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

آموزش عمومی دیگ بخار

http://www.mohandes-iran.com

فهرست مطالب

۱- مشخصات آب ورودی به دیگ بخار
۲- تقسیم بندی دیگ بخارها بر اساس چرخش آب
۳- مصرف کننده دیگ بخار
۴- سوپرهیتر
۵- رقبای مهم دیگ بخار دیگ‌های روغن داغ
۶- دسته بندی دیگ بخار ها
۷- کاربرد دیگ بخارها
۸- چرخش آب در دیگ بخار
۹- ارتباط بین Circulation و Mass Balance در دیگ بخار
۱۰- تصاویری از Circulation
۱۱- تشخیص لوله‌های Riser و Down comer
۱۲- تاثیر عامل فشار بر میزان Circulation
۱۳- دیگ بخارهای Fire Tube
۱۴- دیگ‌های لوله مارپیچ
۱۵- دیگ‌های زباله سوز
۱۶- دیگ‌های لوله دودی عمودی
۱۷- مسیر هوای دیگ بخارهای SC
۱۸- دیگ بخارهای SD
۱۹- فن
۲۰- نمودار FEGT

http://www.mohandes-iran.com

۲۱- ARRANGEMENT OF DRUM INTERNALS

۲۲- محدودیت های ساخت در water wall ها

۲۳- دیگ بخار SN

۲۴- Super heaterو Re-heater

۲۵- Economizer

۲۶- Hanger های داخلی

۲۷- Gas air heater

۲۸- اتاق حرارتی

۲۹- دیگ بخارهای SR

۳۰- Flame شعله

۳۱- آشنایی عمومی با فن ها

۳۲- بررسی پارامتر های طراحی دیگ بخار (امتحان اول)

۳۳- دی سوپرهیتر (DeSuper Heater)

۳۴- اکونومایزر (Economizer)

۳۵- ری هیتر (ReHeater)

۳۶- انواع پیش گرمکن هوا (Air Pre Heater)

۳۷- سیستم های Draft در دیگ بخار ها :

۳۸- خلوص آب دیگ بخار و نمونه گیری از آن :

۳۹- تزریق شیمیایی:

۴۰- طراحی کوره

۴۱- شکل کوره‌ها

http://www.mohandes-iran.com

مقدمه

وظیفه دیگ بخار تولید بخار می باشد. (مولد بخار)

از لحاظ ترمودینامیکی در یک دیگ بخار، (حجم کنترل) فقط دما و فشار خروجی اهمیت دارد.

در داخل دیگ بخار آب در حال جوشش است و در صورتی که فشار دیگ بخار معلوم باشد، دما به دست می آید.

اجزای اصلی مولد بخار عبارتند از Economizer و Super Heater

۱) مشخصات آب ورودی به دیگ بخار:

۱- فشار بالا جهت تزریق به دیگ بخار

فشار ورودی می بایست از فشار دیگ بخار بالاتر بوده تا آب بتواند وارد دیگ بخار شود.

۲- قرار داشتن در منطقه Sub cool

وجود بخار در آب ورودی به دیگ بخار موجب آسیب دیدگی لوله های انتقال آب می باشد. لذا آب ورودی به دیگ بخار نباید دو فازی باشد.

دیگ بخار های ONCE THROUGH

چنانچه آب در فشار و دمایی بالای مقادیر Critical وارد دیگ بخار شود (22.1 Mpa, 374 degC)، آب به محض ورود به دیگ بخار به بخار تبدیل می شود. این دسته از دیگ بخار ها را Supercritical Steam Generator می نامند. این دیگ بخار ها فاقد Water Drum هستند.

فشار تزریق در دیگ بخار

در دیگ بخار ها فشار تزریق نمیتواند فشار داخل دیگ بخار را بالا ببرد، این فشار به سرعت تبدیل میشود.در واقع این فشار به صورت water jet وارد دیگ بخار می گردد.

۲) تقسیم بندی دیگ بخارها بر اساس چرخش آب

http://www.mohandes-iran.com

دیگ بخارها برحسب چرخش آب در درون آن به دو دسته‌ی با چرخش و بدون چرخش تقسیم می شود.
به طور مثال در دیگ بخارهای Supercritical که فاقد Drum هستند، چرخش آب وجود ندارد.

دیگ بخارهایی که در شرایط دمایی و فشاری زیر مقادیر بحرانی هستند، به دو دسته دیگ بخارهای با چرخش طبیعی و دیگ بخارهای با چرخش اجباری تقسیم می شوند.
در شرایطی که فشار کاری دیگ بخار بالای ۱۶۰ اتمسفر باشد، چرخش اجباری ضروری است. در زیر این فشار چرخش طبیعی است.
علت لزوم چرخش اجباری در دیگ بخارهای فشار بالا به آن دلیل است که اختلاف دانسیته سیال و بخار در فشار های بالا کم است. لذا اختلاف دانسیته به تنهایی نمی تواند موجب ایجاد چرخش سیال در دیگ بخار شود. اما در فشارهای پایین، اختلاف دانسیته به تنهایی برای ایجاد چرخش کافی است.

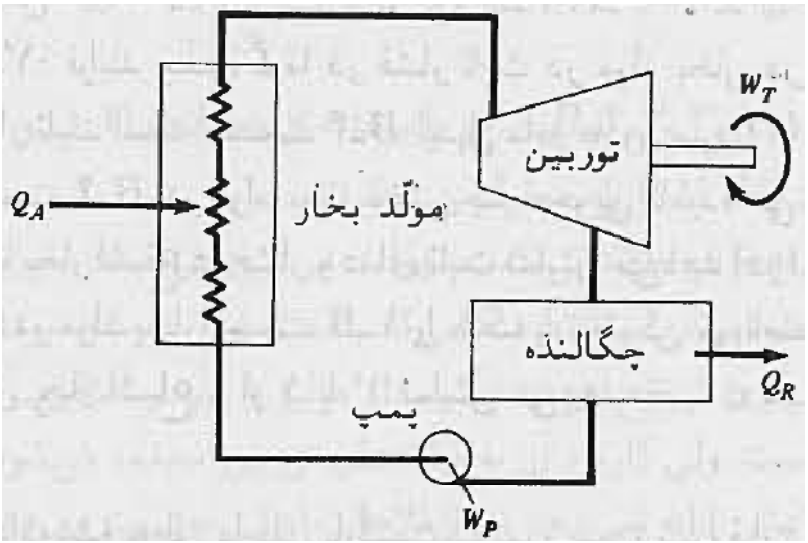
سیکل باز و بسته

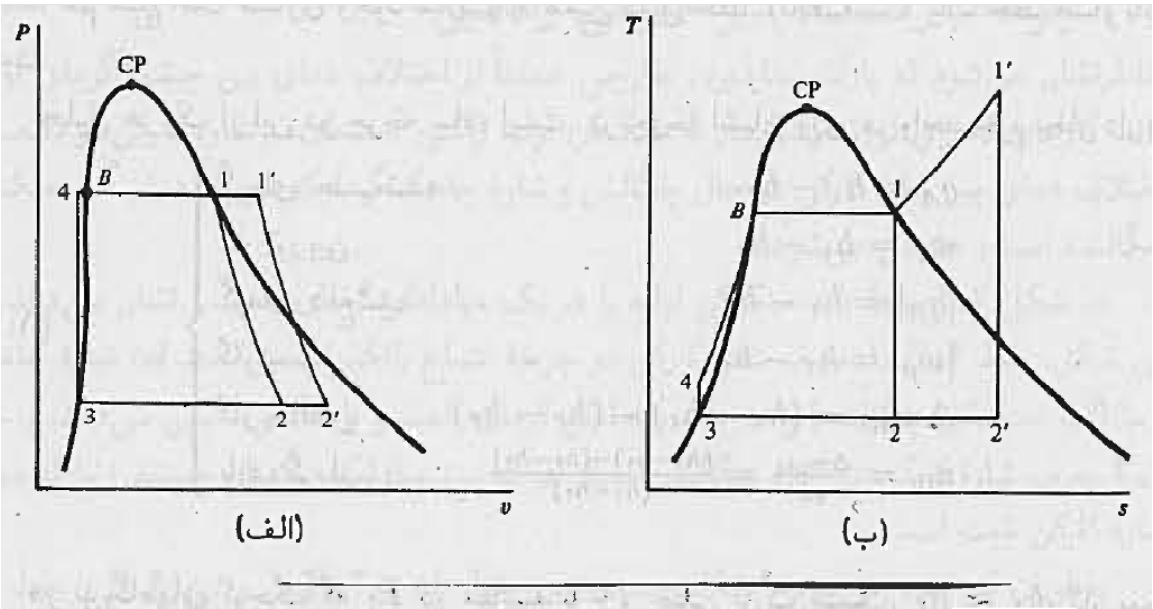
در سیکل بسته سیال وارد دیگ بخار می شود. خروجی آن به ترتیب وارد توربین، condenser، (پمپ) و در نهایت مجدد وارد دیگ بخار می شود.
در سیکل باز چرخه از کندانسور به بعد حذف می شود. یعنی سیال وارد توربین می شود و خروجی آن دیگر به داخل دیگ باز نمی گردد.

چرخه رانکین

چرخه رانکین به عنوان چرخه استاندارد نیروگاه بخار پذیرفته شده است. چرخه ایدآل رانکین یک چرخه مایع بخار به شمار می آید.

http://www.mohandes-iran.com





چرخه‌های ایده‌آل رانکین به‌صورت نمودارهای (الف) Pـv و (ب) Tـs.

http://www.mohandes-iran.com

چرخهٔ ۱ـ۲ـ۳ـ۴ـBـ۱ چرخهٔ اشباع رانکین است، بدین معنی که بخار اشباع وارد توربین می‌شود. چرخهٔ ۱′ـ۲′ـ۳ـ۴ـBـ۱′ چرخهٔ فوق‌گرم رانکین است، بدین معنی که بخار فوق‌گرم به توربین وارد می‌شود. این چرخه‌ها که بازگشت‌پذیرند از فرایندهای زیر تشکیل می‌شوند.

فرایند ۱ـ۲ یا ۱′ـ۲′: انبساط بازگشت‌پذیر بی‌دررو در توربین. بخار خروجی در نقطهٔ ۲ یا ۲′ معمولاً در ناحیهٔ دوفازه است.

فرایند ۲ـ۳ یا ۲′ـ۳′: فرایند دفع گرما در دمای ثابت و فشار ثابت در چگالنده، درحالی که شاره به‌صورت مخلوط دوفازه است.

فرایند ۳ـ۴: تراکم بازگشت‌پذیر بی‌درروی مایع اشباع از فشار چگالنده (۳) تا مایع مادون سرد در فشار مولد بخار (۴) که به‌کمک پمپ انجام می‌شود. خط ۳ـ۴ در هر دو نمودار PـV و TـS خط قائم است، زیرا مایع اساساً تراکم‌ناپذیر و پمپ بی‌دررو و بازگشت‌پذیر است.

فرایند ۴ـ۱ یا ۴ـ۱′: فرایند جذب گرما در فشار ثابت در مولد بخار در هر دو نمودار خط ۱′ـ۱ـBـ ۴ خط فشار ثابت است. قسمت ۴ـB تبدیل مایع مادون سرد (۴) را به مایع اشباع در B نشان می‌دهد. قسمت ۴ـB در مولد بخار بخش صرفه‌جویی نامیده می‌شود. قسمت Bـ۱ گرمایش مایع اشباع را تا بخار اشباع در فشار و دمای ثابت نمایش می‌دهد (در اینجا شاره به‌صورت مخلوط دوفازه است). در مولد بخار قسمت Bـ۱ را دیگ یا تبخیرکن می‌نامند. قسمت ۱ـ۱′ در چرخهٔ فوق‌گرم، گرمایش بخار اشباع را از ۱ تا ۱′ نمایش می‌دهد. قسمت ۱ـ۱′ در مولد بخار را فوق‌گرم‌کن می‌گویند.

علت وجود کندانسور در سیکل بسته

چنانچه کندانسور از سیکل بسته حذف شود، سیال ورودی به پمپ دوفازی خواهد بود. از این رو سیال دارای حجم مخصوص بالاتری بوده و پمپ بسیار بزرگی برای تامین فشار ورودی به دیگ بخار مورد نیاز خواهد بود. لذا همیشه سیال را بعد از توربین سرد می کنند تا بتوان سیال تک فاز را با پمپ کوچکی وارد دیگ بخار کرد.

http://www.mohandes-iran.com

۳) مصرف کننده دیگ بخار

در طراحی دیگ بخار مصرف کننده عامل بسیار مهمی است.

هرچه فشار مورد نیاز مصرف کننده بیشتر باشد، باید فشار دیگ بخار را بالاتر برد.

به علت محدودیت فشار نمی‌توان تمامی دماها را از دیگ بخار انتظار داشت. چون با بالا رفتن دما، فشار هم بالا می‌رود.

مهمترین عامل در نرخ انتقال حرارت دما است. (دما ↑ => نرخ انتقال حرارت ↑)

در صنعت اولین عامل تعیین کننده دما است. در واقع دمای مورد نیاز را می‌توانیم تعیین کنیم اما فشار از دست ما خارج است.

۴) سوپرهیتر

سوپرهیتر: بدون اینکه فشار را بالا ببرد، دما را بالا می‌برد.

سوپرهیتر تا کجا جواب می‌دهد؟

۱) محدودیت مکانیکی

فلزات پس از Elongation وارد مرحله سوم خزش می‌شوند. در مرحله سوم خزش ترک‌های ریز در فلز ایجاد می‌شود. در این مرحله هنوز خطر انفجار وجود ندارد. اما Reliability صفر است.

کد اجازه ورود فلزات به مرحله دوم خزش را نیز نمی دهد. (ASME: Design Metal Temperature)

تا کنون رکورد دمای خروجی از سوپر هیتر ۴۵۰ درجه بوده است.

به همین دلیل دمای بخار محدود می‌شود.

۲) بررسی از لحاظ فشار

سوپر هیتر دما را بالا می‌برد بدون تغییر فشار. اما این بالا بردن دما باید تناسب داشته باشد. باید معمول صنعتی باشد.

به طور مثال برای دمای ۴۴۰ درجه سانتیگراد فشاری معادل ۴۰ الی ۶۰ بار نیاز است.

و یا برای دمای ۳۵۰ درجه فشاری معادل ۲۰ بار نیاز می باشد.

(فشار ↑ => ضخامت لوله ها ↑)

http://www.mohandes-iran.com

۵) رقبای مهم دیگ بخار دیگ‌های روغن داغ

از رقبای مهم دیگ بخار هستند.

مشکل دیگ‌های بخار را که تابع فشار بودند حل کردند.

دیگ‌های روغن داغ، بخار تا دمای ۲۵۰ درجه را با فشار زیر ۱۰ بار تامین می‌کنند.

بخار با دمای ۲۵۰ تا ۳۵۰ درجه با تغییر نوع روغن قابل تامین است.

مشکلات:

۱) دیگ‌های روغن داغ کثیف هستند.

۲) ضریب انتقال حرارت بسیار بد است و مجبور به استفاده از دبی‌های بالا هستیم.

در جاهایی که مشکل تامین آب داریم سراغ روغن می‌رویم.

سوال: دیگ مازوت را با چه گرم کنیم؟ با بخار. به علت کثیفی روغن، اگر نشتی داخلی داشته باشیم بخار مشکلی برای مازوت ایجاد نمی‌کند.

۶) دسته بندی دیگ بخار ها

تفاوت دیگ بخار و اواپراتور:

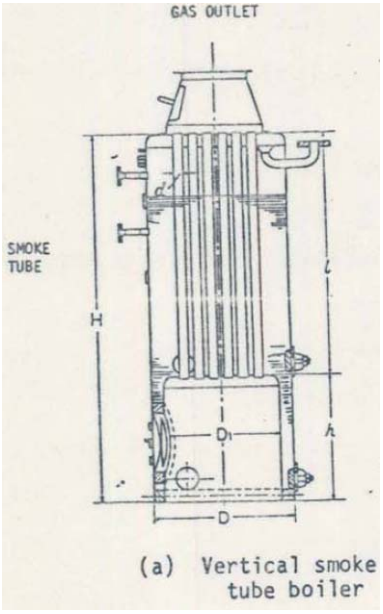
در دیگ بخارها یک منبع خارجی سوخت وظیفه ایجاد گرمایش را بر عهده دارد. اما در اواپراتور یک سیال ثانویه حرارت مورد نیاز را تامین می کند.

۱) Fire Tube

بهترین انتخاب برای سوخت‌های جامد هستند. مانند زباله‌های جامد

دیگ‌های عمودی لوله دودی برای کشتی مناسب هستند. البته این دیگ‌ها وزن بالایی دارند.

http://www.mohandes-iran.com



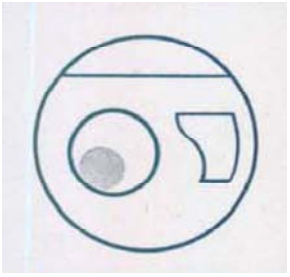
در دیگ‌های لوله دودی هرچه فشار بالا تر برود، باید محدودیت‌هایی در طراحی رعایت شوند..

برای بالا بردن توان تولیدی باید تعداد لوله‌ها افزایش یابند. تعداد لوله‌ها نیز دارای محدودیت می‌باشند.

به همین دلیل قدرت دیگ‌های لوله دودی محدود می‌شوند.

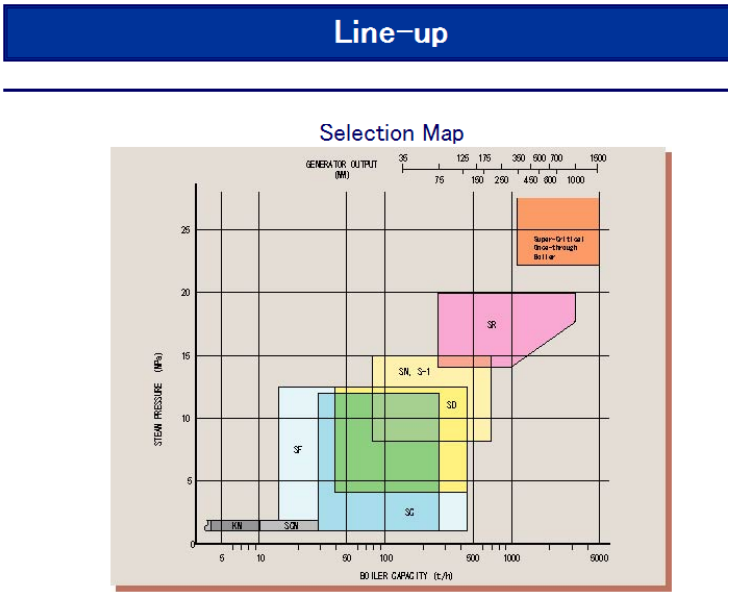
در ۸۰ تا ۹۰ درصد مصارف صنعتی همین دیگ‌های لوله دودی جوابگو هستند.

در دیگ‌های لوله دودی قسمت شعله همواره در معرض خوردگی قرار دارد. به علت تابش در این منطقه و این دلیل که در تابش تمرکز تنش وجود دارد.



۷) کاربرد دیگ بخارها

http://www.mohandes-iran.com



همین طور که در نمودار فوق مشاهده می‌کنیم، منطقه کاربرد هر دیگ بخار مشخص شده است.

در محدوده‌ای که هیچگونه دیگ بخاری وجود ندارد، یعنی هیچ دیگ بخاری در آن فشارها و ظرفیت‌ها کاربردی ندارد. در این محدوده دانسیته آب و بخار خیلی به هم نزدیک می‌شود و چرخش طبیعی وجود ندارد.

۸) چرخش آب در دیگ بخار

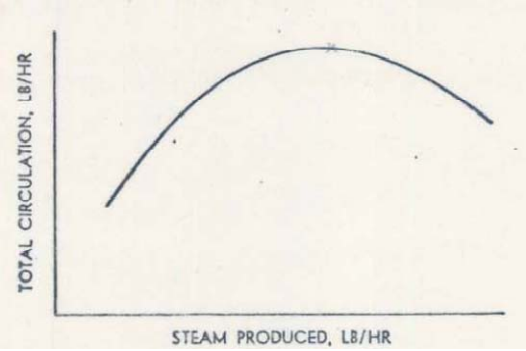
چرخش در دیگ بخار از این جهت اهمیت دارد:

در دیگ بخار در تمامی لوله‌ها ۱۰۰ درصد آب به بخار تبدیل نمی‌شود. در برخی لوله‌ها ۱۰۰ درصد آب به بخار تبدیل شده و در برخی لوله‌ها درصد کمی از آب به بخار تبدیل می‌شود. میانگین تبدیل بخار در دیگ بخار ۱۰ درصد می‌باشد.

با بالا بردن حرارت چرخش بیشتر می‌شود و درصد تبدیل آب به بخار نیز افزایش می‌یابد. اما به این دلیل که در برخی لوله‌ها ۱۰۰ درصد آب به بخار تبدیل می‌شود، با بالا بردن حرارت این لوله‌ها می‌سوزند. به همین دلیل باید چرخش وجود داشته باشد که به تدریج درصد زیادی از آب به بخار تبدیل شود و از طرف دیگر لوله‌ها نسوزند.

در نمودار زیر دیده می‌شود که با بالا رفتن حرارت ورودی چرخش افزایش می‌یابد. اما از جایی به بعد چرخش به دلیل بالا رفتن اصطکاک کاهش می‌یابد. جایی که نمودار قطع شده است نیز محل سوختن لوله‌ها است.

http://www.mohandes-iran.com

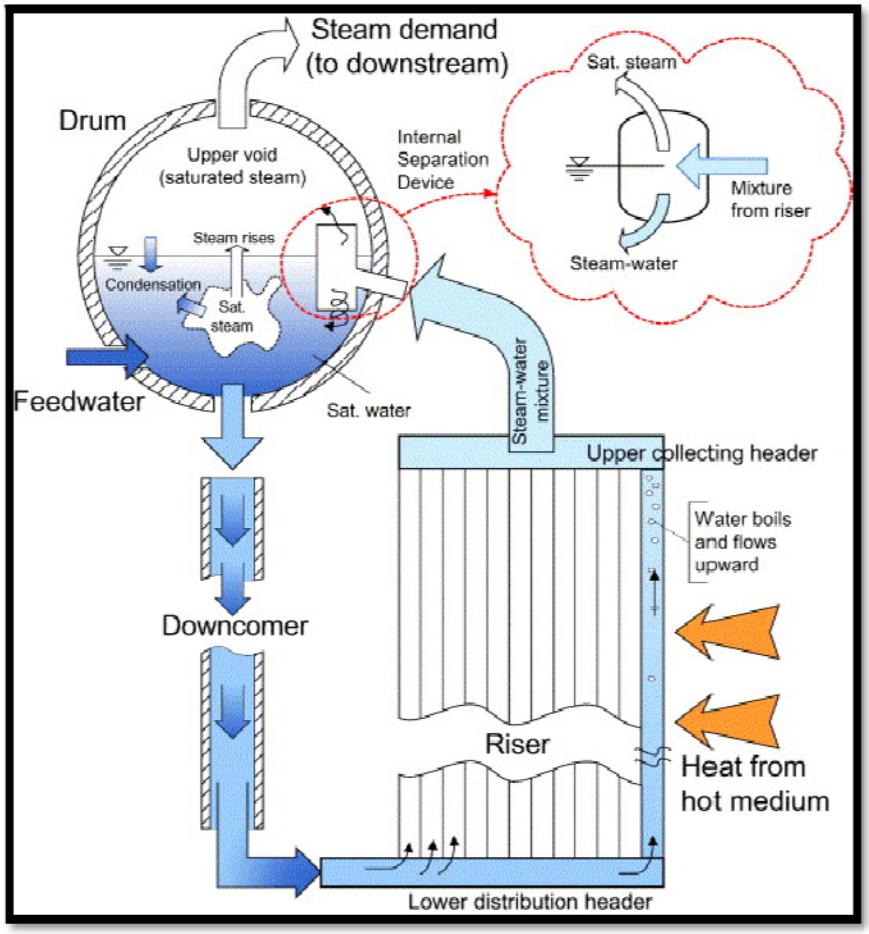


۹) ارتباط بین Circulation و Mass Balance در دیگ بخار

همه آبی که وارد دیگ بخار می‌شود نمی‌تواند یکدفعه به بخار تبدیل شود (در شرایط زیر super critical). مثلا اگر Circulation ratio ۱۰ باشد، ۱۰ درصد آب ورودی بخار شده و ۹۰ درصد آن مجدد برمی‌گردد و در چرخه Circulation قرار می‌گیرد. بنابراین می‌توان گفت حجم آب داخل سیستم (دیگ بخار) n برابر حجم بخار خروجی است که n برابر است با Circulation Ratio. پس هرچه Circulation Ratioبیشتر باشد، حجم دیگ بخار بزرگتر خواهد بود.

