در سیستم، سبب جبران تغییر شده و در نهایت سیستم را به حالت کارکرد عادی پیش می‌برند. در صورتی که زمان کنترل طولانی شود، ممکن است قسمت‌هایی از بویلر آسیب ببینند، از این رو زمان مورد نیاز برای برگرداندن سیستم به حالت عادی در بحث کنترل از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. در صورتی که سیستم‌های کنترل نتوانند تغییر به وجود آمده در سیستم را در زمان مناسب کنترل نمایند، سیستم‌هایی به نام اینترلاک، به طور خودکار سبب از سرویس خارج کردن بویلر می‌گردند تا از بروز خطرات و آسیب دیدن بویلر جلوگیری گردد. در بویلرها این سیستم‌ها در هنگام بروز

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

مشکلات خاصی فعال می‌گردند که اصطلاحاً به نام عوامل shutdown معروف هستند. عموماً عوامل shutdown در بویلرها عبارتند از:

۱- سطح مایع در مخزن بخار

در صورتی که سطح مایع در مخزن بخار به هر دلیلی از حد مجاز پایین‌تر آید، سیستم‌های اینترلاک بویلر را از سرویس خارج می‌نمایند.

۲- هوای ابزار دقیق

تجهیزات کنترلی و ابزار دقیق در بویلرها با هوای فشرده کار می‌کنند و در صورتی که فشار هوای ابزار دقیق به هر دلیلی کاهش یابد، سیستم‌های کنترلی و ابزار دقیق از کار می‌افتند و عملاً بویلر از کنترل خارج می‌گردد. در این شرایط سیستم‌های اینترلاک بویلر را از سرویس خارج می‌کنند.

۳- فن‌ها

با بروز مشکل در فن‌ها و قطع هوای ورودی به محفظه احتراق، مشعل‌ها خاموش شده و سوخت در کوره تجمع می‌یابد، به دلیل گرم بودن کوره امکان احتراق مجدد و گاهی انفجار وجود خواهد داشت. از این رو سیستم‌های اینترلاک بویلر را از سرویس خارج می‌کنند.

۴- مشعل و متعلقات آن

از کار افتادن مشعل نیز همانند از کار افتادن دمنده سبب تجمع سوخت در کوره شده و خطر بروز انفجار را در پی خواهد داشت. از این رو سیستم‌های اینترلاک به طور خودکار بویلر را از سرویس خارج می‌کنند. اعلام شرایط اضطراری بستگی به تعداد مشعل‌های بویلر دارد و در بویلرهای دارای چند مشعل، با از کار افتادن یک مشعل بویلر را از سرویس خارج نمی‌کنند. به عنوان مثال در بویلرهای دارای ۶ مشعل که سه مشعل در ردیف پایین و سه مشعل در ردیف بالا دارند، از کار افتادن همزمان دو مشعل از پایین و یا سه مشعل از بالا جزو شرایط اضطراری محسوب می‌گردد که باید بویلر سریعا از سرویس خارج گردد.

۵- فشار سوخت (گازی و مایع)

در صورتیکه به هر دلیلی فشار سوخت بویلر (چه سوخت مایع و چه سوخت گازی) پایین

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

بیاید، از شرایط اضطراری محسوب می‌گردد و باید بویلر به صورت اضطراری از سرویس خارج گردد. در صورت پایین آمدن فشار سوخت شعله‌های مشعل ضعیف شده و توسط آشکارسازهای شعله حس نمی‌گردند و سیستم‌های اینترلاک بویلر را از سرویس خارج می‌کنند.

۵-۳-۱. از سرویس خارج کردن در حالت عادی

۱- انجام عملیات soot blower

۲- برای خروج رسوبات احتمالی از بویلر، می‌توان قبل از آنکه بویلر به صورت Normal از سرویس خارج گردد، میزان بلودان پیوسته را تا حدود ۲ برابر مقدار آن افزایش داد.

۳- همانطور که در زمان راه‌اندازی، فشار و دمای بویلر طبق منحنی فشار و دما بر حسب زمان افزایش داده می‌شد، در زمان از سرویس خارج کردن نیز از همان منحنی در جهت کاهش فشار و دما استفاده می‌گردد، لذا به طور تدریجی بار بویلر باید کم گردد.

۴- کم کردن فشار سوخت در مشعل‌ها به طور تدریجی صورت می‌گیرد و در صورتی که بویلر دارای چندین مشعل باشد این کار با از سرویس خارج کردن اولین مشعل شروع می‌گردد.

۵- با کمتر کردن میزان احتراق به منظور پایین آوردن بار بویلر مشعل‌های بیشتری از سرویس خارج می‌گردد. بار بویلر همچنان کاهش داده می‌شود تا بار آن حدوداً به اندازه یک‌سوم بار طراحی گردد. در این زمان بویلر از collect header جدا می‌گرد.

۶- شیر خروجی test pipe به طور تدریجی و تا حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد باز شده تا کم‌کم بخار به سمت اتمسفر برود.

