دیگ بخار

Steam boiler

بررسی عملکرد انواع دیگ های بخار و

روش های طراحی ، نصب ، راه اندازی و کنترل آنها

بابک دلخون

Email: dbabak.mech@gmail.com

فهرست :

الف – مقدمه

ب – دیگ بخار و جایگاه آن در نیروگاه حرارتی

فصل اول : طبقه بندی بویلرها

۱-۱- طبقه بندی از نظر مصارف بویلر

۱-۲- طبقه بندی از نظر فشار سیکل آب و بخار

۱-۳- طبقه بندی از نظر مصالح صنعتی و متالوژیکی

۱-۴- طبقه بندی از نظر سطوح تبادل حرارتی

۱-۵- طبقه بندی از نظر محتوای لوله ها

۱-۶- طبقه بندی از نظر فشار کوره بویلر

۱-۷- طبقه بندی از نظر نوع احتراق

۱-۸- طبقه بندی از نظر منبع انرژی بویلر

۱-۹- طبقه بندی از نظرنوع سیال عامل

۱-۱۰- طبقه بندی از نظر نوع سیرکولاسیون سیال عامل

۱-۱۱- طبقه بندی از نظر نام سازنده بویلر

۱-۱۲- طبقه بندی از نظر شکل و موقعیت لوله های بویلر

۱-۱۳- تشخیص پارامترهای یک بویلر از روی نمودار

فصل دوم : انواع بویلر ها و عملکرد آنها

۲-۱- دیگ های چدنی

۲-۲- دیگ های فولادی

۲-۲-۱- تاریخچه و عملکرد بویلرهای فایرتیوب

۲-۲-۱-۱- انواع بویلرهای فایرتیوب

۲-۲-۲- تاریخچه و عملکرد بویلرهای واتر تیوب
۲-۲-۲-۱- انواع بویلرهای واترتیوب
۲-۳- بویلرهای نیروگاهی و انواع آنها
۲-۳-۱- دیگ های بخار با سیرکولاسیون طبیعی
۲-۳-۲- دیگ های بخار با سیرکولاسیون اجباری
۲-۳-۲-۱- بویلر با سیرکولاسیون اجباری و زیر نقطه بحرانی با درام
۲-۳-۲-۲- بویلر با سیرکولاسیون اجباری و زیر نقطه بحرانی و یکبار گذر
۲-۴- دیگ های پکیج
۲-۵- نحوه انتخاب دیگ بخار

فصل سوم : تشریح اجزای دیگ بخار

۳-۱- مدارهای عملکرد دیگ های بخار
۳-۱-۱- مدار آب و بخار و اجزای آن
۳-۱-۱-۱- کوره
۳-۱-۱-۲- لوله اصلی تغذیه آب بویلر
۳-۱-۱-۳- پمپ تغذیه آب بویلر
۳-۱-۱-۴- ری هیترها
۳-۱-۱-۵- اکونومایزر
۳-۱-۱-۶- پیش گرم کن دوار یا یانگستروم
۳-۱-۱-۷- دی سوپرهیترها
۳-۱-۱-۸- شیرهای اطمینان
۳-۱-۲- مدار سوخت و هوا و اجزای آن
۳-۱-۲-۱- تعریف سوخت و انواع آن
۳-۱-۲-۲- ارزش حرارتی
۳-۱-۲-۳- احتراق و تعریف آن
۳-۱-۲-۴- محصولات احتراق
۳-۱-۲-۵- راندمان احتراق

۳-۲- مشعل ها و انواع آنها
۳-۲-۱- مشعل های تبخیری
۳-۲-۲- مشعل های پودر کننده
۳-۲-۳- مشعل های گریز از مرکز
۳-۳- بازده حرارتی دیگ های بخار

فصل چهارم : رسوبات و خورندگی در دیگ های بخار

۴-۱- رسوبات و خورندگی در دیگ های بخار
۴-۲- شستشوی دیگ های بخار
۴-۳- روش های تعیین میزان آلودگی سطوح حرارتی دیگ های بخار
۴-۳-۱- روش دستی
۴-۳-۲- روش کاتدیک

فصل پنجم : نصب ، راه اندازی و بهره برداری از دیگ های بخار

۵-۱- نحوه نصب دیگ های حرارت مرکزی
۵-۲- راه اندازی و بهره برداری از دیگ های بخار
۵-۲-۱- بازدیدهای قبل از راه اندازی
۵-۲-۲- پرکردن دیگ های بخار
۵-۲-۳- سیستم کنترل وزش دیگ بخار
۵-۲-۴- مشعل های سوخت سبک (آتش زا)
۵-۲-۵- تخلیه از زیر دیگ و تخلیه معمولی
۵-۲-۶- خواباندن عادی جهت ذخیره نگاه داشتن واحد
۵-۲-۷- خواباندن عادی به منظور کار تعمیراتی
۵-۲-۸- خواباندن اضطراری واحد
۵-۲-۹- راه اندازی دیگ های بخار گازسوز
۵-۲-۱۰- خواباندن دیگ بخار گازسوز

فصل ششم : کنترل و بازرسی دیگ های بخار

۶-۱- کنترل دیگ های بخار

۶-۱-۱- کنترل فشار

۶-۱-۲- کنترل درجه حرارت بخار

۶-۱-۳- کنترل سوخت و هوا

۶-۱-۴- کنترل آب تغذیه

۶-۲- بازرسی اساسی سالیانه دیگ های بخار

فصل هفتم : طراحی و ساخت دیگ های بخار

۷-۱- طراحی دیگ های بخار

۷-۲- نحوه ساخت دیگ های بخار

۷-۳- مراحل ساخت دیگ های چدنی شرکت ایرفو

۷-۳-۱- تهیه مواد اولیه

۷-۳-۲- تایید مواد اولیه توسط کارشناسان

۷-۳-۳- آزمایشگاه و خدمات لازم جهت تایید مواد اولیه

۷-۳-۴- انبار و توزیع مواد

۷-۳-۵- آزمایشگاه و کنترل آنالیز ذوب

۷-۳-۶- تهیه ذوب دیگ ها و عملیات ذوب ریزی

۷-۳-۷- قالبگیری و ماهیچه گیری دیگ ها

۷-۳-۸- ورقکاری و نقاشی

۷-۳-۹- تخلیه دیگ ها از ماسه و مراحل تکمیلی

۷-۳-۱۰- تست هیدرواستاتیک پره ها

۷-۳-۱۱- ماشینکاری پره ها و مونتاژ

۷-۳-۱۲- بسته بندی و تحویل به انبار

۷-۳-۱۳- تحویل دیگ چدنی به مصرف کننده

۷-۳-۱۴- بازرسی و آزمایش در حین فرآیند و فنون آماری در شرکت ایرفو

فصل هشتم : تعمیر و نگهداری دیگ های بخار

۸-۱- نگهداری دیگ های بخار غیر فعال

۸-۱-۱- نگهداری دیگ بخار به روش خشک

۸-۱-۲- نگهداری دیگ بخار به روش تر

۸-۲- نگهداری ناحیه احتراق در دیگ های بخار

۸-۳- رفع عیوب در دیگ های بخار

میهمانی نهار درون یک دیگ بخار

منابع و مراجع

الف – مقدمه :

انسان همواره برای گرم کردن محل زندگی خود در فصل سرما ، به دنبال ساخت وسایل گرمازا بوده است . در ابتدا با سوزاندن موادی مانند گیاهان و چوب و بعدها با کشف و استخراج معادن انواع سوختهای فسیلی ، از وسایلی مانند بخاری و آبگرمکن استفاده کرده است . ولی به تدریج با گسترش شهر نشینی وفرهنگ آپارتمان نشینی و ایجاد انواع ساختمانهای مسکونی و تجاری و اداری و همچنین لزوم توجه بیشتر به مصرف بهینه و اقتصادی سوخت ، باعث گردید سیستمهای مختلف گرمایشی مانند : سیستم حرارت مرکزی ، انواع پکیج یونیت های آپارتمانی ، سیستمهای حرارت تشعشعی و ... مورد توجه بیشتری قرار گرفته و در زمینه بهبود کیفیت و سهولت بهره برداری و نگهداری از آنها اقدامات موثری انجام شده است که از آن جمله می توان تولید و ساخت انواع دیگهای حرارت مرکزی که در ساختمانها و مراکز مختلف صنعتی بسته به شرایط اقتصادی وفنی مورد استفاده قرارمی گیرند ، را نام برد .

دیگهای آب گرم که تولید و بهره برداری ازآنها قدمتی چندین ساله دارد ، در انواع مختلف به صورت عمده با استفاده از فولاد و یا چدن ساخته شده است و برای تولید آب گرم مورد نیاز ، در محلی به نام موتورخانه نصب و بکار گرفته می شوند .

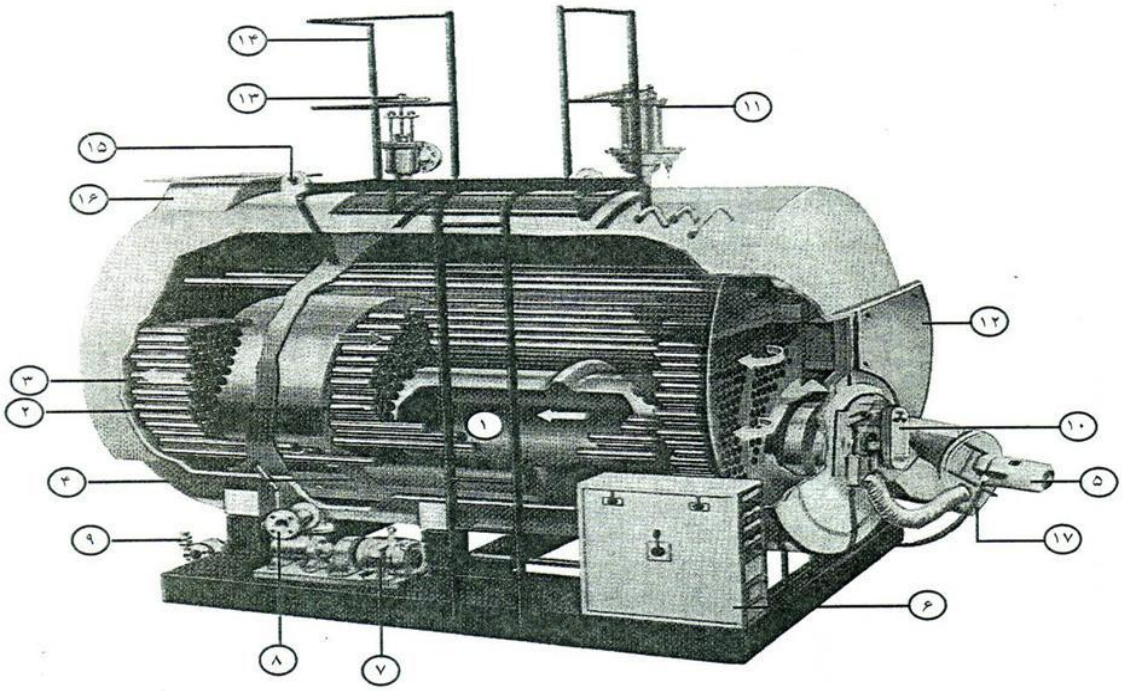
ب – دیگ بخار و جایگاه آن دریک نیروگاه حرارتی :

کلمه بویلر از فعل boil به معنی جوشاندن استخراج شده و بویلر به معنی جوشاننده است . درواقع بویلرها نوعی مبدل حرارتی هستند که با گرفتن انرژی حرارتی سوخت و انتقال آن به آب سرد ، باعث تبدیل آب به بخار می شوند .

نیروگاه بخاری از نظر ترمودینامیک یک ماشین حرارتی است که در آن دیگ بخار ، به عنوان منبع گرما کار می کند . گرفتن کار از ماشین حرارتی تنها با منابع دمای بالا و پایین میسّر است . انتقال و افزایش انرژی سیّال عامل که عمدتاً آب خالص است ، در دیگهای بخار صورت می گیرد . پس دیگهای بخارنیروگاه ها با متعلقات خود نقش اساسی و بارزی در سیکل حرارتی نیروگاه ها ایفا می کنند . در واقع می توان گفت که دیگ بخار قلب هر نیروگاه است . لذا شناخت انواع ، عملکرد ، اجزا و نقش تک تک اجزای این سازه بزرگ و مهم ، کمک شایانی به به بهره برداری و تعمیرات آن خواهد کرد .در اینجا بایستی با یک واژه درباره بویلرها آشنا شویم و آن سطح تبادل حرارتی یک بویلر است .

سطح گرمایش (heating surface) یا سطح تبادل حرارتی یک بویلر عبارت است از مساحت سطحی که در معرض محصولات احتراق قرار دارد .

در این پروژه ابتدا طبقه بندی انواع بویلرها را ذکر خواهیم کرد . بویلرها طبقه بندی های گوناگونی دارند. بویلرها را می توان بر اساس جنس ، فشار، درجه حرارت ، شکل ، نوع سوخت و ... طبقه بندی کرد .



نمای برش خورده دیگ

۱ کوره	۱۰ الکترو موتور مشعل
۲ لوله‌های گذر دوم	۱۱ شیر اطمینان
۳ لوله‌های گذر سوم	۱۲ درب جلو
۴ اطاقک برگشت	۱۳ شیر اصلی بخار
۵ الکتروموتور دمنده	۱۴ سکو و نردبان
۶ تابلو برق و فرمان	۱۵ قلاب‌گیر
۷ پمپ آب تغذیه دیگ	۱۶ فلنج دودکش
۸ شیر یک‌طرفه آب تغذیه دیگ	۱۷ محفظه دمنده
۹ شیر تخلیه آب	

فصل اول :

طبقه بندی بویلرها

طبقه بندی بویلرها :

بویلرها طبقه بندیهای مختلفی دارند که در زیر به آنها اشاره شده است :

۱–۱– طبقه بندی از نظر مصارف بویلر:

بویلرها را از نظر نوع مصرفی که در صنایع مختلف دارند ، می توان دسته بندی کرد : بعضی از آنها برای تولید انرژی الکتریکی بکار می روند و برخی دیگر برای تهیه آب داغ یا بخار خشک و اشباع ساخته می شوند . در صنایع حمل و نقل (زمینی یا دریایی) به طرحهای خاصی از بویلرها نیاز است . همچنین در جوار واحدهای عظیم بخارساز نیروگاهی ، بویلرهای خاصی به عنوان بویلر کمکی نصب می شوند .

۱–۲– طبقه بندی از نظر فشار سیکل آب و بخار :

از نظر فشار کاری عموماً سه نوع بویلر وجود دارد :

۱) بویلرهای مینیاتوری با حد اکثر فشار bar ۷ جهت تولید آب داغ یا بخار خشک و اشباع با حد اکثر سطوح تبادل حرارتی ۲m

۲) بویلرهای کم فشار که برای تولید آب داغ و بخار خشک و اشباع به کار می روند ، که اگر این بویلرها برای تولید آب داغ بکار روند ، طبق استانداردهای ASME برای حد اکثرفشار ۱۰bar و دمای ۱۲۰°c ساخته می شوند .

۳) بویلرهای قدرتمند (power boilers)که برای تهیه بخار اشباع یا بخار داغ با فشار بالاتر از ۱۲bar ساخته می شوند . اغلب بویلرهای نیروگاهی از این نوع هستند .

۱–۳– طبقه بندی از نظر مصالح صنعتی و متالوژیکی :

انجمن مهندسان مکانیک آمریکا (ASME) در این مورد استانداردهای دقیق و مبسوطی دارند که طبق آن ، بویلرهای قدرتمند از انواع فولادهای کم کربن ، آلیاژی و پر آلیاژی ساخته می شوند . همچنین بویلرهای کم فشار از چدن یا فولاد و بویلرهای مینیاتوری از مس یا فولادهای ضد زنگ ساخته می شوند .

۱–۴– طبقه بندی از نظر سطوح تبادل حرارتی :

این طبقه بندی از طرف انستیتو بویلرهای فولادی آمریکا(SBI) ،برای بویلرهای فولادی کم ظرفیت غیر نیروگاهی صورت گرفته که آنها را به سه دسته تقسیم می کنند :

۱) از ۱۳m تا ۳۵۰mسطح تبادل حرارتی ، با خروجی ۶۴۸ تا ۱۸۸۱۰kj

۲) سطح تبادل حرارتی از ۲mتا ۳۰m با خروجی حد اکثر ۱۸۸۰kj

۳) بویلرهای با سوخت فسیلی حد اکثر با خروجی ۱۸۸۰kj

البته روشن است که سطوح تبادل حرارتی بویلرهای نیروگاهی بسیار بیش ازاین مقادیر است .

۱–۵– طبقه بندی از نظر محتوای لوله ها :

۱) دیگهای بخار فایر تیوب (fire tube) : بویلرهایی که در آنها آتش و گازهای حاصل از احتراق از درون لوله ها جریان می یابد و سیال انرژی گیرنده (آب) در خارج لوله ها می جوشد .

۲) دیگهای بخار واتر تیوب (water tube) : بویلرهایی که در آنها سیال انرژی گیرنده (آب) در درون لوله ها جریان دارد و محصولات احتراق در بیرون از لوله ها حرکت می کنند .

بویلرهای فایر تیوب بخارساز حد اکثر برای فشار۱۷bar و با خروجی ۱۱.۳m□/hr ساخته می شوند ، اما بویلرهای واتر تیوب حتی برای فشارهای فوق بحرانی آب و تناژهای بسیار بالا طراحی و ساخته می شوند .

۱–۶– طبقه بندی از نظر فشار کوره بویلر:

اگر فشار داخل کوره بویلر مد نظر باشد ، از این نظر بویلرها به سه دسته تقسیم می شوند : بویلرهای تحت فشار ، بویلرهای با فشار اتمسفریک و بویلرهای تحت خلا .

بایستی به این نکته اشاره کرد که نوع کوره یک بویلر از نظر فشار درون آن ، در پیدایش لوازمی نظیر دمنده هوای احتراق و مکنده دود و گازها دخیل است . همچنین با توجه به فشار کوره ، سیستم تخلیه گازها از دودکش متغیر خواهد بود .

۱–۷– طبقه بندی از نظرنوع احتراق :

بویلرها از نظر نوع احتراق به دو دسته تقسیم می شوند : بویلرهای با احتراق درونی و بیرونی .

در بویلرهای با احتراق درونی ، کوره دارای مشعل و لوازم لازم برای احتراق خواهد بود . اما در بویلرهای با احتراق بیرونی ، ماحصل محصولات احتراق سیستمهای دیگر تخلیه شده و از انرژی آ نها برای جوشاندن آب استفاده می گردد ، مانند سیکلهای ترکیبی .

۱–۸– طبقه بندی از نظرمنبع انرژی بویلر :

انرژی مورد تبدیل در بویلرها ممکن است از احتراق سوختهای فسیلی تامین شود . همچنین این امکان وجود دارد که تامین حرارت سیال عامل را تحولی شیمیایی غیر از احتراق به عهده گیرد . در برخی از بویلرها انرژی الکتریکی عامل افزایش دمای سیال عامل می باشد . حتی ممکن است این انرژی از منابع انرژی هسته ای تامین گردد . در این صورت ساختار بویلرها تفاوت های عمده ای با یکدیگر خواهند داشت .

۱–۹– طبقه بندی از نظرنوع سیال عامل :

سیال عاملی که دربویلرها موجب جذب حرارت می شود ومی جوشد ، ممکن است آب ، بخار آب یا جیوه باشد .

۱–۱۰– طبقه بندی از نظرنوع سیرکولاسیون سیال عامل :

بویلرها از این نظر به سه دسته تقسیم می شوند :

۱) بویلربا سیرکولاسیون طبیعی : که در این صورت نیروی ایجاد شده از اختلاف دانسیته سیال عامل قبل از انتقال حرارت و بعد از آن ، عامل سیرکولاسیون خواهد بود . البته این نیرو باید به اندازه ای کافی باشد که باعث افت سرعت سیال به هنگام گرفتن انرژی حرارتی نشود و جدایش بخار اشباع از آب جوشان در داخل درام به زحمت نیفتد .

۲) بویلر با سیرکولاسیون اجباری : که دراین حالت عامل حرکت سیال ، مولد های خارجی (boiler circulating pumps) خواهند بود . پس در این نوع سیرکولاسیون محدودیت فشار برای سیال منتفی می شود .

۳) بویلر با سیرکولاسیون مختلط : ممکن است بویلری برای تولید بخار داغ در دو حوزه فشاری کار کند که در آن صورت ، در فشار پایین ، هنگامی که نیروی حاصل از اختلاف دانسیته ها کافی باشد ، سیرکولاسیون طبیعی ، و هنگام افزایش تناژ بویلر(افزایش فشار) سیرکولاسیون اجباری می شود.

۱–۱۱– طبقه بندی از نظرنام سازنده بویلر :

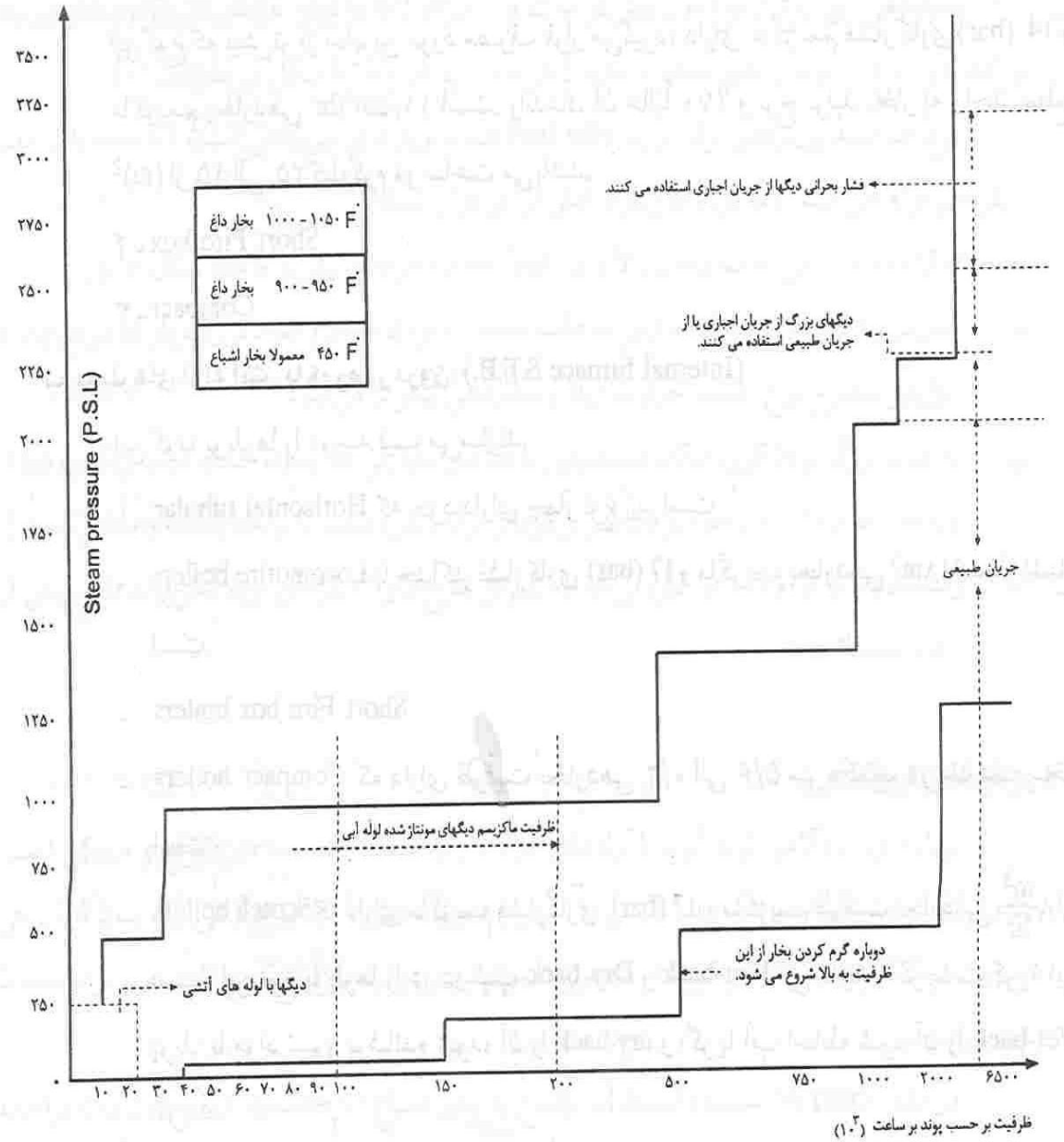
نام سازنده بویلر یا ابداع کننده بویلر ، نه تنها از نظر کیفیت طرح ، بلکه از نظر شکل ، سیرکولاسیون و ... می تواند برای مصرف کننده مشکل گشا باشد . در شکل زیر ، شش طرح بویلر با نام سازنده آنها آمده است . برای مثال ، Lamont یک بویلر درام دار و زیر نقطه بحرانی است ، اما Benson یک بویلر بدون درام و بالای نقطه بحرانی است .

