

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



بسم الله الرحمن الرحيم

شرکت ملی پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی ایران

عنوان دوره:

اصول عملکرد، راه‌اندازی و کاربرد بهینه

انواع بویلرها در پالایشگاه

اردیبهشت ۱۳۹۰

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱ انواع بویلرها
۱-۱	۱-۱. مقدمه
۲-۱	۲-۱. بخار
۳-۱	۳-۱. بویلرهای فایرتیوب
۴-۱	۴-۱. بویلرهای واترتیوب
۵-۱	۵-۱. دسته‌بندی‌های دیگر
۵-۱-۱	۵-۱-۱. بر اساس صاف یا خمیده بودن لوله‌ها
۵-۱-۲	۵-۱-۲. بر اساس نحوه گردش آب
۵-۱-۳	۵-۱-۳. بر اساس نوع سوخت مصرفی
۵-۱-۴	۵-۱-۴. بر اساس نوع منبع حرارتی
۵-۱-۵	۵-۱-۵. بر اساس فشار عملیاتی
۱۳	فصل ۲ سیستم عملکرد
۱-۲	۱-۲. مقدمه
۲-۲	۲-۲. سیستم جریان آب و بخار
۳-۲	۳-۲. سیستم حفظ کیفیت آب بویلر
۴-۲	۴-۲. سیستم احتراق
۵-۲	۵-۲. سیستم عبور گازهای حاصل از احتراق
۲۴	فصل ۳ اجزاء بویلر
۱-۳	۱-۳. تجهیزات مرتبط با جریان آب و بخار
۱-۱-۳	۱-۱-۳. مخزن هواگیری
۲-۱-۳	۲-۱-۳. پمپ تغذیه
۳-۱-۳	۳-۱-۳. گرمکن اولیه یا اکونومایزر

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

۴۵	..... ۶-۳-۳ خطوط انتقال سوخت
۴۶	..... ۷-۳-۳ صافیها (مایع و گاز)
۴۶	..... ۸-۳-۳ مخلوط کننده یا mixer
۴۶	..... ۹-۳-۳ سیستم جرقه زنی یا igniter
۴۷	..... ۴-۳ سایر تجهیزات
۴۷	..... ۱-۴-۳ شیر تخلیه آب دیوار
۴۷	..... ۲-۴-۳ پوشش ها و عایق های بویلر
۴۷	..... ۳-۴-۳ جمع کننده مایعات کندانس شده
۴۸	..... ۴-۴-۳ نمایش دهنده سطح مایع در مخزن بخار
۴۸	..... ۵-۴-۳ شیرهای تخلیه (Drain valve)
۴۸	..... ۶-۴-۳ Flame detector
۴۹	..... ۷-۴-۳ شیرهای قطع جریان (Safety Shutoff Valve)
۴۹	..... ۸-۴-۳ دریچه آدمرو (Manhole)
۵۰	..... ۹-۴-۳ peephole دریچه
۵۰	..... ۱۰-۴-۳ صدا خفه کن (Silencer)

فصل ۴ کنترل ۵۱

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

فصل ۵ راه اندازی، از سرویس خارج کردن و نگهداری سامانه ۵۹

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

فهرست اشکال

صفحه	عنوان
۱	فصل ۱ انواع بویلرها
۵	شکل ۱-۱. بویلر فایرتیوب.....
۷	شکل ۱-۲. بویلر واترتیوب تک‌درامی.....
۸	شکل ۱-۳. بویلر استرلینگ با چهار درام.....
۱۳	فصل ۲ سیستم عملکرد
۱۸	شکل ۲-۱. بویلر واترتیوب دو درامه.....
۲۴	فصل ۳ اجزاء بویلر
۲۷	شکل ۳-۱. آرایش inline لوله‌های اکونومايزر.....
۲۸	شکل ۳-۲. آرایش staggered لوله‌های اکونومايزر.....
۵۱	فصل ۴ کنترل
۵۹	فصل ۵ راه‌اندازی، از سرویس خارج کردن و نگهداری سامانه

فصل ۱

انواع بویلرها

۱-۱. مقدمه

صنایع شیمیایی 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 انتقال می‌یابد. بویلرها و توربین‌های گازی، تجهیزاتی هستند که معمولاً برای تولید بخار و برق از طریق سوزاندن سوخت‌های فسیلی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

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

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

۱- آب به طور فراوان و ارزان در دسترس بوده و ماده ای بی خطر و از دید محیط زیستی کاملاً بی ضرر می باشد و این یکی از علل استفاده گسترده از بخار در صنایع می باشد.

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

۳- در بعضی از فرآیندها بخار به عنوان جزئی از فرآیند وارد می گردد. از آن جمله می توان به برج های عریان سازی 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 می گیرد. یکنواختی در انتقال حرارت از مزایای استفاده از بخار است.

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

از بخار با فشار بالا می توان به کمک توربین بخار، کار تولید کرد. این کار را می توان برای چرخاندن دستگاه های 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 می باشد. در این میان به حرکت درآوردن توربین به منظور تولید توان، یکی از کاربردهای مهم بخار به شمار می رود. در حین این عملیات، انرژی بخار در توربین به کار تبدیل شده و بخار پس از عبور از پره های توربین، در یک کندانسور سرد شده و کندانس می شود. از آنجایی که آبی که برای تولید بخار استفاده می شود باید عاری از ناخالصی ها باشد، هزینه زیادی برای تولید آن صرف می شود. به همین دلیل بخار کندانس شده را دوباره وارد سیستم آب بویلر می نمایند تا مجدداً به بخار تبدیل شود. به عبارت دیگر قسمت زیادی از تولید

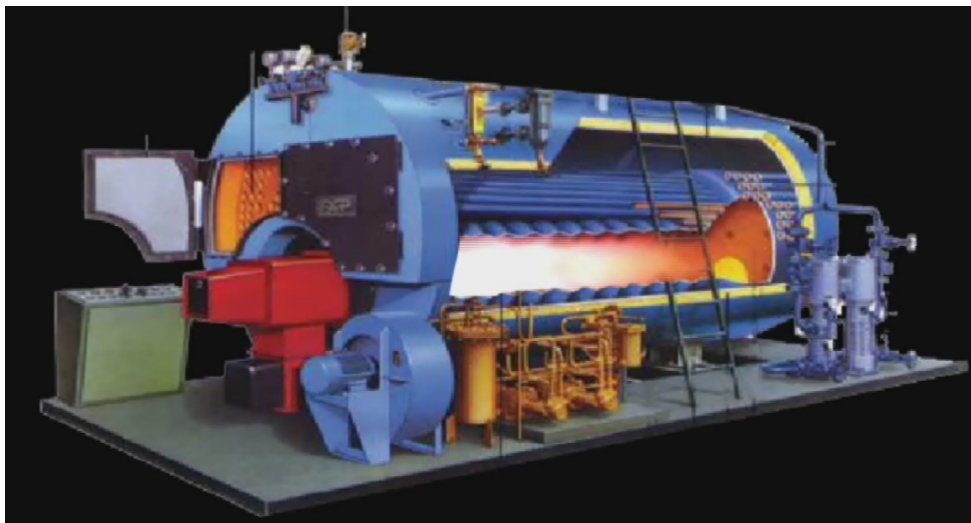
بخار و مصرف آن در واحدهای شیمیایی به صورت سیکل بسته است. یعنی بخار در بویلرهای واتر تیوب یا HRSG تولید می شود و در توربین های بخار و مبدل های گرمایی و غیره مصرف شده و پس از کندانس شدن به بویلر باز می گردد.

برای تولید بخار، در مشعل های بویلرها، انرژی تابشی از شعله به سطوح داخلی محفظه احتراق انتقال می یابد و از تماس گازهای حاصل از احتراق با بخش های دیگر بویلر، حرارت به صورت جابجایی به لوله ها و نهایتاً آب درون آنها انتقال می یابد.

۱-۳. بویلرهای فایر تیوب

معیارهای زیادی برای تقسیم بندی بویلرها وجود دارد، مهم ترین معیار تقسیم بندی بویلرها بر اساس محتویات داخل لوله ها می باشد. بویلرهای فایر تیوب و واتر تیوب دو نوع از این تقسیم بندی مهم هستند. عموماً بویلرهای فایر تیوب از یک محفظه احتراق و دیگ تشکیل شده اند. دیگ حاوی لوله هایی است که از یک طرف به آن وارد و از طرف دیگر خارج می گردند، بدین ترتیب بخش از فضای دیگ توسط لوله ها 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 لوله ها شده و از سراسر دیگ عبور می کنند. در این حین انتقال حرارت بین گازهای عبوری از لوله ها و آب درون دیگ سبب گرم شدن آب و تولید بخار می گردد. در بویلرهای فایر تیوب نمی توان قطر محفظه احتراق را بزرگ طراحی نمود، طول محفظه احتراق را نیز از حدی بیشتر نمی توان 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 واتر تیوب هستند به علت ساختار مکعبی شکل محفظه احتراق و نحوه قرارگیری، تعدد و نوع متفاوت مشعل ها کاسته می شود. در شکل (۱-۱) نمونه ای

از بویلر فایرتیوپ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱. بویلر فایرتیوپ

۴-۱. بویلرهای واترتیوپ

عموماً این نوع بویلرها، از محفظه احتراق، لوله‌های بالارونده، پایین‌رونده، مخازن بخار و لجن تشکیل شده‌اند و تفاوت عمده آنها با نوع فایرتیوپ در این است که آب در داخل لوله‌ها جریان داشته و جریان گاز کرم در خارج لوله‌ها می‌باشد. واترتیوپ‌ها ساختمان پیچیده‌تری نسبت به نوع فایرتیوپ 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 واترتیوپ 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 درام آنها 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