۱۰) تصاویری از Circulation

http://www.mohandes-iran.com



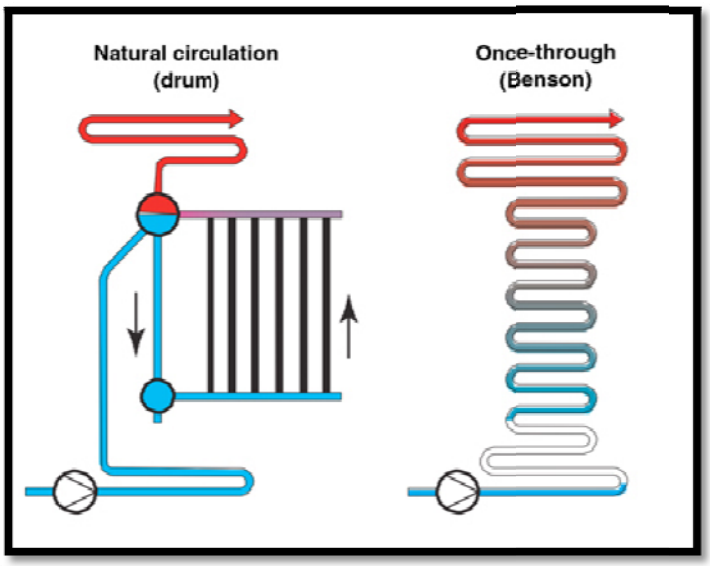
Circulation در اثر بالارفتن بخار از لوله (لوله‌های) Riser و پایین آمدن آب در لوله (لوله‌های) Downcomer ایجاد می‌شود.

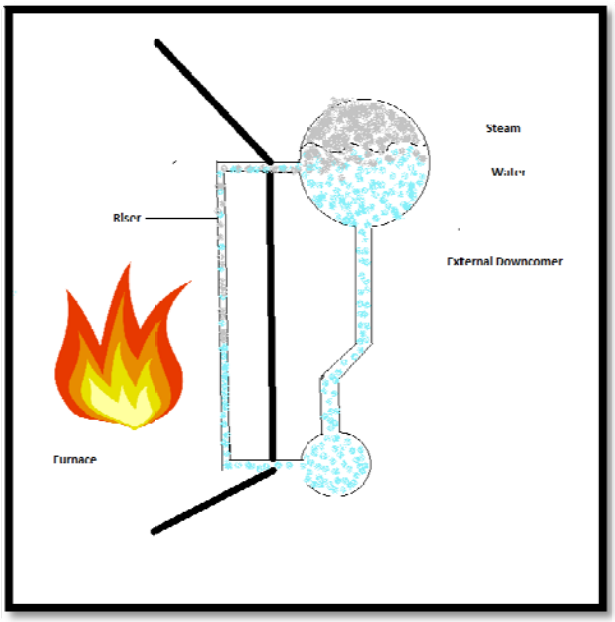
در جاهایی که تعداد لوله ها زیاد است، برای محاسبه circulation از Average گیری استفاده می‌شود چون آب در لوله‌های مختلف، درصدهای جوشش متفاوتی دارد. در واقع تقسیم بندی بین لوله‌ها بر اساس میزان جوشش در آنها بوده و مقدار جوشش عامل مهمی می‌باشد.

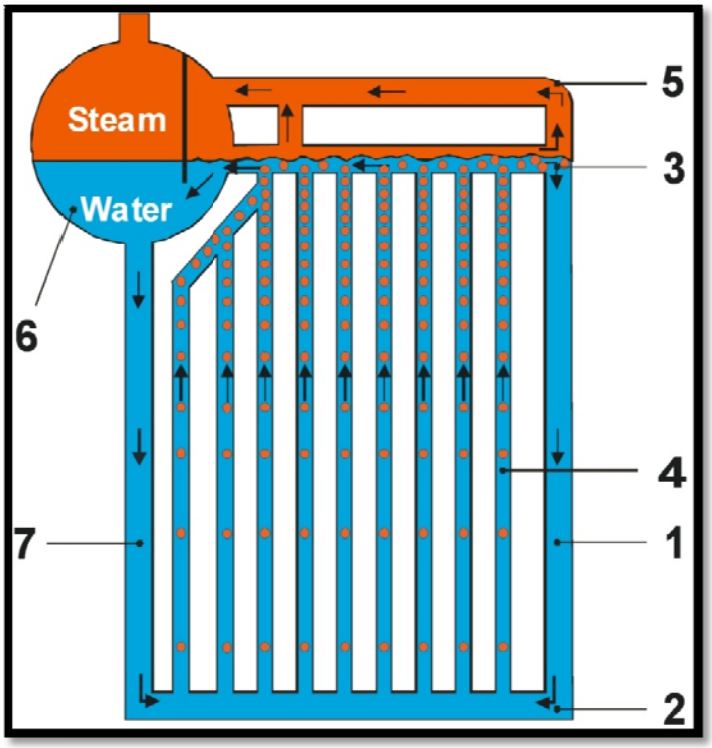
- معمولا لوله‌های Riser و Down comer بین دو Drum بالا و پایین قرار می‌گیرند.

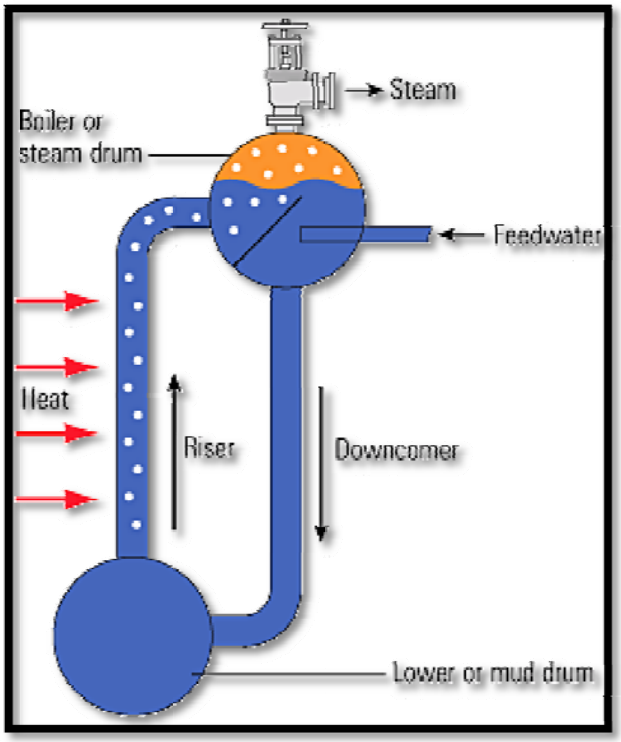
http://www.mohandes-iran.com

- لوله‌های Down comer می‌توانند پیش گرم (Preheat) شوند.

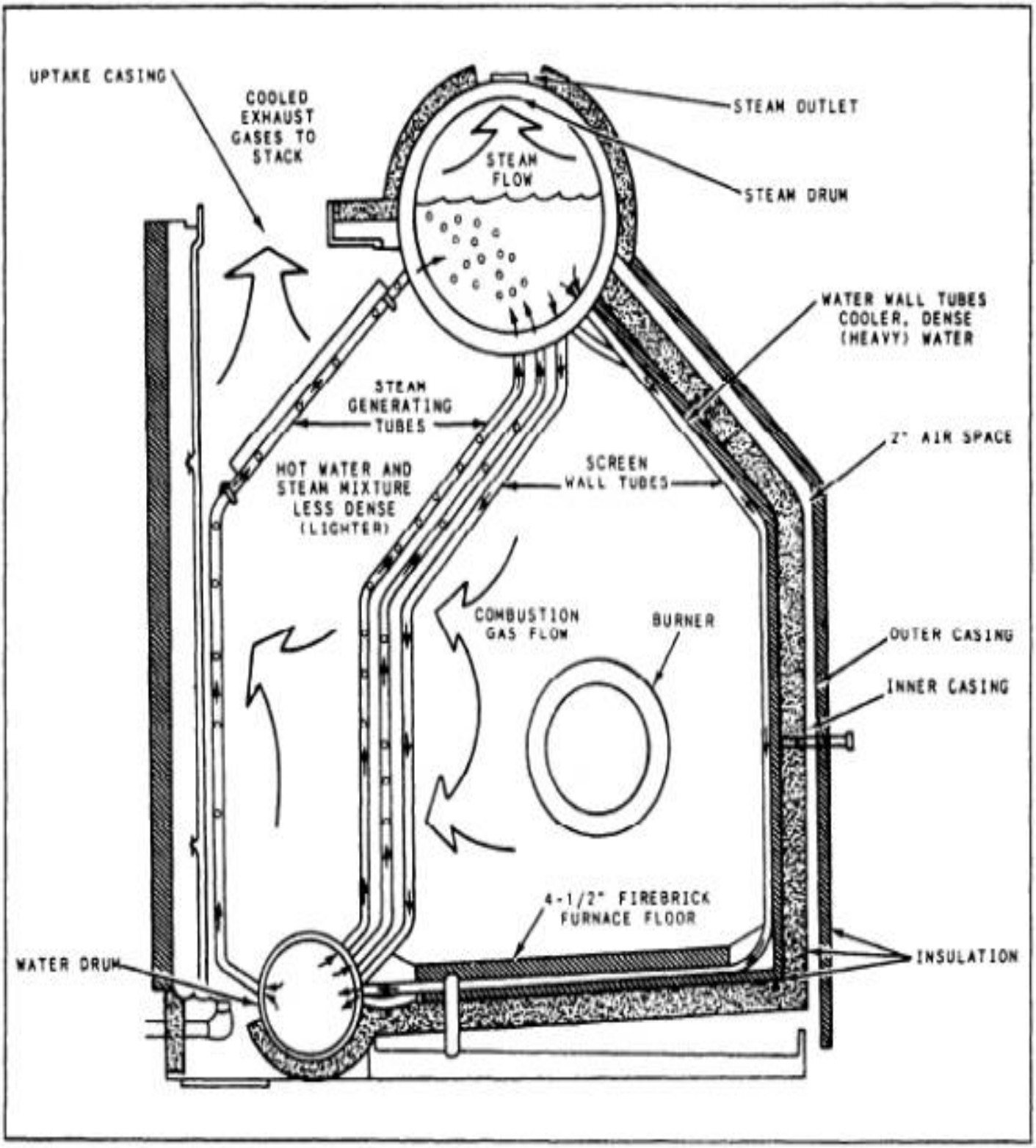




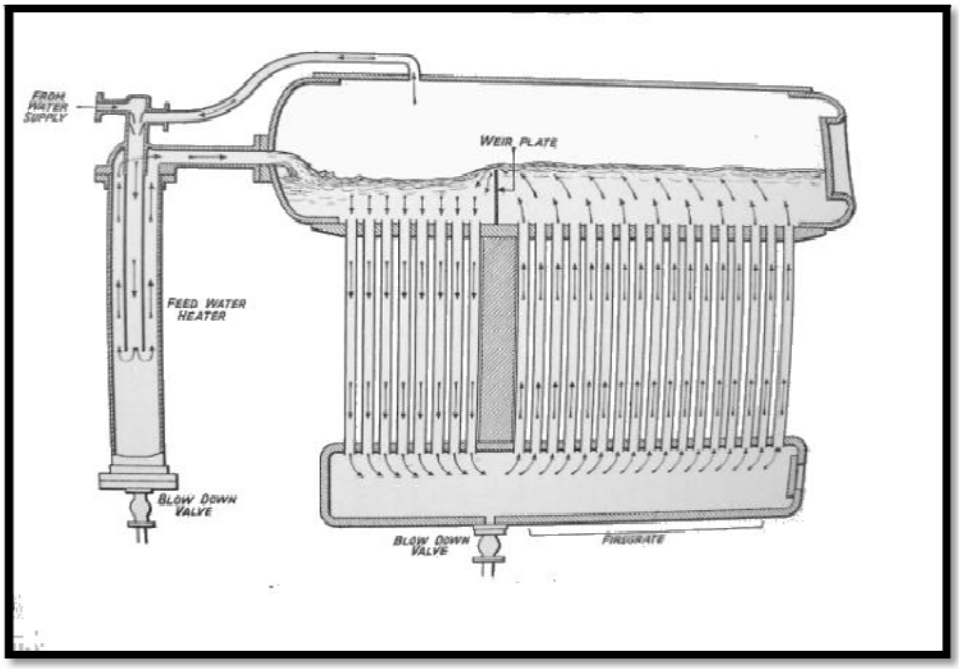




http://www.mohandes-iran.com



http://www.mohandes-iran.com



۱۱) تشخیص لوله‌های Riser و Down comer

تشخیص اینکه کدام لوله‌ها Riser و کدامیک Down comer هستند کار ساده ای نیست. در این خصوص IHI بر اساس تجربه راهکارهایی ارائه کرده است که بعدا به صورت مفصل بررسی خواهد شد.

معمولا ۱/۳ لوله‌ها Down comer و ۲/۳ آنها Riser هستند.

یک روش برای تشخیص لوله‌های Riser این است که آن‌ها به جهت جدا شدن آب و بخار معمولا وارد یک جداکننده (Separator) می‌شوند.

۱۲) تاثیر عامل فشار بر میزان Circulation

در اثر افزایش فشار اختلاف دانسیته بین دو فاز آب و بخار (که عامل اصلی Circulation می‌باشد) کمتر شده و میزان Circulation کاهش می‌یابد. این روند ادامه دارد تا جایی که دیگر در فشارهای بالاتر از 160 bar Natural Circulation نداریم.

- تغییرات فشار در داخل دیگ بخار با تبدیل آب به بخار (یا بالعکس) تصحیح می‌شود.

http://www.mohandes-iran.com

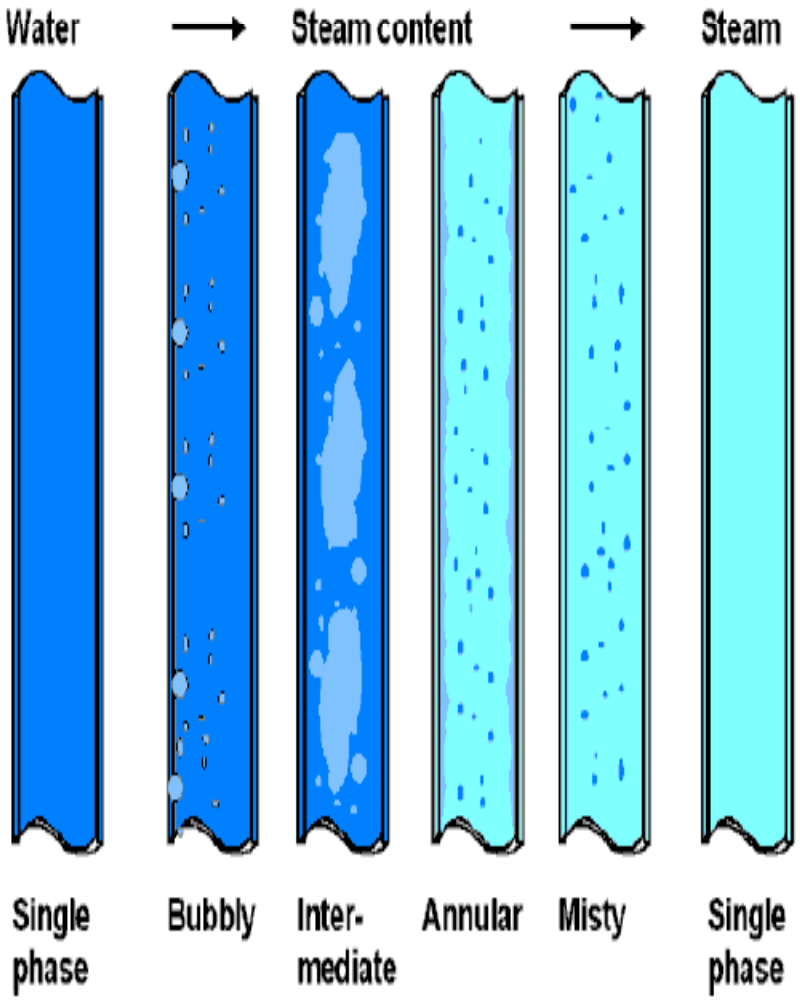


Figure 17: Different types of water/steam flow during the boiling process [1].

http://www.mohandes-iran.com

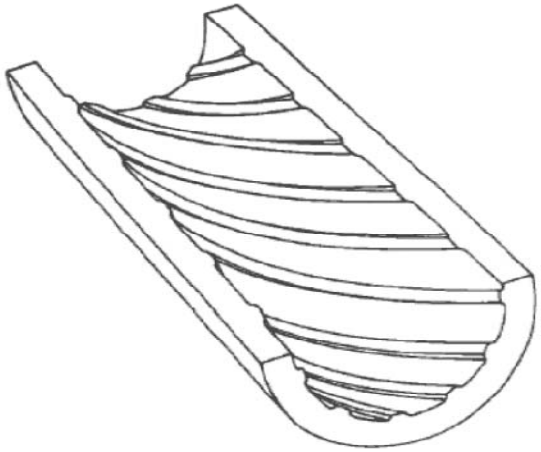


Figure 26: Sketch of a spiral wall tube

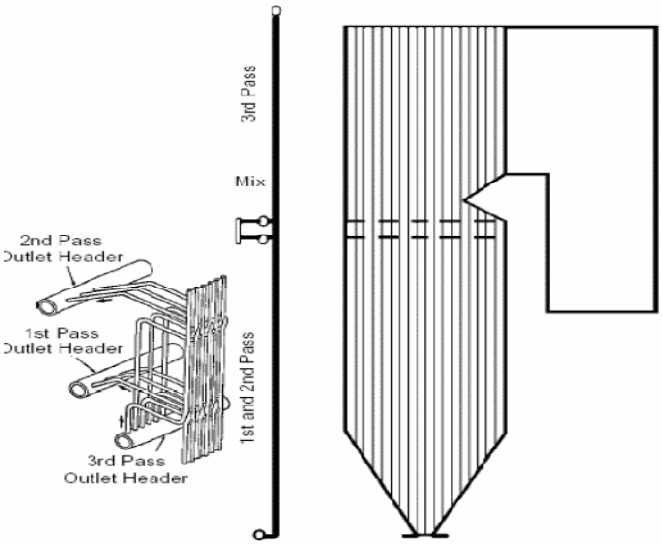


Figure 27: Multiple pass furnace design

http://www.mohandes-iran.com

۱۳) دیگ بخارهای Fire Tube

در نسل جدید دیگ بخارها کوره به صورت آکاردئونی می‌باشد.

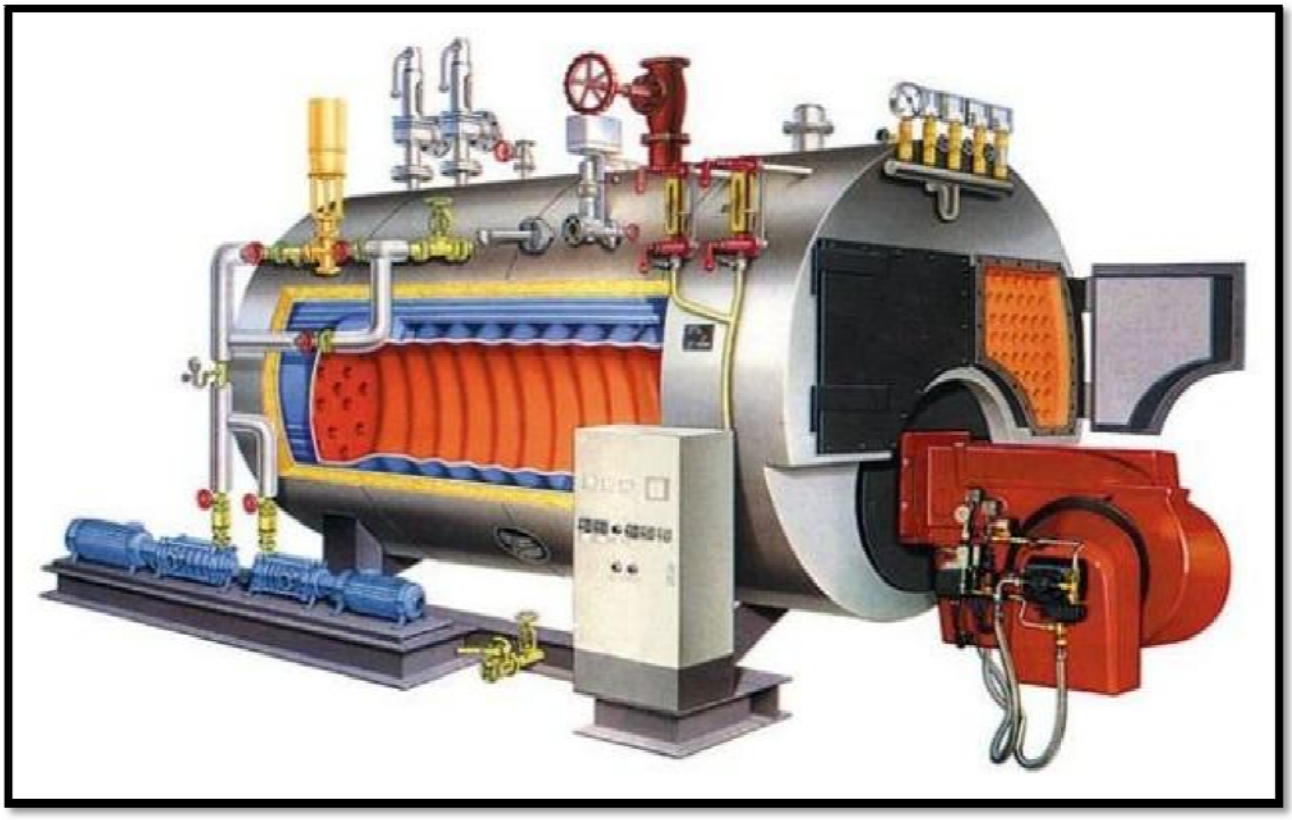
به علت بالا رفتن فشار، از فشار 14 bar به بالا دیگر محاسبات مکانیکی جواب نمی‌دهد. به علت درجه حرارت بالای کوره، در دیواره آن مقدار زیادی Expansion ایجاد می‌شود که با آکاردئونی کردن دیواره کوره تنش حرارتی ایجاد شده را جذب می‌کنند. (شکل صفحه بعد را ببینید)

در فشارهای پایین‌تر از 14 bar کوره با دیواره صاف می‌تواند کاربرد داشته باشد.