۱–۱۲– طبقه بندی از نظرشکل و موقعیت لوله های بویلر :

بویلرها از این نظربه سه دسته تقسیم می شوند : بویلر با لوله های افقی ، بویلر با لوله های قائم و بویلر با لوله های خمیده .

۱–۱۳– تشخیص پارامترهای یک بویلر از روی نمودار :

نمودار۱-۱ به عنوان کلیدی جهت مشخص کردن فشار کاری ، تناژ ، نوع سیرکولاسیون ، نوع بخار تولیدی و پیدایش باز گرمایش انواع بویلرها عمل می کند :



نمودار۱-۱ : دیاگرام فشار-ظرفیت برای ژنراتورهای آبی مختلف

فصل دوم :

انواع بویلرها و عملکرد آنها

در این فصل به بررسی و تشریح دیگهای بخار،ازنظرجنس (دیگهای چدنی و فولادی) وازنظرمحتوای لوله ها (دیگهای فایر تیوب و واتر تیوب)، و همچنین دیگهای پکیج خواهیم پرداخت .

۲-۱- دیگهای چدنی :

این نوع دیگها از قطعات چدنی مجزایی که به یکدیگر متصل می شوند ، تشکیل می شود که درآنها تعدادی پیچهای فشاری ، واشرها ، مجرای مناسب برای عبور آب و محصولات احتراق بکار رفته است .تعداد پره ها در یک دیگ تعیین کننده اندازه و ظرفیت آن است .

این پره ها می توانند افقی یا عمودی باشند که معمولاً نوع عمودی آن متداول تر است .

شعله مشعل در فضای وسط پره ایجاد شده و گازهای داغ حاصل از احتراق سوخت ، از مجراهای خاصی که برای افزایش بازده دیگ در نظر گرفته شده ، عبور می کنند . برای جلو گیری از برخورد مستقیم شعله با بدنه پره های دیگ می توان با آجر و خاک نسوز داخل دیگ را آجرچینی کرد .

ظرفیت حرارتی دیگهای چدنی معمولاً پایین بوده و حد اکثر در حدود ۷۰۰۰۰۰KCal/hr می باشد .در دیگهای با ظرفیت بالا ممکن است هر پره دیگ از دو قطعه تشکیل شود .

برای سیستمهای حرارت مرکزی با ظرفیت حرارتی بالا می توان از دیگهای چدنی به صورت موازی استفاده کرد . دیگهای چدنی اصولاً برای تولید آب گرم طراحی می شوند و کمتر برای تولید بخار استفاده می شوند . این دیگها معمولاً در فشارهای پایین (۵-۳ اتمسفر) قابل استفاده می باشند . برای سیستمهای با فشار بالاتر ، از دیگهای فولادی استفاده می شود .

پره های دیگهای چدنی به وسیله بوشن به یکدیگر متصل می شوند . با توجه به اینکه پره های این دیگها قابل جدا شدن می باشند ، حمل و نقل آنها درمقایسه با دیگهای فولادی به سادگی صورت می گیرد . با افزایش یا کاهش تعداد محدودی از پره های دیگ چدنی می توان ظرفیت حرارتی آن را تغییر داد .

دیگهای چدنی در مقابل زنگ زدن و خوردگی بسیار مقاوم هستند ، اما ، مشکل اصلی آنها پیدایش ترک در جداره پره هاست که به ترکیدن دیگ معروف است . با توجه به اینکه جوشکاری چدن مشکل است ، اغلب ترک برداشتن پره منجر به تعویض آن می شود که این خود با مشکلاتی از جمله باز کردن اتصالات دیگ ، تعویض پره ، بستن دیگ و مسائل آب بندی دیگ همراه است .پیدایش ترک بر روی پره های دیگ می تواند به علل زیر باشد :

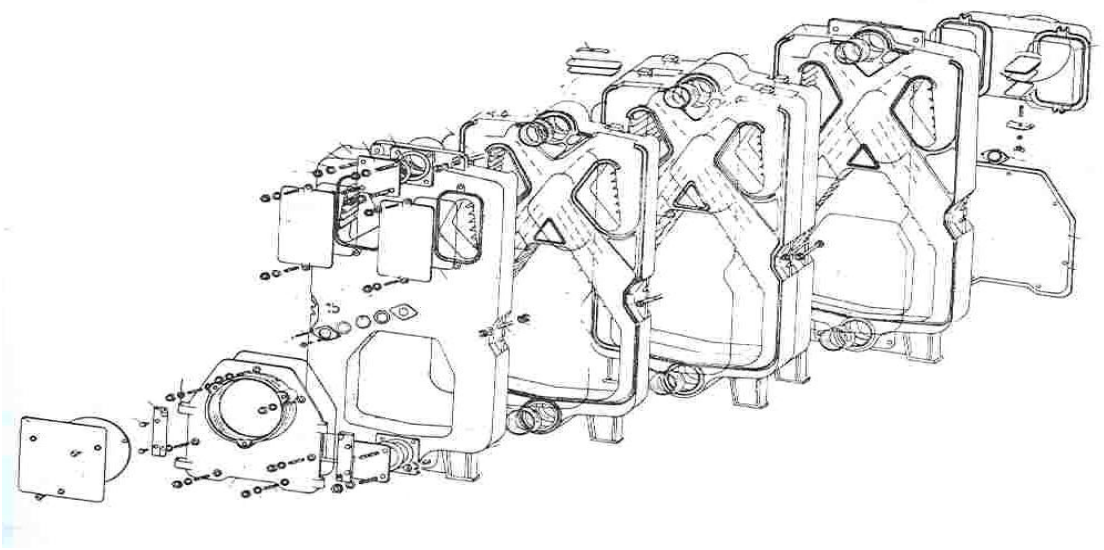
- برخورد مستقیم شعله به جدار پره و ایجاد تنشهای حرارتی .
- ایجاد رسوب در روی سطح داخلی پره ها و در نتیجه افزایش زمان کار مشعل و تولید شعله در محفظه احتراق دیگ .
- فشار زیاد آب داخل دیگ .
- گرم و سرد شدن ناگهانی دیگ .

دیگهای چدنی ممکن است ازنوع dry base(که درآنها مشعل درقسمت زیرین قراردارد) ، wet base (که در آنها مشعل توسط مجراهای آب محاصره شده است) ویا wet leg

(که در آنها قسمتهای بالایی و پهلویی مشعل توسط مجراهای آب در برگرفته شده است) ساخته شوند .در مجموع دیگهای آبگرم چدنی با دارا بودن دوام بیشتر ، قابلیت افزایش ظرفیت دیگ و فشار پایین نسبت به سایر انواع دیگها ، مناسبتر می باشند .

دیگهای چدنی بزرگ در محل موتورخانه جمع و به مرحله بهره برداری می رسند ، اما دیگهای چدنی کوچکتر را می توان درکارخانه تولید کننده ، مونتاژ، تست و بسته بندی کرد .

در شکل ۲-۱ نمونه ای از قطعات تشکیل دهنده یک دیگ چدنی نمایش داده شده است :



شکل ۲-۱ : قطعات تشکیل دهنده یک دیگ چدنی

۲-۲- دیگهای فولادی :

این دیگها بیشتر برای تولید آب داغ (تحت فشار) و بخار و اغلب در ظرفیت های بالا ، استفاده می شوند . این دیگها بطور یکپارچه روی یک شاسی ساخته می شوند و بنابراین حمل و نقل آنها بسیار مشکلتر از دیگهای چدنی است . در ساخت دیگهای فولادی از تعداد زیادی لوله های فولادی خاص استفاده می شود .

دیگهای فولادی خود به دو نوع تقسیم می شوند :

- دیگهای Water Tube که در آنها آب در داخل لوله و آتش در اطراف لوله قرار دارد . این نوع دیگها در ظرفیتهای بالا (تا ۶۰۰۰۰۰۰۰Btu/hr تولید بخار تحت فشار ۶۰۰۰Psi) ساخته می شوند .
- دیگهای Fire Tube که در آنها آتش در داخل لوله و آب در اطراف لوله قرار دارد و گرم می شود . این نوع دیگها در ظرفیتهای متوسط (۶۰۰۰۰۰۰Btu/hr تولید بخار تحت فشار ۶۰۰۰Psi) تولید می شوند .

عیب مهم دیگهای فولادی زنگ زدگی به ویژه در محل اتصال لوله ها با صفحات فولادی دو انتهای دیگ است . خوردگی لوله ها و صفحات فولادی موجب کاهش عمر دیگ می شود . از مشکلات دیگر این دیگها (بویژه دیگهای از نوع تولید بخار) ، امکان رسوب گرفتن سطوح مجاور با آب دیگهاست . برای جلوگیری از آن لازم است از دستگاههای سختی گیر با کنترل دقیق استفاده می شود .

در دیگهای فولادی نیز مانند دیگهای چدنی می توان از طرحهای dry base ، wet base ، wet leg استفاده کرد .

اکثر دیگهای فولادی کوچک که برای گرمایش ساختمان استفاده می شوند ، از نوع dry base با لوله های آتشخوار عمودی می باشند ، اما در دیگهای بزرگتر معمولاً لوله های آتشخوار و لوله های آب بصورت افقی یا مورب قرار دارند .

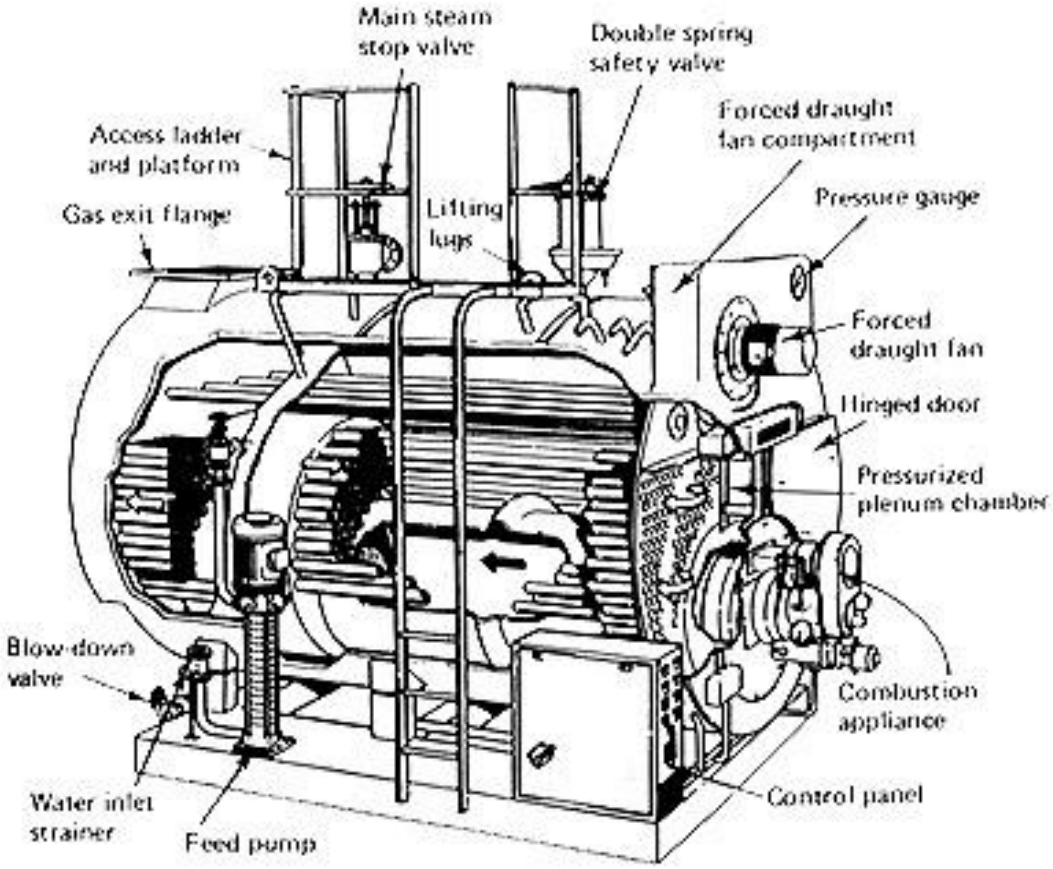
همانطور که در بحث دیگهای فولادی به آن اشاره شد ، این نوع دیگها خود به دو دسته تقسیم می شوند : دیگهای واتر تیوب و دیگهای فایرتیوب. حال در اینجا به شرح و بررسی این نوع دیگها می پردازیم :

۲-۲-۱- تاریخچه و عملکرد بویلرهای فایر تیوب :

بویلرهای فایرتیوب مبدلهای حرارتی از نوع پوسته و لوله ای هستند که سیال گرم (گازهای ناشی از احتراق سوخت) آنها در لوله های مبدل و سیال سرد (آب) آنها در پوسته مبدل قرار دارد . این گونه بویلرها تنها توانایی تولید بخار در دما و فشار اشباع آب را دارند .این بویلرها در صنایعی که احتیاج به بخار آب در دما و فشار نه چندان بالایی دارند ، مانند کارخانه های شیمیایی ، پالایشگاههای نفت ، صنایع فولاد ، صنایع دارویی ، صنایع غذایی و ... بکار می روند .بویلرهای فایرتیوب نسبت به نوع واترتیوب ، به ازای مقدار بخار تولیدی و فشار خروجی مشخص ، از قیمت پایین تری برخوردارند .

بویلرهای اولیه از این نوع را که جیمز وات در سال ۱۷۸۸ اختراع کرد ، بصورت محفظه های آهنی استوانه ای شکل ساخته می شدند . درون این محفظه ها با آب پرشده و بدنه آنها بر روی یک کوره نصب می شد .

گازهای حاصل از احتراق سوخت در کوره توسط مجراهای تعبیه شده در اطراف محفظه جریان می یافتند و بدین ترتیب انرژی گرمایی خود را به آب درون محفظه منتقل می کردند . از جمله معایب این سیستم را می توان ته نشین شدن ناخالصیهای موجود درآب ، در کف بویلر نام برد . این رسوبات به صورت عایق حرارتی عمل کرده و باعث کاهش انتقال حرارت بین گازهای داغ حاصل از احتراق و آب درون بویلر می شد که این امر از طرفی باعث افت دمای آب بویلر و از طرف دیگر باعث افزایش دمای جداره زیرین بویلر و در نتیجه ایجاد تنش حرارتی در این قسمت و در نهایت ترکیدن بویلر می شد .



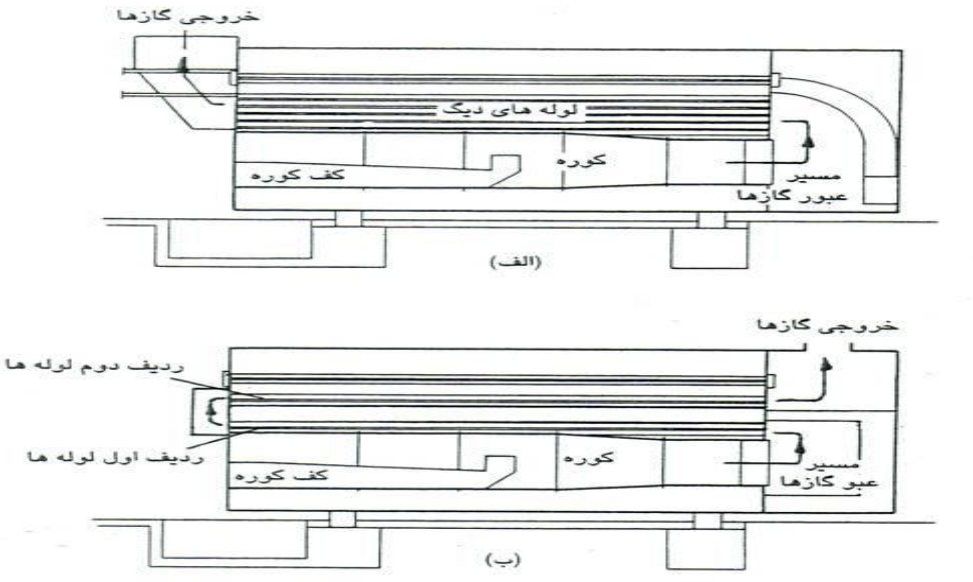
شکل ۲-۲ : نمای یک نوع بویلر فایرتیوب اولیه

ترویتیک انگلیسی و واوان آمریکایی اولین کسانی بودند که احتراق داخلی بویلرها را مطرح کردند . بویلر پیشنهادی آنها یک استوانه تحت فشار بود که یک کره استوانه ای شکل را درون خود جای می داد . گازهای داغ ناشی از احتراق سوخت در کوره ، توسط مجرایی که در قسمت زیرین بویلر قرار داشت به سمت جلوی بویلر فرستاده شده و سپس از طریق مجرای دیگری دوباره به سمت عقب بویلر حرکت کرده و نهایتاً از طریق دودکش از بویلر از بویلر خارج می شدند . بدین ترتیب آب درون بویلر که این مجراها را

احاطه کرده بود ، با گرفتن انرژی حرارتی لازم به بخار اشباع تبدیل می شد . مشکل ته نشین شدن و رسوب ناخالصیهای موجود در آب در این نوع بویلرها نیز وجود داشت ولی از آنجا که در این نوع بویلر ، رسوب تشکیل شده در معرض تماس مستقیم با شعله کوره قرار نداشت ، میزان تنشهای حرارتی ناشی ازآن به مراتب از نوع اولیه کمتربود .بهر حال این مشکل سالیان متمادی وجود داشت تا اینکه دانشمندان توانستند روشهای شیمیایی تصفیه آب را بوجود آورند .

در سال ۱۸۴۴ فریبرن (Fairbairn) و هترینگتون (Hetherington) بویلری مشابه بویلر فایر تیوب ترویتیک (Trevithick) ساختند، با این تفاوت که بویلر آنها مجهز به دو کوره جهت احتراق سوخت بود . حجم بزرگتر این بویلر امکان تولید بخار بیشتری را فراهم می کرد .

استفاده از این بویلرها تا سال ۱۹۵۰ ادامه یافت ، تا اینکه با پیشرفت صنعت بخار ، این بویلرها توسط نوع دیگری که شامل لوله های متعدد برای عبور گازهای حاصل از احتراق بودند ، جایگزین شدند . این بویلرها که در انگلستان به بویلرهای اقتصادی (Economic) و در آمریکا به بویلرهای اسکاچ (Scotch) مشهور بودند ، بر این اساس که هرچه سطح تبادل حرارت بین گازهای داغ و آب بیشتر باشد به همان میزان می توان انرژی بیشتری را از مقدار مشخص سوخت دریافت کرد ، ساخته شدند . این بویلرها نسبت به انواع قبلی به ازای خروجی بخار یکسان از حجم کوچکتری برخوردار بودند . شکل ۲-۳ نمونه ایب از این بویلرها را نشان می دهد .



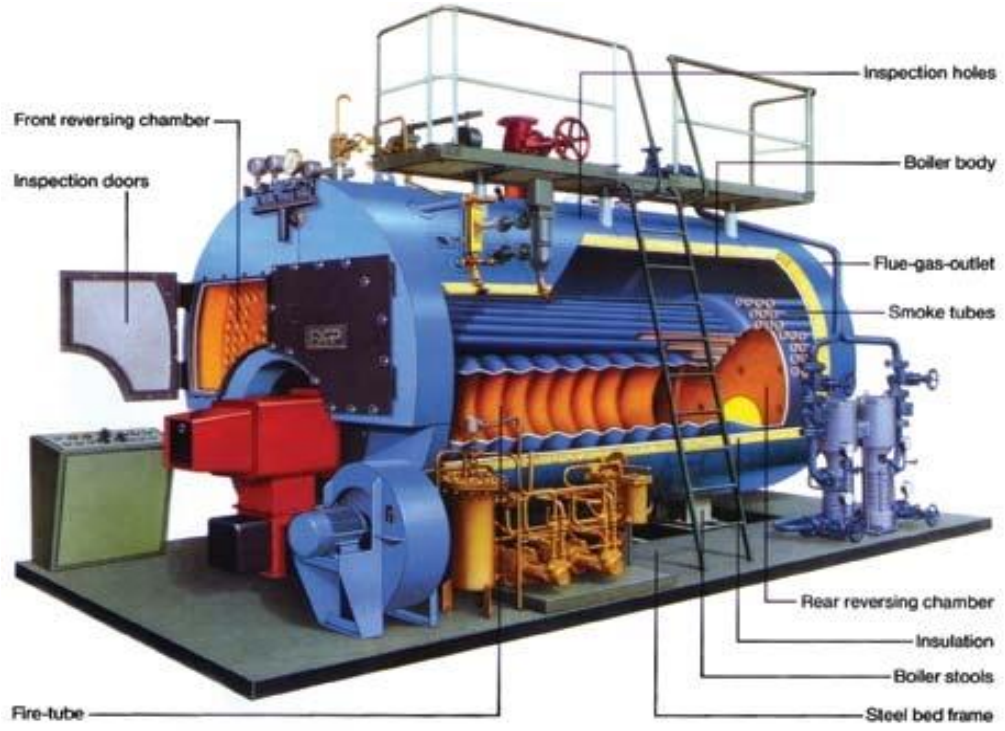
شکل ۲-۳ : دیگ های اقتصادی ، الف) دوکاناله ، ب) سه کاناله

بویلرهای فایرتیوب اولیه به منظور استفاده هرچه بهتر از فضای در دسترس دارای سطح مقطع مستطیل شکل بودند که تمرکز تنش ناشی از فشار درونی بویلر در گوشه های آن در بسیاری از موارد باعث ترکیدن بویلر می شد .