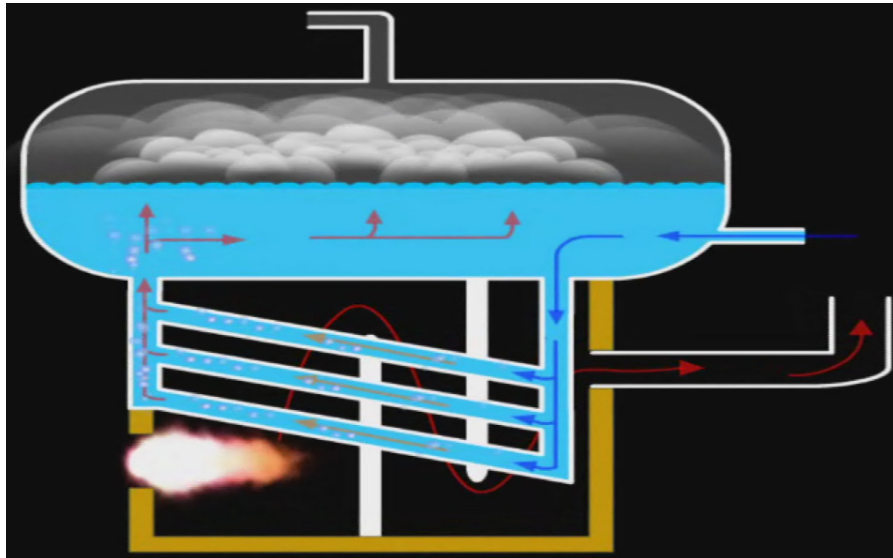
بادرام طولی دارد. نوعی از بویلرهای واتر تیوب فاقد درام بوده و معروف به بویلرهای تک مسیره یا یکبار گذر (once through) می باشند. در این بویلرها آب در لوله ها فقط یک بار عبور می کند و معمولاً در تمامی فشارها و دماها کار می کنند، ولی در فشارهای بالا و فوق بحرانی اقتصادی تر هستند.

معمولاً بویلرهای واتر تیوب در ظرفیت های بالاتری نسبت به بویلرهای فایر تیوب ساخته می شوند. در یک سطح انتقال حرارت تابشی یکسان، محفظه احتراق مکعبی مانند بویلرهای واتر تیوب در مقایسه با شکل استوانه ای محفظه احتراق فایر تیوب ها، به فضای کمتری برای نصب نیاز دارد. به عبارت دیگر در یک بویلر واتر تیوب کوچک تر می توان سطح انتقال حرارتیت مساوی با یک بویلر فایر تیوب بزرگ تر ایجاد نمود. از طرفی شکل محفظه احتراق مکعبی شکل، آزادی عمل بیشتری را در نحوه آرایش و جانمایی مشعل ها در مقایسه با فایر تیوب ها در اختیار طراح قرار می دهد.

بویلرهای واتر تیوب توانایی تولید بخار با فشار بالاتر را نسبت به بویلرهای فایر تیوب دارند. در بویلرها، محفظه در برگیرنده مخلوط آب و بخار باید مقاومت مکانیکی لازم جهت تحمل فشار را داشته باشد. از آنجایی که لوله های با قطر کمتر تحمل فشار بسیار بالاتری را در مقایسه با لوله های با قطر بیشتر و البته ضخامت یکسان دارد، بویلرهای واتر تیوب علی رغم پیچیدگی بیشتر، برای تولید بخارهای فشار بالا مورد استفاده قرار می گیرد. معمولاً هر چقدر فشار بخار تولید بویلرهای واتر تیوب بیشتر باشد، قطر لوله های آن نیز کمتر می باشد.

بویلرها واتر تیوب می توانند از یک تا پنج درام داشته باشند:

- مطابق شکل (۱-۲) در بویلرهایی که به صورت تک درامی هستند، آب ورودی به بویلر از پایین مخزن از طریق یک هدر به لوله های شیب دار می رسد. آب در این لوله های شیب دار گرم شده و بخار تولید می شود. بخار تولید شده از طریق هدر دیگری به بالای مخزن وارد می شود. کوره در زیر لوله ها و مخزن قرار دارد.



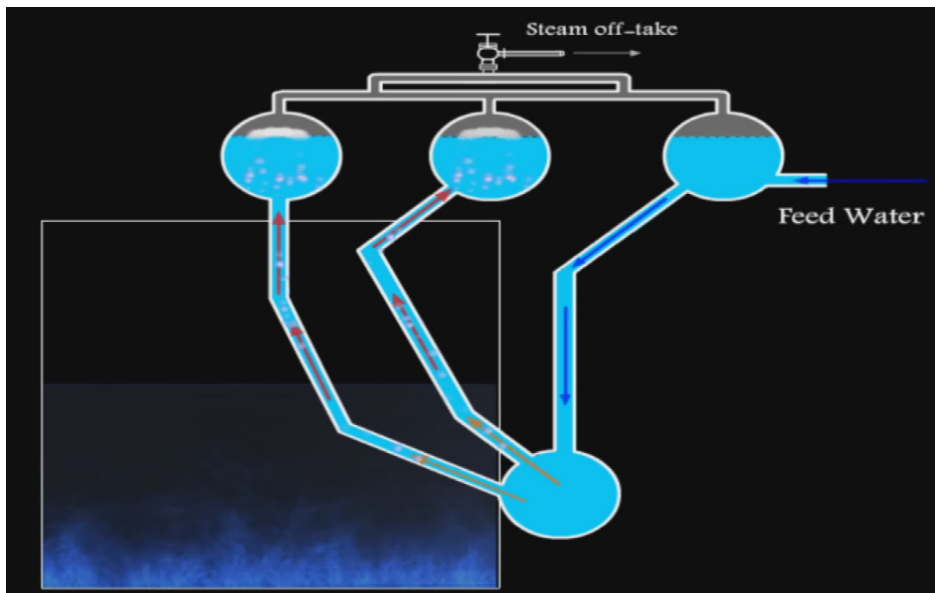
شکل ۱-۲. بویلر واترتیوپ تک درامی

بویلرهای دو درامی که امروزه دارای کاربرد بیشتری می باشند به انواع D و O وجود دارند. در بویلرهای D type درامها در یک جهت راست یا چپ قرار گرفته اند. عموماً مخزن بخار از مخزن لجن بزرگتر بوده ولی ممکن است هم اندازه نیز باشند، نحوه قرارگیری لوله ها بین درامها به شکل حرف انگلیسی D می باشد. در بخشی از بویلر لوله ها بین دو درام به شکل مستقیم نصب شده اند 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 می باشد. اندازه آنها عموماً در حد کوچک تا متوسط می باشد.

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

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



شکل ۱-۳. بویلر استرلینگ با چهار درام

چنانچه به هر دلیلی از جمله اعمال تنش های 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 می گردند، که عموماً این خروج با انبساط حجم توأم بوده و ممکن است سبب انفجار دیگ گردد، این در حالی که بروز همین مشکل در نوع واترتیوب در نهایت، تنها سبب خرابی و نشتی لوله آسیب دیده می شود.

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 نرم افزار به بررسی این نوع از بویلرها پرداخته می شود.

۱-۵. دسته بندی های دیگر

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

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 منهل، 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

آب به آب گرم و بخار می گردد. این بویلرها غالباً در اندازه های کوچک بوده و عملاً کاربردهای صنعتی ندارند و بیشتر از چوب به عنوان سوخت استفاده می کنند.

برای حل مشکل اتلاف حرارتی ناشی از پایین بودن سطوح انتقال حرارت در بویلرهای با لوله های صاف، نوعی از بویلرهای واتر تیوب با لوله های خمیده طراحی و ساخته شدند. به عنوان مثال در محلی که منهول وجود دارد، لوله ها با خمیده شدن فضای منهول را ایجاد می کنند و بدین ترتیب از حذف لوله ها در این بخش جلوگیری می گردد. در مجموع شکل خمیده شده لوله ها سبب شده تا انعطاف پذیری بیشتری در آرایش و جانمایی در سطوح انتقال حرارت در محفظه احتراق به دست آید.

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

۱-۵-۲. بر اساس نحوه گردش آب

حرکت آب در لوله های بویلر به دو صورت می باشد:

- ۱- جریان گردش طبیعی: اساس گردش آب در این نوع اختلاف در دانسیته حاصل از تفاوت دما در لوله های پایین رونده و بالارونده می باشد.
- ۲- جریان گردش اجباری: در این نوع جریان از یک پمپ برای کمک به گردش بهتر آب در لوله ها و مخازن بخار و آب استفاده می گردد.

۱-۵-۳. بر اساس نوع سوخت مصرفی

بویلرها از انواع مختلفی از سوخت ها استفاده می نمایند. غالباً انواع سوخت هایی که در

بویلرها استفاده می گردند، عبارتند از:

- ۱- سوخت های 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 انواع زیر تقسیم می گردند:

الف- بویلرهایی انرژی مورد نیاز را از سوزاندن مواد سوختی به دست می آورند. 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) می گویند. در بعضی از بویلرها امکان استفاده از چند سوخت نیز وجود دارد.

ب- بویلرهایی که منبع حرارتی آنها بازیافت حرارتی می باشد و به اسامی چون بویلرهای بازیافت حرارت تلف شده (WHB) یا تولیدکننده های 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 واکنش های شیمیایی تأمین می گردد. غالباً از این بویلرها در نیروگاه ها استفاده می گردد. گازهای حاصل از احتراق که به عنوان نیروی محرکه توربین های گازی نیروگاه ها مورد استفاده قرار می گیرد، پس از خروج از توربین حاوی مقادیر زیادی انرژی هستند که از طریق دودکش به اتمسفر وارد و اتلاف می گردد. از بویلرهای بازیافت حرارتی برای استفاده از این انرژی استفاده می گردد. عموماً این نوع بویلرها از یک درام تشکیل شده اند. آب سرد پس از ورود به درام و عبور از لوله هایی که در کانال عبوری گازهای داغ قرار دارند، حرارت جذب کرده و مخلوطی از آب و بخار تولید می شود. مخلوط آب و بخار مجدداً وارد درام می گردند و در آنجا عملیات جداسازی این دو فاز صورت می گیرد.