در Fire Tubeها کوره به عنوان پاس اول (Pass 1) محسوب می‌شود.

محل عبور دود از pass 2 به pass 3 با نسوز پوشانده می‌شود.

دیگ‌های بخار جدید عمدتا ۳ پاسه (3 pass) هستند.



در انتهای کوره (مقابل شعله) صفحه‌ای وجود دارد که به واسطه یک سری لوله نگه داشته می‌شود. یک سر این لوله‌ها به صفحه مذکور و سر دیگر به انتهای دیگ بخار متصل است.

http://www.mohandes-iran.com

در تصویر بالا حدفاصل پاس ۲ به ۳ دیده می‌شود. همانطور که نشان داده شده است تعداد لوله‌های پاس ۳ از پاس ۲ کمتر است. چون دمای دود کاهش می‌یابد و دانسیته کمتر می‌شود. برای داشتن سرعت یکنواخت، تعداد لوله‌های پاس ۳ کمتر می‌باشد.

۱۴) دیگ‌های لوله مارپیچ

http://www.mohandes-iran.com

از این نوع دیگ، به عنوان دیگ‌های روغن داغ استفاده می‌شود. در واقع این دیگ‌ها از نوع Water Tube هستند.

دیگ‌های بخار قطارها نیز از این نوع هستند. به خاطر در حرکت بودن قطار، در دیگ‌های Fire Tube لمبر ایجاد می‌شود که این باعث خاموش شدن دیگ بخار می‌شود. لذا در قطارها از دیگ‌های Fire Tube نمی‌توان استفاده کرد.

۱۵) دیگ‌های زباله سوز

http://www.mohandes-iran.com

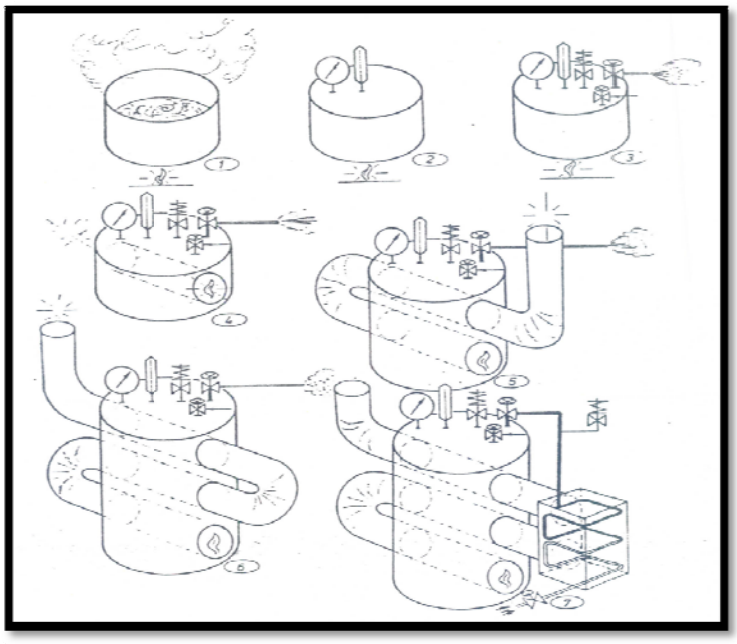
شکل بالا طرح قدیمی دیگ‌های لوله دودی را نشان می‌دهد که برای زباله‌سوزها بسیار ایده‌آل هستند.

http://www.mohandes-iran.com

۱۶) دیگ‌های لوله دودی عمودی

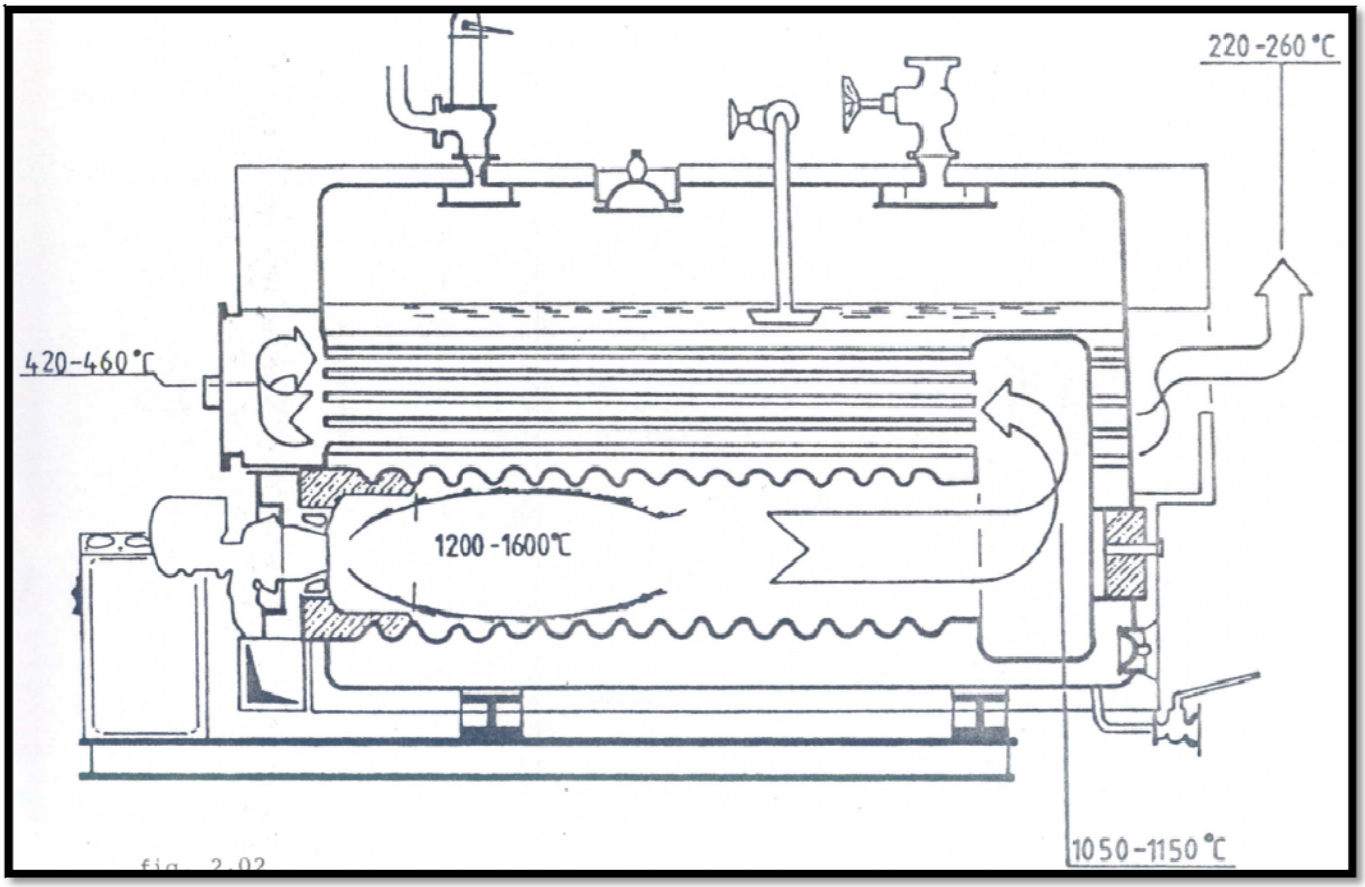
نمایی از یک دیگ Fire Tube عمودی در شکل بالا دیده می‌شود. دیگ‌های عمودی ۱ یا ۲ پاسه هستند. دیگ‌های بخار کشتی‌ها از این نوع هستند.

نمایی ساده از پاس‌های مختلف دیگ بخار



http://www.mohandes-iran.com

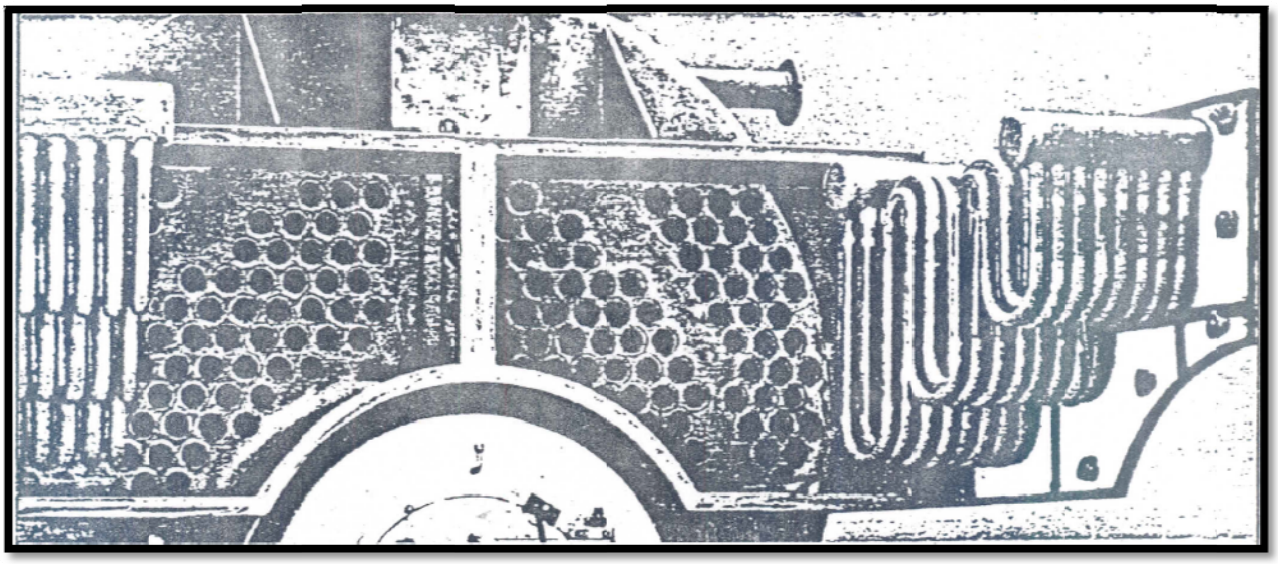
محدوده دمای دود در قسمت‌های مختلف دیگ Fire Tube



چند نکته

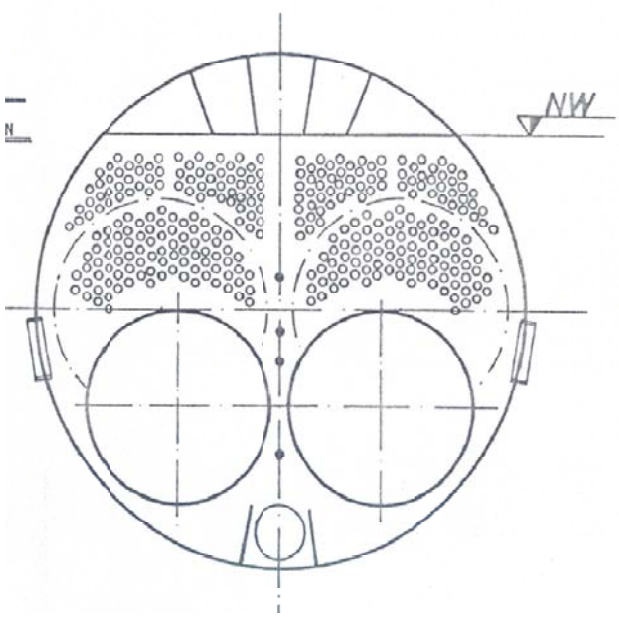
- در دیگ بخارها دمای دود خروجی از Stack نباید از دمای نقطه شبنم دود کمتر باشد. برای پایین آوردن دمای دود خروجی از دیگ بخار معمولا از Economizer استفاده می‌شود.
- یکی از محل‌های نصب Super Heater ، بین پاس ۲ و ۳ می‌باشد. سوپر هیترهای کوچکتر را می‌توان اینجا قرار داد. در دیگ بخارهای قدیمی ۵ تا ۶ درجه بیشتر نمی‌توانستیم بخار را سوپر هیت کنیم. و این به خاطر محدودیت جا برای نصب سوپر هیتر بود.

http://www.mohandes-iran.com



- در دیگ بخارهای جدید این مورد را اصلاح کرده‌اند. بین پاس ۱ و ۲ LMTD پایین بوده و بهترین مکان برای نصب سوپرهیتر است.
- یکی از مشکلات دیگ‌های Fire Tube، expansionهای متفاوت در پاس‌های مختلف و در نتیجه ایجاد تنش‌های حرارتی است.

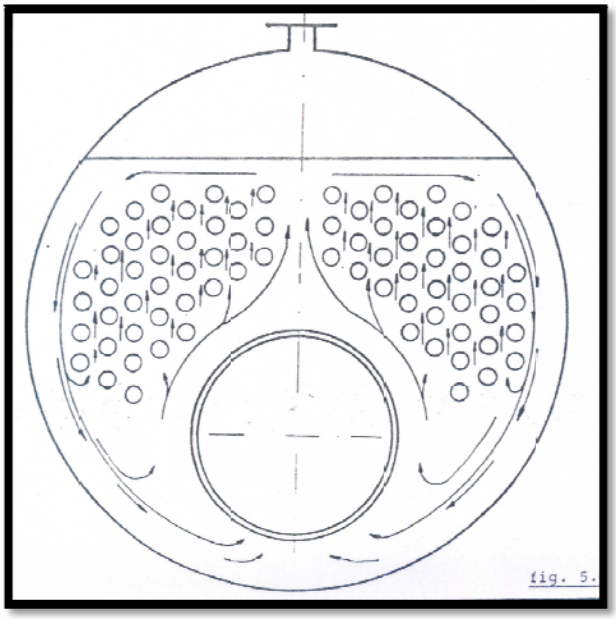
نمایی از یک دیگ دو مشعله



Circulation در دیگ **Fire Tube**

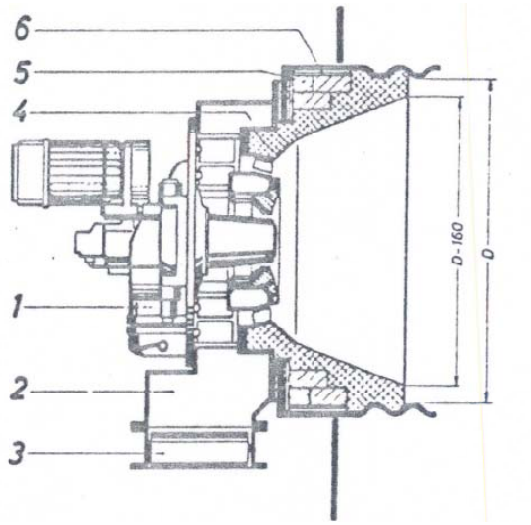
http://www.mohandes-iran.com

در Fire Tubeها چون آب داخل لوله نداریم، Circulation Ratio خیلی معنی ندارد و نمی‌توان مقدار آن را محاسبه کرد. شکل زیر جهت چرخش آب را داخل دیگ نشان می‌دهد.



مشعل‌های دوار Rotary Cap

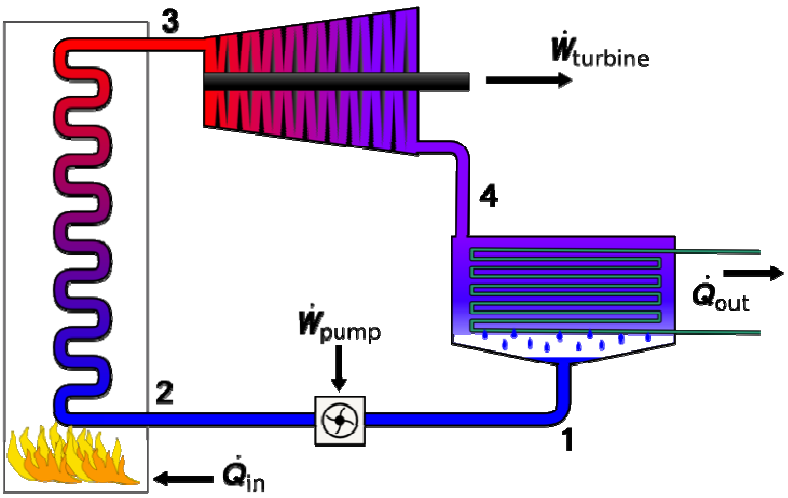
در حالت‌هایی که دیگ، گاز سوز و یا گازوئیل سوز است، به مشعل دوار احتیاجی نیست. اما برای سوخت‌هایی نظیر مازوت، زباله‌های مایع با ویسکوزیته بالا و یا حتی پی و چربی حیوانات، مشعل‌های دوار (Rotary Cap) بسیار کارآمد هستند و این کلیدی است که Fire Tube را به زباله سوز مایع تبدیل می‌کند.

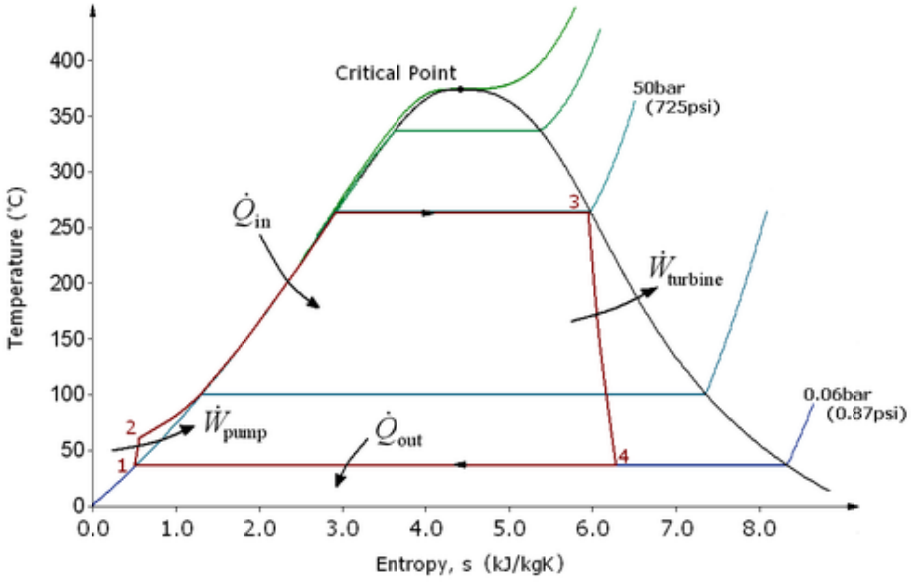


http://www.mohandes-iran.com

سیکل رانکین

همانطور که در بخش قبل گفته شد نیروگاه ها از سیکل رانکین تبعیت می کنند. راندامان ایده ال این سیکل ۴۰ درصد می باشد.





سطوح زیر نمودار T-S موارد زیر را مشخص می کنند:

- سطح زیر نمودار ۱-۲-۳ بیانگر گرمای دریافت شده (Qh) در دیگ بخار است.
- سطح زیر نمودار ۱-۴ بیانگر گرمای از دست رفته در Condenser است.

http://www.mohandes-iran.com

- سطح محصور در نمودار ۱-۲-۳-۴ کار مفید را نشان می دهد.
- نسبت کار مفید به گرمای دریافت شده (Qh) راندمان دیگ بخار را نشان می دهد.

توربین

توربین ها بهتر است در محدوده Super Heat کار کنند. وجود ذرات آب در بخار ورودی به توربین موجب آسیب دیدگی پره های توربین خواهد شد.

هرچه میزان Super Heat بودن سیال بیشتر باشد، کار بیشتری تولید می شود.

پره ها در ابتدای توربین فشرده هستند. هرچه در توربین جلوتر میرویم، پره ها باز و بزرگتر میشوند. چون فشار در طول توربین کاسته می شود و در نتیجه حجم مخصوص آن بالا می رود. لذا فضای بیشتری مورد نیاز است.

تنها محدودیت در میزان Super Heat شدن سیال، محدودیت مقاومت مواد بکارگرفته شده در لوله های Super Heater می باشد. از طرف دیگر بکار گیری آلیاژهای گران قیمت به عنوان لوله های Super Heater نیز مقرون به صرفه نیست. وظیفه مهندسان ارائه راه حلی اقتصادی است.

Pre-Heater

http://www.mohandes-iran.com

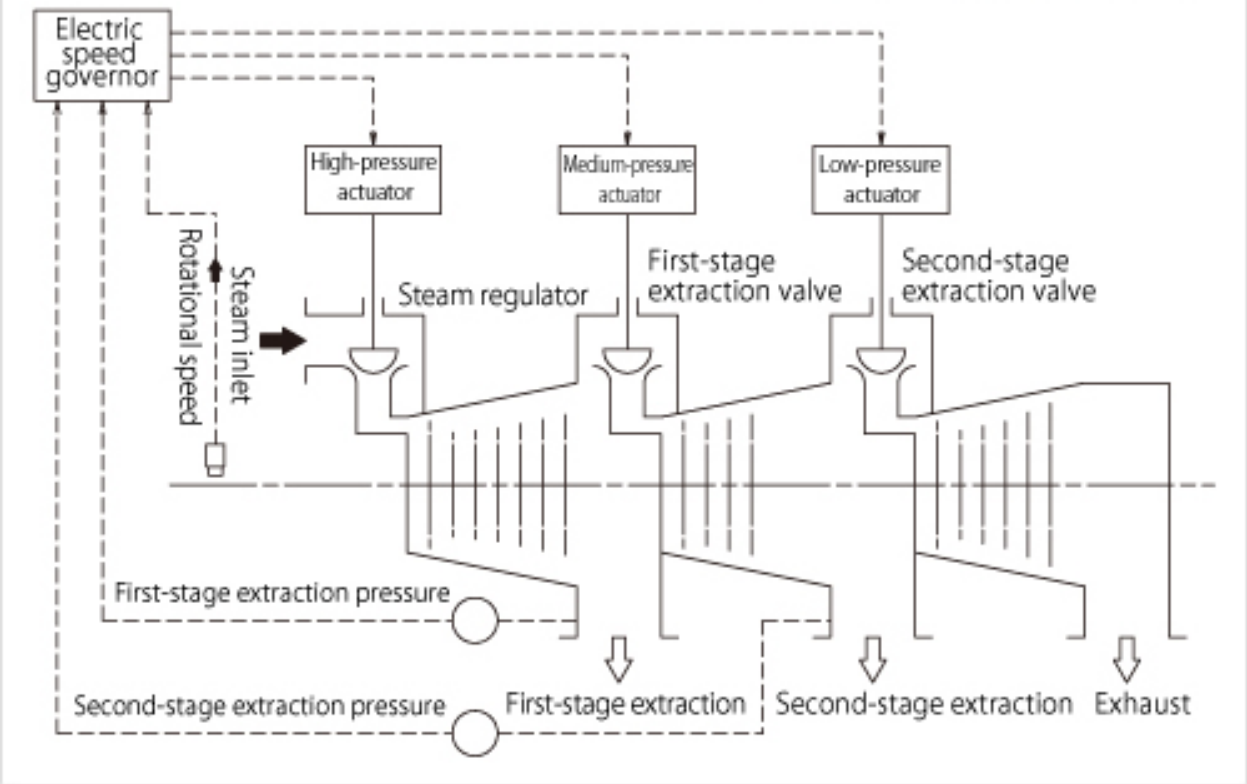
توربین ها محدودیت در دبی و فشار ورودی دارند. لذا در توربین های نیروگاهی یک، دو و یا سه Extract می توان از توربین خارج کرد. به این معنی که بخار با فشار بالا وارد توربین می شود. سپس بخشی از آن را خارج کرده و آن را وارد Pre-Heater می کنیم.