یکی دیگر از مشکلات بویلرهای اقتصادی مسئله تنشهای حرارتی جداره انتهایی بویلر بود. این جداره هم در معرض گازهای خروجی از کوره و هم در معرض گازهای خروجی از لوله های گذر دوم قرار داشت که اختلاف دمای موجود بین این گازها باعث ایجاد تنش حرارتی روی دیواره و ایجاد ترک و نشتی از آن می گشت .

کارخانه لینکلن (Lincoln)، با ساختن بویلری که جدار انتهایی آن از دو فلز به جنسهای مختلف تشکیل شده بود ، توانست این مشکل را از بین ببرد .

پس از جنگ جهانی دوم و توصعه صنعتی کشورها ، تکنولوژی ساخت بویلرها نیز متحول گشت و بویلرهای ساخته شده از آن پس پکیج هایی هستند که دارای اجزای مختلفی مانند مشعل ، پمپ ، سوپاپهای اطمینان و فن هستند و راندمان آنها به ازای خروجی یکسان بهبود یافته است . در شکل ۲-۴ یک نمونه از بویلرهای فایر تیوب جدید را ملاحظه می کنید :



شکل ۲-۴ : برشی از یک بویلر فایرتیوب امروزی

۲-۲-۱-۱- انواع بویلرهای فایرتیوب :

این نوع بویلرها را به دو دسته طبقه بندی می کنند :

۱. بویلرهای با کوره در بیرون (External Furnace Steel Fire tube Boilers) :

در این نوع بویلرها ، کوره در بیرون ردیف لوله های آتش (Fire Tubes) قرار دارند و گازهای حاصل از احتراق سوخت از درون لوله ها گذر می کند . این نوع بویلرها در سه نوع زیر ساخته می شوند :

- Horizontal Return Tubular (H.R.T.) :

این نوع که بیش از سایرین مورد مصرف قرار می گیرد ، دارای ماکزیمم فشار کاری ۱۴bar و ماکزیمم بخاردهی ۱۱.۵m^3/hr است . راندمان آن غالبا ٪۷۰ و نرخ تولید بخار به واحد سطح ، از ۱۵ الی ۲۵ کیلوگرم در ساعت می باشد .

- Short Fire Box
- Compact

۲. بویلرهای با کوره دردرون (Internal Furnace Steel Fire tube Boilers) :

این گونه بویلرها را در سه تیپ می سازند :

- Horizontal Tubular که خود دارای چهار نوع زیر است :

- Locomotire Boilers با حد اکثر فشار کاری ۱۷bar و ماکزیمم بخاردهی ۶.۸m^3 بخار اشباع است .
- Short Fire Box Boilers
- Compact Boilers که دارای ظرفیت بخاردهی ۰.۲ الی ۵.۶ متر مکعب در ساعت بخار است .
- Scotch Boilers که دارای ماکزیمم فشار کاری ۱۷bar و ماکزیمم ظرفیت بخاردهی ۶.۸m^3/hr است . این نوع بویلرها را در دو تیپ Dry back و Wet back می سازند . اگر پشت کوره این بویلر با مواد نسوز پوشانده شود ، آن را Dry back و اگر با آب احاطه شود آن را Wet back گویند .

- Vertical Tubular : که دارای بخاردهی ۱.۵m^3/hr در فشار نهایی ۱۷bar است .
- Residental Boiler : که در تیپ های لوله افقی و قائم جهت تولید آب داغ ساخته می شوند و در هر ساعت حداکثر تبادل حرارتی ممکن ۱۳۵۰۰BTU است و نوع لوله قائم آن برای تولید ۰.۵m^3/hr بخار اشباع ساخته می شود .

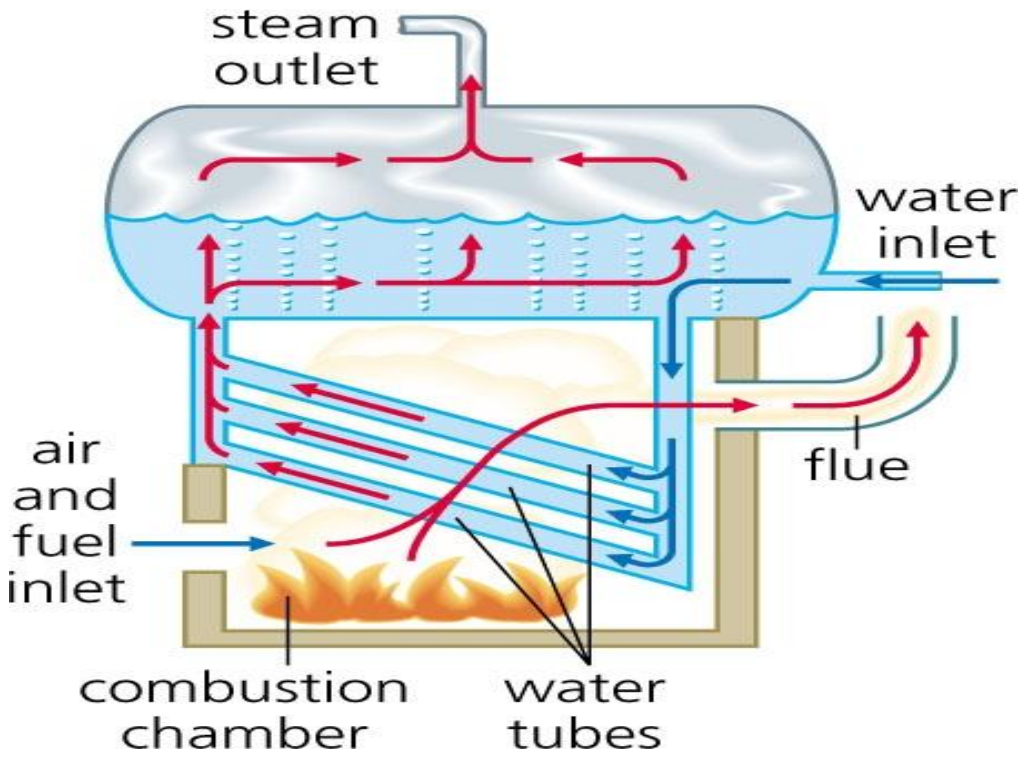
۲-۲-۲- تاریخچه و عملکرد بویلرهای واتر تیوب :

بویلرهای فایرتیوب مبدلهای حرارتی از نوع پوسته و لوله ای هستند که سیال سرد (آب) آنها در لوله های مبدل و سیال گرم (گازهای ناشی از احتراق سوخت) آنها در پوسته مبدل قرار دارد .دراین نوع بویلرها برخلاف بویلرهای فایرتیوب ، بخار آب می تواند به دما و فشار بیشتر از حد اشباع خود رسیده و مافوق گرم (Super Heat) شود .

درواقع محدودیت های بویلرهای فایرتیوب از نظر تولید بخار پرفشار و دما بالا ، مانند بخاری که برای به گردش در آوردن توربین های بخار نیروگاهها لازم است ، باعث مطرح شدن این نوع بویلرها شده است .

طراحی اولیه بویلرهای واترتیوب به اواخر قرن ۱۸ و اوایل قرن ۱۹ میلادی بر می گردد . ولی بدلیل در اختیار نبودن لوله ها و موادی که قادر به تحمل فشار بالای این بویلرها باشند ، این طرحها هرگز به مرحله اجرا در نیامدند .

استفان ویلکاکس (Stephen Vilcox) و جرج بابکوک (George Babcock) را می توان پیشگامان طراحی بویلرهای واترتیوب به شکل امروزی دانست . شکل ۲-۵ بویلر طراحی شده آنها در سال ۱۸۷۷ را نشان می دهد .



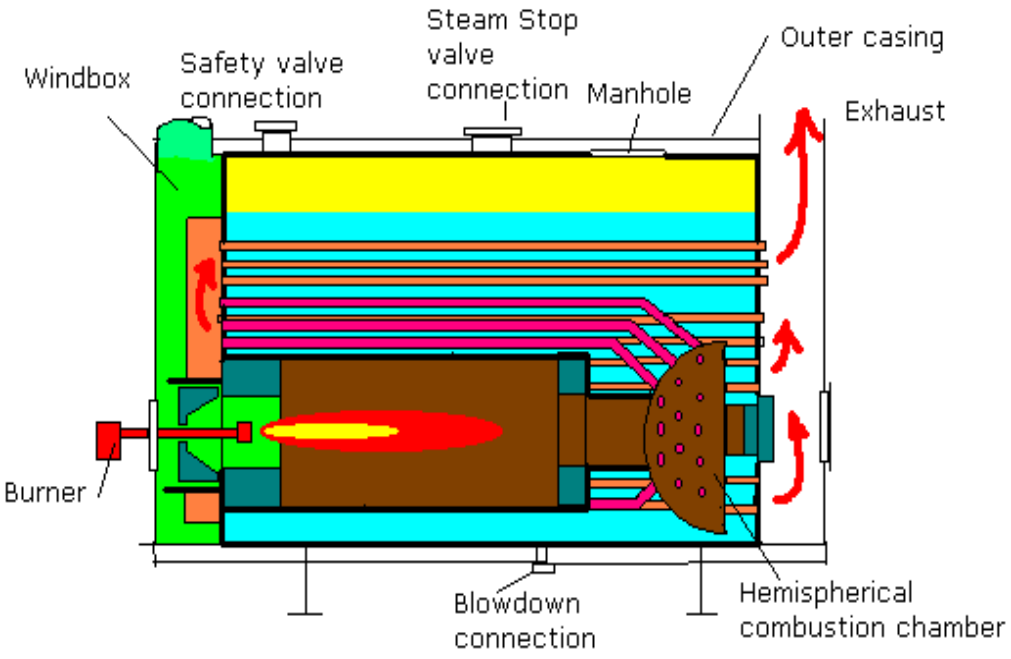
شکل ۲-۵ : نمایی از بویلر واترتیوب طراحی شده توسط استفان ویلکاکس و جرج بابکوک

همانگونه که در شکل ۲-۵ نشان داده شده ، لوله های حاوی آب بصورت مایل قرار گرفته اند و انتهای دو سر آنها توسط دو مجرا به محفظه استوانه ای شکلی به نام درام (Drum) متصل شده اند . بخار تولید شده در لوله های بویلر قبل از اینکه به مصرف کننده برسد ، وارد درام می شود تا ذرات آب موجود در بخار آب گرفته شود .

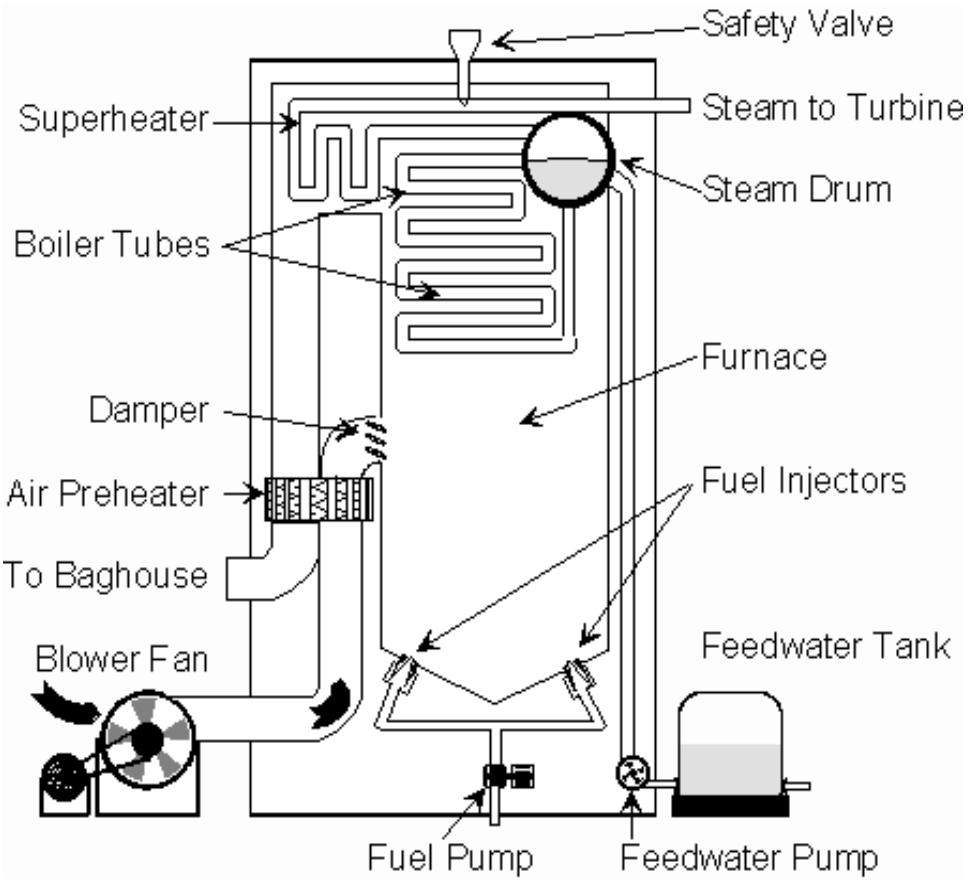
سطح تبادل حرارت در این بویلر از تعدادی لوله به قطر تقریبی ۷۵mm تشکیل شده است . تعدادی از این لوله ها در معرض مستقیم شعله احتراق و بقیه در معرض گازهای داغ ناشی از احتراق قرار دارند . برای هدایت این گازها در اطراف لوله ها از تعدادی تیغه (Baffle) استفاده می شود ، این تیغه ها با اصلاح مسیر حرکت گازها باعث افزایش سطح انتقال حرارت و در نتیجه افزایش راندمان بویلر می شوند .

به این ترتیب در این نوع بویلر حرارت گازهای حاصل از احتراق از طریق گروهی از لوله ها که سطح مقطع آنها در مقایسه با قطر پوسته بویلر فایرتیوب نسبتاً کوچک می باشد ، به آب داده می شود . این امر امکان افزایش بخار تولیدی را میسر می سازد .

با افزایش نیاز به مصرف لخار فشار بالا ، طراحی بویلرهای واتر تیوب نیز تغییر کرد . بویلر واترتیوب با چند درام و نوع واتروال (Water Wall)، از انواع طراحی شده بعدی محسوب می شوند . در نوع واتروال آب درون لوله های قائمی که محفظه احتراق را احاطه کرده اند ، به سمت بالا در جریان است . آب درون لوله ها با گرفتن انرژی گرمایی گازهای حاصل از احتراق به بخار تبدیل می شود . این لوله ها از یک انتها به آب تغذیه بویلر و از انتهای دیگر به یک درام متصل هستند . این بویلرها قابلیت تولید بخار با فشار اشباع ۱۰۰bar و بیشتر را دارا می باشند .در شکل های ۲-۶ و ۲-۷ نمونه های دیگری از بویلر های واترتیوب نشان داده شده است .



شکل ۲-۶ : نمونه ای از بویلرهای واترتیوب جدید



شکل ۲-۷ : نمونه دیگری از بویلرهای امروزی

۲-۲-۲-۱- انواع بویلر های واتر تیوب :

این نوع بویلر ها به دو دسته طبقه بندی می شوند :

۱. Horizontal Straight Tube Boilers : این نوع بویلر ها دارای بخار دهی $۱۳.۵m^3$ برای هر متر عرض بویلر است و ابعاد آن از دو متر عرض ، ۵ متر ارتفاع ، ۵متر عمق تا ۵متر عرض ، ۵متر ارتفاع و ۷متر عمق تغییر می کند .

۲. Bont Tube Boilers : بخاردهی این نوع بویلرها از نوع اول بیشتر بوده و تا میزان $۷m^3$ برای هر متر عرض ، بخار تولید می کند . این نوع بویلرها را طبق شکل در سه تیپ A، O ،D شکل می سازند .

محسنات بویلرهای واتر تیوب نسبت به بویلر های فایر تیوب از این قرار است :

- امکان دستیابی به فشارهای بالا و در نتیجه جذب حرارت بیشتر توسط سیال عامل .
- بیشتر بودن سطوح تبادل حرارتی به علت نامحدود بودن حجم وابعاد کوره بویلر که در نتیجه ، با افزایش سطوح ، نرخ جذب حرارت زیاد و بخاردهی بیشتر می شود .
- به علت بزرگ بودن کوره ، امکان دستیابی به فلاکس حرارتی بالا بدون خسته شدن و اکیپ دیدن لوله ها وجود دارد .
- راندمان بالاتر از ٪۹۰ ، در صورتی که در بهترین طرح های بویلرهای فایر تیوب راندمان بیش از ٪۸۰ نیست .

۲-۳- بویلرهای نیروگاهی و انواع آنها :

بویلرهای نیروگاهی از نوع بویلرهای واتر تیوب ، با لوله های فولادی و خمیده ساخته می شوند و ممکن است سیرکولاسیون سیال عامل آن به صورت طبیعی یا اجباری (تحت فشار ناشی از پمپ کردن) باشد .

چگالی آب بعد از گرفتن حرارت دیگ گرم شده ، کاهش می یابد . کاهش دانسیته نیرویی پدید می آورد که به نام نیروی ترمو سیفون مشهور است .

در فشار ۳۴bar ، نسبت دانسیته آب اشباع به بخار اشباع ۵۰ به ۱ است . هر قدر فشار بالا می رود و به نقطه بحرانی آب ، یعنی به فشار ۲۲۰bar می رسد ، این نسبت کاهش می یابد و در نقطه بحرانی ۱ به ۱ می شود . از این رو در فشارهای پایین اختلاف دانسیته زیاد است و می تواند باعث سیرکولاسیون طبیعی شود .

با توجه به جدول شماره و شکل شماره نتیجه می گیریم که می توان تا حوالی فشارهای ۱۷۰bar از سیکل های طبیعی استفاده کرد . اما چند عامل اساسی وجود دارد که با بزرگ شدن واحدهای نیروگاهی بایستی بخارسازها (بویلرها) را به سوی سیرکولاسیون اجباری سوق داد .

در اینجا به شرح دیگهای بخار با سیرکولاسیون طبیعی و اجباری و انواع آنها می پردازیم :

۲-۳-۱- دیگ های بخار با سیرکولاسیون طبیعی :

۱- با افزایش فشار سیستم ، اختلاف دانسیته آب اشباع در پایین آورنده های آب تحت اشباع (Down Comers)و مخلوط دو فازه در دیواره های آبی (Water Walls) کم می شود و اختلاتف ارتفاع استاتیکی ، برای ایجاد رانش سیال بسیار کاهش می یابد . به همین دلیل سیرکولاسیون مختل و سیال با سرعت بسیار کمی جاری می شود و اشکال های اساسی در انتقال حرارت سیال درون لوله ها به وجود آمده ، رژیم های جریان به سرعت عوض می شوند و پایدار نمی مانند و همچنین به علت سرعت کم سیال ، این دو عامل باعث می شود که تولید بخار به سرعت بالا رود (Flash Off) و لوله ها در معرض سوختن (Over Heat) قرار گیرد .

اما شاید مهمترین مشکل ، جدایش آب و بخار اشباع در داخل درام باشد . زیرا در فشار بالا آب و بخار تمایل کمتری به جدا شدن از همدیگر دارند و در نتیجه ، سیستم از بخار دهی خواهد افتاد .

۲- برای آسیب نرسیدن به لوله ها و داشتن رژیمی پایدار از نظر انتقال حرارت به سیال داخل لوله ها ، داشتن حداقل سرعت مناسب برای سیال در سیرکولاسیون طبیعی از مسائل حیاتی است . از این رو سرعت گذر سیال در سیرکولاسیون طبیعی ، حساسیت مضاعفی دارد و تغییرات سرعت سیال درون

لوله ها خود تابع عواملی چون شار حرارتی ، نرخ انتقال حرارت ، طول لوله ها ، قطر لوله ها و ضریب صافی سطح داخل لوله ها می باشد .

۳- اگر بخواهیم راندمان واحد بخار ساز را بالا ببریم ، باید طبق قانون دوم ترمودینامیک دو کار را تجربه کنیم : یا دمای منبع سرد را پایین بیاوریم و یا دمای منبع گرم را بالا ببریم . افزایش دمای منبع گرم (دمای کوره) میسر است ، امابستگی تامی به فشار دارد . یعنی در فشارهای بالا می توان دمای منبع گرم را بیشتر بالا برد . از این رو لازم است برای بارگیری بیشتر از یک دیگ بخار ، آن را به سمت فشارهای بالا (نقطه بحرانی آب) سوق داد . البته در آن صورت باید از سیرکولاسیون اجباری استفاده کرد .

بعضی از سازندگان واحدهای بخار ساز ، سیکل های اجباری را از ۱۲۲.۵bar به بالا پیشنهاد می کنند ، اما بعضی دیگر سیکل های طبیعی را تا حوالی فشار ۱۸۳.۶bar عملی و اقتصادی می دانند . اما دسته سومی هستند که مرز سیرکولاسون طبیعی و اجباری را ۱۷۰bar دانسته ، در طرحهای خود بدان وفادارند .

۲-۳-۲- دیگ های بخار با سیرکولاسیون اجباری :

این نوع دیگ ها خود دارای دو طرح اساسی هستند :

۲-۳-۲-۱- بویلر با سیرکولاسیون اجباری و زیر نقطه بحرانی با درام :

این طرح ها را از ۱۵۶bar الی ۱۹۰bar می سازند . در این نوع طرح ها عامل سیبرکولاسیون و چرخش آب ، پمپهای دیگ بخار (Boiler Circulation Pumps) هستند ، داشتن سرعت کافی برای سیال در لوله ها هنگام انتقال حرارت ، عدم تغییر رژیم های انتقال حرارت و مسائل هیدرودینامیکی سیال ، جدایش سریع بخار از آب در داخل درام ،؛ تولید بخار انبوه و قابل دسترس در تغییرات سریع بار ، راندمان بالا به خاطر امکان افزایش دمای منبع گرم (کوره) ، کنترل بهینه شیمی آب ، پاسخ سریع به نیازهای توربین و ... از مزایای انکار ناپذیر این گونه طرح ها هستند . امروزه این واحدهارا تا مرز ۲۰۰۰ton/hr بخار داغ طراحی کرزده و ساخته اند .

مسئله قابل اهمییت در این نوع سیرکولاسیون ها ، نسبت سیرکولاسیون است . زیرا در سیکل باید همیشه آب اضافی موجود باشد و بطور مداوم در مداری بسته حرکت کند . بنا به تعریف :

Circulation Ratio = ۱/x

که در آن x کیفیت بخار نامیده شده و عبارتست از مقدار بخار در یک کیلوگرم از مخلوط دو فازه آب و بخار برای مثال ، اگر کیفیت نهایی بخار در واحد درام دارای ۰.۲ باشد ، نسبت سیرکولاسیون چنین

سیستمی ۵ خواهد بود و آن بدین معنی است که باید در هر ساعت ، ۵ برابر بخار داغ خروجی از بویلر ، آب در سیککل به وسیله پمپ های سیرکولاسیون جریان یابد .