ج- بویلرهایی که منبع حرارتی آنها از انرژی الکتریکی می باشد.

د- بویلرهایی که منبع حرارتی آنها از انرژی اتمی می باشد.

۱-۵-۵. بر اساس فشار عملیاتی

گاهی نیز بر اساس فشار عملیاتی بویلرها را تقسیم بندی می نمایند:

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

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

می شوند.

فصل ۲

سیستم عملکرد

۲-۱. مقدمه

در بویلرها به منظور تولید بخار، آب ابتدا وارد دستگاهی به نام هوازدا یا دی اریتر می شود. وجود گازهای نامحلول، مانند اکسیژن و دی اکسید کربن باعث ایجاد خوردگی در لوله های بویلر می گردد، به همین دلیل باید این گازها را از جریان آب خارج نمود.

بعد از مرحله هوازدایی، آب وارد مخزن بخار یا Steam Drum وارد می شود. در مخزن بخار، آب ورودی به بویلر از طریق لوله های پایین رونده یا down comer به سمت مخزن لجن یا mud drum می رود. از آنجا جریان آب وارد لوله های بالارونده یا riser می گردد.

لوله های بالارونده، بخش های مختلف محفظه احتراق شامل دیواره ها، کف و سقف را می سازند. آب در لوله های بالارونده در معرض حرارت قرار گرفته و بخشی از آن تبدیل به بخار می گردد. مخلوطی از آب و بخار مجدداً وارد مخزن بخار شده و در آنجا دو فاز بخار و آب از طریق عبور از مراحل جدا کننده آب و بخار از یکدیگر جدا می شوند. فاز بخار با از عبور از مراحل مختلفی که برای جداسازی ذرات آب از بخار در درون مخزن بخار در نظر گرفته شده اند، از آب جدا شده و از طریق خطی جداگانه از بالای مخزن بخار خارج می گردد. فاز مایع مجدداً برای تبدیل شدن به بخار، مسیر قبلی را از لوله های پایین رونده، مخزن لجن، لوله های بالارونده و ورود مجدد به مخزن بخار طی می کند.

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

حاصل از احتراق، گرم شده و به شکل سوپرهیت درمی آیند. سوپرهیترها باعث حذف ذرات رطوبت از بخار و افزایش دمای آن به دماهای بالاتر از دمای اشباع می گردند. بخار تولید شده در واحد بخار، پس از استفاده در واحدها، مجدداً به واحد بخار بازگشته و پس از کندانس شدن مجدداً وارد سیکل تولید بخار می گردد.

در صنعت برای تولید انواع بخارهای اشباع و سوپرهیت مورد نیاز، از بویلرهای متفاوتی استفاده می گردد 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 می شود. 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 می باشد. با تبخیر بیشتر، فشار بخار و به عبارت دیگر فشار ظرف بالا می رود. 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 می رود. این بخار، بخار سوپرهیت است که در آن دیگر ذرات آب دیده نمی شود و به همین دلیل به این نوع بخار که در فشار ثابت می تواند دماهای بالاتر از دمای اشباع داشته باشد بخار خشک نیز می گویند.

معمولاً بویلرها دارای بخش های مختلفی می باشند 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 جمع کننده بخار یا collect header پایان می یابد.

۲- سیستم حفظ کیفیت آب بویلر

۳- سیستم احتراق که شامل بخش های سوخت رسانی، هوارسانی و مشعل ها می باشد.

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

ترک می کند.

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 خوردگی 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 اکونمايزر می‌گردد. ممکن است در بعضی از بویلرها بخشی به نام اکونومايزر وجود نداشته باشد که در این صورت آب مستقیماً به مخزن بخار وارد می‌گردد.

از نکات مهم در اکونومايزر این است که اولاً نباید آب ورودی به بویلر در اکونومايزر 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 درآمد 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 comer به سمت مخزن لجن یا mud drum می‌رود. از آنجا جریان آب وارد لوله‌های بالا رنده یا riser می‌گردد. این لوله‌های بالا رنده هستند که بخش‌های مختلف کوره شامل دیواره‌ها، کف و سقف را می‌سازند. مشعل‌ها

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.

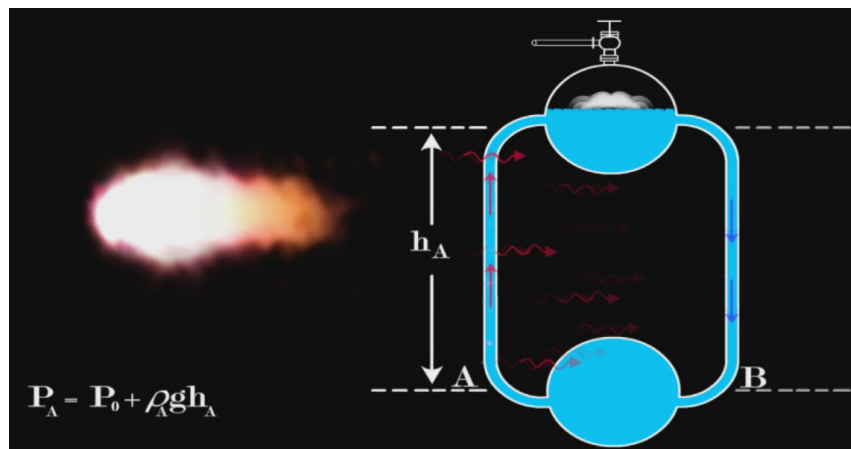
بخار خروجی از مخزن بخار به صورت بخار اشباع می‌باشد. بخار اشباع در سوپرهیترها به وسیله گازهای حاصل از احتراق، گرم شده و به شکل سوپرهیت درمی‌آیند. سوپرهیتها سبب حذف ذرات رطوبت از بخار و افزایش دمای آن به دماهای بالاتر از اشباع می‌گردند. ممکن است سوپرهیتها یک یا دومرحله‌ای باشند. در سوپرهیتها یک مرحله‌ای بعد از سوپرهیت و در سوپرهیتها دومرحله‌ای در بین مراحل قسمتی به نام دی‌هیت یا ری‌هیت وجود دارد. در این مرحله دمای بخار سوپرهیت عموماً به وسیله تزریق آب کنترل می‌گردد. بخار خارج شده از سوپرهیتها 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

می نماید و از آنجا وارد لوله های بالارونده شده و در معرض تابش شعله قرار می گیرد. بخشی از این آب در همین لوله ها بالارونده به بخار تبدیل می گردد و مجدداً وارد مخزن بخار می شود.



شکل ۱-۲. بویلر واتر تیوب دو درامه

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

$$P_A = \rho_A g h_A + P_0 \quad (1-2)$$

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

$$P_B = \rho_B g h_B + P_0 \quad (2-2)$$

همانطور که گفته شد، دانسیته آب سرد در لوله های پایین رونده، بیشتر از دانسیته مخلوط آب و بخار در لوله های بالارونده می باشد، از این رو فشار در نقطه B بیشتر از فشار در نقطه A می باشد. این اختلاف فشار بین دو نقطه طبق معادله (۳-۲) بدست می آید.

$$P_B - P_A = gh(\rho_B - \rho_A) \quad (3-2)$$

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

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

می گردد. همانطور که در رابطه مقابل مشاهده می کنید، کم شدن اختلاف دانسیته سبب کاهش اختلاف فشار و در نهایت کاهش مقدار جریان گردش طبیعی می گردد. در این حالت با افزایش دادن ارتفاع لوله ها یا به عبارتی افزایش فاصله بین مخزن بخار و مخزن لجن، مقدار اختلاف فشار را افزایش یافته و بدین ترتیب مقدار گردش طبیعی افزایش می یابد.

ب- گردش اجباری: مواقعی که از یک پمپ یا به عبارتی از یک نیروی خارجی، برای ایجاد گردش آب در لوله های پایین رونده و بالارونده استفاده گردد، گردش آب در بویلر را در گردش اجباری یا مثبت می گویند. از مزایای این نوع گردش می توان به سرعت بیشتر در تولید بخار، ظرفیت بیشتر جهت کنترل نوسانات بار، حرارت دادن به شکل یکنواخت تر در قسمت های مختلف و غیره اشاره نمود. از طرفی وجود یک پمپ برای ایجاد گردش سبب افزایش هزینه های عملیاتی و نگهداری می گردد. در عمل استفاده از گردش طبیعی متداول تر است.