هنگامی که ظرفیت توربین پایین باشد extract وجود ندارد.

یکی از پارامترهای مهم در توربین این است که نباید بیشتر از ۱۰ درصد آب در بخار اشباع وجود داشته باشد.

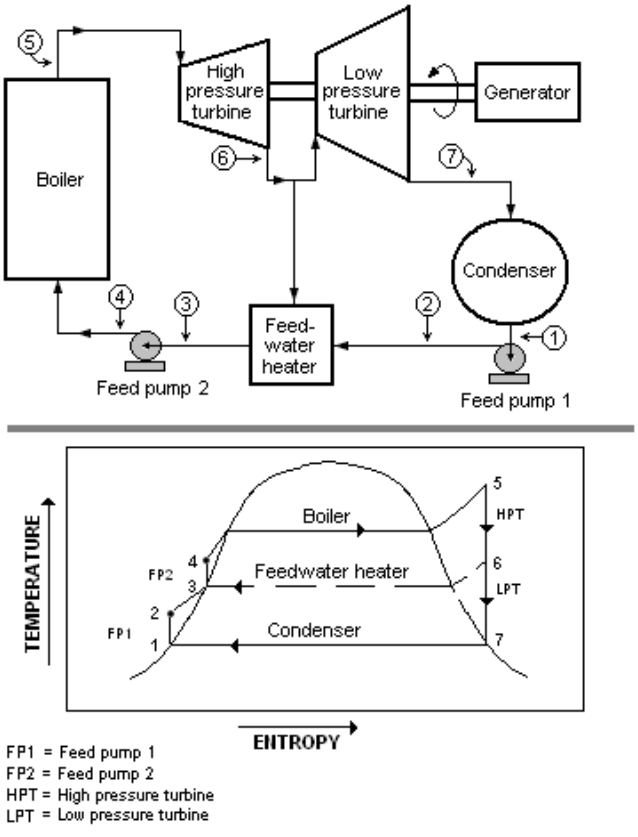
بخار extract شده وارد Pre Heater می شود. با این کار از مقدار QL کاسته می شود و راندامان افزایش می یابد.

این عمل باعث پیش گرم شدن آب ورودی به دیگ بخار می شود و در نتیجه راندمان سیکل بالا می رود.



Pre heater هایی که پر فشار هستند دارای کله گی کروی هستند. همانطور که در شکل زیر دیده می شود Pre Heater هایی که در سمت چپ هستند پرفشار و سمت راستی کم فشار است.

http://www.mohandes-iran.com



الزام وجود Open Heater (Steam Deaerator)

Pre heater ی که دو ورودی و یک خروجی داشته باشد را Open Heater می گویند.

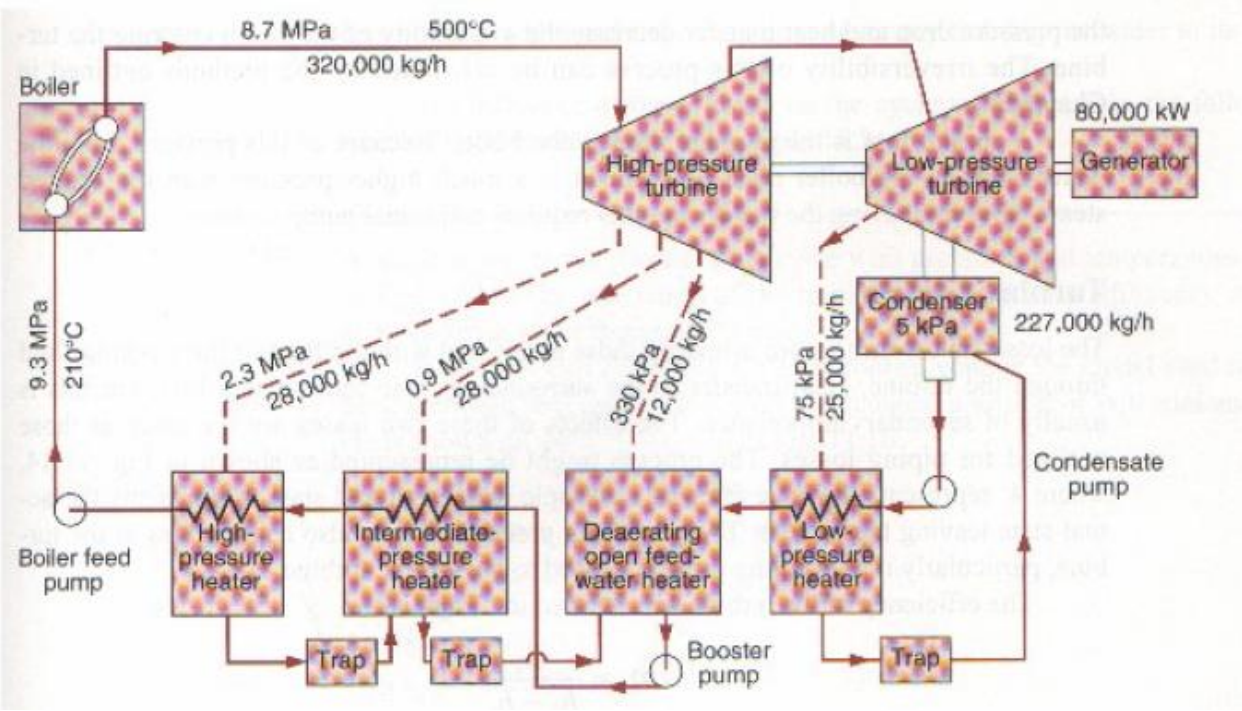
http://www.mohandes-iran.com

به دلایل زیر وجود Open Heater در سیکل های نیروگاهی الزامی است:

۱- هوازدایی
۲- چنانچه بخواهیم آب تازه را وارد سیکل کنیم می بایست از محل Deaerator وارد شود
۳- تامین Npsh مورد نیاز پمپ ها نیاز به مخزنی دارد که Deaerator وظیفه آن را برعهده می گیرد
۴- تامین زمان Hold Up

شکل زیر ترتیب قرارگیری Low, Medium, High Pressure Heater و همچنین Deaerator را در یک سیکل نیروگاهی نشان می دهد.

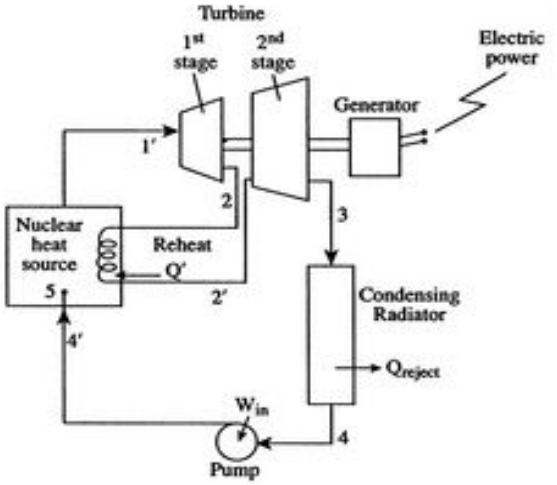
همانطور که دیده می شود هیتر هایی که قبل از Deaerator قرار می گیرند Low Pressure و آنهایی که بعد از آن قرار می گیرند intermediate and High pressure هستند.

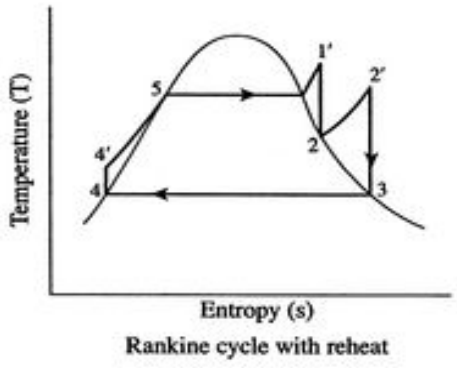


Pre-Heater نسبت به Eco ارجحیت دارد. چرا که Pre-Heater برای گرم کردن بخار به کار می رود. حال آنکه Eco برای گرم کردن آب ورودی به دیگ بخار استفاده می شود.

http://www.mohandes-iran.com

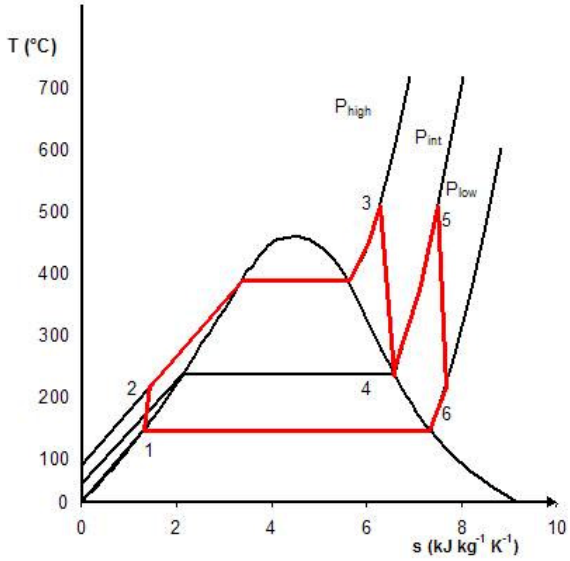
تعداد توربین ها می تواند تا سه عدد افزایش یابد. توربین پرفشار، فشار متوسط و کم فشار. اضافه شدن هر توربین، یک نقطه پیک به نمودار T-S اضافه می کند. به طور مثال شکل زیر نشانگر یک سیکل نیروگاهی با دو توربین است. نقاط 1′-2 و 2′-3 کار توربین ها را نشان می دهد.





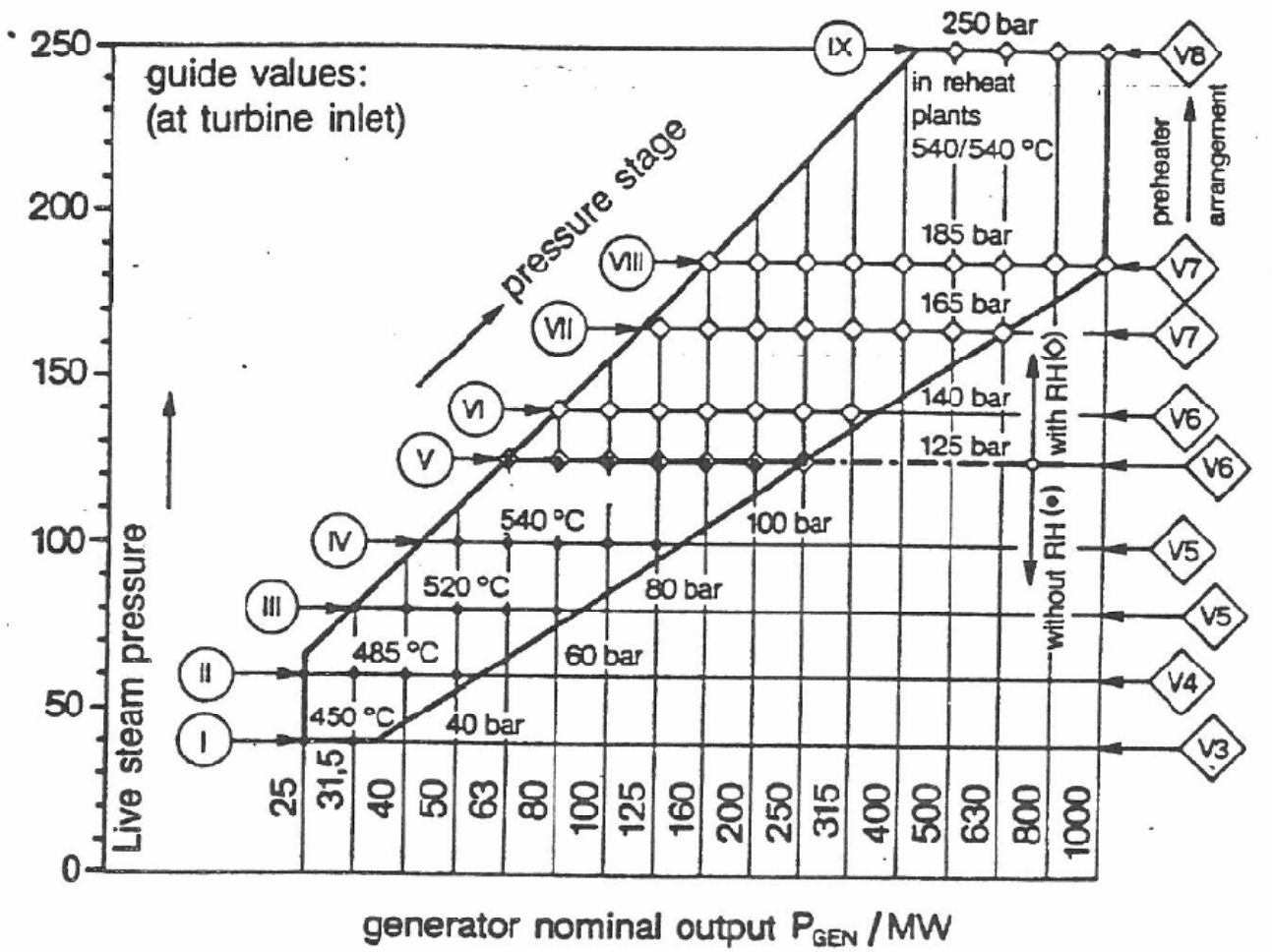
Rankine cycle with reheat

T-s diagram for steam

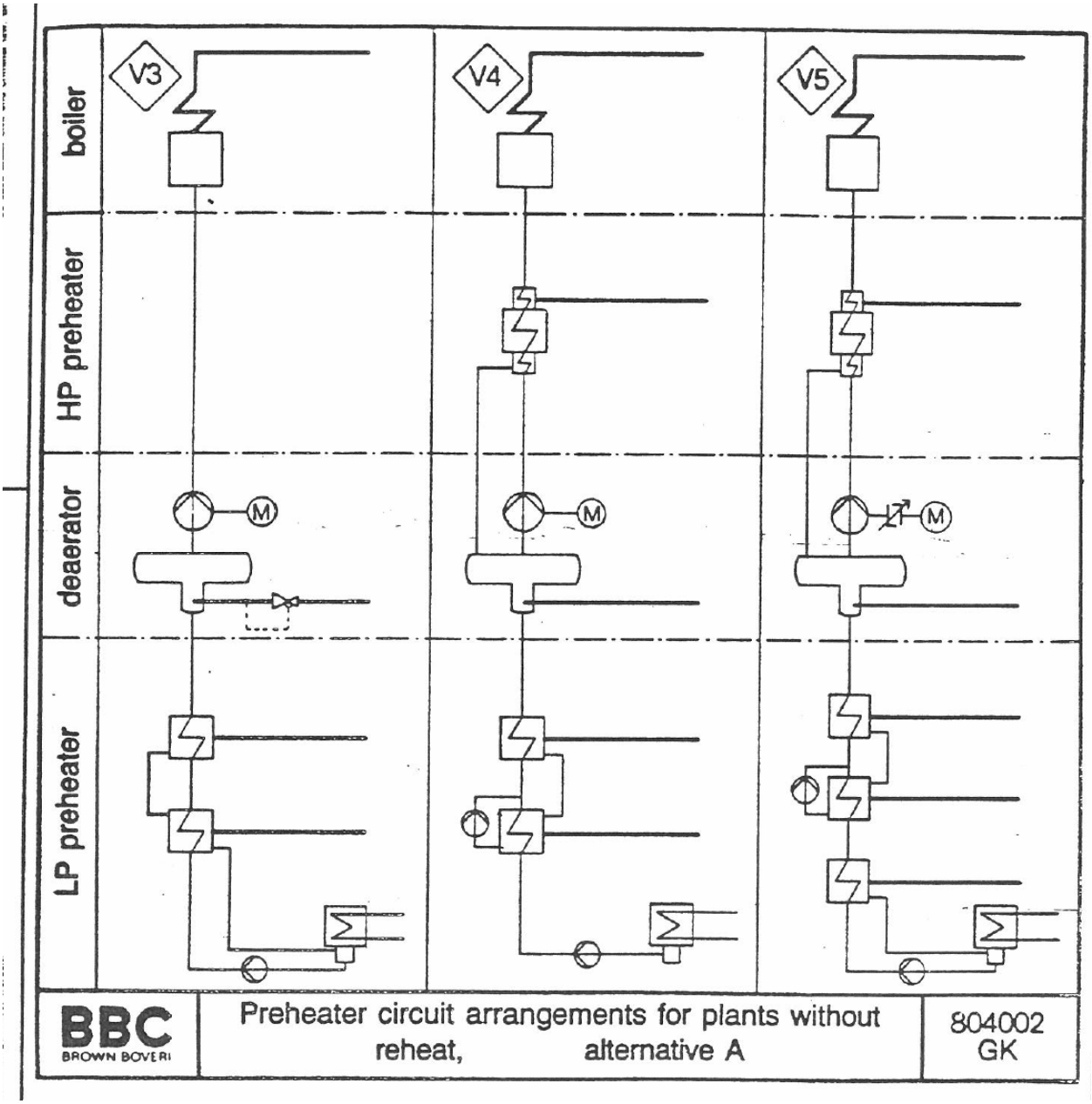


http://www.mohandes-iran.com

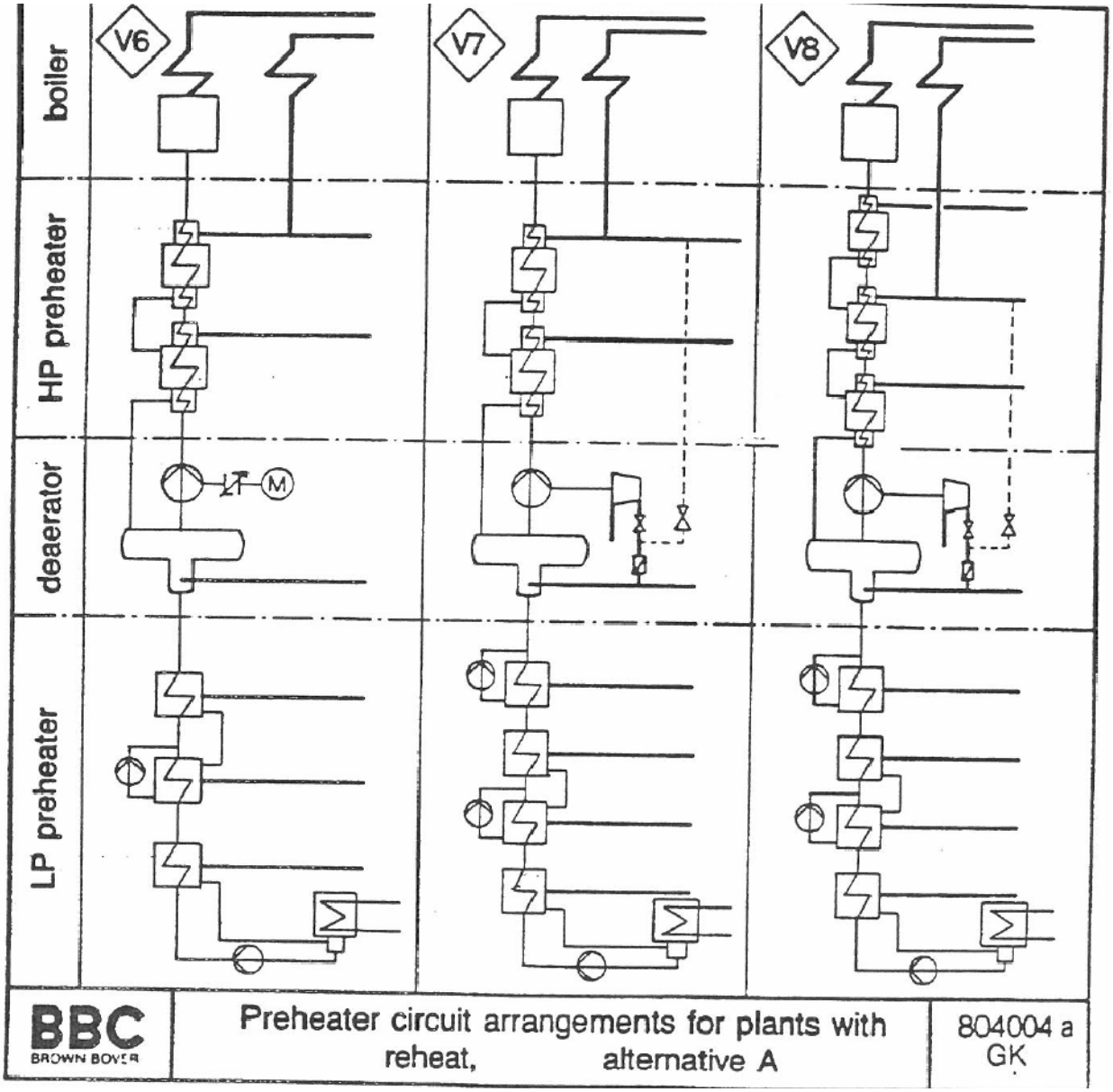
یک از نمودار های جزوه BBC Page 65 مربوط به انتخاب تعداد و نوع Heater برای انواع سیکلهای نیروگاهی می باشد.