در این نوع طرح ها برای سرعت بخشی به سیرکولاسیون پایین آورنده ها را خارج از کوره نصب می کنند یا به عبارتی ، آن را آدیابات در نظر می گیرند تا از اختلاف دانسیته سیال درون آنها در دیواره های آبی نیز در امر سیرکولاسیون سود برند . این امر سه نقطه مثبت به همراه دارد :

۱- به نیروی رانشی (Boiler Circulation Pumps) کمک می شود .

۲- لوله های Down Comers در معرض تنش های حرارتی قرار نمی گیرند .

۳- حجم متناسب کوره حفظ می شود .

۲-۳-۲-۲- بویلر با سیرکولاسیون اجباری زیر نقطه بحرانی و یکبار گذر :

در این طرح ، پمپ آب تغذیه سیال عامل را به جلو می راند و آب در گذر از لوله های طویل ، در اثر انتقال حرارت ، گرم شده و بخار می گردد . در حقیقت ، با افزایش سطوح انتقال حرارت و طویل گرفتن مناطق تغییر فاز ، حرارت جذب شده توسط سیال زیاد می شود و رژیم جریان سیال از آب به بخار اشباع می گردد و آنگاه بخار داغ تغییر می کند . به علت جاری نکردن آب راضافی ، دیگر نیازی به وجود درام ، بدان صورت که در طرح قبلی پیش بینی می شد ، نیست . شکل های و شماتیک ساده ای از این نوع سیکل ها را ارائه می کنند .

چنانچه از شکل شماره پیداست ، پمپآب تغذیه سیال را به سمت اکونومایزر می راند . سیال تا حوالی دمای اشباع فشار اکونومایزر گرم می شود ، سپس وارد منطقه انتقالی (Transition Section) می گردد که آن را اواپراتور می نامیم . سیال بعد از تبخیر وارد مخزنی بنام جدا کننده (Separator) شده و در آنجا قطرات آب از بخار جدا می شود . آنگاه بخار با کیفیت ٪۱۰۰ (x = ۱) به سوی سوپرهیتر روانه می شود و بعد از داغ شدن به طرف توربین فشار بالا (High Pressure Turbine) می رود . وجود جداکننده در این طرح ها حیاتی است ، زیرا در واحد های درام دار امکان بهینه سازی آب در درام با عمل تخلیه آب (Blow Down) میسر بود ، اما در واحدهای یکبار گذر چون مقدار آب تزریق شده در سیکل زیاد نیست و کیفیت سیال از یک منطقه تا منطقه دیگر عوض می شود ، هر گونه جرم خارجی موجب بروز رسوباتی در این طرح ها می گردد .

از آنجا که طراحان در این طرح ها به نرم بودن آب ، بهای بیشتری می دهند ، در جداکننده پسماند آب اندکی از سیکل تخلیه می شود یا هنگام ماندگاری در سیستم ، به طرف Flash Tank رفته ، ضمن تبخیر

و پس دادن هوای موجود خود به اتمسفر، به سمت Start up Condensate Tank رفته و قبل از Dearator وارد سیکل شود و اگر آب خیلی نرم نباشد ، از سیستم تخلیه می گردد .
یکی از بهترین طرح های یکبار گذر و زیر نقطه بحرانی انجام شده در ایران ، نیروگاه شهید سلیمی نکا است که در جدول شماره ۲-۱ مشخصات آن آورده شده است :

مشخصات بخار \ درصد بخار	P Economizer ata	P In(H.P.T) ata	T In (H.P.T) c°
۱۵۴MWe به ٪۳۵	۴۸.۵	۶۴.۱	۵۳۰
۲۲۰MWe به ٪۵۰	۱۱۴.۲	۹۰.۱	۵۳۰
۳۳۰MWe به ٪۷۵	۱۸۱.۵	۱۳۴	۵۳۰
۴۴۰MWe به ٪۱۰۰	۲۵۶	۱۸۱	۵۳۰

جدول ۲-۱ : مشخصات ترمودینامیکی بخارساز نیروگاه شهید سلیمی نکا

چنانکه از جدول شماره ۲-۱ پیداست ، نقطه در ٪۱۰۰ پاریا در ۴۴۰MW فشار اکونومایزر بالاتر از فشار بحرانی است . در این گونه واحدها برای بارگیری ، بیشتر نیاز به افزایش آنتالپی بخار است . چون h تابعی از P و T است . T در ورودی توربین به علت محدودیت متالوژیکی ثابت می ماند .

۲-۴- دیگهای پکیج :

دیگهای پکیج یا دیگهای آپارتمانی که در واقع مجموعه ای از تجهیزات یک موتورخانه حرارت مرکزی است ، اغلب از پره های کوچک چدنی تشکیل می شوند . این دیگها همچنین شامل پمپ ، منبع انبساط ، مشعل ، کویلهای آب گرم مصرفی و وسائل کنترل می باشند .
برای ظرفیتهای حرارتی پایین ، در این دیگها از مشعلهای آتمسفریک و برای ظرفیتهای بالا از مشعلهای با هوای اجباری استفاده می شود .
برای استفاده از این دیگها نیازی به موتورخانه نبوده و می توان آنها را داخل آشپزخانه یا مکانهای مشابه نصب کرد .

۲–۵– نحوه انتخاب دیگ :

برای انتخاب دیگ برای یک ساختمان یا یک نیروگاه و یا هر مکان صنعتی ، بایستی ابتدا ظرفیت حرارتی دیگ آبگرم مورد نیاز را محاسبه کنیم . ظرفیت حرارتی دیگ آبگرم از رابطه زیر به دست می آید :

$$QB = Q_1 + Q_2 + aQ_1 + bQ_1$$

که در آن Q۱ بار حرارتی ساختمان ، Q۲ ظرفیت حرارتی آبگرمکن ،a ضریب لوله کشی و b ضریب پیش راه اندازی سیستم است .

ضریب a برای در نظر گرفتن اثر اتلاف حرارت در مسیر لوله های ارتباطی از موتورخانه تا محل وسائل پخش حرارت استفاده شده است .

ضریب b فقط برای ساختمانهای با بهره برداری منقطع که نیاز به گرم کردن سریع دارند ، استفاده می شود .

مقدار ضریب a به فاصله موتورخانه از محل وسائل پخش حرارت ، نوع عایق لوله ها و اینکه چه طولی از لوله ها از محیطهای سرد عبور می کنند ، بستگی دارد و اغلب مقدار آن بین ۵ تا ۱۵ درصد انتخاب می شود.مقداری که معمولاً برای ضریب b انتخاب می شود ، حدود ۲۰ درصد می باشد .

البته لازم به ذکر است ، در صورتیکه قرار است ساختمان در آینده گسترش پیدا کند ، لازم است بار آن در محاسبه ظرفیت حرارتی دیگ منظور شود . بطور کلی طراحی موتورخانه ساختمانهایی که پیوسته امکان گسترش آنها وجود دارد ، بصورت مدولار می باشد تا امکان توسعه سیستم به سادگی انجام پذیر باشد .

فصل سوم :

تشریح اجزای دیگ های بخار

تشریح اجزای دیگ بخار :

۳-۱- مدارهای عملکرد دیگ های بخار :

یک دیگ بخار دارای چهار مدار زیر است :

۱) مدار آب

۲) مدار بخار

۳) مدار سوخت و تجهیزات احتراق

۴) مدار هوا و گازهای حاصل از احتراق

که در هر مدار مذکور دستگاهها و سیستمهای متعددی فعالیت می کنند تا ایجاد بخار داغ و کنترل آن برای بارگیری توسط توربین با اطمینان کافی صورت گیرد .

۳-۱-۱- مدار آب و بخار و اجزای آن :

آب در دیگ به وسیله پمپهای تغذیه دیگ از طریق شیرهای یکطرفه به درون دیگ رانده می شود . شیر یکطرفه مانع پس زدن آب گرم از دیگ می گردد . شیر مورد نظر و دیگر انواع آن را می توان در کتابهای مربوط به شیرها و لوله کشی جستجو کرد . آب در سیستم تغذیه ، بعد از شیرهای یکطرفه به اکونومایزر وارد می شود . در آنجا از گازهای خروجی دیگ مقداری حرارت کسب می کند و سپس وارد درام دیگ می گردد . شکل های زیر یک نوع درام نیروگاه ۴۰۰MW را نشان می دهد . درام به مثابه مخزنی است برای انواع دیواره های لوله ای دیگ ،که به عنوان اتاقک جداسازی آب ازبخارنیز ، قبل از آنکه بخار به سوپرهیتر (Super Heater) برود ، عمل می کند . آب از طریق لوله های پایین رونده از درام دیگ بخار ، به نام مقسم (Header) واقع در پایین دیگ بخار می رود . دیواره بویلر متشکل از یک ردیف لوله های نزدیک به هم است که حول اتاق احتراق (کوره) و دیگر قطعات دیگ قرار گرفته اند تا از حرارت تابشی کوره جلوگیری شود .

دیواره های لوله ای کوره دیگ ، که در معرض آتش ناشی از احتراق سوخت هستند ، به عنوان نواحی عمده بخارسازی به حساب می آیند . به این ترتیب ملاحظه می شود که لفظ دیواره آبی ، به هر حال اسم بی مسمایی است . لوله های دیواره کوره در اصل حاوی مخلوط آب و بخار (دو فازه) هستند . وزن مخصوص مخلوط مورد نظر کمتر از وزن مخصوص محتوای لوله های پایین آورنده است ، از این رو مخلوط دو فازه با سرعت به درام وارد می شود تا آب جای آنها را در پایین ترین قسمت دیواره های آبی بگیرد . مخلوط آب و بخار که وارد درام می شود ، به وسیله سیکلون ها حرکت چرخشی می کند و بخار

از آب جدا می گردد . بخار جدا شده پس از عبور از ردیف های خشک کن ها ، قطرات آب خود را پس داده و بصورت اشباع وارد مقسم ورودی سوپر هیتر اولیه (دما پایین) می گردد .

در دوره راه اندازی ، قبل از ورود آب تغذیه به دیگ بخار ، امکان راکد ماندن آب در اکونومایزر و داغ شدن بیش از حد آن وجود دارد . برای احتراز از این حالت از درام دیگ تا ورودی اکونومایزر ، از یک ارتباط لوله ای برای به جریان انداختن مجدد آب استفاده می شود . ارتباط لوله ای مذکور از یک لوله پایین رونده ویک شیر جداساز تشکیل می گردد . در برخی از دیگهای بخار ، یک پمپ جریان نیز به کار می رود تا همواره صرفنظر از وزن مخصوص سیالهای موجود در اکونومایزر ، از جریان آب نیز اطمینان حاصل شود .

بخار خشک اشباع خارج شده از درام ، به اولین طبقه از سوپرهیترها که سوپرهیتردما پایین نام دارد ، وارد می شود . این نوع سوپرهیترها اغلب از نوع تابشی است و به طور مستقیم شعله ناشی از احتراق را می بینند . البته در بعضی از طرحهای دیگر از نوع تابشی نبوده و در معرض گازهای حاصل از احتراق نصب می شوند . دمای بخار در طبقات مختلف سوپرهیترها تا دمای معینی ، که غالباً در واحدهایبخارساز $538^{\circ}c$ است ، بصورت کنترل شده افزایش می یابد .

غالباً بعد از سوپرهیتر دما پایین ، به ترتیب سوپرهیترهای دما متوسط و دما بالا قرار می گیرند . کنترل دما همیشه در خروجی سوپرهیتر دما متوسط و ورودی سوپرهیتر دما بالا در دستگاهی به نام دی سوپرهیتر عملی می شود . در ورودی و خروجی هر سوپرهیتر ، مقسم هایی وجود دارد . مقسم ها برای ایجاد تعادل گرمایی و همچنین تقسیم اصولی دبی سیال به لوله ها ، طراحی و نصب می شوند .

بخار داغ ایجاد شده ، بعد از خروج از مقسم سوپرهیتر دما بالا ، به طرف توربین فشار قوی حرکت می کند و در آن منبسط می شود . بخار انبساط یافته با افت فشار بالا و دمای زیاد مواجه می شود . که غالباً آن را به دیگ بر می گردانند ودر مبدلی به نام باز گرمکن (Reheater) دمای آن را بالا می برند .

تحول ترمو دینامیکی فوق در فشار ثابت صورت می گیرد و دمای بخار دوباره تا دمای بخار اصلی بالا می رود . باز گرمکن ها هم ممکن است چند طبقه باشند که به نامهای باز گرمکن دما پایین و دما بالا مشهور هستند . یاد آوری می شود که هنگام روشن کردن دیگ بخار ، جریان گازی از روی باز گرمکن بای پس می شود تا از سوختن باز گرمکن قبل از برقراری امکان تغذیه آن با بخار جلوگیری شود .

در ادامه به تشریح تک تک قسمتهای دیگ بخار می پردازیم .

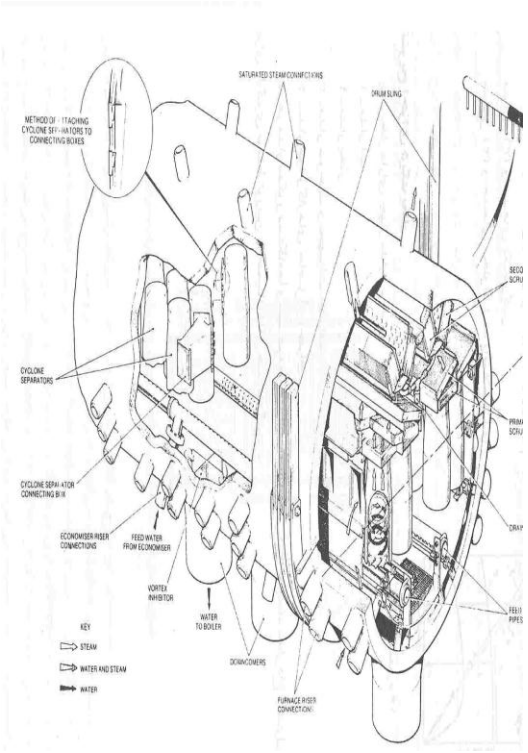
۳-۱-۱-۱- کوره (Furnace) :

کوره یک محفظه عایق است که در آن گرمای حاصل از احتراق سوخت مصرفی ازیک منبع دما بالا به یک منبع دماپایین منتقل می شود.

وظیفه اصلی کوره ، تامین و انتقال حرارت معینی به سیال فرآیند تحت درجه حرارتهای بالا می باشد . انتقال حرارت در کوره می تواند در اثر تشعشع و جابجایی صورت گیرد .

بدنه کوره ها از دیواره آب (Water Wall) تشکیل شده است که تا نقطه اتصال به درام امتداد یافته است . دیواره آب از تعدادی لوله که محفظه احتراق را احاطه نموده اند ، تشکیل شده است . این لوله ها تقریباً نیمیاز حرارت آزاد شد توسط احتراق سوخت را جذب می نمایند. در این بخش سهم اصلی انتقال حرارت را مکانیزم تشعشع بعهده دارد .

آب ورودی به لوله ها ابتدا به تا دمای اشباع مربوط به فشار نقطه مورد نظر گرم می شود و سپس با ادامه حرکت در لوله ها تبخیر صورت گرفته و یک مخلوط مرطوب حاصل می شود . با حرکت جریان به سمت بالا به دلیل افتهای اصطکاکی و وزن کمتر ستون آب رد بالای هر نقطه مشخص ، فشار کاهش می یابد . در نهایت مخلوط حاصل به درام تخلیه می گردد . شکل ۳-۱ درام یک نوع بویلر نیروگاهی را نشان می دهد.



شکل ۳-۱ : درام یک نوع بویلر نیروگاهی

۳-۱-۱-۲- لوله اصلی تغذیه آب بویلر(Feed Water Pipe) :

این لوله وظیفه انتقال آب بویلر را به درام بخار(مخزن بخار) بر عهده دارد و طراحی آن متناسب با ظرفیت بویلر و در شرایط حد اقل سرعت ۱m/s و درجه حرارت طراحی برای مواد متناسب با دمای اشباع در فشار طراحی صورت می گیرد .

۳-۱-۱-۳- پمپ تغذیه آب بویلر(Feed Water Pump) :

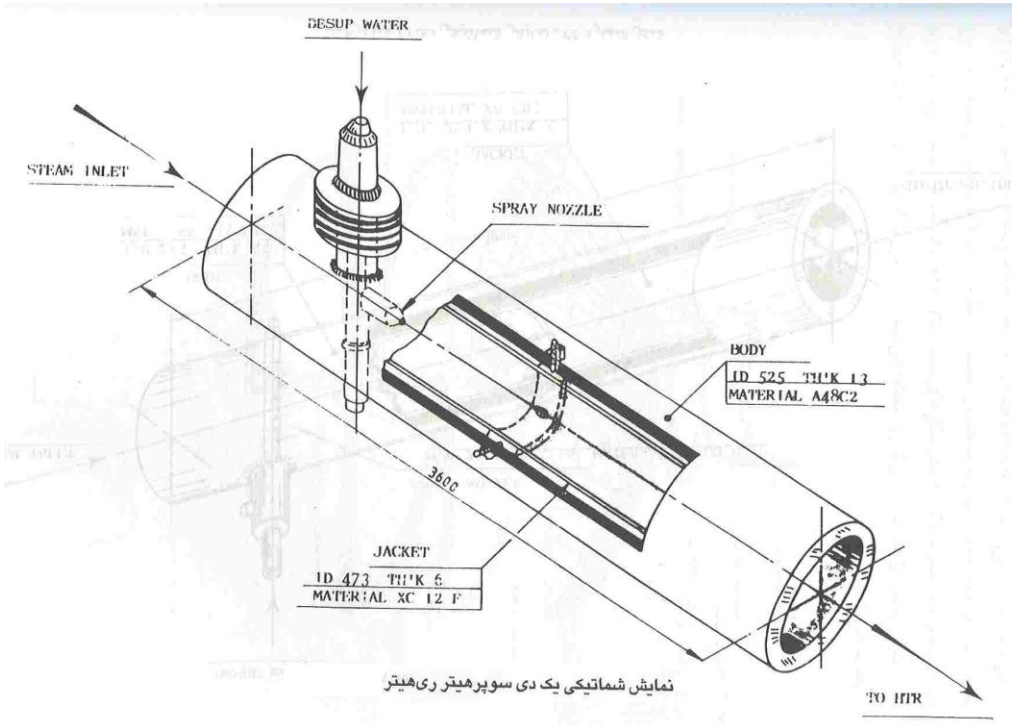
افزایش فشار هیدرواستاتیکی آب توسط پمپها صورت می گیرد و در طراحی آن ضریب ۱۰٪ اضافی را در نظر می گیرند . بدلیل عملکرد مداوم بویلرها و به لحاظ شرایط و ملاحظات دینامیکی ، معمولاً دو پمپ پیش بینی می شود و همیشه یکی در حالت رزرو (Researve) می باشد . فشار خروجی پمپ برابر با فشار طراحی بویلر (فشار داخل درام بخار) بعلاوه مجموع افت فشار جریان آب در لوله تغذیه آب بویلر و لوله های اکونومایزر است .

۳-۱-۱-۴- ری هیترها (ReHeaters):

ری هیتر قسمتی از دیگ بخار است که بخار در قسمت فشار بالای توربین ، یا توربین فشار قوی ، پس از اینکه قسمتی از حرارت خود را هنگام انبساط از دست می دهد ، به این قسمت هدایت می شود .

در دیگهای بخار، ری هیترها چون بعد ازسوپرهیترها ودر معرض دود نصب شده اند ، با استفاده از حرارت گازهای احتراق ، درجه حرارت بخار را بالا می برندو معمولاً دمای بخار را به دمای اولیه آن می رسانند .

ترتیب قرار گرفتن و ساختمان یک ری هیتر مانند سوپرهیتر است . در دیگهای بخار جدید و مدرن ، قسمتهای ری هیتر بطور مساوی با قسمتهای سوپرهیترمخلوط است و یا اینکه ممکن است به طور جداگانه، سوپرهیتر ثانویه در مقابل مشعل کوره و ری هیتر در مقابل دیگری باشد . دمای بخار در ری هیترها، به وسیله ری سوپرهیتر ری هیترها کنترل می شود . در شکل ۳-۲ یک دی سوپرهیتر ری هیتر از یک نیروگاه ۴۰۰MW و لوله کشی مربوط به آن نشان داده شده است .



شکل ۳-۲ : نمایش شماتیکی یک دی سوپرهیتر‌ری هیتر

۳-۱-۱-۵- اکونومایزر (Economizer):

پس از اینکه گازهای کوره قسمتی از حرارت خود را به لوله های آب یا دیواره های آبی و سوپرهیتر و ری هیترها می دهند ، هنوز مقدار قابل توجهی انرژی حرارتی دارند . اگر این انرژی به همراه گازهای حاصل از احتراق از دودکش تخلیه شود ، از نظر اقتصادی و از نظر راندمان دیگ بخار ، مقرون به صرفه نخواهد بود . به همین جهت از طریق یک اکونومایزر ، از حرارت باقیمانده استفاده می کنند . چون برای صرفه جویی در مصرف ، سوخت این قسمت را به دیگهای بخار اضافه کرده اند ، آن را صرفه جویی کننده یا اکونومایزر لقب داده اند .

اکونومایزر را می توان به عنوان یک هیتر آب تغذیه محاسبه کرد ، زیرا آخرین هیتر آب تغذیه قبل از ورود آن به دیگ بخار است .

اکونومایذر تعدادی لوله های سری دارد که در آخرین مرحله در مسیر گازهای حاصل از احتراق قرار می گیرد و آب تغذیه را گرم می کند . لوله ها به طور جداگانه یا بصورت حجمی قرار گرفته اند و به وسیله یک سری لوله های خمیده کوچک یا زانویی به یکدیگر وصل می شوند . عمده این اتصالات جوشکاری شده است . لوله های خمیده را ، در اصطلاح ، خمهای اکونومایزر می گویند . آب در ابتدا به قسمت

تحتانی یا سرد وارد می شود و از لوله ها گذشته به قسمت بالایی که گرمترین قسمت است ، می رسد و آنگاه وارد هدر خروجی آن می شود ، سپس به درام می ریزد .

لازم به ذکر است که لوله های اکونومایزر در قسمت بیرونی یا محیطی دارای فین یا پره هستند ، تا با افزایش سطح تبادل حرارتی مقدار حرارت جذب شده زیاد باشد .