۲-۳. سیستم حفظ کیفیت آب بویلر

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

۱- جلوگیری از تشکیل رسوب

۲- به حداقل رساندن خوردگی در سیستم های بویلر و بخار

۳- حفظ کیفیت بخار

اصولاً فرایندهای تصفیه آب بویلر شامل دو دسته تصفیه خارجی و داخلی می باشد. در تصفیه خارجی کارهایی چون حذف ذرات سوسپانسیونی، حذف گازهای حل نشده ای مانند اکسیژن و سختی گیری از آب صورت می گیرد. در انتهای بخش تصفیه خارجی باید مقادیر سختی، قلیائیت، مقدار سولفات ها، 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 می نمایید، مقدار این پارامترها در فشارهای

مختلف فرق می کند. در کل هر چه فشار و دمای عملیاتی بویلر بالاتر باشد، باید در تصفیه آب ورودی به بویلر سختگیرانه تر عمل نمود، چرا که ناخالصی های موجود اثرات شدیدتری بر بویلر می گذارند. به عنوان مثال، مقدار مجاز سیلیکات در فشار ۲۰۰ psi در حدود ۱۲۵ ppm و در فشار ۸۰۰ psi در حدود ۲۰ ppm می باشد. 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 می گیرد. مهم ترین دلایل تزریق مواد شیمیایی در این بخش شامل موارد زیر می باشد:

- ۱- تنظیم pH و حفظ میزان قلیائیت برای جلوگیری از ایجاد رسوب و خوردگی
 - ۲- سختی گیری از آب ورودی
 - ۳- جلوگیری از تشکیل لجن یا Boiler sludge conditioning
 - ۴- حفاظت از بخش های در معرض حرارت از آب گرم
 - ۵- هواگیری و جلوگیری از خوردگی اکسیژن
 - ۶- جلوگیری از شکنندگی قلیایی
 - ۷- جلوگیری از تشکیل فوم
 - ۸- تشکیل فیلم محافظ برای جلوگیری از خوردگی
 - ۹- جلوگیری از خوردگی به وسیله بخارات کندانس شده
- همانطور که در جدول (۱-۲) مشاهده می شود، برای هر یک از موارد فوق، مواد مختلفی مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان مثال برای تنظیم pH موادی چون کربنات سدیم و یا سدیم هیدروکسید مورد استفاده قرار می گیرد. البته در هر واحدی بنا به شرایط فرآیندی و طراحی، مواد مناسبی برای تصفیه داخلی مورد استفاده قرار می گیرد. 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 دی اریاتور، DEHA در هیتر دی اریاتور، آمونیاک و مورفلین در Storage دی اریاتور و ترکیبات فسفات در مخزن بخار استفاده می گردد.

جدول ۲-۱. مواد شیمیایی و دلیل تزریق آنها

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

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 سیستم 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.

۴-۲. 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 پیش گرم‌کننده 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

مقدار هوا را تنظیم می کنند، در بویلرهایی که فن دمنده دارند، هوا در این مرحله وارد فن شده و در خروجی فن وارد کانال اصلی هوای مورد نیاز احتراق می گردد. این کانال اصلی هوا به شاخه هایی تقسیم شده که هر یک به یکی از مشعل ها می رود و اصطلاحاً به آنها رجیستر می گویند، آنها هوای لازم برای احتراق هر مشعل را منتقل می نمایند. در انتها هوا به مشعل مورد نظر می رسد.

۲-۵. سیستم عبور گازهای حاصل از احتراق

پس از احتراق سوخت در مشعل، گازهای حاصل از احتراق در محفظه احتراق تشکیل می گردند. در این قسمت که بخش تابشی بویلر را تشکیل می دهد، گازهای گرم پس از برخورد با تعدادی از لوله های بالارونده، از مسیری وارد بخش جابجایی می گردند. در ابتدای ورود به بخش جابجایی، یعنی در گرم ترین بخش جابجایی، سوپرهیترها قرار دارند. گازهای حاصل از احتراق پس از سوپرهیترها به سمت لوله های پایین رونده رفته و در نهایت وارد کانال گاز یا gas duct می گردند. غالباً در مسیر جابجایی از بفل ها یا دیواره هایی 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 می گردند.

فصل ۳

اجزاء بویلر

۳-۱. تجیزات مرتبط با جریان آب و بخار

۳-۱-۱. مخزن هواگیری

فرآیند حذف اکسیژن نامحلول از آب بویلر در دی اریتور صورت می گیرد. دی اریتور متشکل از سه قسمت عمده می باشد که عبارتند از:

۱- یک مبدل حرارتی پوسته و لوله ای به نام Vent condenser که آب ورودی به دی اریتور در این بخش به وسیله بخار با فشار پایین یا LS گرم می گردد، ممکن است که این بخش در همه دی اریتورها وجود نداشته باشد.

۲- پس از آن آب وارد یک بخش دیگر به نام heater که در زیر Vent condenser قرار دارد، می گردد. این بخش جایی است که عمده حرارت دهی آب در آنجا صورت می گیرد. روشها مختلفی برای حرارت دهی 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 لایه ای نازک از دیواره هایی پایین آمده و بخار بالارونده با آن تماس یابد و یا در نوع سینی دار آب از روی سینی هایی پایین ریخته و با بخار بالارونده تماس داده شود. معمولاً نوع سینی دار از سایر انواع متداول تر می باشد.

۳- آب گرم و هوازدایی شده پس از خروج از هیتر در بخشی به نام Storage tank که به صورت یک مخزن استوانه ای و افقی در زیر هیتر قرار دارد، ذخیره می گردد. دی اریتورها معمولاً در فشار اتمسفریک می باشند.

۳-۱-۲. پمپ تغذیه

وظیفه این پمپ، انتقال آب به مخزن بخار و دی سوپر هیتر بویلر می باشد. عموماً از پمپ های

سانتریفوژ و رفت و برگشتی برای این منظور استفاده می گردد. پمپ های تغذیه معمولاً دارای دو نوع محرک توربینی و الکتروموتور هستند. در زمان راه اندازی بویلر که هنوز بخار در دسترس نمی باشد، از پمپ الکتریکی استفاده می شود و پس از راه اندازی و تولید بخار پمپ های توربینی در سرویس قرار می گیرند. 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 مصرف کننده 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 کانال هایی وارد دودکش شده و از طریق آن وارد اتمسفر می گردند. عموماً دمای این گازها در خروجی از دودکش بالا بوده و انرژی زیادی را با خود به بیرون از بویلر منتقل می کنند. 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 مبدل های حرارتی و به شکل دسته لوله هایی می باشند که در مسیر جریان گازهای گرم خروجی قرار داده می شوند. لوله های مورد استفاده در اکونومایزرها به دو شکل صاف و فین دار وجود دارند، نوع فین دار در مواقعی که مقدار انتقال حرارت پایین باشد به جهت افزایش سطح انتقال حرارت مورد استفاده قرار می گیرد. از این نوع بیشتر در سوخت های تمیز مانند گاز که احتمال رسوب گرفتگی کمتری ایجاد می نمایند، استفاده می گردد.

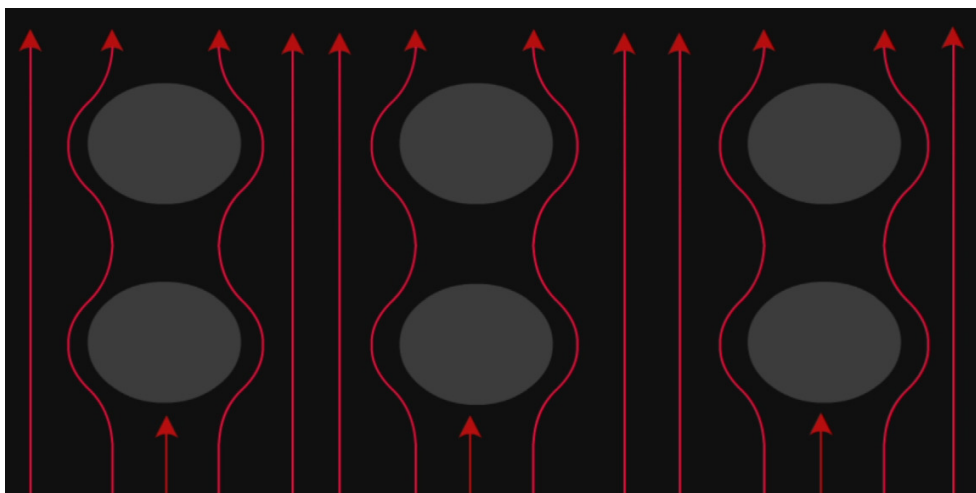
عموماً نحوه آرایش این لوله ها در مسیر جریان گاز به دو صورت می باشد:

۱- آرایش به شکل inline:

مطابق شکل (۳-۱) در صورتی که به طور عمودی بر سطح مقطع لوله ها نگاه شود، هر ۴

لوله کنار هم به شکل رئوس یک مربع دیده می شوند. از این رو جریان گاز عبوری با تماس با

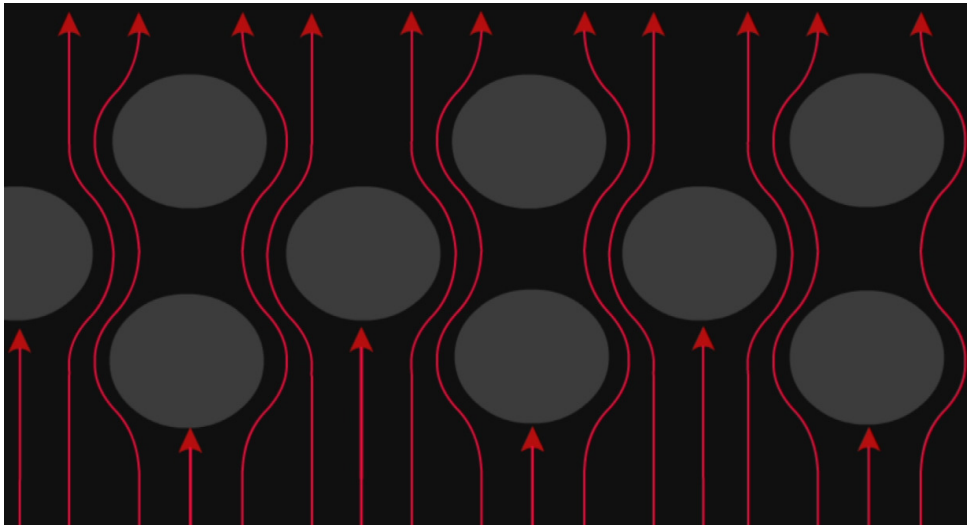
سطوح لوله‌ها و از طریق کانال‌های میانی بین آنها عبور می‌کند. این نوع در مواردی که احتمال تشکیل رسوب وجود دارد، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد.



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.