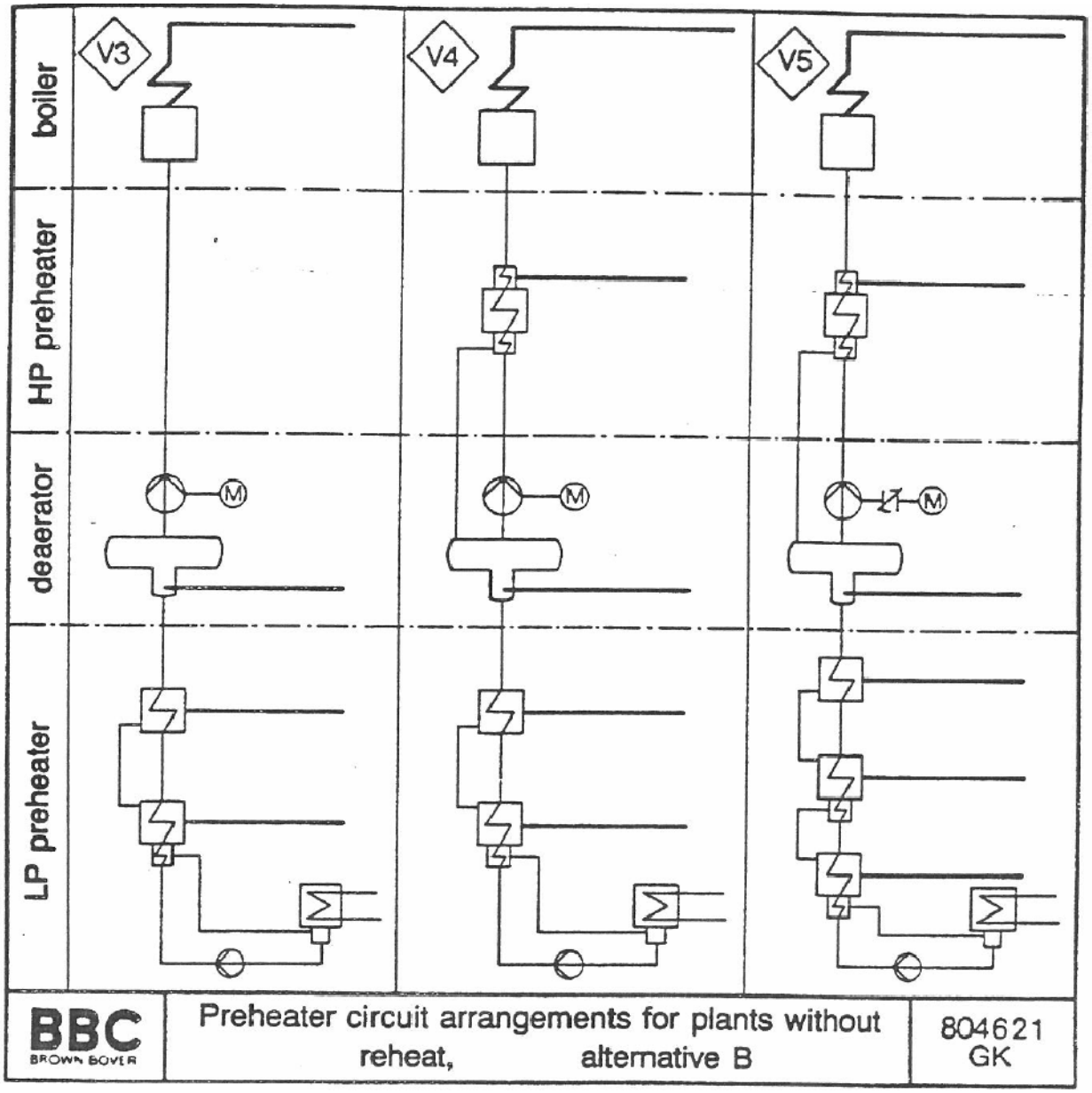
http://www.mohandes-iran.com



http://www.mohandes-iran.com



http://www.mohandes-iran.com

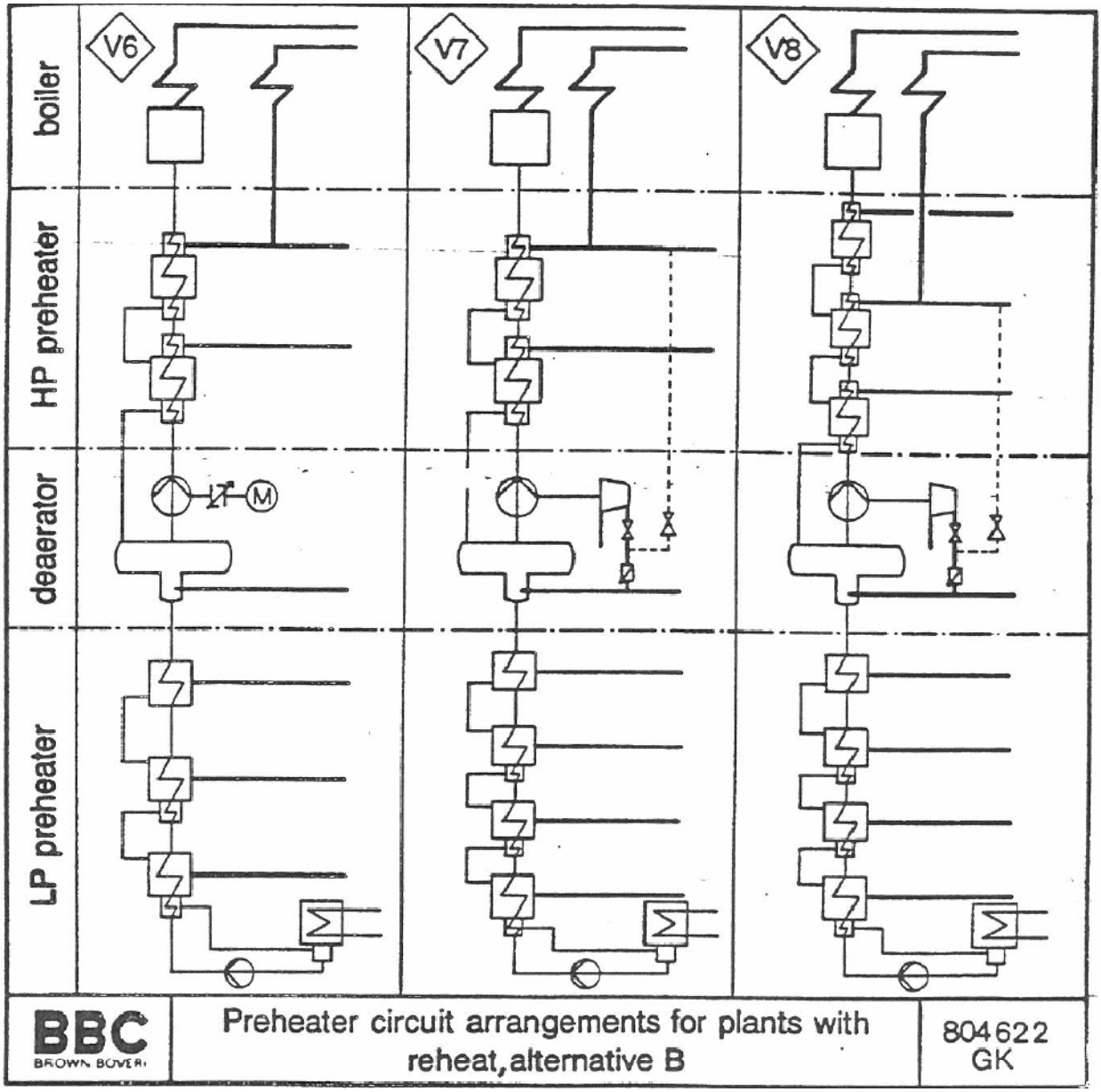


BBC BROWN BOVERI

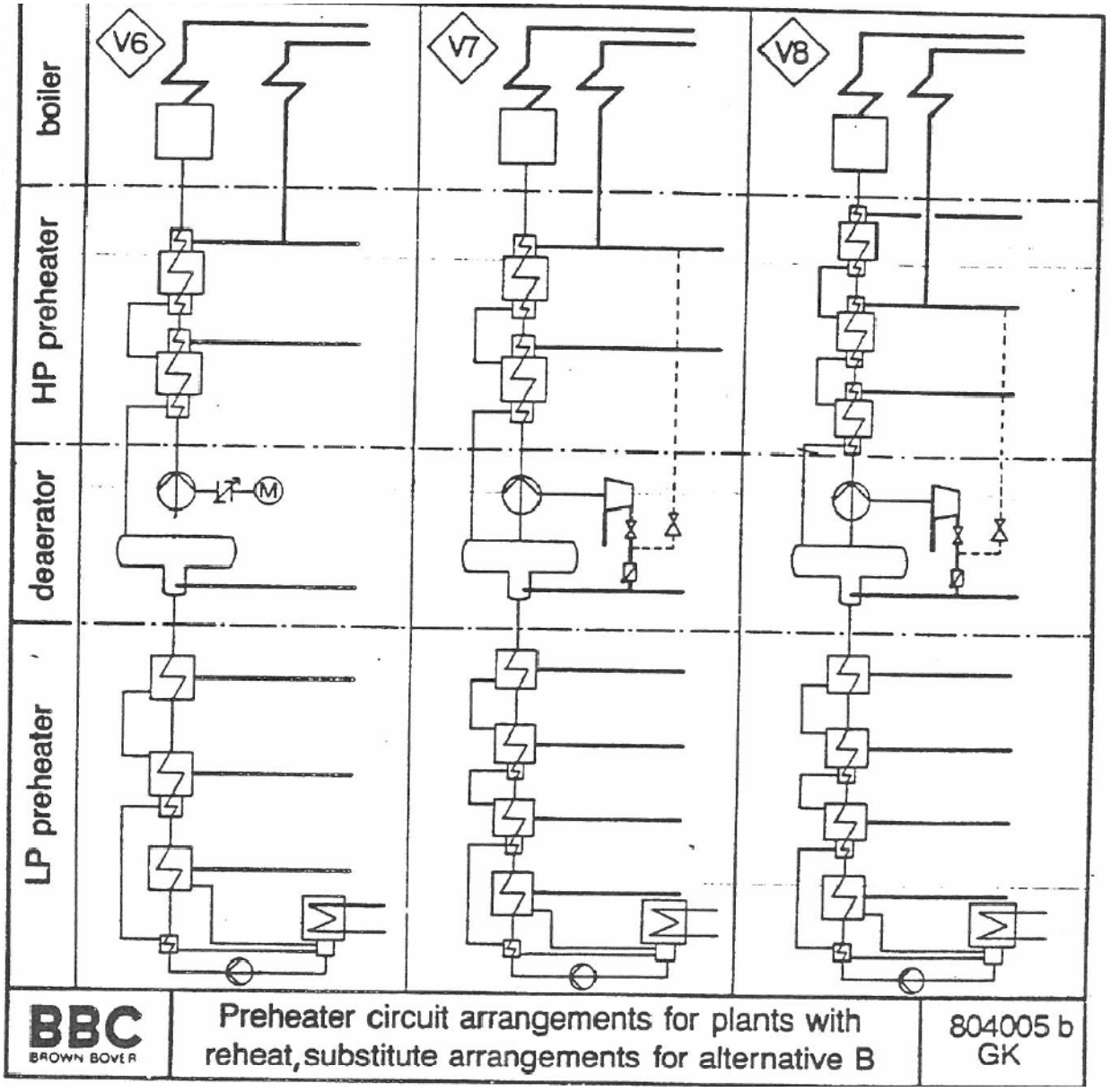
Preheater circuit arrangements for plants without reheat, alternative B

804621 GK

http://www.mohandes-iran.com



http://www.mohandes-iran.com



http://www.mohandes-iran.com

مباحث این جلسه پیرامون اسکلت و فیزیک کلی دیگ بخارهای مدل SC از شرکت babcok می باشد.

مشخصات کلی مدل SC

این مدل از مدل های قدیمی اما بسیار پیشرفته می باشد که از نظر حجم و سطح حرارتی تا حد زیادی بهینه شده است. یکی از قابلیت های جالب از این مدل Bottom Support بودن آن می باشد و در نتیجه فضای کمتری را اشغال می کند و حتی امکان استفاده از آن در کشتی ها و مکان های با فضای کم فراهم می شود.

نکته: دیگ بخارهای نیروگاهی به علت افزایش طول زیاد در اثر گرما از بالا ساپورت می شود و به همین علت نیازمند به فضای زیادی برای ایجاد سازه ی مناسب برای آن می باشد.

مدل SC بر خلاف دیگ بخار های نیروگاهی که فقط یک Drum برای بخار دارند، دارای دو Drum است. Drum بالایی برای بخار و Drum پایینی برای آب.

البته در مواردی با استفاده از چهار Drum هم می توان حجم دیگ بخار را کاهش داد که می تواند در کشتی ها و .. مورد استفاده قرار گیرد. در حقیقت با افزایش تعداد Drum ها نسبت سطح به

http://www.mohandes-iran.com

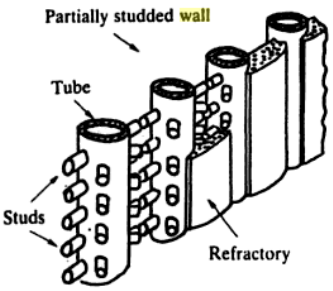
حجم در دیگ بخار بالا می رود. در دیگ های کشتی از سه درام بخار و یک Mud Drum استفاده می شود.

ویژگی های دیگ بخار های SC

به غیر از حجم کم و skid mounted بودن این دیگ بخار دارای ویژگی های فنی به شرح زیر می باشد

۱- حجم زیادی از Tube : ویژگی اصلی این دیگ ها این است که تعداد زیادی لوله بین دو درام دیگ وجود دارد. این حجم زیاد لوله دو درام را بدون ساپورت به هم متصل میکند.

۲- داشتن Water wall : در کوره های اولیه بین لوله ها را نسوز قرار می دادند که باعث کاهش ضریب تشعشع و همچنین اتلاف انرژی می شود. در این دیگ بین لوله های فین وجود دارد که یک دیوار عایق ایجاد می کند که در پشت آن آب وجود دارد.



Space between tubes sealed by refractory pounded onto steel studs welded to the tubes

http://www.mohandes-iran.com

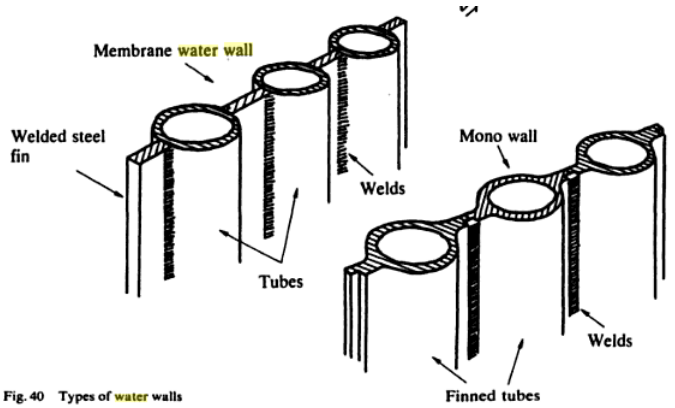
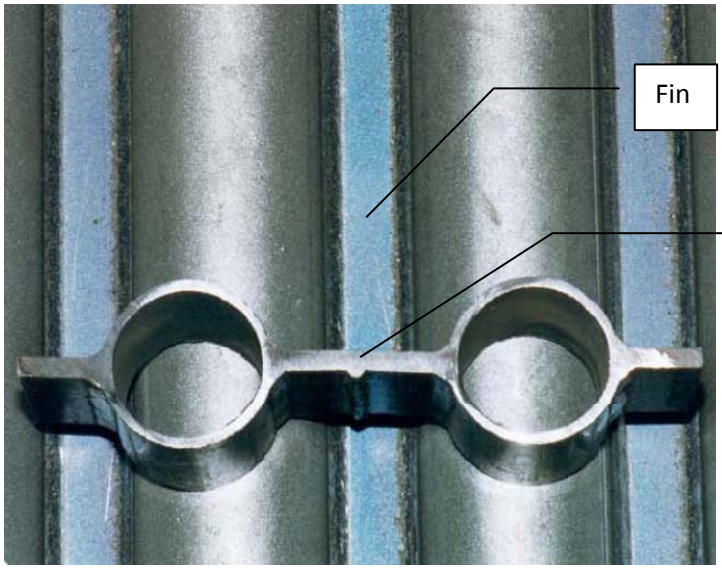


Fig. 40 Types of water walls



مزایای فین دار بودن به شرح زیر می باشد:

۱- فین باعث می شود که تمام تشعشع جذب شود.

۲- Water Wall باعث می شود تا دمای لوله برابر شود با دمای اشباه + ۵ درجه.

۳- با توجه به کاهش دمای سطح لوله میزان جذب انرژی تشعشع ای افزایش می یابد. (چون اختلاف دمای سطح لوله و شعله افزایش پیدا میکند. مطابق فرمول زیر)

$$P = A\varepsilon\sigma\,\Delta T^4$$

نکته: water wall باید کاملا سیل باشد در غیر این صورت گاز از سوراخ های آن خارج می شود و باعث سرخ شدن دیواره های دیگ می شود. برای اطمینان از سیل بودن دیگ میباید Air Leakage Test انجام شود.

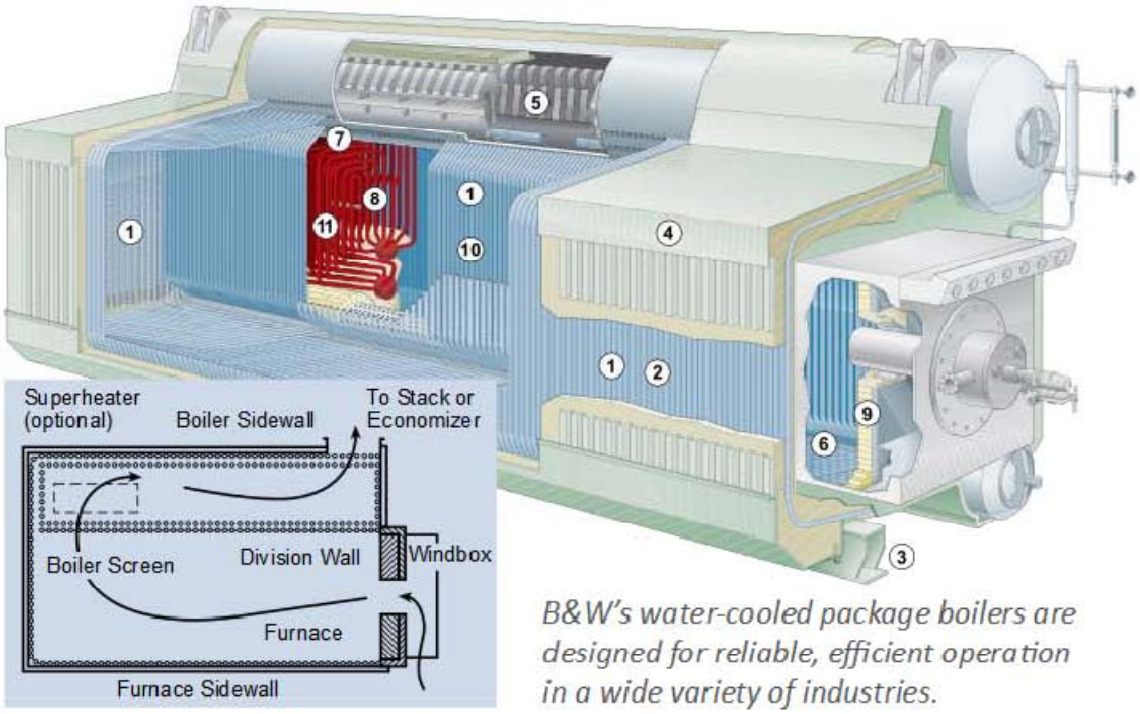
http://www.mohandes-iran.com

چرا دیگ های قدیمی دارای فین نبوده است.؟!

فین های ورق هایی با عرض کم و طول زیاد هستند که جوشکاری آن باعث انحنا می شود. علاوه بر آن water wall نیاز به حجم بالای جوشکاری دارد. امروزه از دستگاه های مخصوص برای جوشکاری فین ها استفاده می شود که تعداد زیادی فین به صورت هم زمان و موازی جوشکاری می شود تا از تاب برداشتن آن ها جلوگیری شود.

بررسی قسمت های مختلف مدل SC

علت نام گزاری این دیگ با حرف C به علت این می باشد که دود در آن به شکل حرف C می باشد. یک حرکت رفت و برگشتی از ابتدای دیگ تا انتها و بر عکس مطابق شکل زیر.



B&W's water-cooled package boilers are designed for reliable, efficient operation in a wide variety of industries.

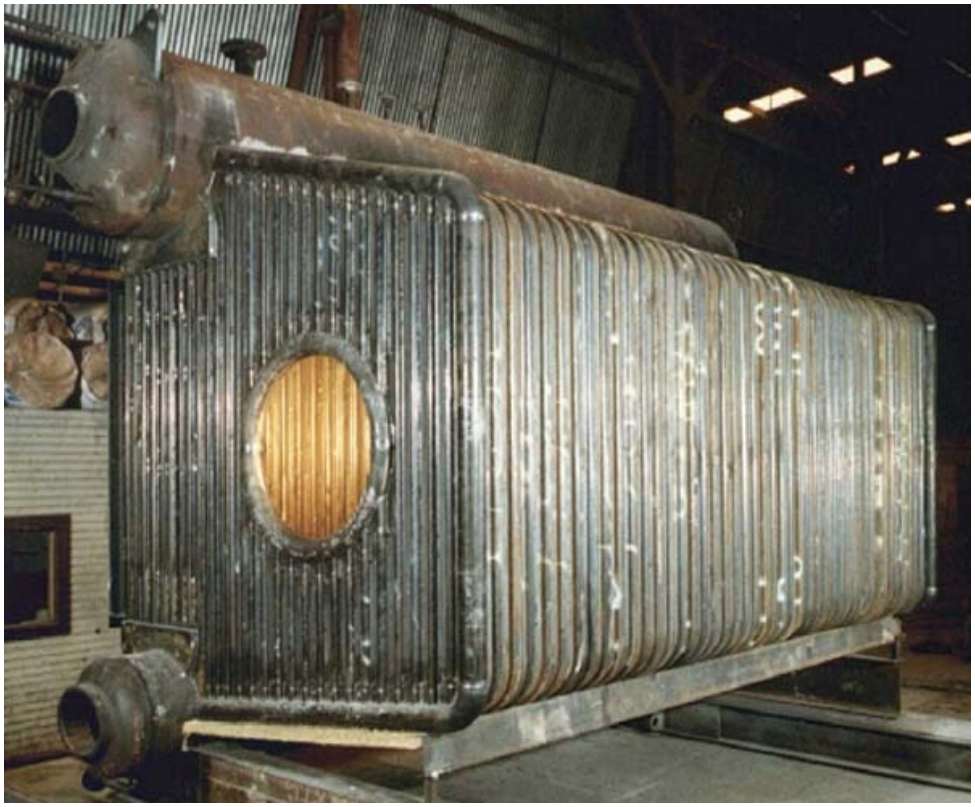
1) Furnace wall water cooling
2) Gas-tight setting membrane
3) rugged steel-base frame
4) Outer lagging

http://www.mohandes-iran.com

5) Drum internals
6) Water wash troughs and drains
7) Grooved tube seats
8) Sootblowers
9) Front wall - re brick
10) Membraned division wall
11) Superheaters

- در این کوره مشعل از کنار به داخل کوره وارد می شود و می توان یک شعله بلند و باریک تولید کرد. (منطقه ۹)
- کف قسمت کوره درست بر روی لوله ها عایق کاری می شود تا شعله به لوله ها برخورد نکند. زیرا در این قسمت لوله ها به صورت افقی هستند و در اثر جاذبه مایع در قسمت پایین لوله قرار دارد و بخار داخل آن ها در قسمت بالایی قرار دارد که دارای نرخ پایین انتقال حرارت می باشد و اگر در معرض تابش قرار گیرد دمای سطح لوله بالا می رد و باعث از بین رفتن لوله می شود. این خطر برای لوله هایی که در بالای کوره قرار دارند و شعله با قسمت پایینی آنها برخورد می کند وجود ندارد.
- قسمت انتهایی کوره (روبروی مشعل) نیز می تواند دارای water wall باشد که معمولا در ظرفیت های بالا می باشد. در کوره های کوچک لوله ها را به صورت مثلثی آرایش می دهند و در کوره های بزرگ از یک هدر استفاده میکنند که لوله ها به آن متصل می شود.
- برای دیواره ای که مشعل قرار دارد نیز water wall در نظر گرفته می شود. در این حالت لوله ها فرم داده می شود تا برای ورد مشعل فضا ایجاد شود و یا این که از یک هدر مانند شکل استفاده می شود.

http://www.mohandes-iran.com



- در قسمت انتهایی کوره باید امکان چرخش دود فراهم شود (محدودی جلوی قسمت ۱۱) برای همین لوله های این قسمت بدون فین هستند و برای جلوگیری از فزایش سرعت دود و فراهم کردن فضای بیشتر برای عبور دود لوله های این قسمت Stagger می شود. لوله های به صورت یکی در میان فرم داده می شود و به عقب کشیده می شود تا فاصله بین آنها بیشتر شود.