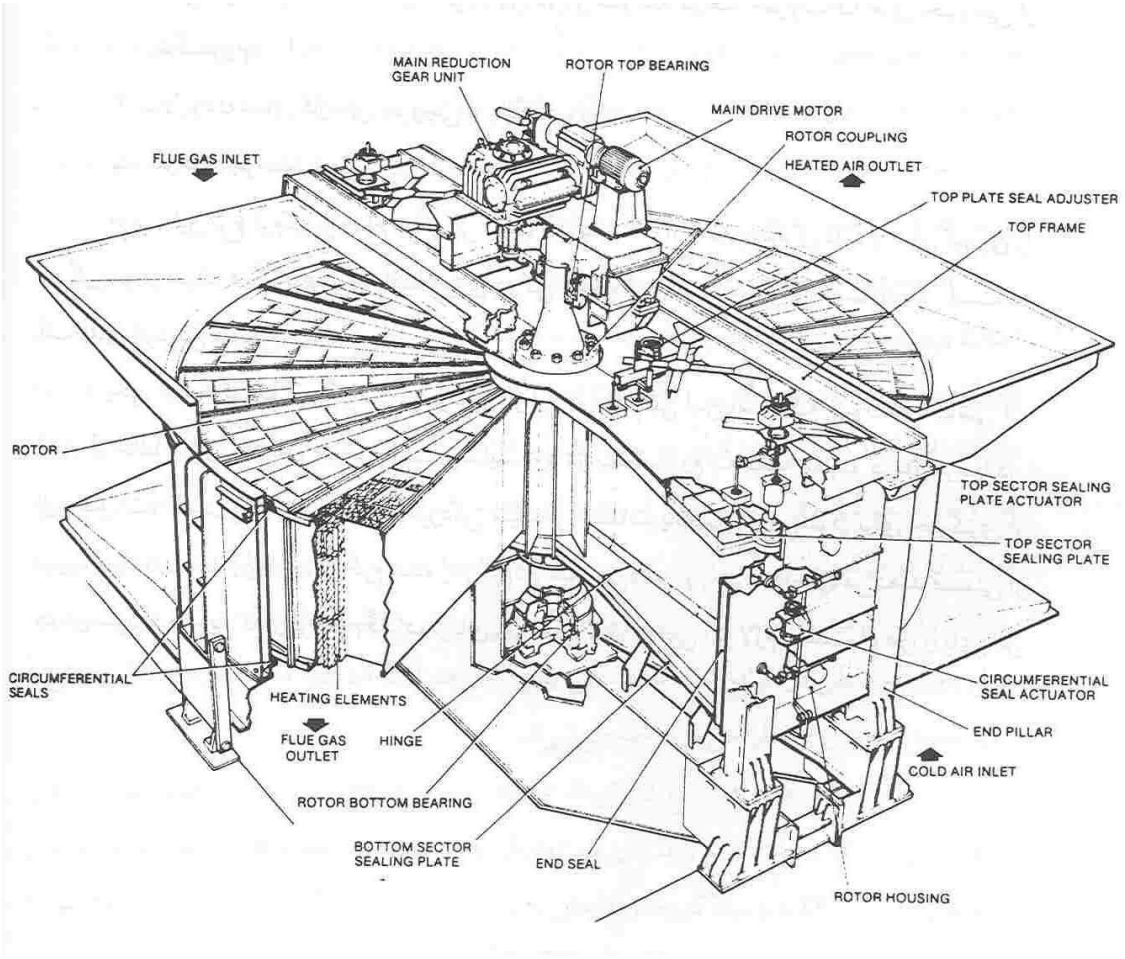
گاهی اوقات اکونومایزر به دو قسمت بخار کننده و گرم کننده تقسیم می شود . در این صورت ، آب تغذیه ابتدا وارد قسمت گرم کننده می گردد که درجه حرارتش پایین است و بعد از افزایش دما ، به قسمت بخار کننده وارد می شود . از این روش در دیگهای بخار مدرن و جدید استفاده نمی شود . دیگهای جدید فقط شامل یک اکونومایزر است .

۳-۱-۱-۶- پیش گرمکن دوار یا یانگستروم (Jangesterome) :

این نوع گرمکن معمولاً بعد از اکونومایزر ، در مسیر گازهای حاصل از احتراق بطرف دودکش قرار می گیرد تا قسمتی از حرارت باقیمانده از گازهای احتراق را جذب و به هوا منتقل کند .

حرارت گازها در قسمتی از این نوع پیش گرمکن برای مدتی ذخیره می شود و سپس به هوای تغذیه دیگ بخار که از سوی فن های دمنده هوا ارسال شده است ، منتقل می گردد . درواقع در این نوع گرمکن ، سطوح انتقال گرما از نوع فلزی به ترتیب در معرض عبور هوا و یا گازهای گرم ، قرار می گیرند . این نوع گرمکن به نوع بازیافتنی نیزمشهور است .

چنان که در شکلهای ۳-۳ و ۳-۴ دیده می شود ، برای دوران قسمت چرخنده گرمکن از یک موتور استفاده می شود و حرکت محرک به وسیله چرخدنده های مناسبی به درام گردنده گرمکن منتقل می شود . سرعت دورانی درام یک یا دو دو دور در دقیقه است .



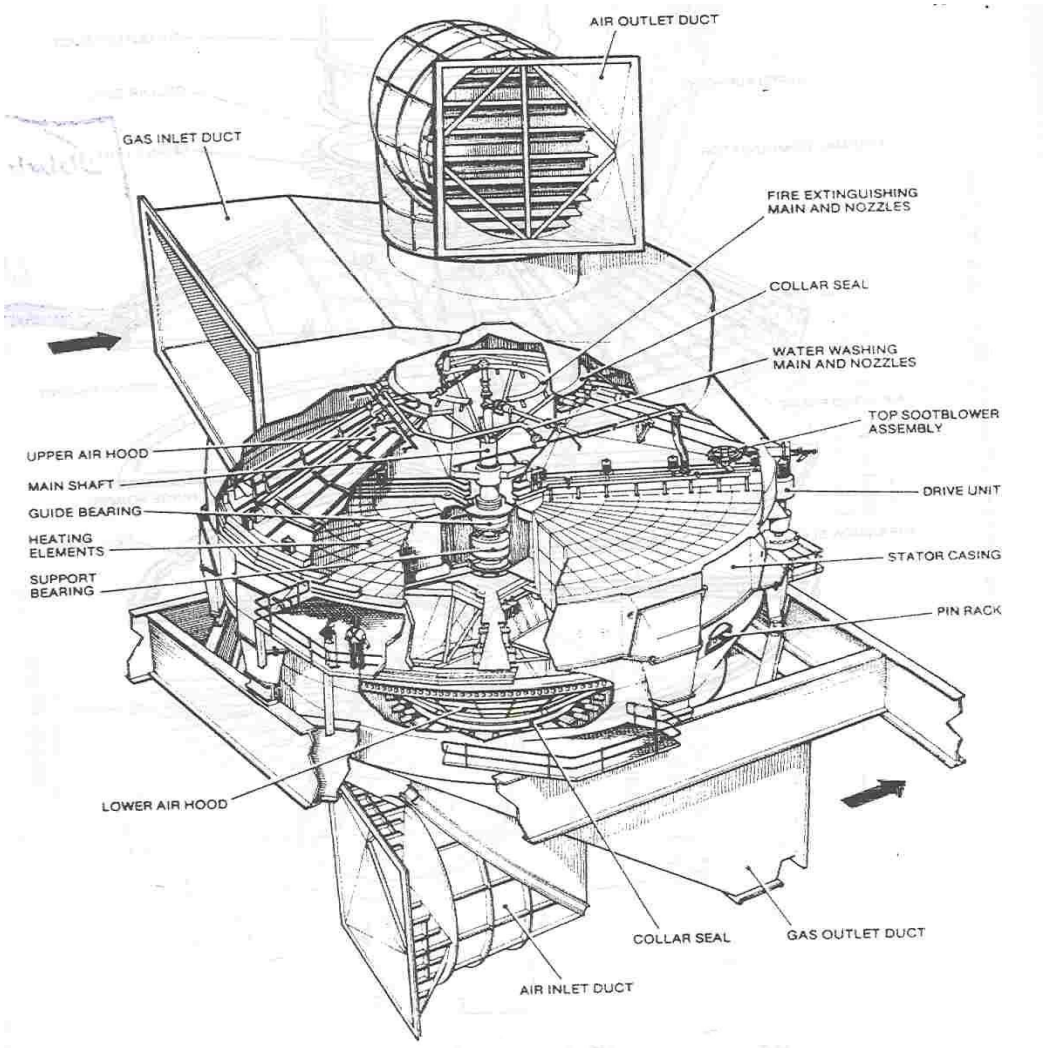
شکل ۳-۳: شماتیکی از گرمکن دوار یک نیروگاه دوار ۶۶۰MW

درام شامل عناصرموجی شکل است که مابین صفحات شعاعی قرار می گیرند . این صفحات شعاعی ، درام را به قسمتهای مجزا تقسیم می کنند .

گازها از میان عناصر یکطرف درام و هوا از میان عناصرطرف دیگر عبور می کنند . از این رو ، عناصر گردنده هنگامی که در معرض جریان گازها هستند ، حرارت را در خود ذخیره می کنند و موقعی که در مسیر جریان هوا قرار می گیرند ، حرارت ذخیره شده را به هوا منتقل می سازند واین عمل به طور مداوم ادامه می یابد .

آب بندی های شعاعی جهت جلوگیری از نشت به صفحات جداکننده اضافه می گردند و آب بندی های محوری و محیطی برای جدا کردن طرف گاز از طرف هوا به کار برده می شوند . در یک نیروگاه بخاری با خروجی تقریبی ۳۰۰MW ، دمای گازهای ورودی به اینوع پیش گرمکن ، حدود ۴۰۰°C است .

در یانگستروم چون فشار هوا از فشار گازها بیشتر است و امکان مخلوط شدن هوا وگاز وجود دارد ، ازچند نوع سیل آب بندی استفاده می شود . این نوع سیلها از ورقه های نازک فلزی هستند که در موقع تماس باید امکان خم شدن نداشته باشند تا به بدنه آسیب وارد نشود .



شکل ۳-۴ : نمایی از یک نوع یانگستروم

چون انبساط یانگستروم به طرف بالا است ، و از طرفی ، روتور و گرمکن از پایین به وسیله یاتاقانها محکم شده اند ، برای سیل پایینی محیطی ، در مواقع انبساط مشکلی پیش نخواهد آمد . اما سیلهای محیطی بالایی ، عمدتاً برای تحمل دماهای بالا طراحی و ساخته می شوند .

غالباً پیش گرمکن های دوار مجهز به دوده پاک کن و مسیر آتش نشانی و شستشو با آب و همچنین مسیرهای روغن برای یاتاقانهای نگهدارنده و هدایت کننده هستند . پیش گرمکن های دوار دارای دمپرهای ورودی و خروجی برای گازهای حاصل از احتراق و هوا هستند که در مواقع بهره برداری ، این دمپرها باز می شوند و در صورت تریپ هر دو موتور AC و DC ، بطور اتوماتیک بسته می شوند .

مزیت این نوع گرمکن بر انواع دیگر این است که ساختمان آن حجم کمتری داشته و جای کمتری را می گیرد . از طرف دیگر باعث بازیافت انرژی در کل چرخه نیروگاه می گردد . اما عیب آن این است که آب بندی کردن آن مشکل است .

یکی از مسائل مهم در بهره برداری از این نوع گرمکن این است که چون دود ناشی از احتراق غالباً دارای گازهای اسیدی است ، نباید دود در یانگستروم به نقطه شبنم برسد ، زیرا در این صورت ، اسید تولید شده باعث خوردگی شیمیایی قطعات یانگستروم می شود . برای جلوگیری از بروز این اتفاق ، مقداری از هوای گرم شده را از گرمکن عبور می دهند و یا اینکه اجازه می دهند قسمتی از هوای سرد ، بدون اینکه از گرمکن بگذرد ، از بای پس عبور کند . حتی اگر لازم باشد تمام هوا را بای پس می کنند

۳-۱-۱-۷- دی سوپرهیترها (DeSuperHeaters) :

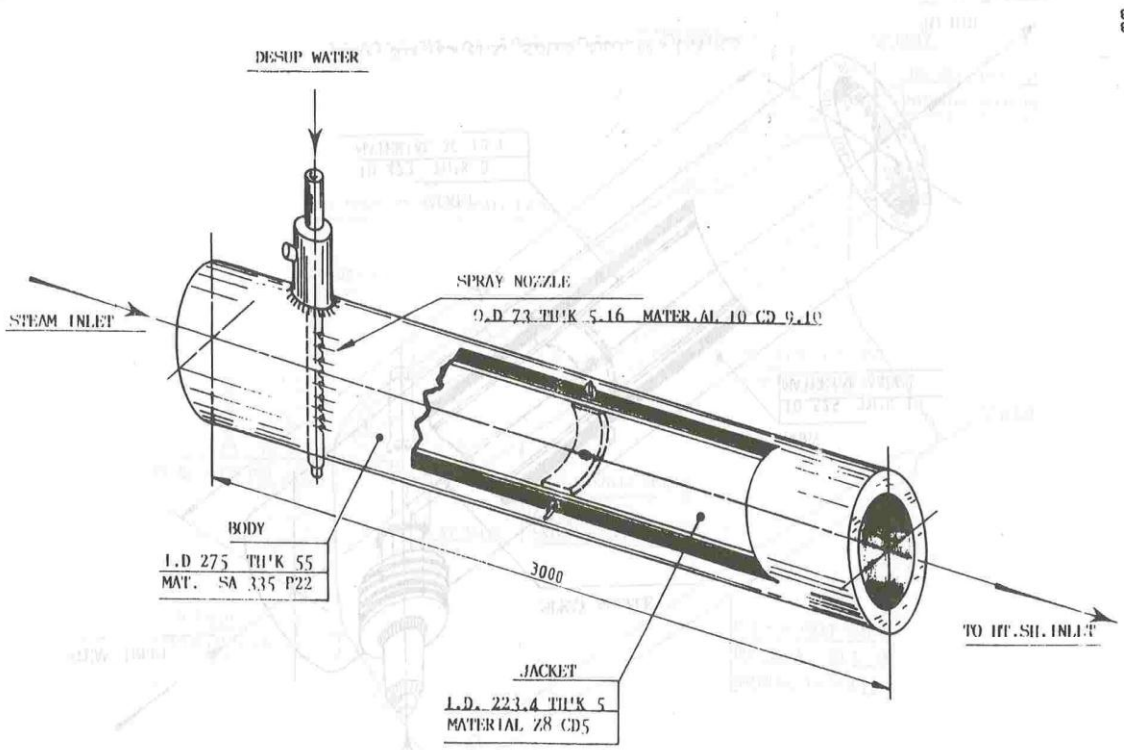
سوپرهیترها را برای درجه حرارت های بالاتر از درجه حرارت مورد نیاز و برای تمامی شرایط بار توربین می سازند . در مواقع پایین آمدن بار توربین و پایین آوردن درجه حرارت بخار سوپرهیتر ، از دی سوپرهیتر استفاده می کنندو غالباً آن را بین دوسوپرهیتر سری شده قرار می دهند .

دی سوپرهیترها خود دونوع هستند :

نوع اول مبدل حرارتی پوسته و لوله ای که بخارداغ دمای اضافی خود را به آب تغذیه دیگ بخار می دهد . این نوع با وجود دارا بودن مزیت بازیافت انرژی ، با بالا رفتن تناژتولید بخار ، عملاً نمی تواند پاسخگو باشد .

نوع دیگراز دی سوپرهیترها که غالباً در نیروگاههای بزرگ از آنها استفاده می کنند ، نوع پاششی است که به آن ، تماسی نیز می گویند . در این نوع ، آب تغذیه به طور مستقیم به داخل بخار داغ پاشیده می شود و برودت لازم را به بخار داغ می دهد . مقدار آب پاشیده شده بر حسب درجه حرارت لازم تنظیم می شود . این نوع دی سوپرهیتر در شکل شماره دیده می شود . لازم به یادآوری است که در مسیر ری هیتر نیز از این لوازم استفاده می کنند تا در صورت افزایش دمای بخار هنگام ری هیت ، آن را کاهش دهد .

شکل۳-۵ نمایش شماتیکی یک نمونه دی سوپر هیتر را نشان می دهد .



شکل ۳-۵ : نمایش شماتیکی یک نمونه دی سوپرهیتر

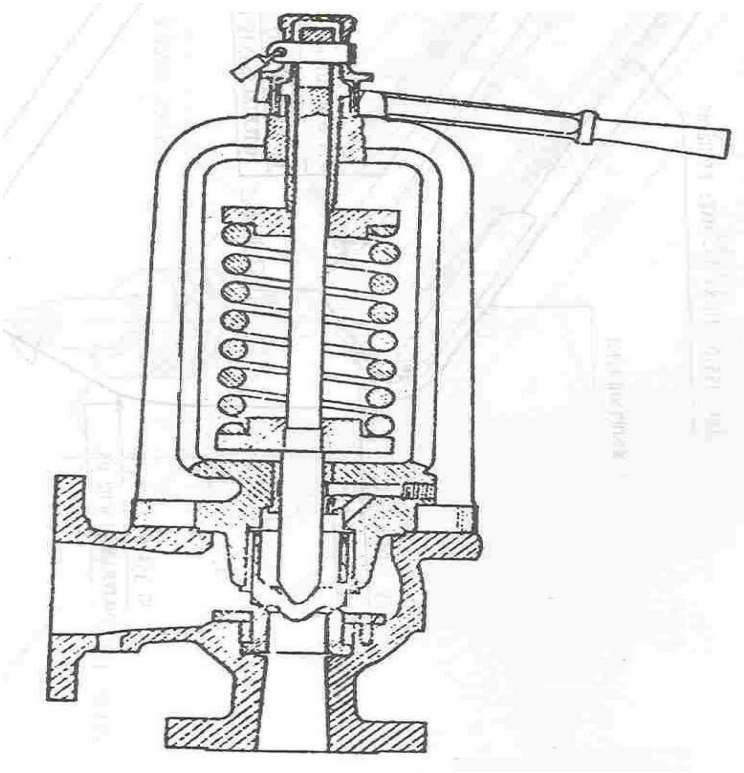
۳-۱-۱-۸- شیرهای اطمینان (Check Valves) :

شیرهای اطمینان برای حفاظت و ایمنی دستگاهها روی تمام دیگهای بخار نصب می شوند . یک شیر اطمینان خوب دارای مشخصات زیر است :

۱) هنگام افزایش بیش از حد فشار ، باز شده و برای پایین آوردن فشار ، به مقدار کافی آب یا بخار را خارج می کند تا فشار اضافی از بین برود .

۲) هنگامی که تحت فشار معینی کار می کند ، کاملاً بسته و آب بندی شده است .

شیرهای اطمینان روی درام دیگ بخار ، هدرهای خروجی سوپرهیترها و ری هیترها نصب می شوند و تعداد آنها بستگی به اندازه و طرح دیگ بخار دارد . شیر اطمینان سوپرهیتر ، قبل از سوپاپهای اصلی و یکطرفه دیگ بخار قرار گرفته اند و طوری تنظیم شده اند که در فشار کمتری نسبت به شیرهای اطمینان درام ، عمل تخلیه بخار را انجام دهند . منظور این است که جریان بخار در سوپرهیتر قبل از تخلیه از طریق سوپاپهای درام کم باشد تا باعث گرم شدن زیاد سوپرهیتر نشود . در شکل ۳-۶ یک نوع شیر اطمینان نشان داده شده است .



شکل ۳-۶ : یک نوع شیر اطمینان بازارفنری

۳-۱-۲- مدار سوخت و هوا و اجزای آن :

هوای لازم جهت احتراق یا به وسیله فن های دمنده هوا و یا از داخل اتاق دیگ که بویلر در آنجا نصب شده است و یا از بیرون و از محوطه نیروگاه تهیه می شود . در حالت اول حد اکثر استفاده از حرارت هدر رفته از تشعشعوسته دیگ انجام خواهد شد . در صورت استفاده از هوای اتمسفر ، یک پیش گرمکن اولیه برای هوا اجباری خواهد بود که غالباً از نوع مدلهای بخاری است . پیش گرمکن ثانویه همیشه یانگستروم می باشد که همانطور که پیشتر شرح داده شد ، مبدلی است دوار که جهت بازیابی گازهای احتراق مورد استفاده قرار می گیرد . یعنی هوای مصرفی برای احتراق توسط دمای گازهای حاصل از احتراق داغ شده و به سر مشعلها خواهد رفت .

گازهای حاصل از احتراق در محل گذر خود ، از پاساژهای سوپرهیترها ، ری هیترها ، اکونومایزر و یانگستروم عبور کرده و دما را با آنها مبادله می کند . خروج گازهای حاصل از احتراق ، از کوره به طرف دودکش ، به سه طریق ممکن می شود :

۱) خروج گازها یا تخلیه آنها تحت فشار انجام می گیرد که بستگی به فن دمنده هوا و فشار کوره دیگ بخار دارد .

۲) خروج گازها به وسیله فن مکنده دود (I.D. Fan) ، که غالباً در کوره های با فشار کمتر از فشار جو عملی می شود .

۳) خروج بالانس شده ، که تابعی از فن دمنده هوا و فن مکنده دود خواهد بود .

لازم به ذکر است که ارتفاع دود خارج شده از سر دودکش ، در طرح تخلیه دود اهمیت زیادی دارد . هر قدر ارتفاع آن بیشتر باشد ، آلودگی ناشی از احتراق در دیگ بخار ، در مسیرهای دورتر به وقوع خواهد پیوست .

.در قسمتهای بعدی راجع به مسائل تکنیکی هوا ، سوخت و احتراق آنها بحث خواهد شد .

۳-۱-۲-۱- تعریف سوخت و انواع آن :

اجسامی که پس ازترکیب بااکسیژن هوا بسوزندوتولید حرارت نمایند ، سوخت نام دارند .

سوختهای فسیلی عمدتاً شامل عناصر شیمیایی کربن و هیدروژن بوده و از ترکیب آنها با اکسیژن تولید حرارت می شود . از این حرارت مستقیماً برای تولید بخار یا نیرو در نیروگاههای بخاری و گازی و دیزلی استفاده می شود .

سوختهای فسیلی به سه دسته اصلی تقسیم می شوند : گازی شکل ، مایع و جامد .

سوختهای مایع و گازی شکل به طور عمده ریشه نفتی دارند و سوختهای جامد شامل انواع ذغال سنگ ها ، چوب و ... هستند .

در نیروگاههای بخاری ایران ، بیشتر از سوختهای مایع یا گازی شکل استفاده می شود .

بسته به محل نصب نیروگاه و مسائل اقتصادی ، نیروگاهها ، برای یک یا چند سوخت خاص طراحی می شوند .

۳-۱-۲-۲- ارزش حرارتی (Heating Value) :

ارزش حرارتی یک سوخت عبارتست از مقدار حرارتی که مخلوط سوخت و هوا پس از احتراق کامل و رسیدن به دمای محیط آزاد می کند و واحد آن مقدار حرارت آزاد شده در واحد جرم سوخت است .ارزش حرارتی معیار میزان حرارت دهی یک سوخت است .

برای تعیین ارزش حرارتی سوخت در آزمایشگاهها ، از پمپهای کالری متر استفاده می کنند .

ارزش حرارتی سوختهای فسیلی با افزایش نسبت کربن به هیدروژن ،(C/H) ،کم می شود ، زیرا از اتمهای هیدروژن کم شده و بر اتمهای کربن افزوده می شود . می دانیم که ارزش حرارتی کربن کمتر از هیدروژن است .