شکل ۲-۳. 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

وجود داشته باشد، به آن carry under می گویند. به واسطه این پدیده ممکن است مقدار بخار در لوله های بالارونده بیشتر از آب شده و در بخش هایی لوله ها خشک بمانند و مشکل over heat شدن لوله ها به وجود آید.

بروز این دو پدیده بر بازدهی بویلر اثرات منفی برجای می گذارند، از این رو جداسازی بخار و آب بسیار مهم است. در بویلرهای قدیمی از Dry pipe برای جداسازی بخار از آب استفاده می گردید. Dry pipe لوله ای متصل به نازل خروجی بخار است که چیزی در حدود نصف و یا یک سوم طول درام می باشد و بر روی آن تعداد زیادی سوراخ وجود دارد. بخار خروجی از مخزن بخار می بایست برای ورود به لوله در حدود ۹۰ درجه بگردد و این عمل باعث جداسازی بخشی از رطوبت می گردید. در این روش کیفیت بخار به دست آمده به ندرت بیش از ۹۹/۵٪ می شود. امروزه برای جداسازی بهتر از جداکننده های چندمرحله ای استفاده می گردد که عموماً شامل مراحل ذیل می باشند:

۱- جدا کردن اولیه یا initial Separation

رایزرها به داخل درام و درون یک کانال سراسری وارد می گردند. بر روی این کانال و به فاصله ای از آن یک صفحه فلزی نصب شده است. مخلوط آب و بخار خروجی از لوله های بالارونده وارد این کانال شده و از آن سرریز می گردند. بخش عمده آب از بخار جدا شده و به داخل مخزن بخار می ریزد. بخار حاصل به سمت بالا حرکت کرده به و صفحه فلزی برخورد می نماید و برای عبور مجبور به تغییر جهت می گردد. به واسطه این برخورد و تغییر جهت بخش دیگری از آب همراه بخار جدا می شود. در بعضی از مخازن بخار از جداکننده های سیلکونی به جای کانال و صفحه فلزی برای جداسازی مخلوط آب و بخار استفاده می گردد.

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 می گردد. این فیلترها انواع و اقسام مختلفی دارند، عموماً به شکل جعبه هایی 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،

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 بالا رونده (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

همین جهت گاهی به رایزرها در صورتی که در دیواره باشند، wall tube و در صورتی که در کف باشند، floor tube گفته می شود. حد فاصل دو لوله رایزر صفحه ای 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 می شوند ختم می گردند. آب با حرارت دیدن در رایزرها به سمت بالا حرکت می نماید. گاهی به این لوله ها، تبخیرکننده نیز گفته می شود.

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 می کند تا در شرایط فشار ثابت دمای آن افزایش یابد. بخار می تواند 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 سوپرهیت کننده، انواع مختلفی از سوپرهیت کننده ها وجود دارند:

۱- سوپرهیت کننده های از نوع جابجایی (Convection Superheater):

سوپرهیترهای جابجایی دسته لوله هایی هستند که در مسیر عبور گازهای داغ با دمای بالا قرار دارند و با عبور گازها از روی آن دمای بخار بالا می رود.

۲- سوپرهیت کننده های 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 می سازد. چنانچه از داخل سوپرهیترها بخار اشباع با دبی مناسب عبور نکند، به جهت در معرض تابش قرار داشتن آنها، امکان overheating شدن و دچار سوختگی شدن لوله های آن وجود دارد.

۳- نوعی هم از سوپرهیت کننده ها هستند که هم از بخش تابشی و هم از بخش جابجایی

انرژی دریافت می نماید، آنها طوری در بویلر استقرار می یابند که بخشی از آنها در قسمت بالایی کوره و قسمتی از آنها در مجرای جریان گاز قرار گیرد، یعنی در بین دو قسمت جابجایی و تابشی کوره مستقر می گردند.

عموماً سوپرهیترها به اشکال زیر وجود دارند:

۱- سوپرهیتر نوع معلق Pendatnt-type

سوپرهیترهایی که به طور معلق در کوره قرار می گیرند توسط نگهدارنده ها از بالا آویزان می شوند و از نظر استحکام ساختمانی دارای مزیت می باشد.

۲- سوپرهیتر وارونه یا Inverted-type

در سوپرهیتر از نوع وارونه، سوپرهیتر به وسیله نگهدارنده ها (Support) در بخش Convection قرار دارد. تعمیر و سرویس لوله های سوپرهیتر به دلیل محل و نحوه نصب آنها بسیار مشکل می باشد. 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 کربن دار (Carbon Steels) و آلیاژهای (chromium molybdenum) معمولاً برای لوله های سوپرهیتر به کار می رود.

۳-۱-۷. ری هیترها (دی هیتر)

عموماً واحدهای مصرف کننده، نیاز به بخاری با دما و فشار مشخص دارند، از این رو باید بخار خروجی از واحد بویلر با دما و فشار کنترل شده تحویل گردد. برای این منظور از بخشی به نام متعادل کننده و یا دی سوپرهیتر استفاده می گردد، البته گاهی به آن ری هیتر نیز می گویند. روش های مختلفی برای کنترل دمای بخار سوپرهیتر وجود دارد ولی عموماً این عمل با تزریق آب به بخار خروجی از سوپرهیتر صورت می گیرد. آب اضافه شده به بخار سوپرهیتر با جذب انرژی گرمایی تبدیل به بخار شده و دمای بخار را پایین می آورد. مقدار آب اضافه شده در حدی است که بخار خروجی را به دمای مورد نظر برساند. در بویلرهایی که دارای یک مرحله

سوپر هیتتر می باشند، این بخش بعد از سوپر هیت کننده قرار می گیرد و در بویلرهای با دو مرحله سوپر هیتتر این بخش در بین دو مرحله سوپر هیت قرار می گیرد.

انواع مختلفی از دی سوپر هیترها وجود دارد. عملکرد کلی آنها به این صورت است که در مسیر عبور بخار سوپر هیت، یک لوله آب با سوراخهایی بر سطوح جانبی، قرار داده می شود که آب از طریق این سوراخها به داخل جریان بخار اسپری می گردد. اسپری کردن آب به روشهای مختلفی صورت می گیرد، یکی از انواع آن به شکل لوله ای سوراخ دار است که به طور ثابت در جریان بخار قرار داده شده است، آب ورودی از طریق یک شیر کنترل به لوله سوراخ دار وارد می گردد. دمای بخار پس از تزریق آب توسط یک ترمومتر اندازه گیری شده و در صورت متفاوت بودن دمای اندازه گیری شده با مقدار مقرر که برای ترمومتر در نظر گرفته شده است، فرمانی به شیر کنترل صادر می گردد. به واسطه فرمان صادره دبی آب تزریقی تغییر کرده تا در نهایت دمای بخار در مقدار مورد نظر کنترل گردد. به این نوع، دی سوپر هیتتر با تعداد سوراخهای ثابت یا Fixed nozzle desuperheater گفته می شود. در نوع دیگری که به دی سوپر هیتتر با تعداد سوراخهای متغیر یا Variable nozzle desuperheater موسوم است، از یک دیسک درون لوله سوراخ دار استفاده شده است. این دیسک می تواند جلوی عبور آب از سوراخها را بگیرد. در صورت نیاز به تزریق آب بیشتر، میله ای سبب بالا آمدن دیسک شده و مسیر عبور سوراخهای بیشتری باز می گردد.

۳-۱-۸. Test pipe

بخار تولیدی توسط بویلر که به عنوان محصول به واحدهای دیگر فرستاده می شود باید دارای فشار و دمای مورد نظر برای واحدهای مصرف کننده باشد. از این رو بخاری که دارای این شرایط نباشد به collect header فرستاده نمی شود. در زمان راه اندازی، 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 می فرستند. این کار به وسیله خط لوله ای به نام Test pipe صورت

می گیرد. بعد از رسیدن بخار به شرایط مساعد، شیر بخار تست پایپ بسته شده و بخار را به collect header می فرستند.

۳-۱-۹. Blow down

عملیات کاهش غلظت آب در بویلر با استفاده از blow down صورت می گیرد. در طی این عمل مقداری از آب از بویلر تخلیه می گردد. بلودان به شکل لوله ای است که سطوح جانبی آن سوراخ دار بوده و به صورت افقی نسبت به مخزن و سطح مایع قرار داشته و بخشی از آب از طریق آن تخلیه می گردد. میزان دبی آب تخلیه توسط شیر کنترلی می گردد ولی عموماً مقدار خروجی به صورت درصدی از آب ورودی به بویلر در نظر گرفته می شود. 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 می شود. بلودان بویلر می تواند 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 می گیرد. در بعضی از بویلرها بلودان مخزن لجن نیز به صورت پیوسته می باشد.

آبی که به عنوان بلودان از بویلر تخلیه می گردد دارای دمای بالایی می باشد و با خروج آن از بویلر، مقادیر زیادی انرژی از این طریق اتلاف می گردد. برای بازیافت انرژی تلف شده از این طریق راهکارهایی وجود دارد، در صورتی که بتوان شدت جریان یکنواختی از بلودان را در اختیار داشت می توان برای بازیافت انرژی، فرآیندی را در نظر گرفت، از این رو بلودان پیوسته از بلودان ناپیوسته مناسب تر به نظر می رسد.

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 می گردد، استفاده می شود.

۳-۱-۱۰-۲. مخزن لجن (Mud drum)

Mud drum مخزنی است که در زیر مخزن بخار و در پایین بویلر قرار گرفته و لوله های down comer خروجی از مخزن بخار به آن وراد شده و لوله های رایزر نیز از آن خارج می گردند. گاهی به آن مخزن آب نیز گفته می شود. در صورتی که املاح و یا لجن در بویلر وجود داشته باشد در این مخزن جمع می گردد، به همین دلیل اصطلاحاً به آن مخزن لجن می گویند. سیستم بلودان نیز در مخزن لجن برای تخلیه رسوبات وجود دارد.