(لوله های جلویی هم در معرض تشعشع قرار دارند و هم در اثر عبور دود گرم می شود بنابراین این لوله ها در شرایط بحرانی قرار دارند.)

- معمولا ۱۲ یا ۲۰ یا ۲۴ تا از لوله های Staggered هستند.
- در پشت لوله های stagger شده (قسمت ۱۱) دود دارای دمای بالایی است و تشعشع هم وجود ندارد بنابراین لوله های Sootblower در این مکان قرار میگیرد به همین علت این نوع جز Sootblower های کم توان می باشد.

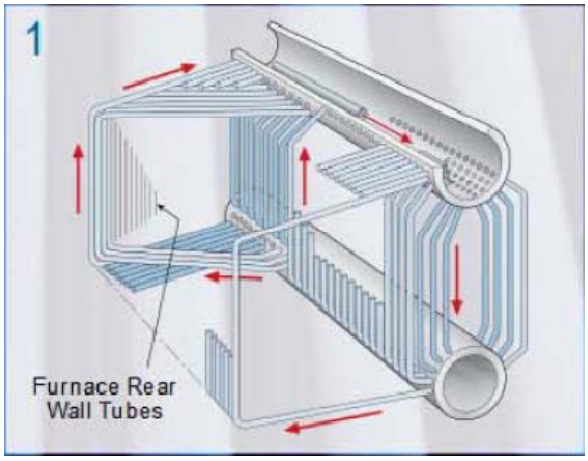
نکته: Soot blower ها به صورت تشعشعی یا جابجایی و یا ترکیبی می باشد.

http://www.mohandes-iran.com

نکته: اگر فاصله بین Screen ها (لوله های Stagger شده) را زیاد کنیم مقداری تشعشع به لوله های میرسد اما با این حال هم ظرفیت پایینی خواهد داشت. دما مورد انتظار ۴۴۰ درجه است اما عملا حدود ۴۰۰ درجه می باشند و به هیچ وجه مثل دیگ های نیروگاهی به ۵۰۰ درجه نمیرسد.

برخی جزییات مدل SC

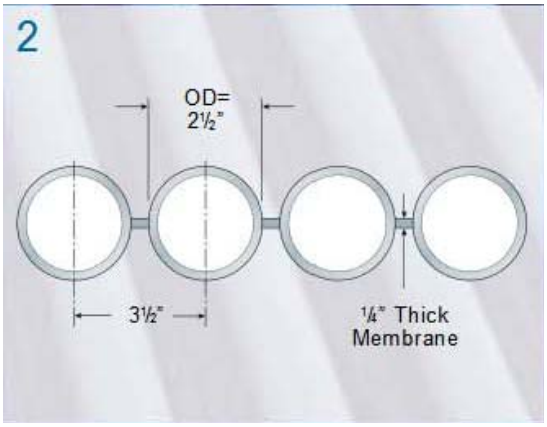
۱- در شکل زیر جهت جریان در لوله های دیگ نشان داده شده است. 1/3 از لوله های Bank را DownComer در نظر می گیریم. در این دیگ لوله های D.C در حال حرارت دیدن هستند لذا Heated Down Comer محسوب می شوند اما در صورت نیاز می توان لوله های اضافی برای D.C به صورت unheated در نظر گرفت.



همان گونه که در شکل مشخص هست یک لوله داخل steam drum وجود دارد. این لوله برای تزریق آب به داخل دیگ می باشد زیر آب در داخل دیگ در حال تبخیر شدن است و در نتیجه سختی آب افزایش می یابد. به همین خاطر همیشه مقداری آب از Mud Drum خارج می شود و می باید این کمبود آب جبران شود. برای این که در سیستم چرخش آب درون دیگ اختلالی ایجاد نشود ار یک لوله بلند سوراخ دار برای تزریق یکنواخت آب استفاده می شود. (آب تزریقی نباید زیر ۱۰۰ درجه باشد).

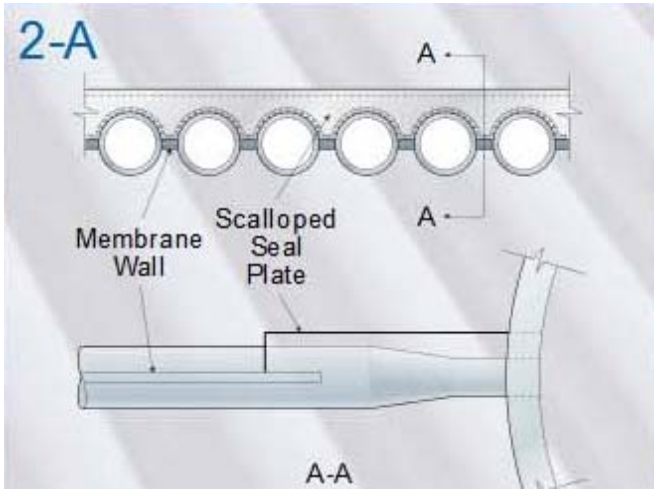
۲- در شکل زیر یک نمونه از ابعاد لوله ها و فین های بین آن مشخص است.

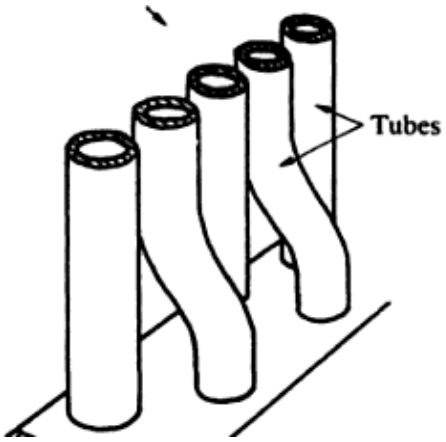
http://www.mohandes-iran.com



۳- لوله ها قبل از اتصال به Drum کاهش قطر می دهند (باریک می شوند) و یا به صورت مثلثی وصل می شوند (staggered) این کار برای افزایش مقاومت مکانیکی Drum می باشد تا سوراخ های کوچکتر و با فاصله بیشتری روی آن ایجاد شود. فین ها (membrane wall) نمی توانند تا انتهای لوله و تا محل اتصال به Drum حرکت کنند بنابراین از Seal Plate عایق کاری شده استفاده می شود. محل اتصال seal plate و لوله برای جلوگیری از آسیب دیدن عایق، آسفالت paint می شود.

۴-

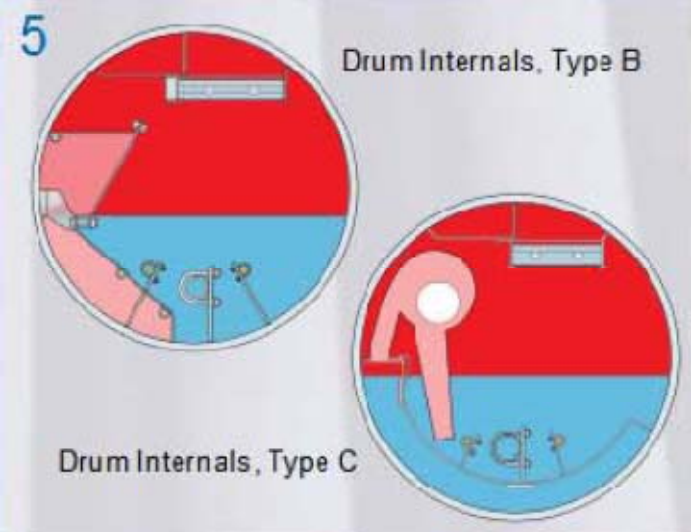




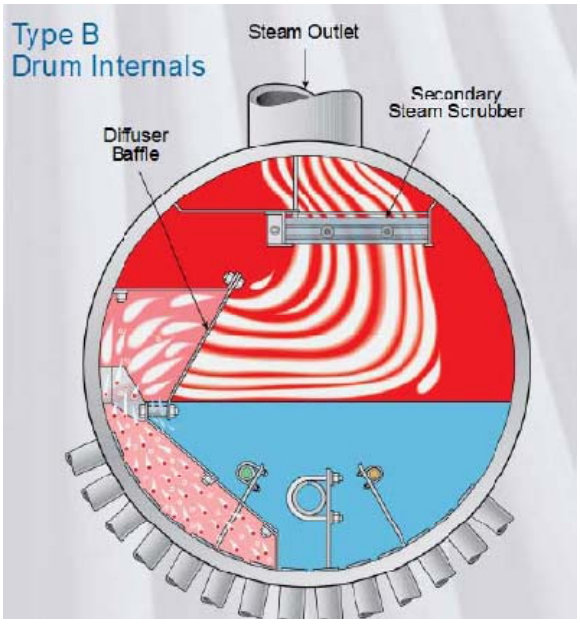
نکته: در دیگ های SC، زیر steam Drum در معرض حرارت جابجایی است که این نکته در طراحی مکانیکی Drum اهمیت دارد.

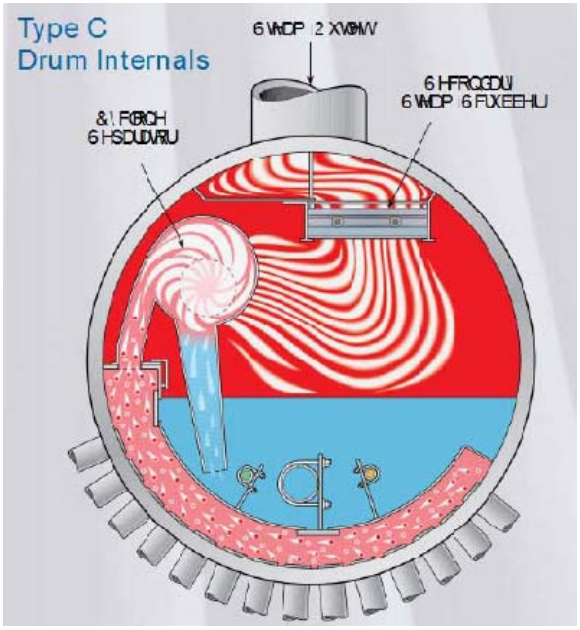
http://www.mohandes-iran.com

۵- در steam drum می باید بخار از آب جدا شود. اگر قرار بود این اتفاق به صورت طبیعی انجام شود نیاز به یک drum بسیار بزرگ داشتیم. در شکل زیر دو نمونه جدا کننده نشان داده شده است. نمونه اول در حد یک Baffle ساده می باشد و مدل پایینی یک Horizontal Separator است.



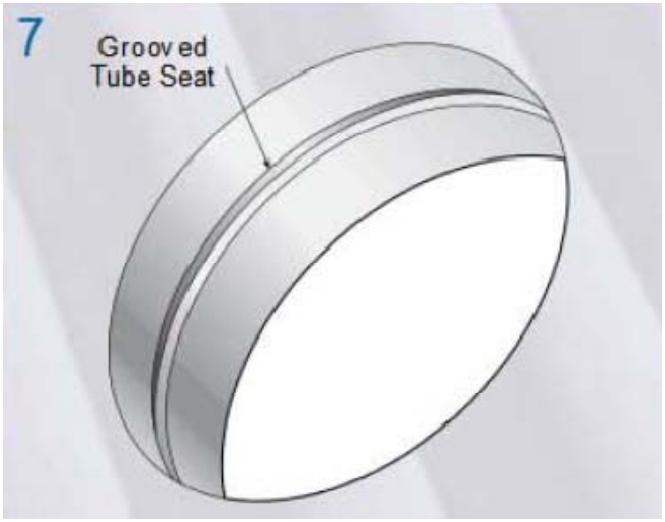
نحویه حرکت جریان آب و بخار در هر کدام از این دو نوع جداکننده در شکل های زیر نشان داده شده است.





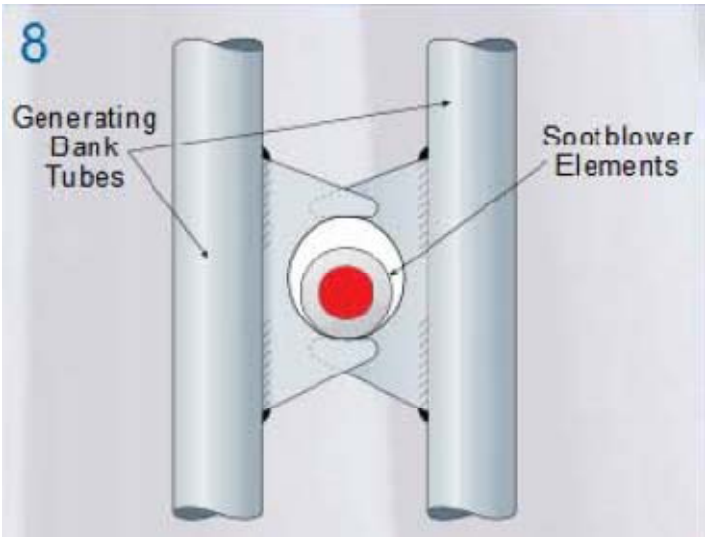
http://www.mohandes-iran.com

۶- شکل زیر نحوی اتصال لوله به drum را نشان می دهد. از یک groove به همراه Expand و بدون جوش کاری برای اتصال لوله ها به drum استفاده شده است.



این نحویه اتصال نشان می دهد که نباید فشار زیادی را از این دیگ انتظار داشت. ماکزیمم فشار 40 bar برای این دیگ ها در نظر گرفته می شود.

۷- شکل زیر نحویه اتصال Sootblower را نشان میدهد.



http://www.mohandes-iran.com

سوخت گازی دوده ندارد و نیازی به قرار دادن sootblower نیست اما در صورت استفاده از گازوییل که دوده کمی دارو و یا مازوت که دوده زیادی دارد می باید از Sootblower استفاده کرد تا دوده جمع شده روی لوله ها را توسط بخار با فشار بالا تمیز کرد.

ظرفیت دیگ های SC

در این دیگها ماکزیمم ۴ مشعل قرار میگیرد. برای هر مشعل ظرفیت ۵۰ تن بخار را می توان فرض کرد. در نتیجه می توان ظرفیت این نوع دیگ ها را نه شرح زیر لیست کرد.

ظرفیت بخار	ماکزیمم ۲۰۰ تن
فشار	ماکزیمم ۴۰ بار
دما	ماکزیمم بین ۴۰۰ تا ۴۴۰ درجه

http://www.mohandes-iran.com

۱۷) مسیر هوای دیگ بخارهای SC

این دیگ بخارها Force Draft هستند. یعنی کوره تحت فشار مثبت است.

در دیگ بخارهای Natural Draft دودکش دارای قطر بسیار بالا و طول خیلی زیاد است. در این حالت در مصرف برق صرفه جویی می‌شود چرا که فن از اجزای با مصرف برق بالا می‌باشد.

در مدل‌های ساده دیگ بخارهای SC فن را در بالای Wind Box قرار می‌دهند.

چرا در گذشته از فن استفاده نمی‌کردند؟

۱) Seal بندی نداشتند و ممکن بود دود خطرناک خارج شود.

۲) قبلا قادر به حل معادلات تشعشع در فشار بالا نبودند، به همین دلیل سعی می‌کردند فشار محوطه دیگ بخار کمی از atm کمتر باشد که معادلات تشعشع صدق کند.

http://www.mohandes-iran.com

شعله

- اگر میزان هوا زیاد باشد شعله از نازل‌ها فاصله می‌گیرد و به اصطلاح می‌گویند شعله می‌پرد.
- اگر هوا کم شود، شعله به نازل‌های مشعل نزدیک می‌گردد و باعث انفجار مشعل می‌شود. به اصطلاح می‌گویند شعله تو کشیده است.

سرعت هوا در گلوگاه باید کنترل گردد.

در واقع فن تنظیم بار را نیز انجام می‌دهد.

نسبت مناسب هوا به سوخت برای احتراق خوب لازم می‌باشد. با توجه به نوع سوخت، مقدار هوای متفاوتی نیز مورد نیاز است.

چگونه هوای ورودی را اندازه گیری کنیم؟

با توجه به منحنی مشخصه فن و قطع کردن این منحنی با منحنی مقاوم مقدار مورد نیاز هوا محاسبه می‌گردد.

همیشه مقدار هوای بیشتری از هوای مورد نیاز به دیگ بخار می‌زنند (Excess Air)

احتراق کامل

برای محاسبه اینکه احتراق کامل انجام شده است یا نه داخل دودکش یک آنالیزور برای اندازه گیری میزان CO قرار می‌گیرد. تشکیل CO باید در حد ppm باشد. هرچقدر هم که احتراق کامل باشد باز هم CO تشکیل می‌شود.

آنالیزور هم می‌تواند موقتی باشد و هم دائمی.

http://www.mohandes-iran.com

دبی اصلی هوا

برای به دست آوردن دبی اصلی هوا باید در مسیر هوا Flow Element قرار داد.

۱) ونتوری: با ونتوری خیلی دقیق می‌توان دبی هوا را اندازه گرفت. فضای بسیار زیادی را اشغال می‌کند. حدود ۲/۵ متر در مسیر فضا اشغال می‌کند.

ونتوری بین فن و Wind Box قرار می‌گیرد.

۲) اوریفیس: باعث ایجاد سر و صدا می‌شود.

ورودی هوا به دیگ بخار افت فشاری وجود دارد، یعنی از دیگ بخار هم می‌توان به عنوان اوریفیس استفاده نمود.

SILENCER

فن محل تولید سر و صدا است پس حتما باید از Silencer نیز استفاده نمود.

دو مدل Silencer مورد استفاده قرار می‌گیرد:

۳) حلقوی: ۲ تا ۳ متر فضا اشغال می‌کند.
۴) مکعبی: ۴ تا ۵ متر ارتفاع دارد.

Wind Box

Wind Box گاهی با دمپر و گاهی بدون آن استفاده می‌شود.

با بزرگتر کردن ابعاد Wind Box اختلاف فشار بین مشعل‌ها از بین می‌رود.

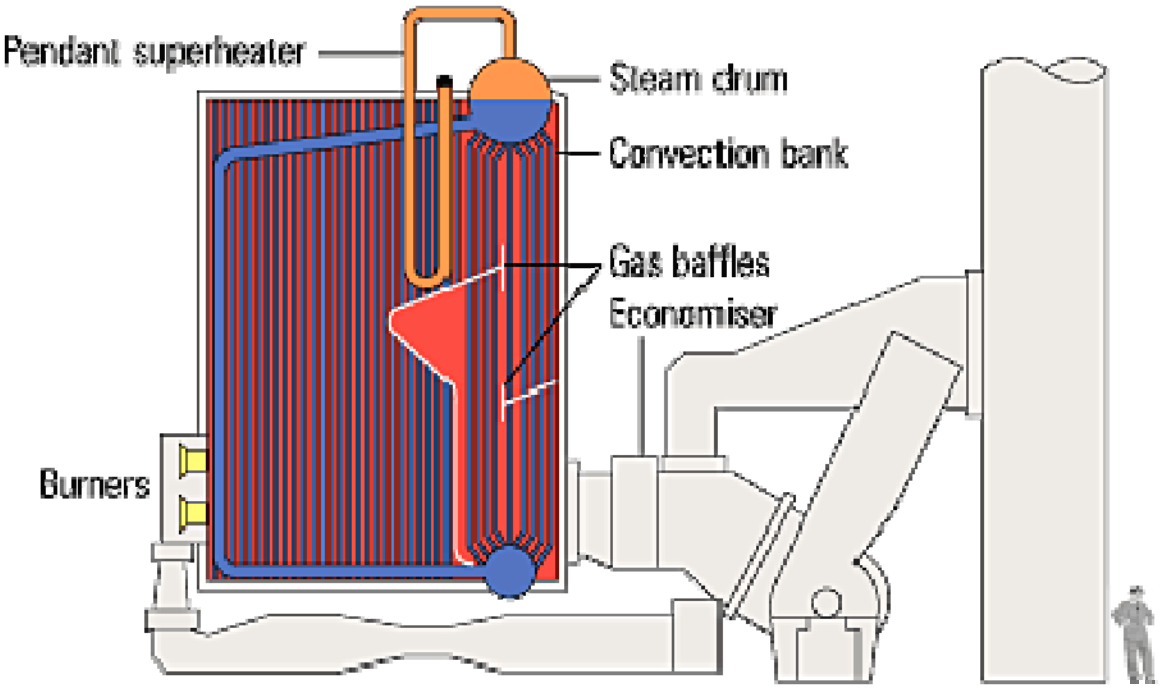
۱۸) دیگ بخارهای SD

- دیگ بخارهای SD یک گام از دیگ بخارهای SC بزرگتر هستند. فشار تا ۷۰ بار افزایش می‌یابد.

http://www.mohandes-iran.com

- مشعل در نوع SD عمود بر درام می‌باشد.
- دیگ بخارهای SD از زیر ساپورت می‌شود.
- سوپر هیترها در نوع SD از بالا آویزان هستند.
- جلوی شعله دیواره نسوز می‌چینند تا عمر لوله‌ها را افزایش دهند.
- هرچه دیگ بزرگتر باشد عمر آن بیشتر خواهد شد.
- بیشتر سازنده‌ها در محل ورودی به درام‌ها نسوزکاری انجام می‌دهند چرا که به علت باریک شدن لوله‌ها امکان سوختن لوله‌ها وجود دارد.
- خروج دود:
  - در مدل IHI خروج دود از بالا انجام می‌گیرد
  - در مدل SD شرکت‌های میتسوبیشی خروجی دود از پایین انجام می‌گیرد.
- ۵۰ ٪ لوله ها Down Comer می‌باشند.
- این دیگ بخارها تا ۸ مشعل می‌توانند داشته باشند، دو ردیف ۴ مشعله.
- به علت زیاد بودن ارتفاع این کوره‌ها هوای ورودی به دیگ بخار از زیر تامین می‌گردد، یعنی ونتوری در زیر کوره قرار دارد.
- حدودا ۲ متر ارتفاع کوره‌ها از سطح زمین می‌باشد.

http://www.mohandes-iran.com



- با وجود اینکه وجود Gas Air Heater در دیگ بخارهای نیروگاهی واجب و الزامی است، اما در دیگ بخارهای SD جز قسمت لوکس کار است و درصورتی که تامین بودجه مورد نیاز مقدور نباشد، استفاده از Gas Air Heater جهالت می‌باشد.