۳-۱-۲-۳- احتراق و تعریف آن :

احتراق تحولی شیمیایی است و اکسیداسیون سریع سوختها را احتراق می گویند . محصولات قابل احتراق گازی شکل در حین تحول ، بر اثر آزاد کردن انرژی شیمیایی زیاد ، نورانی می شوند که نور حاصل را شعله می نامیم .

در تحول احتراق ، از آنجایی که گاز (مخلوط سوخت و هوا) در بدو ورود به کوره نورانی نمی شود ، بنابراین منطقه احتراق شامل دو قسمت زیر است :

۱) قسمت روشن و پرنور(Luminieus Zone)

۲) قسمت فعل و انفعال (Reaction Zone)

اشتعال در اکثر نواحی فعل و انفعال بوقوع می پیوندد ، در حالی که سوختن کامل و صدور شعله حد اکثر در منطقه لومینانس (پرنور) واقع می شود .

کم کردن منطقه فعل و انفعال و آزاد شدن سریع انرژی محبوس شیمیایی سوخت ، از کارهای تکنیکی در ساختن مشعلهای نیروگاهی است . بدین معنی که در نیروگاهها سعی می شود قطره های سوخت پس از ورود به کوره ، سریعتر به منطقه لومینانس برسد و انرژی خود را آزاد کند .

۳-۱-۲-۴- محصولات احتراق :

محصولات احتراق عبارتست از مجموعه گازهای خشک (So_2، Co_2، Co و ...) و گازهای تر (بخار آب ناشی از احتراق H_2 و رطوبت اولیه سوخت) و مواد معلق جامد موجود در سوخت قبل از احتراق ، نظیر خاکستر(Ash) و اجسام جامدی که در موقع احتراق از اثر شیمیایی ترکیبات مختلف پدید آمده باشند .(مثل : FeO، So_4Na_2 و...)

۳-۱-۲-۵- راندمان احتراق :

در صورتی که مخلوط هوا و سوخت بتواند یک شعله پایدار ایجاد کند ، بسته به درجه حرارت محیط ، جنس آن و حرکت سیال در اتاق احتراق ، قسمتی از سوخت یا تمام آن با هوا ترکیب شده و تولید حرارت خواهد کرد . اما اگر سوخت به طور کامل بسوزد ، عناصر موجود در سوخت کاملاً اکسید شده و تمام انرژی شیمیایی موجود در آن آزاد خواهد شد . در نهایت عناصر موجود در سوخت بصورت ذرات کربن ، CO ، CO_2 و هیدروکربورهای نیم سوخته باقی می ماند .

هرچه میزان این ترکیبات درمحصولات احتراق بیشتر باشد ، راندمان احتراق کاهش می یابد .

بطور کلی بنا به تعریف داریم :

انرژی حرارتی آزاد شده بوسیله عمل احتراق

راندمان احتراق = ——————————————

ارزش حرارتی بالای سوخت

۳-۲- مشعلها و انواع آنها (Burners) :

مشعلها عناصری هستند جهت اختلاط صحیح سوخت با هوا ، به منظور تبدیل انرژی شیمیایی سوخت به انرژی حرارتی ، توسط واکنشی بنام احتراق . برای تامین بهینه این منظور مشعلها باید بتوانند :

۱) سوخت را در حد انتظار اتمیزه کنند .

۲) سوخت و هوا را در مدت زمان کوتاهی با هم بیامیزند .

۳) تولید کربن نسوخته را به حد اقل برسانند .

۴) همچنین باید سرویس و نگهداری مشعلها آسان باشد .

۵) ...

مشعلها را از نظر نوع سوخت به تیپهای مشعلهای گازسوز ، مایع سوز و جامد سوز تقسیم می کنند . اما در اینجا مشعلها را از نظر نحوه کار تقسیم بندی می کنیم :

۳-۲-۱- مشعلهای تبخیری (Vapourizing Burners) :

در این گونه مشعلها سوخت در منطقه ای تبخیر شده ، سپس با هوای لازم برای احتراق می آمیزدو بعد محترق می شود . مشعلهای بخاریهای خانگی ، والورها ، چراغهای فتیله ای نفتی ، همه از این نوعند .

۳-۲-۲- مشعلهای پودرکننده (Atomizing Burners) :

در این نوع مشعلها ، سوخت پس از اتمیزه شدن (پودر شدن) با هوا در آمیخته و وارد کوره می شود .

۳-۲-۳- مشعلهای گریز از مرکز (Rotating Cup Burners) :

در این گونه از مشعلها که به مشعلهای دورانی نیز شهرت دارند ، بر اثر دوران محفظه چرخشی ، سوخت وارد محفظه نیمه مخروطی اتمیزاسیون شده و بر اثر نیروی گریز از مرکز ، پودر می شود .

زاویه محفظه اتمیزاسیون و همچنین سرعت زاویه ای دوران نقشهای اساسی در اتمیزاسیون دارند . شیب شعله بستگی به شیب مخروط و همچنین وضعیت نازل دارد .

سرعت دوران غالباً ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ دور در دقیقه است . عموماً برای پودر کردن نفت کوره ها از این گونه مشعلها استفاده می شود .

در عمل باید این مشعلها را بطور افقی نصب کرد . از معایب این گونه مشعلها ، همگن و هم اندازه نبودن قطرات اتمیزه شده سوخت و نشت زیاد مشعل را می توان نام برد .

نمونه ای از این مشعل در شکل ۳-۷ نشان داده شده است :

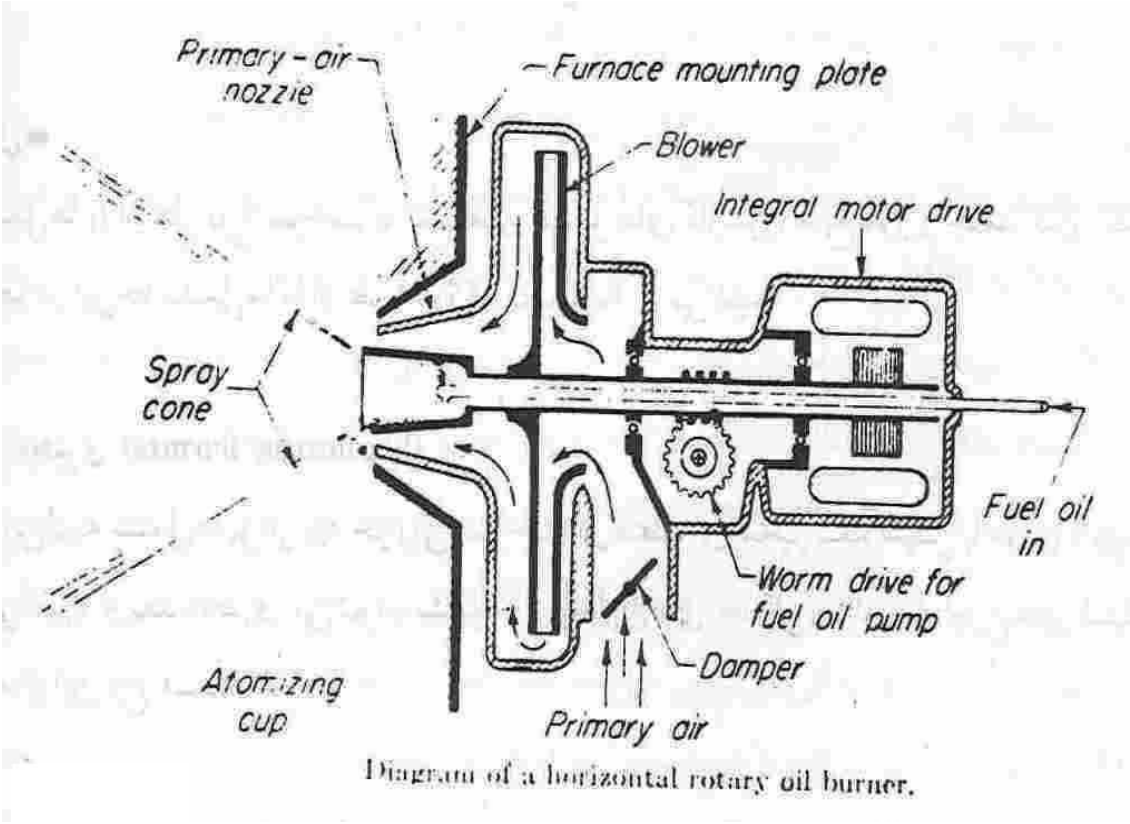
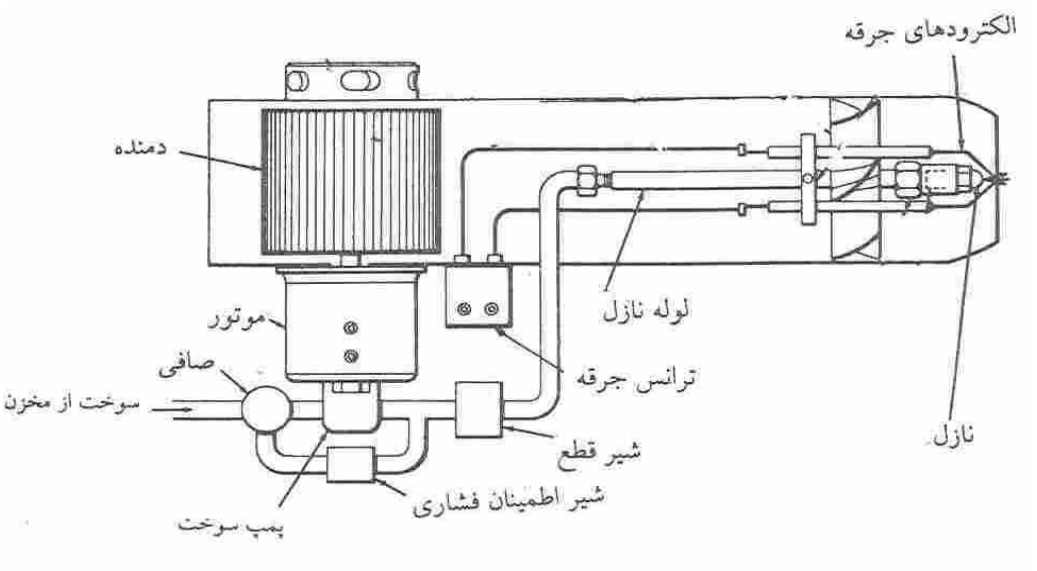


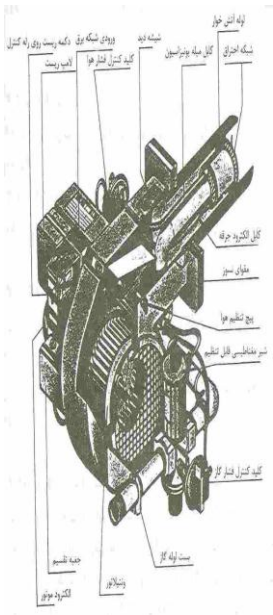
Diagram of a horizontal rotary oil burner.

شکل ۳-۷ : نمونه ای از مشعل های Rotary Cup

همچنین شکل های ۳-۸ و ۳-۹ دو نمونه مشعل گازی و گازوییلی مورد استفاده در بویلر ها با ادوات جانبی آنها نشان داده شده است :



شکل ۳-۸ : یک نمونه مشعل گازوئیلی



شکل ۳-۹ : مشعل گازی و ادوات جانبی آن

۳-۳- بازده حرارتی دیگهای بخار :

از زمانی که بشر اولین ماشین حرارتی را ساخت (اختراع جیمز وات)، روز به روزبه فکر توسعه ایده های طراحی خود به کمک امکانات بالقوه زمان بود .

تکامل ماشینهای پردردسر دیروز به کمک افزایش بهره وری آنها میسر شده است و هرچه جلوتر می رویم ، بهینه سازی مصرف انرژی با افزایش بازده ماشینهای موجود امکان پذیر می شود .

دیگ بخار نیروگاهها به عنوان یک ماشین ترمودینامیکی است که محاسبه بازده آن به دو روش زیر صورت می گیرد :

۱) میزان انرژی خروجی نسبت به انرژی داده شده به کوره دیگ مقایسه می شود تا میزان قابلیت انتقال گرما توسط این ماشین ارزیابی شود . این روش محاسبه بازده را آنالیزاجمالی می گویند .

۲) میزان انرژی تلف شده در طول فرایند تولید بخار مشخص می شود تا علاوه بر محاسبه بازده ، امکانات بالقوه صرفه جویی و به تبع آن ، افزایش بازده حرارتی دیگ بخار امکان پذیر شود . این روش محاسبه بازده را آنالیز تفصیلی می گویند .

البته در اینجا به چگونگی انجام این روشها و محاسبات و فرمولاسیون مربوط به آنها پرداخته نمی شود .

فصل چهارم :

رسوبات و خورندگی در دیگ های بخار

۴-۱- رسوبات و خورندگی در دیگ های بخار :

وجود گوگرد ، خاکستر ، وانادیم ، سدیم و ... در سوخت های مصرفی در دیگ بخار ، مانند مازوت و زغال سنگ ، غالباً باعث خورندگی شیمیایی قسمتهای مختلف دیگ بخار می شود . این خورندگی در قسمتهای مختلف ، نظیر سوپرهیترها ، ری هیترها و دیواره های آبی که جزء محلهای داغ دیگ محسوب می شوند ، و در درجه حرارت های بین $^{\circ}C$ ۶۵۰-۶۰۰ ، صورت می گیرد . رسوبات و کثافات در این محلها سخت و سمج هستند و باید به طور مکانیکی جدا شوند . ترکیبات سدیم و وانادیم که به نام کمپلکس

وانادات سدیم مشهور است ، به صورت خمیری بوده از مکانی به مکان دیگر متحرک است . امروزه برای تثبیت آنها در کشورهای غربی از مواد افزودنی شیمیایی استفاده می کنند که گران قیمت هستند .
شدت ایجاد کثافات ، رسوبات و خورندگی آنها به نسبت سدیم و وانادیم بستگی دارد .
از بخشهای دیگری که در معرض خورندگی قرار می گیرند ، گرمکن دوار و اکونومایزرها هستند که باید مراقب بود تا در آن مکانها ، بخصوص در منطقه یانگستروم ، به نقطه شبنم نرسد . چون در صورت ایجاد شبنم ، دودهای اسیدی در آن حل و اسیدهای خورنده باعث خورندگی شیمیایی خواهند شد .
برای جلوگیری از رشد رسوبات و تجمع آنها ، لازم است به آب دیگهای بخار ، مواد پراکنده کننده رسوب اضافه شود . این مواد پراکنده کننده با ایجاد یک پوشش روی ذرات و تشکیل یک محلول کلوییدی شفاف ، ذرات را بصورت معلق در می آورند و می توان با شستشو و زیراب ، آنها را از مخازن دیگ بخارخارج نمود . به این رسوبات لجن سیال می گویند .
مواد اصلاح کننده قدیمی آب ، شامل تانین ها، لیگنین ها ، لیگنین های سولفونه و نشاسته هستند . اما امروزه از پلی اکریلات و پلی متا اکریلات که به نام پلیمرهای طبیعی آلی خوانده می شوند ، استفاده می گردد .

۴-۲- شستشوی دیگ های بخار :

برای تمیز کردن سطوح حرارتی ، نظیر سوپرهیترها ، ری هیترها ، اکونومایزر و یانگستروم ، در زمان بهره برداری از دیگهای بخار آنها را بصورت روتین شستشو می کنند. این عمل بوسیله سوت بلورها صورت می گیرد و کندن رسوبات و دودها با پاشش آب داغ و تحت فشار، هنگامی که دیگ تحت بار است ، انجام می شود.
پاشش آب که نسبت به سطوح حرارتی سرد است ، موجب ایجاد تنشهای حرارتی می شود و همین امر باعث جدا شدن کثافات از روی قسمتهای مختلف دیگ بخار می گردد.
با وجود تمیز کردن و شستشوی مرتب سطوح حرارتی ، باز کثافات و رسوبات اکثر قسمتهای دیگ بخار را فرا می گیرد که دو روش عمده برای تمیز کردن آن وجود دارد:

۲) تمیز کردن مکانیکی که با ضربه چکش و توسط کارگران صورت می گیرد .
۳) شستشوی شیمیایی رسوبات خارجی لوله ها یارسوبات داخلی لوله ها.

در زیر نام مواد شیمیایی که در شستشوی قلیایی دیگهای بخار مصرف می شوند ، ذکر می گردد :

۱) تری سدیم فسفات .

۲) کربنات سدیم یا متاسیلیکات سدیم .

۳) ماده کاهش دهنده خورندگی .

این مواد برای شستشوی قسمتهای بیرونی لوله های کوره مصرف می شود .

شستشو باید از بالاترین قسمت کوره آغاز شود و در پایین ترین قسمت پساب به سرعت تخلیه شود . پس از پایان شستشو ، فوراً باید با روشن کردن فن های دمنده هوا ، کوره را خشک کرد .در زیر نام مواد اسیدی لازم برای شستشوی دیگهای بخار ذکر می شود :

۱) اسید کلریدریک

۲) اسید سیتریک بدون آب

۳) آمونیاک

۴) هیدرامین هیدرات

۴-۳- روش های تعیین میزان آلودگی سطوح حرارتی دیگهای بخار:

دو روش برای این کار وجود دارد :

۴-۳-۱- روش دستی : در این روش نمونه های بریده شده از لوله ها را جهت تراشیدن و جدا کردن کثافات و رسوبات سطوح داخلی کوره بکار می گیرند وکاررا به طریق دستی انجام می دهند. بعد از تراشیدن رسوبات ، آنها را وزن می کنند و میزان آلودگی را با احتساب جرم رسوبات بر حسب گرم و مساحت سطوح تمیز شده بر حسب متر مربع ، محاسبه و تعیین می کنند .

۴-۳-۲- روش کاتدیک : در این روش نمونه سطوح حرارتی را که بوسیله مواد الکترولیز ، از سمت بیرونی محافظت شده ، در وان الکترولیت همراه با محلول آمونیوم مونوسیترات با غلظت ۱۵ تا ۲۰ درصد و محلول عامل ضد خورندگی قرار می دهند و به قطب منفی جریان مستقیم برق (کاتد) وصل می کنند . به جای آند از الکترود زغالی استفاده می کنند .

در شرایطی که ولتاژ بین ۳-۶ ولت است ، فلز در برابر خورندگی حفاظت کاتدیک می شود و به میزان قابل ملاحظه ای از خورندگی مجدد آن جلوگیری می گردد . به طور همزمان ، رسوبات داخل با کمک حبابهای بسیار ریز هیدروژن که نقش احیا کننده ای در محلول الکترولیت دارد،جدا می شوند.

شناخت نوع و میزان رسوبات داخلی و بیرون لوله ها کمک می کند تا از عوامل حفاظتی مناسبی درنیروگاه ها استفاده شود. ضمن این که رسوبات داخلی و خارجی باعث خستگی فلزات و د نهایت انهدام آن ها می

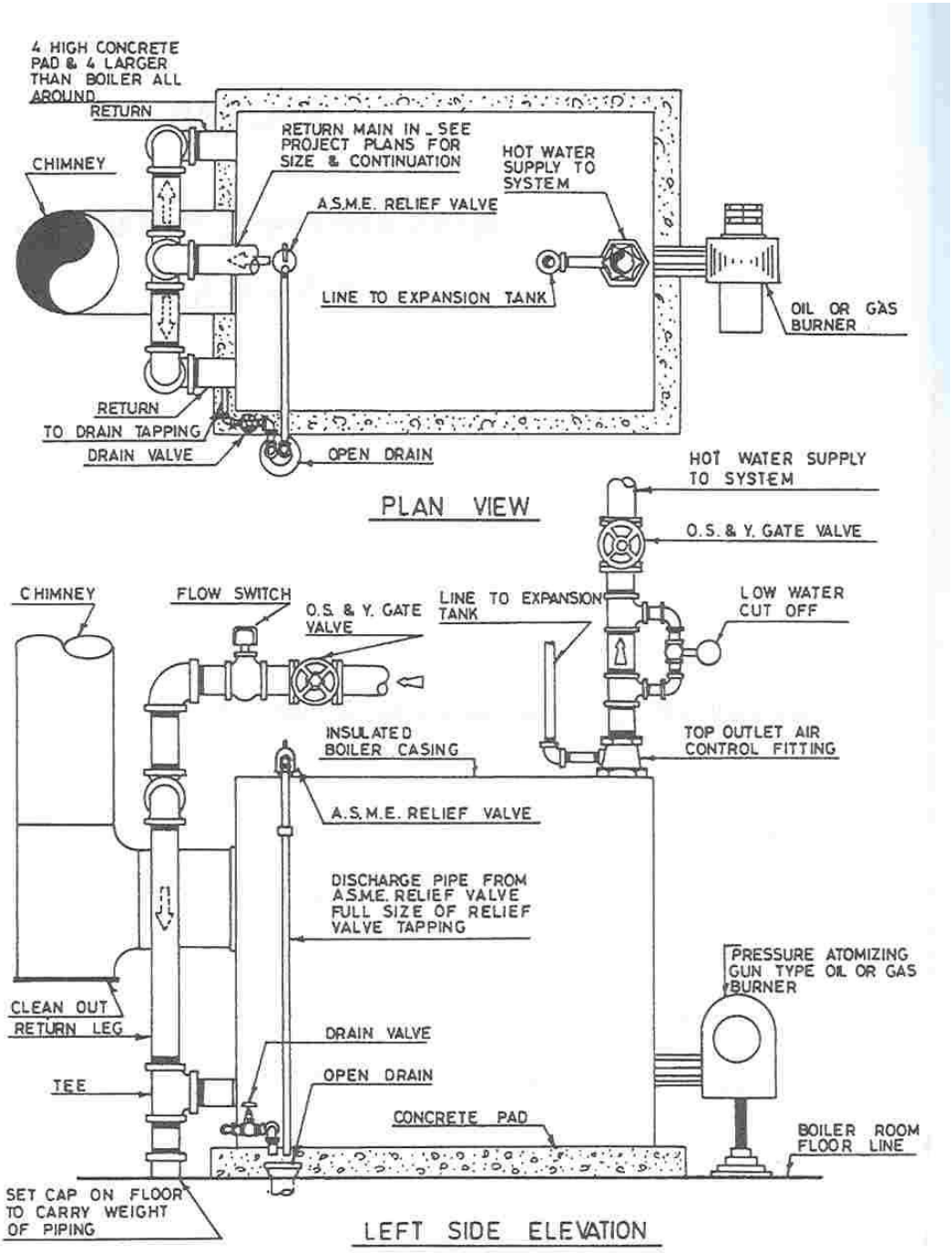
شود که امری جبران ناپذیر است ، رسوبات انتقال گرما را نیز تحت تاثیر قرار می دهد و باعث تلف شدن بیش از حد انرژی و سوخت می گردد.