۳-۱-۱۰-۳. Blowdown separator

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

۳-۱-۱۰-۴. Blow tank

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

۳-۱-۱۰-۵. بخش مواد شیمیایی

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

بخار استفاده می گردد. از این رو مواد مورد نظر در مخازنی با غلظت های مورد نظر تهیه و ذخیره می گردند که به ایستگاه مواد شیمیایی موسوم است. سپس مواد شیمیایی به وسیله پمپ ها به محل مورد نظر منتقل می گردند.

۲-۳. تجهیزات مرتبط با احتراق و مسیر احتراق

۱-۲-۳. محفظه احتراق یا بخش تابشی

این بخش قسمتی از بویلر می باشد که مشعل ها و شعله در آن قرار دارند. کوره در اصل از لوله های بالارونده به وجود آمده است. یعنی دیوارها، سقف و کف کوره از لوله هایی که با خود، مخلوط آب و بخار را به سمت بالا و نهایتاً به مخزن بخار منتقل می نمایند، تشکیل شده است. لوله های بالارونده در کف توسط لایه ای از مواد نسوز پوشانده شده است. به جز در قسمت خروجی گازهای حاصل از احتراق، در دیوارها و سقف، بین لوله ها 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 می رود. در بخش محفظه احتراق، عمده انتقال حرارت به شکل تابشی می باشد.

در انتقال حرارت به طریق هدایت و یا جابجایی، گرما از طریق ماده بین دو جسم تبادل می شود، یعنی برای هر یک از این روش ها، واسطه ای 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 می گردد. 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 (۱-۳) به دست می آید:

$$q_{12} = F_{\epsilon} F_G (T_1^4 - T_2^4) \quad (1-3)$$

همانطور که مشاهده می شود، پارامترهای تأثیرگذار در میزان انتقال حرارت تابشی عبارتند

از:

۱- توان چهارم اختلاف دمای دو جسم.

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

۳- F_G ضریب نشر اجسام، که معرف میزان نور بازتابیده شده می باشد. اجسام سفید بیشتر

نور تابیده شده به آنها را منعکس می گردانند و اجسام تیره بیشتر نور تابیده شده به آنها را

جذب می نمایند و در نتیجه دمای آنها بالا می رود.

۳-۲-۲. بخش جابجایی

این قسمت از بویلر، انرژی را از گازهای گرم خروجی به شکل جابجایی جذب می کند. بویلرهای بزرگ ممکن است دارای چندین بانک لوله باشند که به جهت استفاده بیشتر از انرژی گازهای داغ مورد استفاده قرار می گیرند. گازهای حاصل از احتراق از لوله های سوپر هیت کننده (اگر سوپر هیترها از نوع تشعشعی نباشند)، لوله های پایین رونده و در نهایت از اکونومایزر (در صورت وجود) عبور کرده و به طریق جابجایی انرژی خود را منتقل می نماید. دمای گازهای حاصل از احتراق در بخش سوپر هیترها بالا بوده و با رسیدن به بخش های انتهایی، دمای گاز کمتر می گردد. با کم شدن اختلاف دمایی بین دمای گاز خروجی و لوله ها، نرخ انتقال حرارت از گاز به لوله ها کم می شود. همانطور که می دانید 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 افزودن بر سطح انتقال حرارت کمک گرفته می شود. لذا بخش هایی از لوله های نصب شده در انتهای بخش جابجایی را به صورت فین دار می سازند.

۳-۲-۳. دودکش (Stack)

گازهای خروجی از gas duct وارد دودکش شده و از آنجا به اتمسفر وارد می گردند. دودکش ها وظایف مهمی در بویلرها به عهده دارند، که از آن میان می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

۱- دودکش ها 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 بخش های جابجایی وارد دودکش گردیده و از بویلر خارج می شوند.

۲- عموماً گازهای خروجی از دودکش ها ممکن است دارای گرد، غبار و ذرات مختلفی باشد که در صورت پایین آمدن بر روی واحدها و نفرات مستقر در آنجا سبب بروز مشکلات زیست محیطی گردند. از این رو دودکش ها با ارتفاعی ساخته می شوند که ذرات خروجی از دودکش قبل از پایین آمدن بر روی واحدها به وسیله جریان باد دور گردد و در محلی که خطری برای افراد وجود ندارد، نشست کنند.

۳-۲-۴. مشعل

مشعل ها تجهیزاتی در بویلرها هستند که وظیفه ترکیب کردن سوخت و هوا و همچنین سوزاندن ماده سوختی را برعهده دارند و در واقع انرژی حرارتی کوره را تولید می نمایند. در واقع مشعل ها شکل و جهت شعله را در کوره به وجود می آورند و برحسب نیاز در ارتفاع های مختلفی در کوره نصب می گردند. سوخت های مختلفی در بویلرها سوزانده می شوند، و به همین دلیل مشعل ها برای سوزاندن انواع سوخت های مایع و گاز طراحی می گردند، بعضی از مشعل ها برای سوخت مایع و بعضی برای سوخت گازی شکل طراحی شده اند. مشعل هایی هم وجود دارند که دوگانه سوز هستند و هر دو سوخت مایع و گاز را می سوزانند.

۳-۲-۴-۱. مشعل های گازسوز

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

۳-۲-۴-۲. مشعل های با سوخت مایع

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

- ۱- هر چقدر ذرات سوخت ریزتر باشد، سریع تر و بهتر با هوا مخلوط و مشتعل می گردند.
- 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 لوله ها برخورد نماید، باعث تشکیل کربن و دوده می گردد، 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 لوله ها از بین می رود.
- برای پودر کردن سوخت های مایع از اتمایزرها استفاده می گردد، انواع مختلفی از اتمایزرها وجود دارند که عبارتند از:

- ۱- مشعل ها با اتمایز بخار آب: اتمایزهای با بخار، بسیار متداول است و تقریباً با هر سوختی کار می کنند و به علت اینکه سوخت را گرم می نمایند، از کارایی خوبی برخوردارند.
- ۲- مشعل ها با اتمایز هوا: در برخی موارد، از هوا جهت اتمایز کردن استفاده می شود. طرز عمل هوا در مشعل ها 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 می گردد، باید آن را قبل از ورود به مشعل گرم کرد تا ویسکوزیته آن کاهش یابد.

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 عمده‌تاً 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

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

اتلاف حرارتی بویلر افزایش می یابد.

۲- رسوب دوده ها بر روی لوله ها و بخش هایی که در مسیر عبور گازهای حاصل از احتراق هستند سبب کاهش سطح مقطع جریان گاز و نهایتاً افت فشار می گردد. از این رو فشار درون محفظه احتراق بالا رفته و احتراق مشعل را دچار مشکل می نماید.

در نتیجه، باید سطوح دوده گرفته تمیز شوند. برای این کار از وسیله ای به نام دوده زدا یا soot blower استفاده می گردد. دوده زدا در اصل یک لوله است که دارای سوراخ هایی بر روی دیواره خود بوده و از این سوراخ ها، بخار با فشار زیاد بر روی سطوح لوله ها جت می گردد و بدین ترتیب لوله ها تمیز می شوند. انواع مختلفی از این دوده زداها وجود دارد:

۱- نوعی از دوده زداها هستند که در فواصل لوله های پایین رونده و به صورت ثابت قرار دارند. نحوه عملکرد آنها بدین صورت است که در دوره های زمانی مورد نیاز بخار از سوراخ ها خارج می گردد.

۲- نوعی از دوده زداها که عموماً در بخش سوپر هیت کننده ها قرار دارند، به صورت متحرک هستند. آنها از طریق یک ریل به داخل بویلر وارد شده و به سمت جلو حرکت می کنند و سپس بخار را بر روی سطوح مختلف جت می کنند و پس از تمیز کردن لوله ها مجدداً به بیرون برمی گردند.

دوده زداها بر حسب طراحی به صورت افقی و یا عمودی وارد بخش جابجایی می گردند.

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 می گردد، گاهی پایین آمدن دمای گازهای خروجی به مفهوم این است که اکونومایزر حرارت زیادی را جذب می نماید. در این حالت یکی از روش های کنترل دما از سرویس خارج کردن اکونومایزر است. برای این

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 می تواند بدون در سرویس بودن اکونومایزر کار کند.

۲-۸-۲-۳. کانال ورودی هوا

برای انتقال هوا به درون blower از یک مسیر کانالی استفاده می گردد 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 می شود.

۳-۸-۲-۳. کانال هوا و رجیستر

هوای مورد نیاز احتراق از کانالی به سمت بویلر می رود. این کانال اصلی در مسیر خود به شاخه های تقسیم شده که هر یک از این شاخه ها تأمین کننده هوای مورد نیاز برای یک مشعل است که اصطلاحاً به آنها رجیستر می گویند.

۴-۸-۲-۳. کانال گاز خروجی (Gas Duct)

منطقه ای است که گازهای حاصل از احتراق پس از عبور از بخش های جابجایی بویلر یعنی بعد از لوله های پایین رونده وارد آن می گردد. این قسمت شبیه کانالی خالی بوده که جریان گاز را به سمت اکونومایزر و دودکش هدایت می کند.

۵-۸-۲-۳. Damper Valve

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

۳-۳. تجهیزات مرتبط به سوخت

۳-۳-۱. مخازن سوخت

غالباً برای اطمینان از در دسترس بودن سوخت مورد نیاز بویلر، آنها را در مخازنی ذخیره می کنند. این سوختها 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 پمپ پهایی از مخازن ذخیره سازی به سمت بویلر انتقال میدهند.

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 عملاً 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.