تفاوت دیگ بخارهای SD و SC

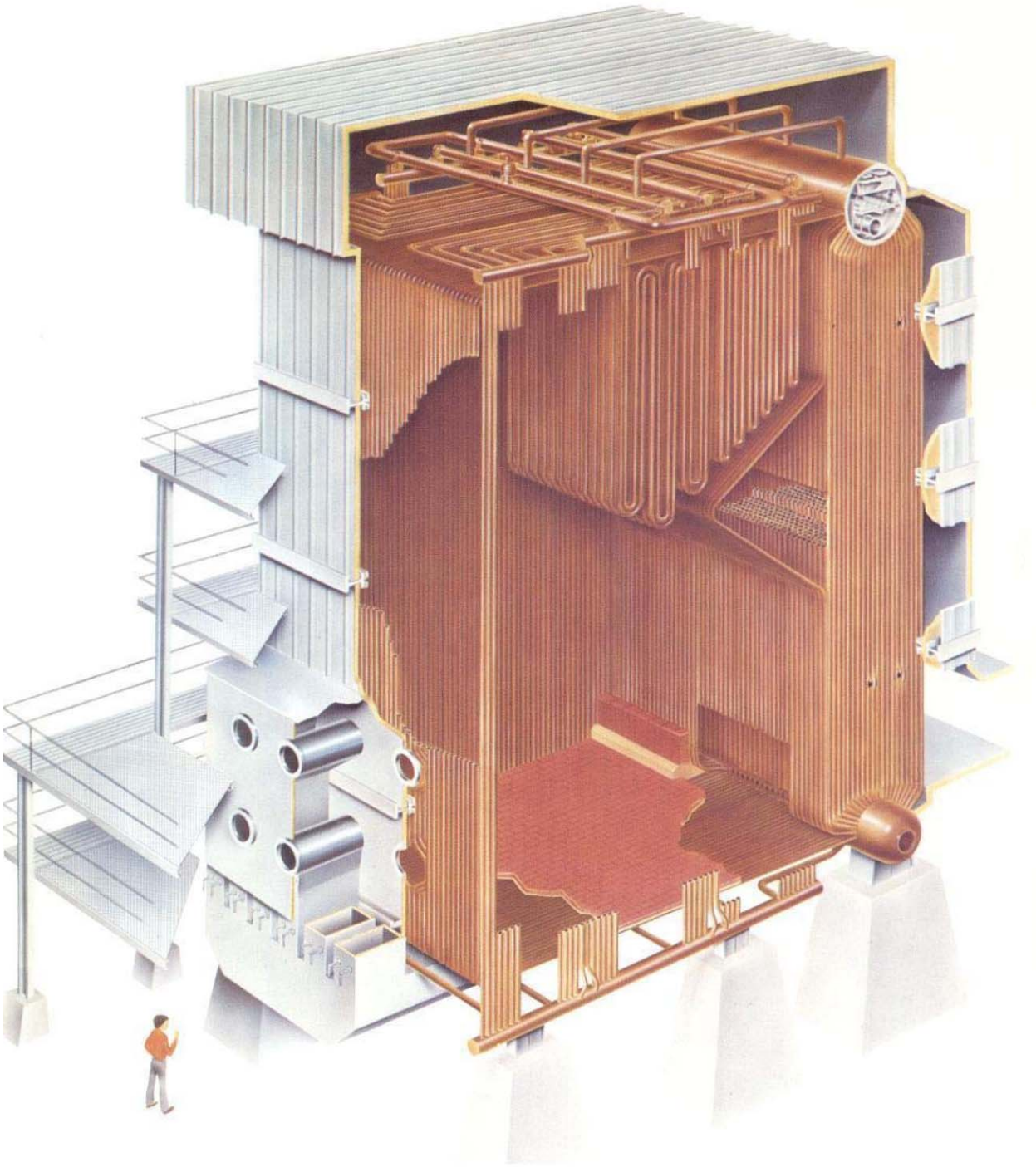
۱) افزایش فشار در دیگ بخارهای SD؛

۲) افزایش ظرفیت در دیگ بخارهای SD؛

۳) افزایش دمای بخار در دیگ بخارهای SD.

گاهی صرفه اقتصادی در استفاده از دو دیگ بخار SC به جای استفاده از یک دیگ بخار SD است.

http://www.mohandes-iran.com



http://www.mohandes-iran.com

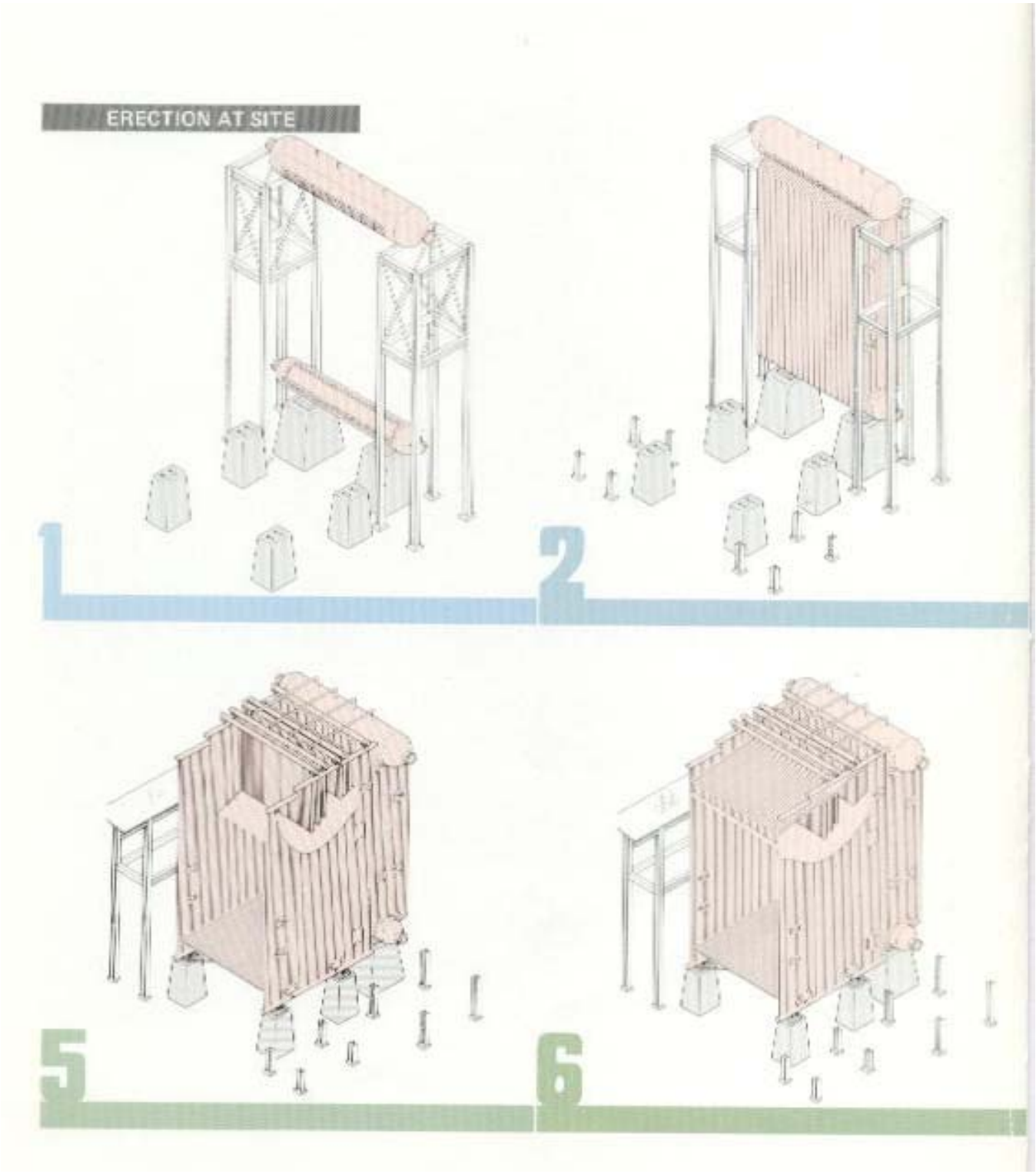
SD BOILER SUPPORT AND ASSEMBLE

در دیگ بخار های SD به علت سایز کوره امکان ساخت در shop و تحویل آن به صورت package ممکن نیست وعمدتا در سایت ساخته می شوند .

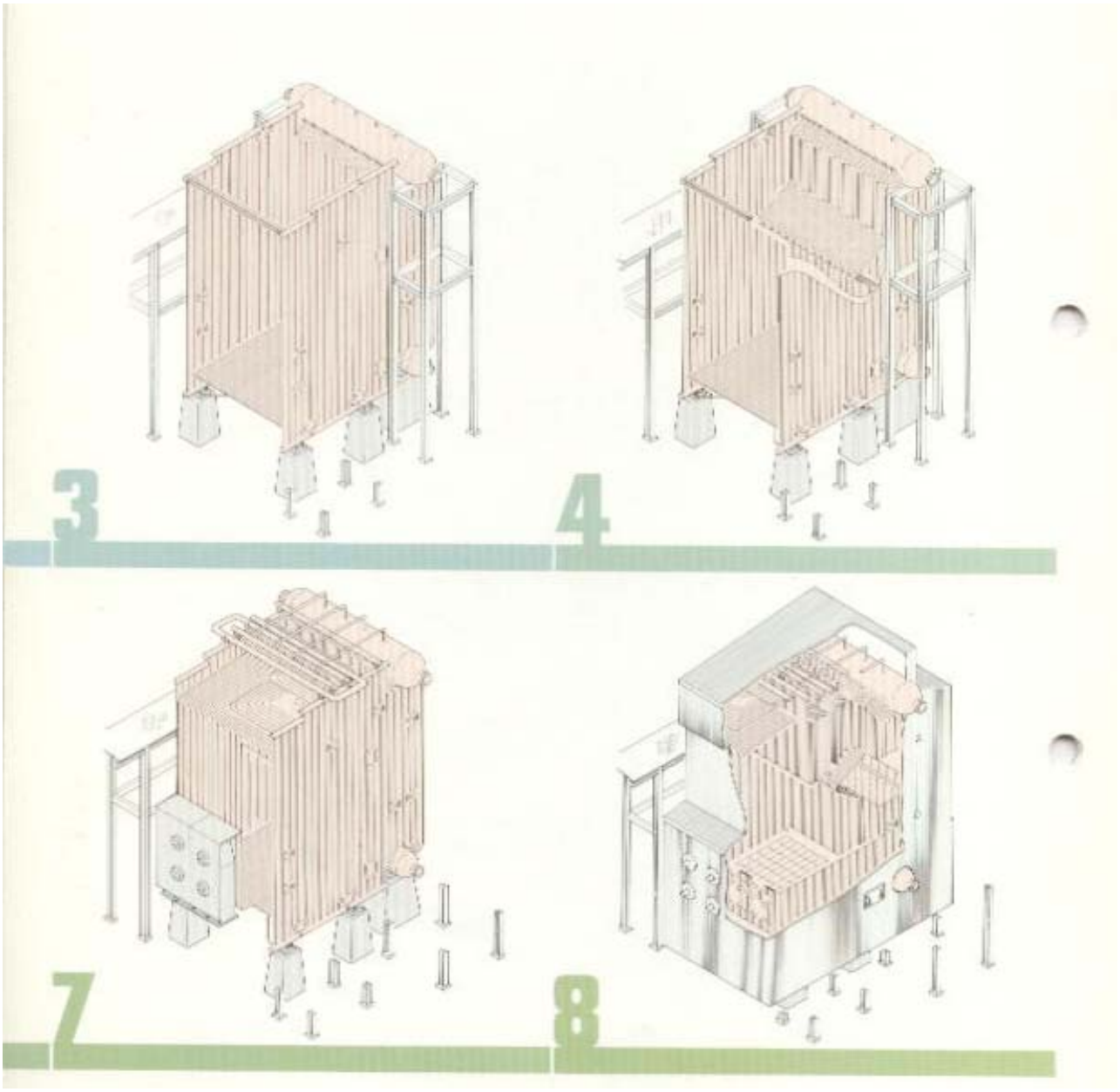
Assemble این دیگ بخار ها به صورت زیر است:

همانطور که دیده می شود ابتدا drum ها بر روی structure قرار می گیرد وسپس لوله ها به drum متصل می گردند وسپس دیگر اجزا طبق شکل های زیر قرار داده می شوند.

http://www.mohandes-iran.com

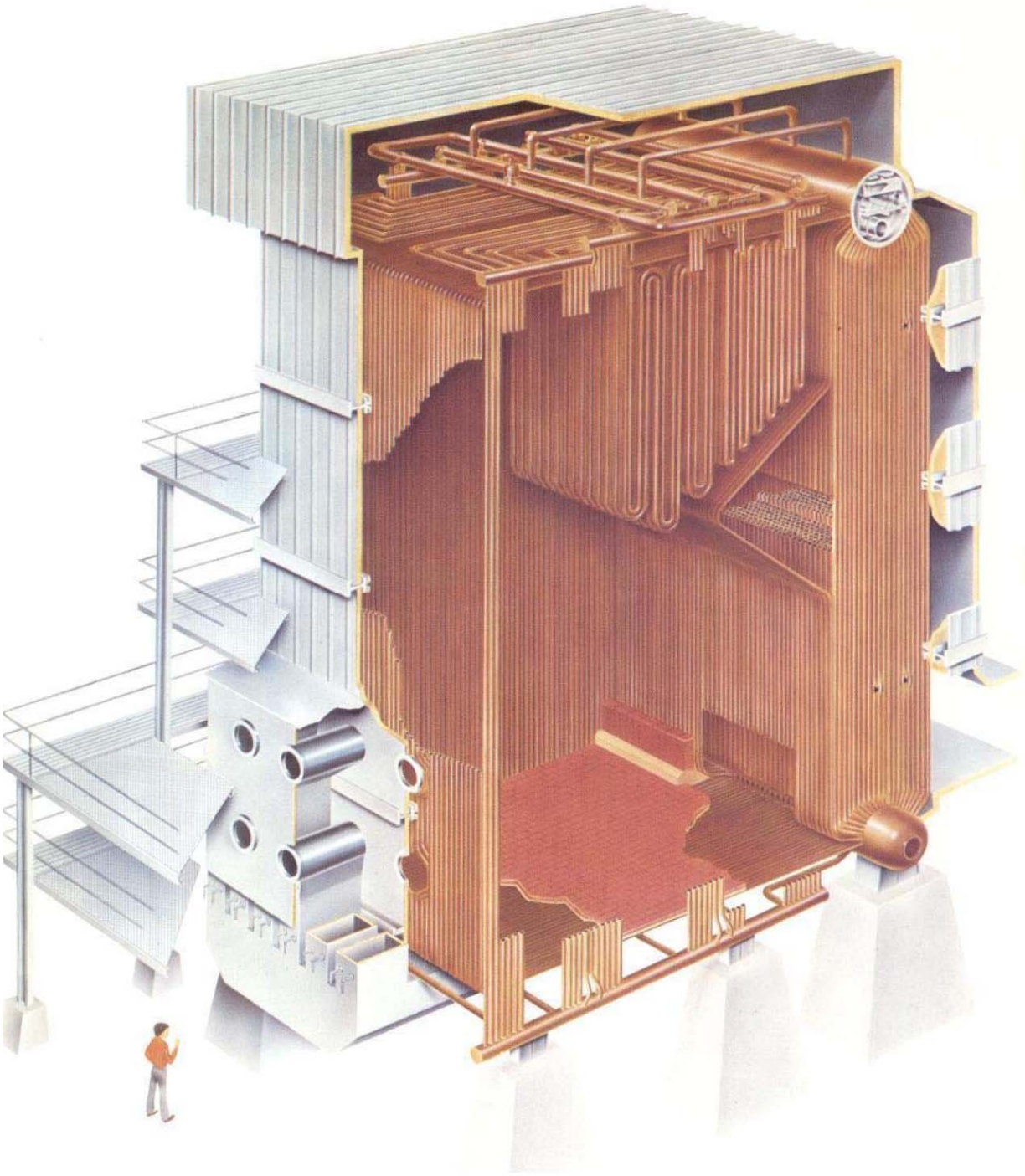


http://www.mohandes-iran.com



این دیگ بخار ها به صورت bottom support می باشند و برای support آن از پایه های بتونی استفاده می شود که نقش دیگر آنها علاوه بر support بودن,ایجاد فضا برای air duct وgas duct می باشد.

http://www.mohandes-iran.com



http://www.mohandes-iran.com

فاصله ی air duct تا روی زمین حدود یک متر در نظر گرفته می شود و به این منظور است که هرair duct باید مکانی برای بازدید داشته باشد.

در بالاair ductدر این نوع دیگ بخار ها, gas ductرا داریم کهeconomizer نیز در صورت در همین مکان قرار می گیرد.

ولی درgas duct, IHI وair duct در بالای package قرار داده می شود.

Super heater

در هرsuper heaterبه طور کلی ۲ نوعheaderداریم:

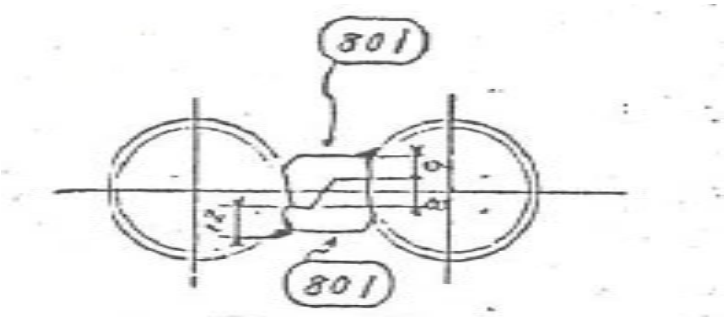
http://www.mohandes-iran.com

۱)خروجی۲)ورودی

که در مجموع تعداد آنها که در مجموع تعداد آنها به چهار می رسد.

که همه ی لوله ها به اینheaderها متصل هستند و به یکدیگر قفل شده اند.در اطراف این لوله ها از نسوز های آلومینیومی استفاده می گردد چون دما در این بخش به۱۴۰۰cمی رسد.

لوله های این super heater ها در shop به صورت panel ساخته می شوند و در siteassemble, می گردندکه در هم قفل می شوند ولی جوش نمی گردند ولی این قفل شدن به صورت یک تیکه نباید باشد برای جلوگیری از اعوجاج.



http://www.mohandes-iran.com

در این نوع دیگ بخار ها super heaterها از بالا آویزان هستند .

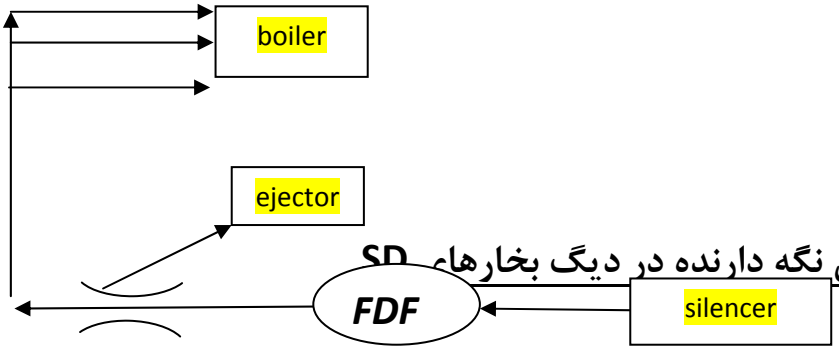
در صورت وجود سولفور, سولفور باعث ورقه ورقه شدن.S.Sمی شود پس جنسلوله های super heaterبا توجه به گاز هایی که وجود دارند وهمچنینمواد موجود در operatingتعیین شود .

۱۹) فن

دیگ بخارهایSDبه خاطر ابعاد نسبتا بزرگ آنها و همچنین اهیمیت آنها دارای ۲ فن می باشند واین امر به منظور جلو گیری از متوقف شدن کار در زمان خرابی یکی از فن ها می باشد.

معمولا یکی از فن هاelectricalودیگری توربینی انتخاب می شود که درزمان قطعی برق باز هم توقفی در کار مجموعه ایجاد نگردد .اما در نیروگاه که مشکلی از لحاظ برق به وجود نمی آید و خودشان تولید کننده ی برق هستند نیاز به فن توربینی نیست.

توان هریک از این فن ها 75%می باشد که در حالت معمول که ۲ فن فعال هستند ماکسیمم از50%توان آنها استفاده می شود وزمانی که یک فن به هر علتی از کار بیافتد از ماسیمم توان 75% درصدی آنها استفاده می شود.



Structure های نگه دارنده در دیگ بخارهای SD

۱)در درونboiler:

در درونboilerاز اسکفلد(scaffold)استفاده می گردد.

http://www.mohandes-iran.com

۲)در بیرون boiler:

http://www.mohandes-iran.com

از میله هایی استفاده می گردد که به منظور از شکم دادن boilerقرار می گیرند.

ایجاد opening برای view با استفاده از خمش

برای ایجاد opening از خمش استفاده می کنیم.

یکی از مورد های opening که امری الزامی نیز می باشد ایجاد opening برای دیده شدن دهنه ی burner می باشد که کمترین خمش هم مربوط به opening برای view می باشد.

در دیگ بخارهای SD تا SR این الزام وجود دارد که burner باید دیده شود.

http://www.mohandes-iran.com

محدودیتی در زاویه خمش ها وجود ندارد ولی باید به گونه ای باشد که فضایی برای دید burner ایجاد کندو هرچه این opening به دایره نزدیک تر باشد انتقال حرارت بهتری به لوله ها انجام می شود به خاطر اینکه سطح تماس بیشتر می گردد.

قسمتهای خم شده را حتما نسوز می کنند چرا که جریان داخل این لوله ها مانند لوله های صاف نیست ولی بررسی های اولیه برای لوله های صاف بوده است.

برای جلوگیری از لیزخوردن نسوز ها از روی میله ها از فین استفاده می شود که در بعضی موارد از فین سوزنی نیز استفاده می شود.علاوه بر این فین ها از ریختن نسوزها به خاطر ترک جلوگیری می کنند.

این نسوز کردن با ایجاد دود در این ناحیه منافات دارد ولی به خاطر وجود موضوع جریان سیال و بخار ما ناچار به این نسوزکاری هستیم.

تخریب های حاصل از انفجار روی WATER WALL

۱)شکم دادن:

بعضی مواقع به خاطر جمع شدن گاز در boiler, انفجار صورت می گیرد که موج انفجار باعث شکم دادن boiler می شود پس می توان اینگونه استنتاج نمود که اگر water wall شکم مشاهده شود نشان می دهد که operating صحیح انجام نمی پذیرد.

۲)ترک خوردن نسوزها:

همچنین موج انفجار باعث ریختن و ترک خوردن گچ های نسوز می شود که این امر سبب ورود دود به uppercasing می شود و همچنین چون که outer casing برای این دما طراحی نشده است در صورت ترک گچ روی آن, این بخش دوده می زند.

پس دیده شدن دود در این بخش حاکی از آن است که گچ در این مکان دارای ترک است و باید تجدید شود.

۳)تغییر شکل hanger tube:

http://www.mohandes-iran.com

Hanger tube هایی که برای نگه داشتن super heater استفاده می شوند برای 250c طراحی شده اند حال با ریختن این گچ ها, این hanger tube ها به علت دمای بالا در این ناحیه ذوب شده و کش می آیند پس super heater از مکان خود خارج می شود پس در دود بخار یافت می شود

*اگر boiler بر طبق ظوابط NFPA طراحی گردد امکان انفجار به صفر می رسد.

۲۰) نمودار FEGT

۱)با توجه به steam loading طول drum مشخص می گردد.

۲)دمای گاز خارج شده از کوره را می توان از این نمودار استخراج نمود.

FEGT of refinery gas firing shall be calculated consider C/H of fuel as follows.