۷- بستن تدریجی شیر ورودی بخار به collect header و همزمان باز کردن بیشتر شیر test pipe تا کم‌کم بخار تولیدی از collect header به سمت test pipe برود.

۸- در این مرحله همچنان و به آرامی مقدار شعله را با از سرویس خارج کردن مشعل‌ها و کم کردن فشار سوخت پایین می‌آورند.

۹- در این مرحله با زدن کلید emergency stop در اتاق کنترل سیستم‌های اینترلاک عمل

http://www.mohandes-iran.com

mohandes-iran.com

نموده و فرمان trip صادر شده و shut off valve سوخت عمل کرده و مسیر سوخت را به مشعل‌ها می‌بندد و در این زمان بویلر عملاً از سرویس خارج شده است.

۱۰- شیرهای سوخت به هر مشعل بسته می‌گردد.

۱۱- شیر اصلی خط لوله‌ای که سوخت را به بویلر می‌برد، بسته می‌شود.

۱۲- مسیر سوخت از خط لوله تا فلر Purge می‌گردد.

۱۳- پمپ تزریق مواد شیمیایی به مخزن بخار که غالباً پمپ فسفات می‌باشد، از سرویس خارج می‌گردد.

۱۴- Flash tank از سرویس خارج شده و شیر خروجی LS از آن به هدر اصلی LS بسته می‌شود.

۱۵- با پایین آمدن فشار در سوپرهیتر drainهای آن را باز کرده و همچنین ventهای بالای بویلر نیز باز می‌گردد. مقدار این فشار توسط سازنده بویلر ارائه می‌گردد.

۱۶- مسیر تزریق آب ورودی به بویلر بسته می‌گردد.

۱۷- مقدار کمی آب در مخزن بخار و تقریباً حدود ۵۰ میلی‌متر نگه داشته می‌شود.

۱۸- مسیرهای بلودان بسته می‌گردد.

mohandes-iran.com

۵-۳-۲. از سرویس خارج کردن اضطراری

۱- کلیدهای اینترلاک را در حالت نرمال قرار می‌گیرد.

۲- در صورتی که برای بویلر مشکلی به وجود آمده باشد که نیاز به از سرویس خارج کردن اضطراری داشته باشد، به صورت دستی و با استفاده از emergency stop بویلر از سرویس خارج می‌گردد.

۳- به صورت خودکار و با عمل نمودن کلیدهای اینترلاک بویلر از سرویس خارج می‌گردد.

۴- به صورت خودکار Shut off valve های سوخت مایع/ گاز بسته می‌شوند.

۵- شیر بخار را بسته می‌شود.

http://www.mohandes-iran.com

مهندس ایران
mohandes-iran.com

۶- شیر test pipe به آرامی باز می‌شود.

۷- شیرهای ورودی سوخت به مشعل‌ها بسته می‌گردد.

۸- شیر برگشتی سوخت مایع باز می‌گردد.

۹- شیر تخلیه دائم بسته می‌گردد.

۱۰- تزریق مواد شیمیایی متوقف می‌شود.

۱۱- پس از حدود ۵ دقیقه که عملیات تخلیه گازهای سوختی از بویلر انجام گردید که اصطلاحاً past purging نامیده می‌شود، دمنده از سرویس خارج می‌گردد.

۱۲- پمپ آب ورودی به بویلر از سرویس خارج می‌شود، ولی باید سطح آب در مخزن بخار در محدوده مجاز باشد.

۱۳- پس از آنکه فشار بروی سوپرهیت‌کننده‌ها کم شد به آرامی شیرهای هواگیری آنها باز می‌گردد.

۱۴- بویلر باید به صورت طبیعی سرد شود و برای این کار از دمپر دمنده بر روی رجیستر مشعل‌ها استفاده می‌گردد.

۱۵- کلیه شیرهای سوخت مایع را بسته شده و وضعیت آنها را چک می‌گردد.

۱۶- کلیه شیرهای آب ورودی به بویلر بسته شده و چک گردد.

۱۷- کلیه شیرهای بویلر که در زمان بهره‌برداری بسته بودند، باید باز گردند.

۱۸- کلیه شیرهای سوخت گاز باید بسته شده و وضعیت آنها چک گردد.

۱۹- عملیات از سرویس خارج کردن بویلر را ادامه داده و روی کلیدهای power عبارت «تحت تعمیر» نصب می‌گردد.

۲۰- عاملی که باعث از سرویس خارج کردن بویلر شده بود، بررسی می‌گردد.

۲۱- عیوب پیدا شده و رفع می‌گردد.

۲۲- بویلر مجدداً راه‌اندازی گردد.

mohandes-iran.com

۵-۴. شرایط اضطراری

گاهی ممکن است شرایطی در بویلرها ایجاد شود که جزو عوامل shutdown محسوب نشده، ولی می‌توانند با ایجاد مشکل در بویلر سبب فعال شدن یکی از عوامل shutdown گردند و به دنبال آن سیستم‌های اینترلاک فعال شده و بویلر را از طریق Emergency shutdown از سرویس خارج کنند، در این شرایط اپراتور سعی می‌کند در زمان کوتاه قبل از فعال شدن اینترلاک‌ها مشکل را حل نماید و در صورت عدم موفقیت در این کار، بویلر را به صورت Normal از سرویس خارج می‌کند. از این شرایط اضطراری می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود.