۳-۳-۴. خطوط انتقال هوا یا بخار اتمایز کننده

در صورتیکه سوخت مایع با هوای فشرده ترکیب شده و به صورت اتمایز شده درآید، احتراق بهتری صورت م یگیرد. هوای فشرده با مخلوط شدن با سوخت مایع آن را پودر کرده و به ذرات ریز تبدیل م یکنند. به عنوان مثال سوخت های سبک مانند را با استفاده از هوای فشرده اتمایز می کنند. در صورتیکه سوخت مورد نظر سنگین باشد بجای هوا از بخار برای این کار استفاده می گردد تا علاوه بر اتمایز کردن سوخت آن را گرم نیز بکنند. به عنوان مثال برای سوخت هایی سنگین مانند Heavy oil و Fossil oil از بخار استفاده می نمایند. برای انتقال بخار و یا هوای مورد نیاز به جهت متمایز کردن سوخت تا مشعل از خطوط انتقال هوا یا بخار اتمایز کننده استفاده می گردد.

۳-۳-۵. تبخیر کننده سوخت مایع

گاهی لازم است که سوخت مایع به شکل گاز درآید تا مورد استفاده قرار گیرد. در این واحدها از تبخیر کننده 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 شده و کم بودن فشار 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.

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 پمپها 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.

۳-۴. سایر تجهیزات

۳-۴-۱. شیر تخلیه آب دیوار

این شیر به هدر تغذیه کننده لوله های بالارونده محفظه احتراق متصل است تا از طریق آن بتوان آب موجود در لوله های بالارونده را تخلیه نمود. معمولاً در زمان از سرویس خارج کردن از این شیر استفاده می گردد.

۳-۴-۲. پوشش ها و عایق های بویلر

بخش های مختلفی از بویلر به وسیله عایق پوشیده شده است: مانند دیوارهای بیرونی محفظه احتراق، بخش های بیرونی مخازن بخار و لجن، هدر اصلی خروج بخار از بویلر. عموماً در پشت لوله های بالارونده در محفظه احتراق و روی لوله های کف کوره از لایه ای 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 می پوشانند.

۳-۴-۳. جمع کننده مایعات کندانس شده

پمپ های تغذیه خوراک بویلر، دمنده ها و بسیاری از بخش های دیگر بویلر از بخار استفاده می کنند. در اینگونه تجهیزات بخشی از بخار به صورت کندانس شده به وجود می آید و به دلیل آنکه این آب کندانس شده از خلوص و کیفیت بالایی برخوردار است به وسیله جمع کننده هایی آنها را جمع آوری کرده و به عنوان خوراک ورودی به بویلر استفاده می کنند.

۳-۴-۴. نمایش دهنده 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

می تواند خاموش باید و بویلر از سرویس به طور خودبخود خارج نشود متفاوت است. به عنوان مثال در بویلری که دارای دو ردیف سه مشعله می باشد، چنانچه دو مشعل از ردیف پایین و یا سه مشعل از ردیف فوقانی خاموش شوند، بویلر به طور خودبخود از سرویس خارج می شود. اما در بویلرهایی که یک مشعل دارند، با خاموش شدن مشعل خطر تجمع سوخت وجود داشته و باید بویلر سریعاً از سرویس خارج گردد که این کار توسط سیستم کنترلی خودبخود انجام می شود. این کار در پی ارسال سیگنال این آشکارسازها به اتاق کنترل و فرمان بسته شدن Shut off valve روی مسیر سوخت ورودی به بویلر، صورت می گیرد.

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

شیرهای ویژه ای در مسیر جریان سوخت به مشعل بویلر قرار دارند که در صورت دریافت سیگنال در حالت اضطراری و یا نیاز در شرایط عادی مسیر عبور سوخت به کوره را به طور اتوماتیک و یکباره با سرعت زیاد می بندند. همچنین این شیرها به صورت دستی از طریق یک Push Bottom از اتاق کنترل توسط اپراتور قابل بستن می باشد. دلایل متعددی وجود دارد که ممکن است بخواهند این شیرها مسیر عبور سوخت را ببندد که از جمله آنها: بروز مشکل در شعله مشعل، بروز مشکل در فشار سوخت، مشکل در فشار هوای احتراق، مشکل در گازهای خروجی و یا فن ها، بالا رفتن زیاد از حد دما و... را می توان نام برد.

۳-۴-۸. دریچه آدمرو (Manhole)

برای ورود نفرات به داخل قسمت های مختلف بویلر جهت تعمیرات، عموماً در بخش کوره، سوپرهیتر، gas duct، دودکش دریچه هایی وجود دارد که به آن manhole می گویند.

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 ریزرها 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 یک سری فیلتر تهیه شده تا سرعت و صدای بخار یا هوای خروجی به اتمسفر را کاهش دهد.

فصل ۴

کنترل

۴-۱. مقدمه

بخش‌های مختلفی در بویلرها کنترل می‌گردد که از این میان، تعدادی از قسمت‌ها از اهمیت بالاتری نسبت به موارد دیگر، برخوردار 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 تک جزئی (single element feed water control):

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

صورت است که اندازه گیر 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 می دهد و بدین ترتیب سطح مایع را کنترل می کند. در حقیقت سطح مایع در مخزن بخار را با تغییر دادن شدت جریان آب ورودی به بویلر تنظیم می کند.

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

در این روش سطح مایع از دو طریق کنترل می گردد.

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

۲- اندازه گیری سطح مایع در درام: در مواردی که بلودان صورت می گیرد مقدار آب خارج شده از درام از طریق اندازه گیر سطح مایع تشخیص داده شده و به شیر کنترل آب ورودی به بویلر دستور باز شدن می دهد. در مجموع از طریق این دو جزء، کنترل بهتری نسبت به حالت تک جزئی وجود خواهد داشت.

۳- کنترل سه جزئی (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 می باشد. علاوه بر دو متغیر فوق الذکر، نوسانات شدت جریان آب ورودی به عنوان متغیر سوم است. چرا که این نوسانات در میزان کنترل سطح مایع سبب مشکل می نماید. به عنوان مثال دبی مورد نظر ما با باز بودن ۴۰ درصد شیر کنترل تأمین می گردد، ناگهان شدت جریان ورودی به بویلر کم می گردد و در صورتی که هنوز شیر کنترل در همان مقدار ۴۰ درصد باقی بماند، مقدار مورد نیاز آب ورودی به بویلر تأمین نمی گردد و مقدار نوسانات زیاد شده و دیرتر سطح مایع کنترل می گردد. این مشکلی است که در کنترل کننده های دوجزئی وجود دارد. ولی در این سیستم با اندازه گیری شدت جریان ورودی و به محض کم شدن شدت جریان و قبل از آنکه اثر این نوسان در مخزن

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

۳-۴. کنترل فشار بخار در هدر اصلی

سوختی که در بویلر سوزانده می شود سبب ایجاد گرما و در نهایت تولید بخار می گردد. 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 می توان 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 می گردد تا وضعیت آتش گیری 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، کنترل کننده های احتراق سبب می گردند 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 می یابد.

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 می باشد. عموماً در زمان استفاده از سوخت های 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 می گردد. در اینگونه موارد و برای جلوگیری از بروز چنین مشکلاتی در بویلر، از سنسورهایی که ارزش

حرارتی سوخت را تعیین می نمایند، استفاده می گردد. 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 می نماید.

۴-۴. کنترل دمای سوپرهیت

بخاری که برای واحدهای مصرف کننده فرستاده می شود باید از نظر دما و فشار کنترل گردد، علاوه بر آن در صورتی که لوله های سوپرهیت کننده بیش از حد گرم شوند، تنش و شوک حرارتی در آنها به وجود آمده و از بین می روند. از این رو کنترل دما در سوپرهیت کننده ها از اهمیت بالایی برخوردار می باشد. روش های زیادی برای کنترل دمای سوپرهیت وجود دارد که می توان به موارد ذیل اشاره کرد:

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

در بویلرهای که ظرفیت کم دارند، می توان با بای پس (bypass) کردن بخشی از گازهای احتراق به وسیله یک دمپر دمای سوپرهیت را کنترل نمود. این روش کنترل قبلاً به کار برده می شد 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 مشعل ها در کوره Tilting burners in the Furnace :

دمای بخار خروجی از سوپرهیت را با تغییر زاویه مشعل ها به سمت بالا و پایین (به میزان ۳۰ درجه) در بویلرهای نوع عرضی می توان کنترل نمود. با تغییر زاویه مشعل ها به سمت پایین، لوله های بالارونده بخش بیشتری انرژی به شکل تابش جذب می نمایند، در نتیجه سهم جذب حرارت در سوپرهیت نسبتاً کم شده و دمای آن پایین می آید. اگر مشعل ها به سمت بالا گردانده شوند، زاویه تابش نسبت به سوپرهیت ها مناسب تر شده و انرژی حرارتی بیشتر به

سوپرهیترها منتقل و دمای آنها افزایش می یابد.

۳- استفاده از مشعل های اضافی (Auxiliary Burners) :

با استفاده از مشعل های جنبی علاوه بر مشعل های اصلی می توان دمای بخار را کنترل کرد. اثر این مشعل ها شبیه مشعل هایی با زاویه متغیر است.

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

با اسپری کردن آب به بخار سوپرهیت می توان دمای آن را کاهش داد. اضافه کردن آب در بخشی به نام دی هیتر یا ری هیتر صورت می گیرد.

۵- کنترل پیش سردکن (Precondensing Control) :

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

۶- گردش مجدد گاز Gas Recirculation :

بخشی از گاز خروجی از اکونومایزر مجدداً داخل کوره می شود. این عمل به کمک یک فن انجام می گیرد. این گاز نظیر هوای اضافی عمل می کند و بر دیواره های کوره اثر می گذارد. این عمل انرژی حرارتی جذب شده توسط دیواره های آبی را کم کرده و انرژی جذب شده توسط سوپرهیتر را افزایش می دهد.