فصل پنجم :

نصب ، راه اندازی و بهره برداری از دیگ های بخار

۵-۱- نحوه نصب دیگ های حرارت مرکزی :

در شکل ۵-۱ طریقه نصب دیگ های حرارت مرکزی و ادوات جانبی آنها نمایش داده شده است :



شکل ۵-۱ : نقشه نصب دیگ حرارت مرکزی و ادوات جانبی آن

۵-۲- راه اندازی و بهره برداری از دیگهای بخار :

بهره برداری از دیگ بخار شبیه رانندگی با اتوموبیل سواری است . یعنی اینکه با آموزش صحیح قسمتهای مختلف دیگ بخار و کارکرد هر قسمت و به کار بستن نکات ایمنی ، می توان در کمترین زمان ، ماهرترین بهره بردار دیگ بخار شد .

پایداری وضعیت کار یک دیگ ، عمر طولانی آن و صرفه جویی های اقتصادی از بابت مصارف بهینه سوخت ، آب و ... در نیروگاهها از دانشهای مهم درزمینه بهره برداری از یک دیگ بخار قلمداد می شوند . در اینجا به طور خلاصه راه اندازی دیگ بخار و مسائل مربوط به آن شرح داده خواهد شد .

۵-۲-۱- بازدیدهای قبل از راه اندازی :

قبل از راه اندازی یک دیگ بخار بایستی موارد زیر به دقت مورد بررسی و بازرسی قرار گیرند :

۱) کلیه دریچه های دسترسی به داخل دیگ به جای اولیه بازگشته باشد .

۲) تمامی شیرها چه از محلی که دیگ در آن قرار دارد (دستی) و چه از راه دور ، به روانی کار کنند ودر وضعیت مناسب راه اندازی باشند .

۳) منابع تامین انرژی پنوماتیکی و هیدرولیکی برای راه اندازی دمپرها آماده باشند .

۴) تمام دمپرها از راه دور به طور مناسبی کنترل شوند .

۵) دیگر اجزای واحد که دارای سلکتور محلی یا از راه دور هستند ، روی کنترل از راه دور تنظیم باشند .

۶) روغن به همه قطعات متحرک و چرخان واحد رسیده باشد .

۷) منابع لازم برای کار راه انداز سوخت سبک (مثل برق ، هوای فشرده و گاز) آماده باشد .

۸) برای کوره های با سوخت زغالی یا نفت کوره های سنگین ، سوخت نفتی سبک مثل گازوییل در داخل مشعل آتش انداز جریان داشته باشد .

وقتی آزمایشها و بازرسیهای فوق انجام شد ، باید نتایج آن در برگه های بازدید منعکس شود . بهره بردار با ملاحظه اوراق مطمئن می شود که واحد آماده راه اندازی است .

۵-۲-۲- پرکردن دیگ بخار :

پس از اطمینان از اینکه شیرهای تخلیه و تهویه در وضعیت صحیحی قرار دارند ، یعنی شیرهای تخلیه بسته و شیرهای تهویه باز هستند ، دیگ بخار تا اندکی کمتر از سطح کارکرد آن (با نگاه مستقیم به شیشه آب نما) پر می شود . علت پر نکردن کامل دیگ بخار تا سطح کاری آن ، انبساط آب و ایجاد حبابهای بخار در داخل آب به هنگام اشتعال دیگ است .

پرکردن دیگ با استفاده از پمپهای تغذیه آب دیگ صورت می گیرد .

جریان تغذیه آب باید به صورت اختصاصی و با فشار انجام گیرد تا هم فشار کافی در پمپ حفظ شود و هم مقدار هوای وارد شده به دیگ به حد اقل برسد. اگر برای پر کردن دیگ ، پمپهای مخصوص موجود است ، باید سیستم تغذیه را فقط بعد از آنکه آب در درام دیگ به سطح لازم رسید ، به کار انداخت . از پی آن ، افزایش سطح آب دیگ حتی به مقدار کم ، نشانه خوب کار کردن پمپ تغذیه ، شیرها و خطوط لوله های رابط است .

وقتی دیگ پر شد ، باید پمپهای ری سیرکولاسیون برای برقراری جریان در اکونومایزر ، به کار افتد . در واحدهایی که پمپ جریان به کار نمی رود ، بایستی به منظور افزایش فشار دیگ بخار ، شیر جریان باز بماند .

در دیگهای جریان اجباری یا جریان تقویت شده ، پمپهای جریان دیگ باید کاملاً آماده باشد و بر طبق دستورالعمل های خاص هردیگ بکاررود .

۵-۲-۳- سیستم کنترل وزش دیگ بخار :

در عمل کنترل فشار و درجه حرارت هوا و گازهای ورودی و خروجی دیگ بخار را سیستم کنترل وزش دیگ بر عهده دارد . سیستم مذکور شامل اجزایی از قبیل گرمکن های هوا ، فن های دمنده هوا و سیستم مکش دیگ بخار است .

ابتدا گرمکن های هوا راه اندازیشده و سپس دستگاه مکش و دستگاههای مربوط به دمنده های هوا راه اندازی می شوند . اگرترتیب روشن کردن این سیستمها درعایت نشود ، اتاق احتراق و کل دیگ در قسمت حاوی گاز ، تحت فشار قرار خواهند گرفت . در این حالت قبل از هر گونه تلاش برای روشن کردن و اشتعال سوخت ، جریان هوایی معادل ۲۰ درصد کل هوای موردنیاز برای پاک کردن کوره و مسیرهای عبور گاز ، از کلیه موارد ممکن سوختنی لازم خواهد شد .

۵-۲-۴- مشعلهای سوخت سبک (آتش زا) :

با اطمینان از اینکه شیرهای تهویه دیگ باز است و تخلیه دیگ از قسمت محتوای بخار ممکن باشد ، می توان مشعلهای راه اندازی را بکار گرفت . چون در ابتدا دیگ به کندی گرم خواهد شد ، تعداد مشعلها را باید به تدریج و طبق دستور العمل سازنده زیاد کرد .

وقتی فشار دیگ از bar ۴-۳.۵ بیشتر گردید ، تمام هوای موجود بیرون رانده می شود ، بنابراین می توان شیرهای تهویه را بست . با ادامه افزایش فشار دیگ بخار ، میزان ازدیاد دمای اشباع باید در حدود ۴۹- ۵۰ $^{\circ}C$ در ساعت کنترل شود .

پایداری شعله مشعلهای راه اندازوکیفیت احتراق باید به نحوی کنترل شود .

احتراق ناقص در این مرحله خطر بروز حریق در گرمکن های هوا را به خاطر رسوبهای تشکیل شده در سطوح طرف سرد گرمکن ، افزایش می دهند . بعلاوه ، احتراق ناقص به معنای خروج دود سیاه از دودکش می باشد که درگیری با سازمان حفاظت از محیط زیست را بدنبال خواهد داشت . اگر در مورد احتراق کوجکترین شکی حاصل شود ، مشعلهای مشکوک باید به سرعت بیرون کشیده شوند ، کنترل گردند و پس از پاک و تمیز شدن جا زده شوند .

۵-۲-۵- تخلیه از زیر دیگ و تخلیه معمولی :

تخلیه از زیر دیگ ، جهت کنترل شیمیایی آب دیگ بخار مورد استفاده قرار می گیرد . این عمل هنگام بالا بردن فشار دیگ به منظور کنترل سطح آب درام انجام می شود . چون با ازدیاد جوشش آب ، سطح آب در درام بالا می رود .

افزایش سطح آب درام اجتناب ناپذیر است . زیرا لوله های آب دیگ هنگام شروع اشتعال فقط حاوی آب ، یعنی جریان تک فازه است . اما با افزایش دما و فشار ، بخار تولید می شود و حجم مخصوص مخلوط دوفازه زیاد می شود .

در فشارهای پایین کنترل سطح آب درام ، تنها با تخلیه دیگ از زیر آن ممکن نیست و احتمال تخلیه آب از قسمتهای دیگردیگ نیز الزامی می شود . اگر خالی کردن دیواره های حاوی آب دیگ لازم باشد ، معمولاً مطمئن ترین کار تخلیه اکونومایزر است .

هنگام بالا بردن فشار دیگ ، معمولاً تخلیه بخار از خروجی سوپرهیتر، جهت حفظ جریان بخار در قسمتهای مختلف آن ، لازم است .

کار تخلیه هدرها را باید به دقت انجام داد و اثرات ناشی از آن را مرحله به مرحله در نظر گرفت .

در برخی واحدها تخلیه دائمی ولی اندک دیگ مفید است ، درحالیکه در برخی دیگها ، تخلیه منقطع و کوتاه مدت سودمند می باشد .

وقتی توربین بار گرفت ، تمام تخلیه گاه های دیگ را می توان بست . به عبارت دیگر وقتی کشش بخار به حدی است که می تواند سوپرهیترها را خنک کند ، بستن تخلیه ها توصیه می شوند .

۵-۲-۶- خواباندن عادی جهت ذخیره نگاه داشتن واحد :

وقتی قرار است دیگ برای مدت کوتاهی مثلاً ۲۴ ساعت بخوابد ، باید تا حد امکان حرارت داخل دیگ بخار را هر چه بیشتر حفظ کرد .

مقدار بار قابل اخذ از دیگ بخار به وضع توربین بستگی دارد و توربین را باید چنان خواباند که در صورت نیاز مجدد ، براحتی در مدار قرار گیرد .

درست قبل از آنکه بار از دیگ برداشته شود ، تمام سوت بلورهای گرمکن های هوا را بکار انداخت تا احتمال حریق به حداقل ممکن تقلیل یابد .

ترتیب خارج کردن مشعلها تغریبا عکس ترتیب بالابردن فشار دیگ است.این عمل باید به صورتی عملی شود که پایداری شعله در دیگ به خطر نیافتد.

با کاهش بار توربین ، تخلیه برخی قسمتهای توربین جهت حفظ جریان بخار در سوپرهیترها ، لازم است .

ری سیرکولاسیون اکونومایزر هنگام برداشتن بار از توربین کاری ضروری است . وقتی دیگر به بخار توربین نیازی نباشد ، شیرهای قطع بخار را می توان بست و مشعلها را به نوبت از مدار خارج کرد . حال زمان مناسب برای آزمایش مکانیزم تریپ دیگ از نظر اشتعال فراهم شده است ، پس باید کوره را حدود ۵ دقیقه پاک کرد و بعد دستگاههای دم و مکش و دمپرها و پنکه های هواکش دیگ را از کار انداخت تا حرارت در داخل دیگ محفوظ بماند .

گرمکن دوار باید در طول خواباندن دیگ در حال چرخش باشد . پس از خواباندن دیگ ، رساندن سطح آب درام به حد مجاز لازم خواهد شد. زیرا هم آب و هم بخار در آن انقباض خواهد کرد.

۵-۲-۷- خواباندن عادی به منظور کار تعمیراتی :

اگر لازم باشد که واحد (دیگ یا توربین) جهت تعمییر ضروری روی قطعات تحت فشار، متوقف شود، با خنک کردن اجباری قطعات می توان زمان خواباندن سیستم را بسرعت کاهش داد .

تاآنجا که به دیگ مربوط می شود، نحوه خواباندن ف در اساس مشابه روش قبلی خواهد بود .

۵-۲-۸- خواباندن اضطراری واحد :

خواباندن اضطراری ایجاب می کند که روش خواباندن دیگ بخار متفاوت ازحالت قبلی باشد. علتهای اساسی خواباندن اضطراری عبارتند از :

۱)فقدان آب تغذیه

۲)عیب کلی در قطعات تحت فشار واحد

۳)عوامل خارج از دیگ ، مثلا از دست رفتن ناگهانی بار دیگ بخار

۴)...

۵-۲-۹- راه اندازی دیگهای بخار گازسوز :

قبل از گاز رسانی به شاه لوله های گاز حول دیگ و به مشعلها ، ابتدا باید خطوط لوله های گاز را با ازت پاک کرد تا هوا کاملا از سیستم خارج شود . علت این کار قابل انفجار بودن مخلوط گاز و هوا است. پس از خروج هوا از سیستم ، گاز به داخل شاه لولها راه می یابد و از کوره می توان بهره برداری کرد .

۵-۲-۱۰- خوابندن دیگ بخار گازسوز:

خواباندن دیگ عین روش قبلی است ، باین تفاوت که احتمال خطر انفجار را باید در نظر گرفت. پش از توقف گازرسانی ، باید شاه لوله های اصلی گاز پاک شوند و به وسیله ازت از لوله ها گاز طبیعی تخلیه گردد .

فصل ششم :

کنترل و بازرسی دیگ های بخار

۶-۱- کنترل دیگ بخار:

در یک سیستم کنترل اتوماتیک دیگ بخار ، می توان از سیستمهای هوای فشرده ، الکتریکی و کامپیوتری استفاده کرد .امروزه در تمامی دیگهای بخار کشور از مخلوط هر سه سیستم یاد شده با حافظه مرکزی یا رایانه مرکزی استفاده می شود .

در گذشته از سیستمهای زیر برای کنترل دیگ بخار استفاده می شد :

۱) سیستم Boiley که بوسیله سرومکانسیم با هوای فشرده کار می کند .

۲) سیستم kent که بطور الکتریکی کار می کند .

۳) سیستم Electroflow که ترکیبی از کنترل هیدرولیکی و الکتریکی.

سیستم کنترل دیگ بخار ، پارامترهای مهمی را برای پایداری کارکرد دیگهای بخار کنترل می کند تا تولید بخار دچار اختلال نشود . در ادامه به توضییح مهمترین پارامتراهایی که کنترل می شوند می پردازیم :

۶-۱-۱- کنترل فشار:

برای حفظ راندمان دستگاه اساس بر این است که فشار بخار در مقدار طرح شده ثابت بماند . دستگاه اندازه گیری فشار بحرانی ، فشار سنجی بسیار دقیق است که تغییرات تا حدود چند دهم بار را نشان می دهد که این دستگاه اغلب در محوطه دیگ بخار نصب می شود .

طرحهای دیگ بخار در عمل بسیار حساس هستند . به طوری که در مقابل هر تغییری در شرایط هوای ورودی و سوخت حساسیت نشان می دهند . در دیگهای کم حساس که پاسخ زمانی آنها سریع نیست ، هنگام تنظیم دیگ ، مسئول بهره بردارباید پیش بینی های زیادی برای تغییرات فشار صورت دهد .

هماهنگی بین اپراتوراتاق کنترل و تنظیم کننده سوخت همراه با پیش بینی دقیق ، منتج به نگهداری فشار بخار در یک حالت دائمی و ثابت می شود . اما چنان که گفته شد ، در سیستمهای رایانه ای ، این کار به وسیله رایانه ها عملی می شود .

۶-۱-۲- کنترل درجه حرارت بخار :

درجه حرارت بخاری که در دیگهای بخار نیروگاهها به کار برده می شود ، بسیار بالا و در حدود ۵۳۵- $540^{\circ}C$ ۵۴۰ است . این دما اگر به خوبی کنترل نشود و افزایش یابد ، به سوپرهیترها ، ری هیترها و سایر مبدلهای حرارتی ممکن است آسیب جدی وارد شود .

یکی ا زراههای کنترل دما در سوپر هیترها و ری هیترها ، توسط قسمتی به نام دی سوپر هیتر و دی سوپرهیتر و ری هیتر صورت می گیرد. که قبلا به آن اشاره شده است.

از دیگر راههای کنترل دما در سوپر هیتر ها و رئ هیترها ، تقسیم بندی آنها می باشد . یعنی سوپر هیترها را در چند مرحله می سازند و به طور سری قرار می دهند. مثلا سوپر هیتر دما پایین ، دما متوسط و دما بالا .
همچنین از دیگر روشهای کنترل دما در دیگ بخار و متعلقات آن ، استفاده از فن گردشدهنده مجدد دود یا G.R.Fan است .این فن قسمتی از دود خروجی از کوره را دوباره در داخل کوره سیرکوله می کند .

۶-۱-۳- کنترل سوخت و هوا :

کنترل مقدار سوخت و به تبع آن ، کنترل هوای لازم برای احتراق ، از بار توربین تبعیت می کند . با بارگذاری بیشتر روی توربین نیاز به سوخت بیشتر خواهد بود . سیستم کنترل مرکزی نیروگاه فرمان لازم را به شیرهای سوخت رسانی جهت بیشتر شدن سوخت می دهد و به تبع آن، هوای مورد نیازازسوی فن های دمنده هوا به سمت Whnd Box مشعلها جاری خواهد شد .

۶-۱-۴- کنترل آب تغذیه :

با تغییرات سریع بار ، رساندن آب تغذیه در واحدهای بزرگ نیروگاهی از مسائل اساسی و حیاتی به شمار می رود . زیرا افزایش بار توربین ، منجر به نیاز بیشتر دیگ به آب تغذیه می شود و برعکس ، در کاهش بار نیاز به آب کمتر خواهد شد . این موضوع آنقدر اهمیت دارد که سیستم کنترل مرکزی ، بخار لازم جهت پاسخگویی به بار شبکه را در حد اکثر ۳۰ ثانیه تامین نماید . پس لازم است که سیستمهای کنترل آب تغذیه ، سرعت پاسخ دهی بسیار تندی ، به خصوص در صورت قطع آب تغذیه ، از خود نشان دهند . بدین خاطر در اغلب واحدهای بزرگ نیروگاهی ، سیستم کنترل سه کمیتی به کار گرفته می شود که آن سه کمیت عبارتند از : جریان بخار ، جریان آب و سطح آب در درام یا فشار درام .

۶-۲- بازرسی اساسی سالیانه دیگهای بخار :

برنامه بازرسی سالیانه دیگهای بخار باید شامل موارد زیر باشد :

- بازرسی دیگ و متعلقات آن
- مرور آنچه که بوسیله اپراتورها ثبت شده است
- بازرسی و تمیزکاری مشعل
- گشودن درب جلویی و بازبینی آجرهای نسوزو تعمیر آنها در صورت لزوم
- بستن و آب بندی درب جلویی دیگ با واشر نو ، در صورت لزوم
- گشودن درب عقبی و بازبینی آجرهای نسوز و تعمیر آنها در صورت لزوم
- بستن و آب بندی درب عقبی دیگ با واشر نو ، در صورت لزوم

- تمیز کاری و خلاء سازی سمت آتشخوارولوله دود(Breeching)
- بازبینی سمت آب دیگ از نظر رسوب گرفتگی ، خوردگی و دیگر ضایعات
- خارج کردن ، بازکردن ، بازبینی و تمیز کردن شیر قطع کن سطح آب پایین (Cut off Valve)
- تمیز کردن سیستم پودرکننده هوا (Air Atomizing System) شامل منبع ، کمپرسور و...
- تعویض همه واشرهای دریچه بازدید و آدم رو
- بررسی کارکردکنترل ها ، همبند ها (Inter Locks) و تنظیمات مربوط در صورت لزوم
- بررسی کارکرد بادزن ها
- بررسی کنترل های آب تغذیه
- روشن کردن مشعل و راه اندازی دیگ و نشت یابی درها در صورت امکان
- بررسی کیفیت احتراق و تنظیم آن در صورت لزوم
- بازنگری نتایج بازرسی و بحث بر روی هر موردی که نیاز به تعمیر دارد و بهبود هر چه که لازم است

این بازرسی ها بر اساس ضرورت می تواند روزانه ، هفتگی ، ماهانه ، شش ماهه و یا سالانه انجام شود .

فصل هفتم :

طراحی و ساخت دیگ های بخار

۷-۱- طراحی دیگهای بخار:

طراحی بویلر، متناسب با ظرفیت بویلر (ظرفیت حرارتی و بخار خروجی در حالت اشباع و یا سوپرهیتر) و نیز توام با فشار طراحی و درجه حرارت بخار خروجی ، انجام می پذیرد .

بطور کلی فرآیند طراحی دیگ بخار شامل طراحی حرارتی ، طراحی مکانیکال و طراحی جزئیات و ترسیم نقشه های فنی اجزای بویلر اعم از نقشه های مونتاژ و نقشه های جزئیات می باشد و به دنبال آن لیست مواد خام و لیست اجزا تهیه وخریداری می شوند .

۷-۲- نحوه ساخت دیگ های بخار :

طریقه ساخت و تولید انواع بویلرها ی نیروگاهی بطور کلی شامل مراحل زیر می باشد :

- فرآیند ساخت اجزای دیگ بخار
- بازرسی مواد دریافتی
- عملیات مارکینگ برای قطعه زنی
- عملیات قطعه زنی و ماشینکاری های مورد نیاز
- پخ زنی ورقها و قطعات
- خمکاری لوله ها
- رولکاری ورقهای جداره درام آب و درام بخار
- فرآیند رولکاری مجدد
- عملیات مونتاژ درام بخار و درام آب بویلر (Dram Assembly)
- عملیات حرارتی درام آب و درام بخار (Dram Heat Treatment)
- تست هیدرو استاتیک (Hydrostatic Test)
- عملیات سوراخکاری درام آب و درام بخار (Drilling)
- ساخت هدرها (Headers)
- عملیات حرارتی هدرها (Headers Heat Treatment)
- ساخت دیواره بویلر یا واتر وال (Water Wall)
- مونتاژ اجزای تحت فشار

۷-۳- مراحل ساخت دیگهای چدنی شرکت ایرفو :

در اینجا به عنوان نمونه به بررسی نحوه ساخت و تولید و مونتاژ قطعات و اجزای دیگ های چدنی شرکت ایرفو خواهیم پرداخت که داارای مراحل زیر است :

۷-۳-۱- **تهیه مواد اولیه :** مواد اولیه در شرکت ایرفو مطابق با سیاهه مواد (bill of material) مورد نیاز دیگ شوفاژ سانترال که تهیه و مدون گردیده است ، خریداری ، نگهداری و مصرف می گردد . تمامی مواد مذکور که تاثیر در کیفیت نهایی محصول دارند ، بر طبق شناسنامه مواد که شامل اطلاعاتی نظیر آنالیز شیمیایی یا فیزیکی ، شرایط نگهداری ، عمر مفید و شرایط و ملاحظات خاص هنگام مصرف و نحوه کنترل و ... می باشد ، خریداری می گردند .

۷-۳-۲- **تائید مواد اولیه توسط کارشناسان :** پس از ورود اقلام مذکور به داخل شرکت ، بازرسی توسط کارشناسانی که قبلا مورد تایید مدیریت تضمین کیفیت قرار گرفته اند ، صورت می پذیرد . این بازرسی ، شامل موارد کلی و کیفی بوده که قبلا در شناسنامه مواد مشخص شده است و در صورت انطباق با نیازمندی تعریف شده ، اجازه استفاده در خطوط تولید را خواهد داشت .

۷-۳-۳- **آزمایشگاه و خدمات لازم جهت تائید مواد اولیه :** در موارد خاصی که نیاز به تائید اقلام دریافتی خاصی باشد ، پس از تائید کمی مواد ، آنها را جهت تائید کیفی و تشخیص نهایی به آزمایشگاه می فرستند و آزمایشگاه با توجه به امکانات پیشرفته ای که در اختیار دارد ، در اسرع وقت ، مورد را بررسی نموده و انطباق یا عدم انطباق آنرا اعلام می نماید . برای مثال می توان موارد زیر را اشاره کرد :

انواع قراضه های مصرفی کوره ها ، مواد کربن ده نظیر زغال ، ماسه مورد نیاز قالبگیری ، پوشان ماسه چراغی ، چسب مورد نیاز در ریخته گری و سایر موارد را می توان نام برد .