۱- قطع شدن سوخت و آب ورودی به بویلر

۲- قطع شدن برق مجتمع: بروز این مشکل سبب از سرویس خارج شدن بسیاری از واحدهای مصرف‌کننده بخار می‌گردد. در نتیجه بخار تولیدی توسط بویلرها، مصرف نشده و فشار در هدر بخار بالا خواهد رفت. در صورتی که قطعی برق محدود به زمان کوتاهی باشد، بخار تولیدی از طریق silencerها به اتمسفر تخلیه می‌گردد ولی در صورت طولانی شدن قطعی برق، اپراتورهای چاره‌ای جز از سرویس خارج کردن بویلر ندارد.

۳- قطع آب خنک‌کننده: در این شرایط، دمای تجهیزاتی مانند دمنده‌ها و پمپ‌ها بالا رفته و در عملکرد آنها مشکل به وجود خواهد آمد. در این شرایط باید بویلر از سرویس خارج گردد. گاهی نیز دبی آب خنک‌کننده کم شده که ممکن است اپراتور ظرفیت بویلر را پایین آورد تا از shutdown بویلر جلوگیری گردد.

۴- نشتی شدید: گاهی بروز مشکلاتی چون نشتی شدید از لوله‌های بویلر، هدرهای بالایی و پایینی جزو شرایط اضطراری محسوب می‌گردد.

mohandes-iran.com

۵-۵. آماده کردن شرایط و تحویل دادن جهت تعمیر

عموماً برای انجام هر گونه تعمیراتی که قرار است در واحدهای صنایع نفت صورت گیرد، باید اجازه انجام کار (permit) صادر گردد. شخصی که اجازه انجام کار را به نفرات تعمیراتی می‌دهد، باید به نکات مختلفی توجه نماید، به عنوان مثال، باید محل مورد نظر از جهت ایمنی کاملاً بررسی گردد تا خطراتی مانند گازگرفتگی، برق‌گرفتگی، سوختن و غیره برای نفرات اعزامی وجود نداشته باشد. در صورتی که نیاز به استفاده از وسایل ایمنی خاصی مانند دستگاه تنفسی، عینک، دستکش و غیره می‌باشد، باید به نفرات اعزامی اعلام گردد. یکسری کارهای کلی به جهت آماده‌سازی شرایط بویلر از سرویس خارج شده برای تحویل به تعمیرات، صورت می‌گیرد که عموماً شامل بستن مسیرها و یا شیرهای ذیل می‌گردد:

۱- shut off valveهای مسیر گاز

۲- شیرهای اصلی و شیر برگشتی سوخت‌های بویلر (مایع و یا گاز)

۳- شیرهای پروانه‌ای مسیر گاز مشعل‌ها به طور کامل

۴- پرج مسیر سوخت از فیلترها تا مشعل‌های کوره به وسیله ازت

۵- مسیر عبور بخار به درون soot blowerها

۶- اسپیدگذاری مسیرهایی مانند مسیر فلر که از آنها احتمال ورود گاز به بویلر وجود دارد

۷- شیر اصلی ازت به بویلرها

۸- شیر test pipe بویلر

۹- اسپیدگذاری شیر اصلی بخار MS

۱۰- شیر اصلی ازت به سمت کوره

۱۱- اسپیدگذاری شیرهای قبلی از فیلترهای سوخت مایع

۱۲- شیر دستی مربوط به بخار LS دی‌اریتور

۱۳- کلیه کلیدهای مربوط به تجهیزات برقی بویلر در substation و سایت بویلر قطع گردیده و کارت ایمنی آنها نصب می‌گردد.

mohandes-iran.com
http://www.mohandes-iran.com

پس از آنکه آماده‌سازی اولیه صورت گرفت، می‌توان از ایمن بودن شرایط، اطمینان حاصل کرد و به نفرات تعمیراتی اجازه انجام کار داد.

۵-۶. تحویل گرفتن پس از انجام تعمیرات

بازرسی فنی در حین انجام تعمیرات در قسمت‌های مختلف بویلر، بر کار واحدهای تعمیراتی، نظارت می‌کند. این نظارت در بخش‌های مختلفی که شامل بازرسی جوش، بازرسی عایق، مکانیک و غیره می‌باشد، صورت می‌گیرد. بازرسی فنی، پس از پایان تعمیرات، تست‌های مختلفی بر روی قسمت‌های تعمیر شده انجام داده و در صورت صحت آنها، کار انجام شده را تایید می‌نماید. پس از آن بویلر به واحد بهره‌برداری تحویل شده و آماده راه‌اندازی می‌باشد. اپراتورها قبل از راه‌اندازی بویلر، به بازدید کلی و دقیق از قسمت‌های مختلف بویلر پرداخته و پس از اطمینان از آماده بودن شرایط موجود اقدام به راه‌اندازی بویلر می‌نمایند.

mohandes-iran.com