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

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

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 دمپرهای 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

مقدار مواد شیمیایی تزریقی به آب بویلر را تغییر می دهند و یا در زمان بالا رفتن مقادیر سختی، مقدار بلودان را افزایش می دهند، این کار از طریق بلودان ناپیوسته صورت می گیرد، 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 می گردد. 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.

فصل ۵

راه‌اندازی، از سرویس خارج کردن و نگهداری سامانه

۵-۱. راه اندازی

راه اندازی بویلر نیازمند انجام اقداماتی اولیه می باشد که معمولاً شامل فراهم کردن مواردی چون سوخت، هوا و آب مورد نیاز، بررسی خطوط انتقال سوخت، آب و همچنین راه اندازی تجهیزاتی چون پمپ، دمنده، دی اریتور و غیره می باشد که مجموعه این اعمال را اصطلاحاً پیش راه اندازی می گویند. پیش راه اندازی هر یک از تجهیزات دستورالعمل های مربوط به خود را دارا می باشد و توسط شرکت های سازنده آنها ارائه می گردد. در مجموع راه اندازی بویلر شامل دو قسمت راه اندازی تجهیزات یا پیش راه اندازی و راه اندازی خود بویلر می باشد.

در راه اندازی بویلرها باید به این نکته توجه داشت که همزمان با بالا رفتن فشار و دما، تنش های زیادی در بویلر به وجود می آید. در صورتی که دما و فشار با سرعت زیادی افزایش یابند، این تنش ها می توانند سبب بروز مشکلات بسیاری برای بویلر گردند. از این رو شرکت های سازنده بویلر، نموداری برای راه اندازی بویلر ارائه می کنند که نحوه افزایش فشار و دما را با زمان نشان می دهد، تا به این وسیله بتوان بویلر را در مدت زمان کافی و با افزایش مناسب میزان سوخت، به شرایط عملیاتی رساند.

حدوداً تا دو ساعت پس از شروع راه اندازی، در بویلر فشاری به وجود نمی آید چرا که ونت های مخزن بخار باز بوده و بخار بدون آنکه باعث افزایش فشار بویلر گردد، از آن خارج می گردد، از این رو فشار بویلر اتمسفریک می باشد. پس از حدود دو ساعت، ونت ها بسته شده و به تدریج فشار در مخزن بخار افزایش می یابد. میزان مصرف سوخت توسط اپراتور به طوری افزایش می یابد تا میزان افزایش فشار در مخزن بخار بر حسب زمان در محدوده مجاز منحنی قرار داشته باشد.

الف - پیش راه اندازی:

قبل از مشعل بویلر به وسیله جرقه روشن گردد، اقداماتی باید صورت گیرد که در اصل راه اندازی تک تک تجهیزات بویلر می باشند و شامل موارد ذیل می باشند:

- ۱- دیگ بخار یا steam drum تا سطح مجاز پر می گردد.
- ۲- باید وضعیت فشار سوخت مورد استفاده برای مشعلها بررسی گردد 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 خنک کننده با آب می باشند که باید وضعیت آب خنک کننده چک گردد.
- ۶- سوئیچ راه اندازی بویلر در اتاق کنترل در وضعیت ON قرار می گیرد.
- ۷- مسیر عبور سوخت به مرحله احتراق باز می گردد.
- ۸- شاخص سطح آب در steam drum برای عملیات راه اندازی بررسی می گردد.
- ۹- تمام شیرهای پمپهای تغذیه کننده آب بویلر بررسی می گردد.
- ۱۰- در صورتی که بویلر دمنده برقی داشته باشد، پره های دمنده یا دمپر برای راه اندازی دمنده بسته می گردد.
- ۱۱- وضعیت الکتروموتور/ توربین دمنده باید از لحاظ روغنکار و سطح روغن بررسی گردد.
- ۱۲- الکتروموتور/ توربین دمنده راه اندازی می گردد و در ضمن آمپر الکتروموتور برقی نیز باید چک گردد.

- ۱۳- مسیرهای تنظیم کننده هوای مشعلها (register) کاملاً باز می گردند.
- ۱۴- پره های ورودی هوا (Damper) دمنده به مقدار مورد نیاز باز می شوند.
- 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 می باشد.
- ۱۶- مسیرهای تنظیم کننده هوای مشعلها (register) کاملاً بسته می شوند.

- ۱۷- شیرهای ورودی سوخت (مایع یا گاز و یا هر دو) به آرامی باز می گردند.
- ۱۸- مسیرهای انتقال سوخت (مایع یا گاز و یا هر دو) به هر مشعل آماده می گردند.
- ۱۹- هوای مورد نیاز جهت احتراق به صورت دستی کنترل می گردد.
- ۲۰- برای تلمبه های برقی باید آمپر الکتروموتور و وضعیت روغنکاری و سطح روغن در مخزن چک گردد.

۲۱- دی اریتور در سرویس قرار داده می شود.

ب- راه اندازی خود بویلر:

از زمانی که مشعل بویلر روشن می گردد تا وقتی که بخار تولیدی به شرایط دمایی و فشاری مورد نظر برسد، اقداماتی صورت می گیرد که مربوط به راه اندازی خود بویلر می باشد و عموماً شامل مراحل زیر می باشد:

- ۲۲- عملیات مشعل زدن صورت می گیرد 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 می یابد. 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 می گردد و آب وارد مخزن بخار می گردد.
- ۲۵- شیرهای هواگیری مربوط به درام و خط اصلی بخار یا هدر بسته می گردد.
- ۲۶- در یک مقدار فشاری که توسط سازنده بویلر داده شده است، شیرهای تخلیه هوای بالای بویلر (air vent) را بسته و عملیات راه اندازی مطابق نمودار راه اندازی بویلر انجام می گیرد.
- ۲۷- سرعت بالا رفتن فشار بویلر با تنظیم نمودن شیر test pipe و میزان احتراق کنترل می گردد.

۲۸- شیر هواگیری سوپرهیتر بسته می شود.

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

۳۰- در این مرحله با افزودن میزان شعله مشعل ها عملیات افزایش فشار صورت می گیرد. در

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 ناگهانی 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

طراحی باشد، در حالت اتوماتیک قرار دهید.

۳- کنترل کننده های دمای بخار خروجی را وقتی به دمای سوپر هیت 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 می شود.

۵-۲. چک و ثبت متغیرها

از وظایف اصلی اپراتورهای بویلر، بازرسی و ثبت برخی پارامترهایی است که معرف عملکرد بویلر می باشد. چک و ثبت این متغیرها در هر روز و در بازدیدهای روزانه صورت می گیرد، مجموعه این متغیرهای ثبت شده، شرح کامل از نحوه عملکرد بویلر را ارائه می دهد. در صورت بروز مشکل و یا حادثه در واحد تولید بخار، این اطلاعات کمک زیادی به یافتن دلیل حادثه می نماید. گاهی نیز بررسی روند تغییراتی که در گذشته اتفاق افتاده است بهره برداران را از بروز مشکلی که ممکن است در آینده ایجاد گردد، مطلع می گرداند و می توانند بدین وسیله از بروز آن جلوگیری نمایند. یک اپراتور در حین ورود به اتاق کنترل، باید به نتایج و گزارش بازرسی های انجام شده در شیفت های قبلی توجه نماید. چرا که احتمال دارد مشکلی قبلاً 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 گزارش های قبلی باعث می شود تا اپراتور احتیاطات لازم را در نظر داشته باشد. اطلاعات مربوط به بخش های مختلفی که در طی روز بازدید می گردند در برگه هایی به شکل جدول، ثبت می شوند که به این برگه ها اصطلاحاً log Sheet گفته می شود. در شکل مقابل نمونه یک log Sheet مشاهده می گردد. log Sheet عموماً شامل قسمت های ذیل می باشند:

- 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 Sheet هایی 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

- مشعل (fuel pressure at burner) می باشد.
- 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 دی اریاتور
- فشار هوا در خروجی فن
- وضعیت مقدار مصرف بخار توسط واحدهای مصرف کننده، در واحدهایی که چند مصرف کننده وجود دارد مقدار مصرف توسط هر مصرف کننده نیز ثبت می گردد.
- عموماً log Sheet هایی که در سایت و توسط نوبت کار محوطه تکمیل می گردند، شامل log Sheet های مربوط به مخازن سوخت، پمپ های تغذیه نوع برقی و توربینی آب بویلر، فن های دمنده یا مکنده و ایستگاه مواد شیمیایی می باشد.

۵-۳. عوامل Shutdown

عوامل مختلف خارجی مانند تغییر در شدت جریان آب ورودی به بویلر، می تواند 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 می برند. در صورتی که زمان کنترل طولانی شود، ممکن است قسمت هایی از بویلر آسیب ببینند، از این رو زمان مورد نیاز برای برگرداندن سیستم به حالت عادی در بحث کنترل از اهمیت زیادی برخوردار می باشد. در صورتی که سیستم های کنترل نتوانند تغییر به وجود آمده در سیستم را در زمان مناسب کنترل نمایند، سیستم هایی به نام اینترلاک، به طور خودکار سبب از سرویس خارج کردن بویلر می گردند تا از بروز خطرات و آسیب دیدن بویلر جلوگیری گردد. در بویلرها این سیستم ها در هنگام بروز

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 سریعاً 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

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 راهنمایی، 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 می‌گردد.

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

- 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.

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.

- 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.

۴-۵. 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.

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 گاز گرفتگی، برق گرفتگی، 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 valve های مسیر گاز
- ۲- شیرهای اصلی و شیر برگشتی سوخت‌های بویلر (مایع و یا گاز)
- ۳- شیرهای پروانه‌ای مسیر گاز مشعل‌ها به طور کامل
- ۴- پرچ مسیر سوخت از فیلترها تا مشعل‌های کوره به وسیله ازت
- ۵- مسیر عبور بخار به درون soot blower
- 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.

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.