۷-۳-۴- **انبار و توزیع مواد :** کلیه موادی که مورد تائید کارشناسان شرکت واقع گردیدند ، طبق روش اجرایی انبارش – جابجایی – نگهداری و تحویل ، و نیازمندی تعریف شده در شناسنامه مواد در انبار شرکت نگهداری و در مواقع لزوم تحویل بخش تولید می گردند . متصدی انبار به هیچ عنوان اجازه تحویل مواد نامنطبق جهت ورود به خط تولید را ندارد .

۷-۳-۵- **آزمایشگاه و کنترل آنالیز ذوب :** آزمایشگاه شرکت ایرفو نقش محوری در تهیه و کنترل ذوب کوره ها را داشته و بدین منظور با ارسال برگه ای به نام برگه ارائه تکنولوژی و

بازرسی و آزمون شارژ کوره های ذوب حاوی نوع مواد مصرفی ، دمای تخلیه و سایر اطلاعات مورد نیاز را بصورت مستمر برای هر کوره در اختیار مسئول شیفت مورد نظر قرار می دهد . ضمنا تهیه ذوب و نحوه شارژ کوره ها را کاملا زیر نظر داشته ، بعد از تهیه ذوب و جهت تایید نهایی (و در موارد لزوم اصلاح ذوب) ، نمونه های ذوب آماده شده جهت تعیین درصد عناصر تشکیل دهنده تحویل آزمایشگاه داده می شود و آزمایشگاه در کمتر از ۱۵ دقیقه جواب آزمایش و در صورت نیاز برگه مربوط به اصلاح شارژ را صادر می نماید .

۷-۳-۶- تهیه ذوب دیگ ها و عملیات ذوب ریزی : تهیه ذوب جهت دیگ های تولیدی مطابق با آنالیز مربوطه و بر اساس دستورالعمل مربوطه با همکاری تنگاتنگ بخش آزمایشگاه صورت می گیرد که در بخش قبلی به طورکامل توضیح داده شده است . همچنین در بخش مربوط به عملیات ذوب ریزی دیگ ها برگه ای به عنوان بازرسی و آزمایش در حین فرآیند ذوب ریزی پره دیگ ها توسط کارشناس کنترل کیفیت شرکت ایرفو پر می گردد که اینکار برای تمامی پره های تولیدی بالغ بر ۱۷ پارامتر ، کنترل می گردد که در صورت عدم انطباق بایستی توسط پرسنل تولید برطرف گردد . از جمله این پارامترها می توان به دمای ذوب ریزی ، باز بودن منافذ عبور گاز ، تراز بودن زمین و پالت ها ، نصب آشغالگیر ، نحوه ذوب ریزی ، زمان ذوب ریزی و ... را نام برد .

۷-۳-۷- قالبگیری و ماهیچه گیری دیگ ها : کلیه فرآیندها در بخشهای قالبگیری و ماهیچه گیری دیگ ها که به صورت موازی عمل می نماید ، تحت کنترل بوده و مطابق روشها و دستورالعمل های تهیه شده توسط کارشناسان اجرا می گردد . نتایج این دستورالعمل ها و روشها در برگه های خاصی جمع آوری شده که غالب بر ۵۰ مورد بازرسی روی هر یک از ماهیچه ها یا قالب های تهیه شده (برای یک عدد پره) توسط کارشناس مربوطه صورت می گیرد تا تضمین کننده درستی انجام پروسه طبق روال تعریف شده باشد .

۷-۳-۸- ورقکاری و نقاشی : کلیه کاورها و ادوات کمکی در بخش ورقکاری مطابق با نقشه موجود

، ساخته شده و پس از کنترل توسط بازرس مربوطه جهت تکمیل فرآیند به بخش نقاشی شرکت ارسال می گردد و در آنجا پس از شستشوی کامل (چربی گیری و زنگ زدایی و زیر سازی) توسط خط رنگ دستگاه رنگ پودری پوشش داده و پس از طی فرآیند پخت طبق سیکل تعریف شده و نظارت مجدد توسط بازرس کیفی ، به قسمت بسته بندی ارسال می گردد .

۷-۳-۹- **تخلیه دیگ ها از ماسه و مراحل تکمیل :** در این مرحله عملیات تخلیه قطعات از ماسه با نظارت مسئول مربوطه صورت گرفته و برای عملیاتا تکمیلی که شامل تمیز کاری نهایی ، سنگ زنی و شات بلاست می باشد ، فرستاده می شود . در این مرحله از فرآیند بالغ بر ۱۶ عیب احتمالی موجود در پره ها چک شده و در صورت سلامت پره ، برای ادامه فرآیند به بخش تست هیدرواستاتیک منتقل می شوند .

۷-۳-۱۰- **تست هیدرواستاتیک پره ها :** در این مرحله تست ۱۰۰٪ پره های تولیدی مطابق با دستورالعمل استاندارد به شماره ۴۴۷۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران صورت می پذیرد . ضمنا در صورت وجود عیب خاصی در قطعه ، با رنگ قرمز (و مهر باطل و غیر قابل استفاده) از خط خارج می شود . در غیر این صورت با علامت سبز رنگ به بخش ماشینکاری ارسال می گردد .در این بخش ، پره های مردود جهت کنترل و بررسی ضایعات ، بصورت آماری دسته بندی می گردند و توسط بازرس کنترل کیفیت بصورت مستمر گزارش می گردد .

۷-۳-۱۱- **ماشینکاری پره ها و مونتاژ :** تمامی پره هایی که در تست هیدرو استاتیک مورد تائید قرار گرفته اند ، جهت عملیات ماشینکاری به این بخش ارسال می گردند که پس از ماشینکاری کلیه پره ها مورد بازرسی قرار می گیرند که این بازرسی ها به ۵ پارامتر اساسی دسته بندی می شوند که از جمله این پارامترها می توان از مک و لک داشتن محل ماشینکاری و بررسی تلرانس های هندسی و ابعادی هر قطعه نام برد .

در ضمن تجهیزات جانبی دیگر نظیر صفحه مشعل ، بوش ، میله مهار و ... جهت بسته بندی ارسال می شوند و در صورتی که لازم باشد مجموعه ای از دیگ ها در شرکت مونتاژ گردند ، برگه ای نیز جهت این کار طراحی شده که بایستی پارامترهای ذکر شده در آن جهت تائید نهایی (۱۵مورد) تامین گردد . لازم به ذکر است عملیات مونتاژ هر یک از دیگ های شرکت ایرفو طبق روش به صورت ماهانه جهت کنترل محصول صورت می گیرد ودر مواردی که عدم انطباقی دیده شود ، طی صورتجلسه ای به اطلاع مسئولین ذیربط خواهد رسید .

۷-۳-۱۲- **بسته بندی و تحویل به انبار :** در شرکت ایرفو کلیه ادوات دیگ به غیر از پره ها در پالتهای چوبی خاصی که برای هر مدل خاص در نظر گرفته شده است ، بسته بندی و به شکل مطلوبی تحویل انبار می گردد و در ضمن دستورالعمل خاصی جهت کنترل کمی کالاها (ادوات) که شامل ۲۵ مقوله می باشد ، تهیه و به هنگام بسته بندی پر می گردد .

۷-۳-۱۳- تحویل دیگ چدنی به مصرف کننده : در شرکت ایرفو کلیه پره ها و ادوات جانبی دیگ ها که به تائید کنترل کیفیت شرکت رسیده اند ، طی یک روال نظام یافته خاصی تحویل مصرف کنندگان می گردد که نکات زیر در این ارتباط ضروری است :

به هنگام تحویل مجموعه دیگ ، کلیه ادوات در برگه ضمانتنامه لیست می شود . این برگه در سه نسخه که جهت مصرف کننده یا مشتری نهایی ، نصب کننده محصول و شرکت ایرفو می باشد ، صادر می گردد . در پشت هر نسخه مشخصات پره های تحویلی به تفکیک جهت اطلاع و اقدامات لازم در شرکت ایرفو پر می گردد . نسخه مخصوص مشتری صرفا جهت استفاده از گارانتی و خدمات پس از فروش بوده و ارائه آن به کارشناسان خدمات پس از فروش الزامی است از آنجاییکه در شرکت ایرفو هزینه نصب محصولات حرارتی به نصابان داده می شود ، پس از نصب و راه اندازی ، جهت ارتباط با مصرف کنندگان ، کارت خریدار باید به شرکت ایرفو یا نمایندگی مجاز تحویل گردد . نسخه سوم درشرکت ایرفو و در پرونده خریدار بایگانی می گردد .

۷-۳-۱۴- بازرسی و آزمایش در حین فرآیند و فنون آماری در شرکت ایرفو : آنچه ضروری به نظر می رسد ،در شرکت ایرفو مطابق با ایسگاه های تعیین شده در نمودارهای گردش کار تولید دیگ ،بازرسی متغیرهای موثر بر کیفیت تولید محصول انجام می شود . نتایج بازرسی در برگه هایی آماده شده و توسط بخش کنترل کیفی ثبت و به بخش کنترل کیفیت ارسال می گردد . مطابق فرآیندهای تولید که قبلا ذکر شد ، موارد نامنطبق جمع آوری و خلاصه شده و نهایتا پس از دسته بندی های لازم و تهیه منحنی های مربوطه ، مراتب جهت اطلاع مدیریت تضمین کیفیت و تصمیمات لازم ارسال می گردد و مدیریت با توجه به نوع مسئله و برنامه ریزی در راستای حل مشکل ، مراتب را به گروه های موجود در شرکت (تیم های فنی) اطلاع داده که د ر اسرع وقت نسبت به حل مشکل اقدام شود .

فصل هشتم :

تعمیر و نگهداری دیگ های بخار

۸-۱- نگهداری دیگ های بخار غیر فعال :

زمانی که از دیگ بخار بهره برداری نمی شود ، باید آن را در بهترین شرایط ممکن نگهداری کرد تا از خوردگی لوله ها و بدنه دیگ بخار جلوگیری شود . روش نگهداری ناحیه تولید بخار و محفظه احتراق با یکدیگر فرق دارد .

روش نگهداری ناحیه تولید بخار ، با توجه به شرایط محیط و مدت زمان نگهداری انتخاب می شود .

نگهداری دیگ بخار به دو روش انجام می گیرد :

- روش خشک
- روش تر

اگر قرار است دیگ بخار برای مدت طولانی از خط تولید خارج شود و یا امکان کاهش دمای محیط به پایین تر از صفر درجه سانتیگراد وجود داشته باشد ، بهتر است از روش نگهداری خشک استفاده شود . ولی روش نگهداری تر زمانی مناسب است که دیگ بخار برای مدت زمانی کوتاه ، همچون تعطیلات آخر هفته از خط تولید خارج شود .

۸-۱-۱- نگهداری دیگ بخار به روش خشک :

۱.به منظور اطمینان از خشک شدن دیگ بخار ، از حرارت و هوای فشرده گرم استفاده می شود . لازم است تمام سطوح دیگ بخار بالاتر لز نقطه شبنم نگهداری شود تا از میعان بخار آب جلوگیری گردد .

۲. پس از خشک شدن دیگ بخار ، تمام مجراهای ورود و خروج هوا و دریچه ها را مسدود کنید . یکی از مواد جاذب رطوبت زیر را به مقدار توصیه شده بر روی سینی های مقاوم دربرابر خوردگی بریزید و سینی ها را دردرامهای دیگ بخار قرار دهید .

- آهک زنده به مقدار ۹۶۰ گرم به ازای هر متر مکعب حجم دیگ بخار .
- آلومینای فعال یا سیلیکاژل به مقدار ۱۲۸۰ گرم به ازای هر متر مکعب حجم دیگ بخار .

۳ . هر دو ماه یکبار وضعیت دیگ بخار ، از نظر خشک بودن از رطوبت کنترل شود و در صورت نیاز تدابیر لازم اتخاذ گردد .

۴ . دیگ بخار تمیز و در صورت نیاز رسوب زدایی شود .

۸-۱-۲- نگهداری دیگ بخار به روش تر :

۱. دیگ بخار تمیز و در صورت نیاز رسوب زدایی شود .

۲. دیگ بخار را به یکی از روشهای زیر آبگیری کنید :

- اگر دیگ بخار دارای سوپرهیترنمی باشد ، آن را تا حجم متعارف ، با آب هوازدایی شده و مواد محافظ پر کنید .
- اگر بخش سوپرهیتر دیگ بخار قابل تخلیه کردن می باشد ، مانند حالت قبل عمل نمایید .
- اگر دیگ بخار دارای سوپرهیتر غیر قابل تخلیه می باشد ، بخش سوپرهیتر را با آب بخار برگشت و ماده نگهدارنده پر کنید . سپس دیگ بخار را تا حجم متعارف با آب هوازدایی شده و مواد محافظ پر کنید .

۳ . به منظور اطمینان از یکنواختی مواد در دیگ بخار لازم است با استفاده از یک پمپ ، آب داخل دیگ بخار به گردش در آید .

۴ . هر هفته یکبار ، غلظت مواد داخل دیگ بخار کنترل شود تا در صورت نیاز کمبود مواد شیمیایی جبران شود .

۸-۲- نگهداری ناحیه احتراق در دیگ های بخار :

مواد باقیمانده از احتراق سوخت (رسوبات) ، حاوی ترکیبات معدنی و آلی است . به طور معمول این ترکیبات جاذب رطوبت و اسیدی می باشند . هنگامی که دیگ بخار از خط تولید خارج می شود ، مواد باقیمانده از احتراق سوخت ، رطوبت هوای مجاور خود را جذب می کنند . لذا قدرت فعل و انفعال اسیدی آنها افزایش یافته و شرایط خوردگی سطح لوله ها و بدنه رسوب گرفته فراهم می شود . به منظور رفع این مشکل موارد زیر توصیه می شود :

۱. پس از خاموش کردن دیگ بخار ، در اولین فرصت برای تمیز کردن سطوح رسوب گرفته اقدام شود . تاخیر در اجرای این مرحله ، عمل تمیز سازی سطوح را دشوار می کند .

۲. با استفاده از هوای فشرده و وسایل مناسب می توان سطوح رسوب گرفته را تمیز کرد .

۳. پس از عملیات تمیز سازی ، لازم است محل عبور گازها و سطوح رسوب گرفته با یک پودر قلیایی همانند هیدرات منیزیم ، تمیز شوند تا ازخنثی شدن مواد اسیدی اطمینان حاصل شود .

۸-۳- رفع عیوب در دیگ های بخار :

۱. اگر غلظت مواد آب دیگ بخار در حد استاندارد نیست ، ممکن است :

- مواد ، کم تزریق شده باشد .
- دستگاه تزریق دچار مشکل شده باشد .
- دستگاههای تصفیه کارایی خود را از دست داده باشند .
- زیر آب دیگ بخار به مقدار کافی زده نشده است .

۲. اگر دیگ بخار کف می کند ، ممکن است :

- غلظت املاح آب دیگ بخار زیاد باشد .
- قلیاییت آب دیگ بخار بیش از حد مجاز باشد .
- مواد کف زا و یا روغنهای صابونی شونده وارد دیگ بخار شده باشد .
- میزان مصرف سوخت نوسان داشته باشد و بار حرارتی متغیر و غیر متعارفی به دیگ بخار اعمال شود .

۳. اگر سطح آب در شیشه آب نما نوسان شدیدی دارد ، ممکن است :

- دیگ بخار در حال کف کردن باشد .

۴. اگر دیگ بخار آبگیری نمی کند ، ممکن است :

- کلید پمپ روی حالت روشن نباشد .
- منبع تغذیه دیگ بخار تخلیه شده باشد .
- شیر تغذیه آب که روی منبع نصب شده است ، بسته شده باشد .
- شیر ورودی آب به دیگ بخار بسته یا اشکال داشته باشد .
- صافی آب کثیف شده باشد .
- اتصالهای برقی صحیح نباشد .
- رله اضافه بار مربوط به مشعل عمل کرده باشد .
- فیوز مدار پمپ سوخته باشد .
- اتصالهای روی ترمینال پمپ آب صحیح یا محکم نباشند .
- دور موتور پمپ آب برعکس باشد .
- کنتاکتور پمپ آب اشکال داشته باشد .
- دستگاه کنترل کننده سطح آب اشکال داشته باشد .
- شناور گیر کرده باشد .
- در دیگهای بزرگ ، شیر زیر دستگاه کنترل کننده سطح آب ، باز نباشد .

- اتصالهای الکتریکی دستگاه کنترل کننده سطح آب ، صحیح یا محکم نباشد .

۵. اگر مشعل شروع به کار نمی کند ، ممکن است :

- اتصالهای برقی محکم نباشد .
- فیوز مدار سوخته باشد .
- کنتاکتور مشعل اشکال داشته باشد .
- مشعل دیگ در وضعیت قطع باشد .
- مدار الکتریکی اشکال داشته باشد .
- چشم الکتریکی در معرض نور قرار گرفته باشد .
- رله اضافه بار مربوط به مشعل عمل کرده باشد .
- در مشعل محکم بسته نشده باشد .

۶. اگر موتورهای مشعل و فن کار می کنند و شعله ایجاد نمی شود ، ممکن است :

- اتصالها صحیح یا محکم نباشند .
- کلیدهای فشاری هوا عمل نکرده باشند .
- میکرو سوییچ های مسیر دمپر هوا و سوخت ، عمل نکرده باشد .
- منبع سوخت خالی باشد .
- در صورت استفاده ازمازوت ، سوخت سردباشد و یا ترموستات خراب شده باشد .
- دورموتورمشعل یا پمپ سوخت یا موتور فن برعکس باشد .
- صافی سوخت کثیف شده باشد .
- شیرهای مسیر سوخت بسته باشد .
- دمپر هواگیر خراب باشد .
- نسبت هوا وسوخت صحیح نباشد .
- جرقه تولید نشود .
- الکترودهای جرقه زن کثیف و یا خراب باشد .
- تنظیم الکترودها غلط باشد .
- اتصال الکترودها کامل نباشد .
- ترانسفورماتور جرقه خراب باشد .

۷. اگر مشعل روشن شده ، بلافاصله خاموش می شود ، ممکن است :

- اتصالهای الکتریکی محکم نباشد .
- اتصالهای الکتریکی در مدار چشم الکترونیکی برعکس بسته شده باشد .
- جریان دریافتی چشم الکترونیکی کم باشد .
- مانع در مسیر نور شعله و چشم الکترونیکی قرار داشته باشد .
- نسبت سوخت و هوا مناسب نباشد و شعله کامل ایجاد نشود .

۸. اگر مشعل در حین کار خاموش می شود ، ممکن است :

- برق قطع باشد .
- فیوز کنترل کننده فرمان مدار سوخته باشد .
- اتصالهای الکتریکی شل باشد .
- چشم الکترونیکی ایراد داشته باشد .
- سلو نویید سوخت خراب شده باشد .
- سوخت تمام شده باشد .
- در صورت استفاده از مازوت سوخت سرد شده باشد .
- آب به داخل سوخت نفوذ کرده باشد .
- اشکالی در مسیر انتقال سوخت پیش آمده باشد .
- پمپ سوخت از کار افتاده باشد .
- پمپ سوخت هوا کشیده باشد .
- نسبت سوخت و هوا مناسب نباشد .

۹. اگر شعله دود می کند ، ممکن است :

- هوای محفظه احتراق کم باشد .
- نسبت سوخت و هوا مناسب نباشد .
- در صورت استفاده از مازوت ، درجه حرارت سوخت کم باشد .
- فشار سوخت زیاد باشد .
- لوله های پاس دو و سه کثیف شده باشد .
- در مسیر دودکش اشکال پیش آمده باشد .

۱۰.اگر مشعل پیوسته خاموش و روشن می شود ، ممکن است :

- در مشعل محکم بسته نشده باشد .

- بار دیگ نسبت به اندازه و ظرفیت آن کم باشد .
- کلید های فشاری معیوب باشد .
- نشت لوله های مسی باعث اختلال کار در کلید های فشاری شده باشد .

میهمانی نهار درون یک دیگ بخار !

این مقاله در نشریه combustion مورخ ژانویه ۱۹۳۰ میلادی منتشر شده است . قابل توجه آنکه دیگهای مورد اشاره در این مقاله هنوز هم بعد از گذشت بیش از ۷۵ سال به خوبی کار می کنند .

" در روز دوم دسامبر ۱۹۲۹ ، شرکت ادیسون نیویورک ، میهمانی ناهاری را به افتخار تمامی افرادی که در نصب سه واحد جدید تولید بخار ایستگاه ایست ریور دخالت داشتند ، برگزار نمود . این میهمانی ناهار در داخل سومین واحد که به تازگی کار ساخت آن به پایان رسیده بود ، تشکیل شد و بعد از رفتن میهمانان ، میزهای چوبی ناهار خوری و کف چوبی که میزها روی آن قرار داشتند ، آتش زده شد تا دیگ کمی قبل از آغاز به کار رسمی ، گرما را احساس کند !

این دیگها در مجموع دارای ظرفیتی معادل ۲۱۵۰۰۰ اسب بخار هستند . این پروژه حاصل کار بیش از ۲۰۰۰ نفر از مهندسان و کارگران بوده است که در طول مدت ۶ ماه به انجام رسیده است .

این سه دیگ که هریک به تنهایی می توانند بیش از یک میلیون پوند بخار در ساعت تولید کنند ، تاکنون بزرگترین دیگهای ساخته شده در جهان هستند .

توربو ژنراتور ۲۱۵۰۰۰ اسب بخاری متصل به این دیگها می تواند به آن اندازه الکتریسیته تولید کند که کل بار روشنایی ایالات متحده آمریکا را در سال ۱۹۰۶ میلادی تامین نماید .

واحدهای بخار توسط شرکت مهندسی احتراق (combustion engineering corporation) و توربو ژنراتور آن توسط شرکت جنرال الکتریک تهیه و نصب شده اند .

منابع و مراجع :

۱. دیگهای بخار – مهندس خلیل جنت دوست – ناشر : سازمان سازندگی و آموزش وزارت نیرو
۲. دیگهای بخار – وزارت نیرو – قسمت آموزش – اردیبهشت ۱۳۵۹
۳. بهسازی شیمیایی آب دیگهای بخار – جیمز دبلیو ، مک کوی – ترجمه : مهندس محمد رضا نفری – انتشارات سرسبز
۴. راهنمای تجزیه و تحلیل از کار افتادگی دیگهای بخار –رابرت. د. پرت ، هاروی. ام . هرو- ترجمه : مهندس محمد رضا نفری
۵. مهندسی تهویه مطبوع و حرارت مرکزی- دکتر محمد مقیمان – انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد
۶. تاسیسات حرارت مرکزی کاربردی –مهندس مجید سلطانی ، مهندس داوود پارسا ، مهندس عباس قلی زاده پاشا ، مهندس محمد قلی زاده پاشا
۷. نیروگاههای حرارتی – محمد محمدالوکیل – مرکز نشر دانشگاهی