(1) Comparison of C/H

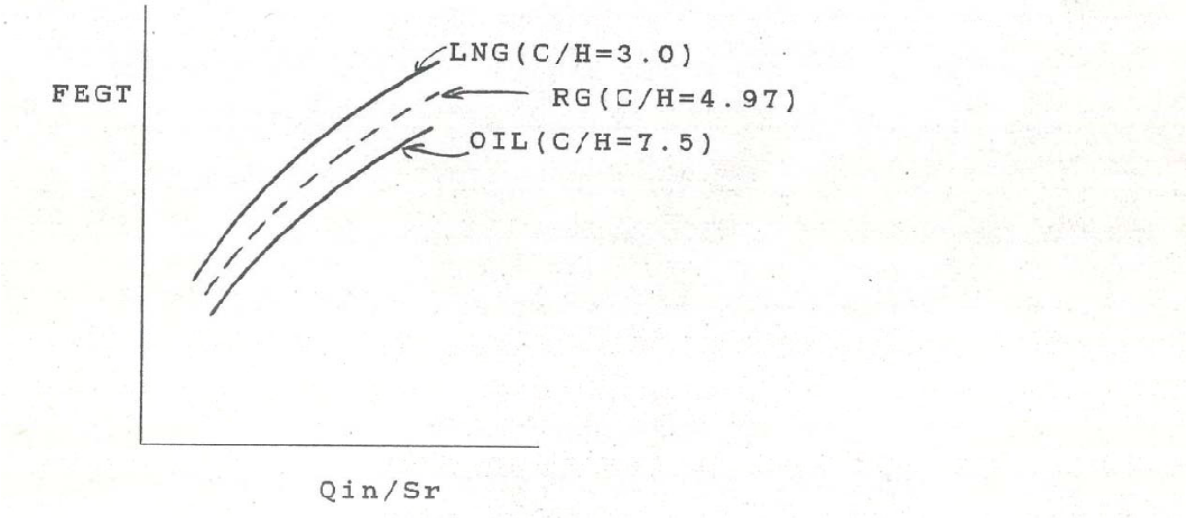
	OIL	LNG	Refinery gas
C/H :	7.5	3.0	4.97

(2) FEGT (IDSF-202-030)

Oil firing ———— Curve on page 1

Natural Gas firing — Curve on page 2

Refinery gas firing — See below curve



۲۱) ARRANGEMENT OF DRUM INTERNALS

http://www.mohandes-iran.com

طول DRUM ها درboiler های SD نسبتا زیاد می باشد که برای کاهش این طول تعداد separator ها را افزایش می دهندوسپس این separator ها را با duct به هم متصل می سازند.

گام های لوله در دیگ بخار SD

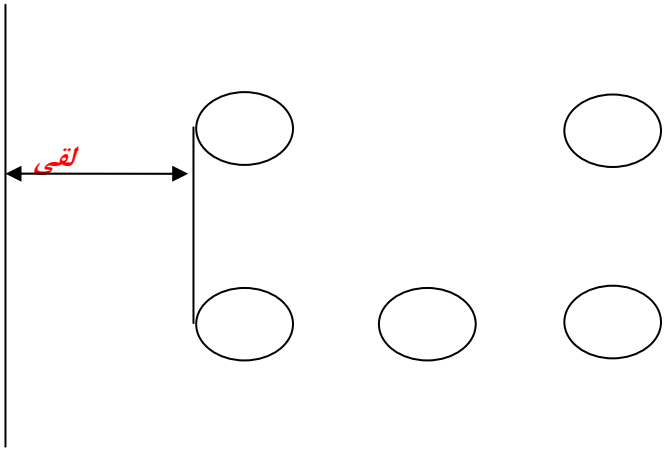
که این گام ها باید با هم match شوند:

۱)گام لوله های کوره ⇐ ثابت در طراحی

۲)گام لوله های bank ⇐ قابل تغییر

۳)گام لوله های super heater

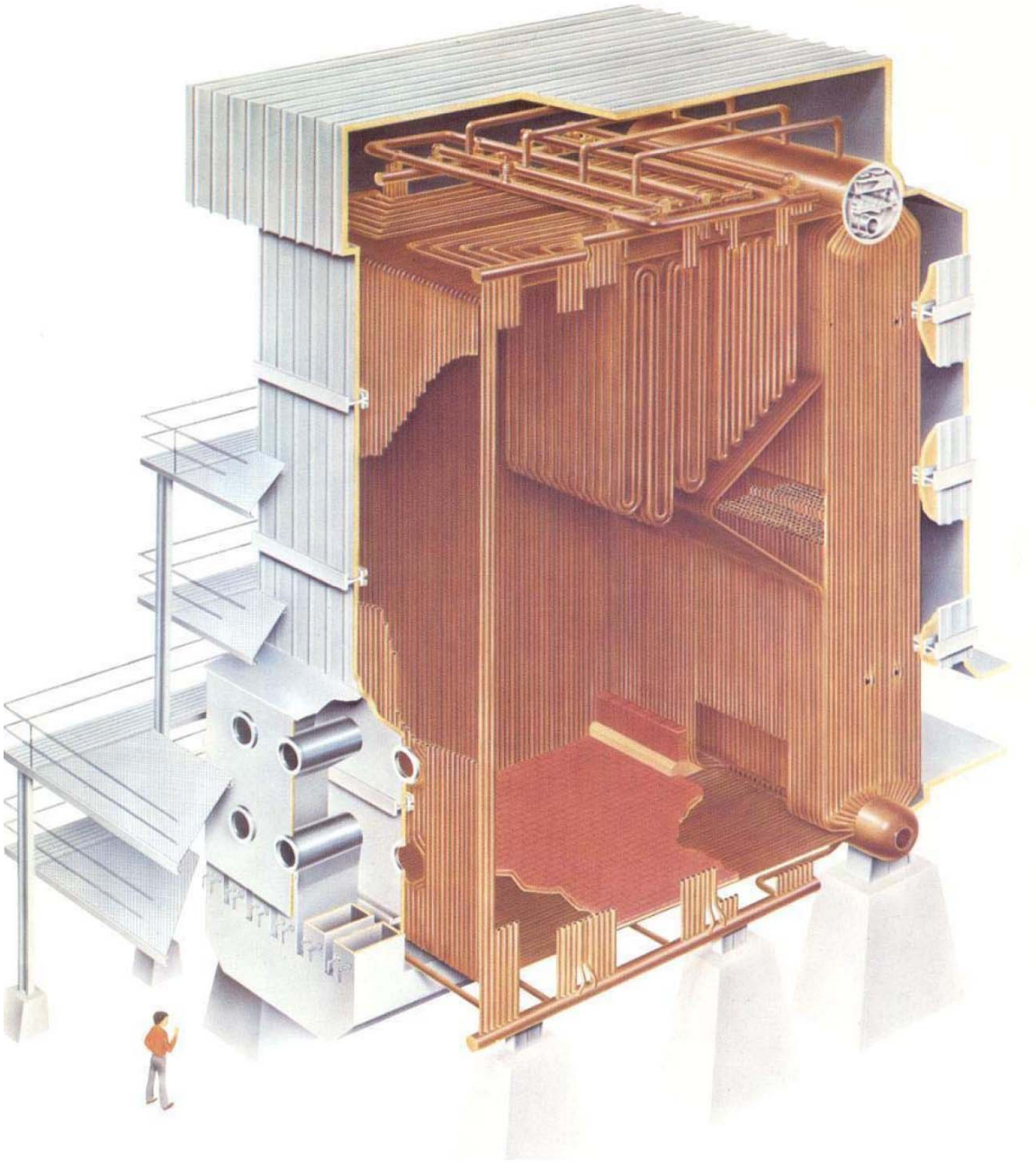
بین دیواره های boiler ولوله های super heater ولوله های یک لقی وجود دارد که مضربی از گام لوله های ذکر شده می باشد که این لقی در انتقال حرارت بسیار نقس مهمی دارد که این اگر این لقی به درستی محاسبه نگردد حرارت کافی به super heater منتقل نمی گردد که باعث می شود super heater درست کار نکند که معمولااین مشکل زمانی پیش می آید که super heater جدا و بدون توجه بهابعاد boiler و دیگر گام ها طراحی گردد.



۲۲) محدودیت های ساخت در water wall ها

http://www.mohandes-iran.com

به علت محدودیت در ساخت و همچنین به وجود آمدن اعوجاج در صورت یک تکه ساختنwater wall, ها به ۳ تکه ساخته می شوند.



۲۳) دیگ بخار SN

http://www.mohandes-iran.com

از دیگ بخارSD به بعد, دیگ بخار ها از بالا support می شوند واز بالا hang هستند ودیگر Bottom support نمی باشند و ظرفیت ها نیز بالا می رود .

این دیگ بخار ها برای سوختن گاز وروغن با دما و فشار بالا مناسب هستند و ظرفیت متوسطی دارند به طوری که برای نیروگاه های کوچک مناسب هستند.

همانطور که گفته شد این boiler ها از بالا support می شوند به طوری که یک steel structure از بالا آن ها را support می کند و به اختصار می توان گفت که این boiler ها از نوع top supported می باشند.

این نوع Boiler ها تک drum می باشند پس دیگر water drum در این نوع معنایی ندارد.

در این نوع boiler ها تمام لوله ها riser هستند و تنها تعداد معدودی که تعداد آن می تواند اعداد ۳ یا ۴ یا ۶ لوله باشد آب را به header پایین می آورند.

همپنین دیگر لوله های heated down comer در این نوع نقشی را ایفا نمی کنند و دیگر وجود ندارند.لوله هایی که از header به drum وصل می شوند لوله های riser می باشند.

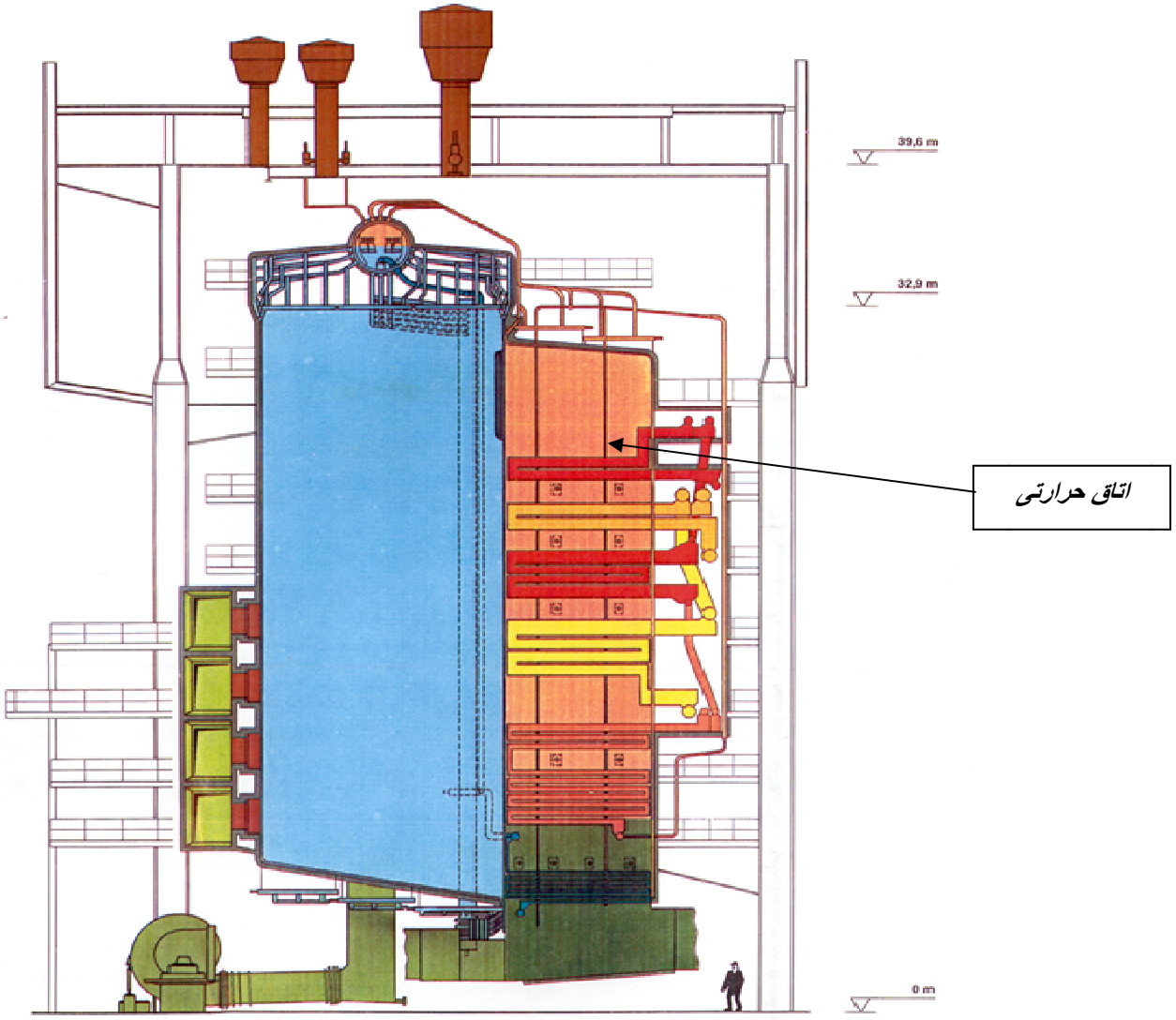
در این boiler ها به خاطر افزایش ظرفیت , قطر drum و همچنین ضخامت آن افزایش پیدا می کند.

۲۴) Re-heaterو Super heater

http://www.mohandes-iran.com

در اینnوع boiler ها super heater, از نوع تشعشعی وجود ندارد و همانطور که در شکل دیده می شود در منطقه کنوکسیونی دیگ بخار قرار دارد که حرارت به صورت همرفتی به آن منتقل می شود.

در شکل super heater با رنگ قرمز مشخص شده است, در این مدل super heater ها بر re-heater ها ارجحیت دارند که در شکل نیز قابل مشاهده است.re-heater نیز در شکل با رنگ زرد نشان داده شده است.



خواست ما به دلیل افزایش راندمان boiler این است که ۲ عدد heater و ۲ عدد super heater در سیکل خود داشته باشیم که این امر ملزوم این است که تعداد header افزایش یابد که این امر ممکن نیست.

http://www.mohandes-iran.com

۲۵) Economizer

economizer تنها سطحی است که در مورد فین دار بودن یا نبودن آن می توان بررسی انجام داد.

در این مدل economizer داخل boiler قرار می گیرد.

۲۶) Hanger های داخلی

در این نوع به خاطر بالا دما , طراحی hanger ها به مراتب مشکل تر از مدل های قبل است.

۲۷) Gas air heater

وجود gas air heater در این الزامی است و از gas air heater به منظور بالا بردن راندمان سیستم به کار می رود.

خوردگی در gas air heater نرخ بالایی دارد.

در فصل های سرد سال باید در دهانه ی یک gas air heater قرار گیرد تا برفک موجود در هوا را از بین ببرد در غیر این صورت متوسط مجموع دمای هوای داخل و بیرون به زیر نقطه ی شبنم می رسد و gas air heater دچار erosion می شود

۲۸) اتاق حرارتی

این اتاق در سمت راست boiler قرار گرفته است که در شکل نیز نمایش داده شده است که تنها3% حرارت در این اتاق جذب می گردد که به علت نا چیز بودن در محاسبات پروسسی وارد نمی گردد.

۲۹) دیگ بخارهای SR

تا اینجا همه دیگ بخارهای بررسی شده Natural Circulation بودند.

http://www.mohandes-iran.com

در Natural Circulation فشار کاری زیر 140-150 bar می‌باشد.

در Force Circulation فشار کاری بالاتر از فشار Critical است. بنابراین دیگر اختلاف دانسیته نداشته و Natural Circulation معنی ندارد.

هزینه اولیه نیروگاه Force Circulation پایین‌تر بوده (ابعاد کوپکتر شده و وزن کمتر می‌شود) ولی هزینه نگهداری آن بالاتر است.

هزینه اولیه + هزینه نگهداری ⟵ باید بهینه باشد.

چطور از روی نقشه بفهمیم Force است یا Natural ؟ (تمایز ظاهری)

اگر لوله‌های کوره به صورت اریب باشند (عمودی نباشند) Force است.

این کوره‌ها بر اساس ظرفیت هم می‌توانند Box Type ساده باشند، هم دماغه‌دار باشند.

Firing در کوره دیگ بخارهای SR:

۱- Bottom Firing

چون کف کوره نسوز می‌شود و بخش به درد نخور کوره است، می توانیم به جای نسوز در این منطقه مشعل بگذاریم. در این حالت فضا برای طول شعله بیشتر، فراهم می‌شود.

کف دیگ بخار می‌تواند Hupper دار باشد. برای جمع شدن آشغال. در این حالت دیگر نمی‌شود کف کوره مشعل گذاشت.

Hupper معمولا برای کوره‌های با سوخت زغال سنگ جهت تخلیه دوده و آشغال استفاده می‌شود.

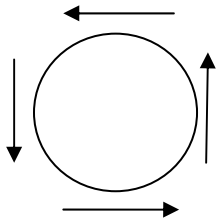
۲- Corner Firing

گردابه آتش: هدف درست کردن شعله مرکزی بزرگ است.

در هر چهار وجه کوره مشعل داریم به طوری که به صورت مماس بر وجوه قرار می‌گیرند. این مشعل‌ها در ارتفاع‌های مختلف نصب شده و با هم در مرکز کوره یک شعله بزرگ ایجاد می‌کنند.

http://www.mohandes-iran.com

معمولا این مشعل‌ها با هم ۳ تا ۴ متر اختلاف اتفاع دارند.



در Corner Firing امکان بالا پایین کردن شعله وجود دارد. این کار باعث تغییر کردن ضرایب و زوایای دید شده و به این ترتیب می‌توان دما و بار را تنظیم کرد.

طول شعله گاز کم است چون زود سوخته می‌شود و احتراق کامل است. هرچه سوخت سریعتر بسوزد طول شعله کمتر است.

جهت احتراق هوا باید به داخل جبهه شعله نفوذ کند. هرچه این نفوذ بیشتر باشد طول شعله کمتر می‌شود. این نفوذ در سوخت گازی بیشر است چون نیازی به اتمیزه کردن ندارد.

گردابه‌های ایجتد شده در شعله به خاطر همین نفوذ هواست.

طول شعله مازوت بلند است.

۳- Front Firing

این حالت خیلی مطلوب نیست. چون Flux یکنواخت ندارد.

مثلا دو دیواره ۱۵ متر فاصله دارند در حالی که طول شعله حدودا ۳ متر است.

۴- Opposite Firing

در این مدل مشعل‌ها در وجوه مقابل هم قرار می‌گیرند و بهتر از Front Firing است.

طول Burner Zone کوچکتر بوده و Flux حرارتی یکنواخت‌تر است.

طراحی کوره هر چه متقارن‌تر باشد، Flux حرارتی یکنواخت‌تری خواهیم داشت و مدل واقعی به مدل تئوری نزدیکتر است.

در بویرهای نیروگاهی تولید NOx یکی از محدودیت‌هاست.

http://www.mohandes-iran.com

در بعضی دیگ بخارهای SR دیده می‌شود که یک Burner Zone در پایین کوره داریم و پند مشعل کوچکتر (بچه شعله) چند متر (مثلا ۱۰ متر) بالاتر. به این ترتیب عمل سوختن در پایین کامل نمی‌شود. این کار باعث می‌شود که NOx کمتر تولید شود.

(دمای آدیاباتیک شعله ۱۴۰۰ درجه سانتیگراد است.)

Gas Ricirculation Fan

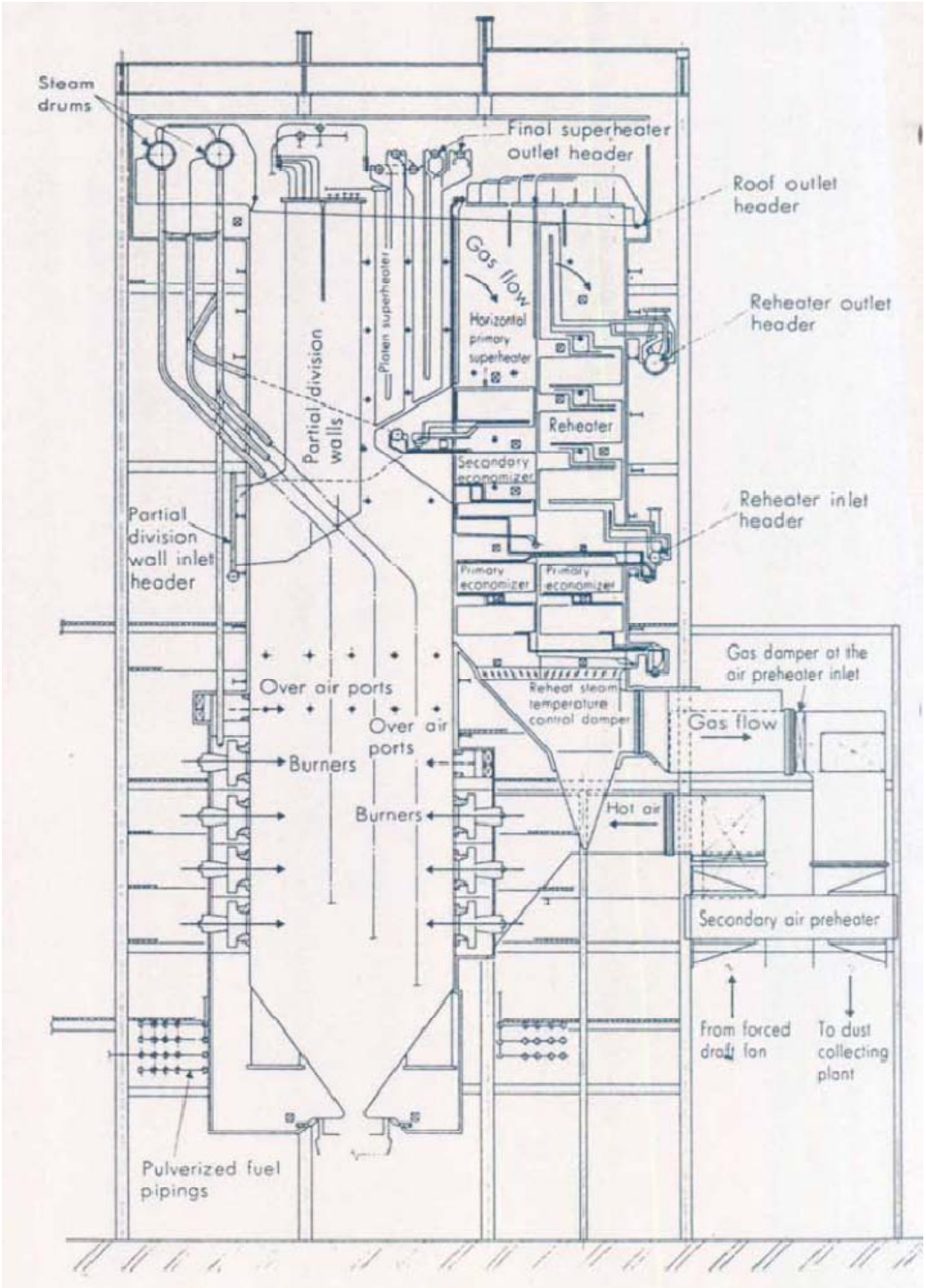
دود را از قسمت Gas Duct مکیده و به هوای ورودی می‌زنند. این کار باعث می‌شود که دمای شعله پایین‌تر آمده NOx کمتری تشکیل شود.

اگر در سوخت وانادیم وجود داشته باشد دوده روی سطوح به حالت سرامیکی درآمده و به سختی جدا می‌شود.

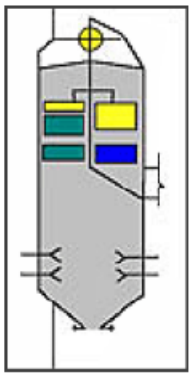
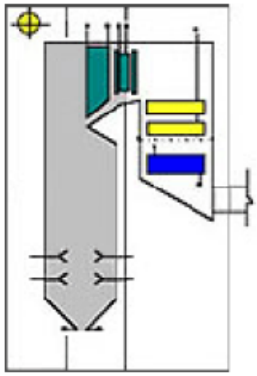
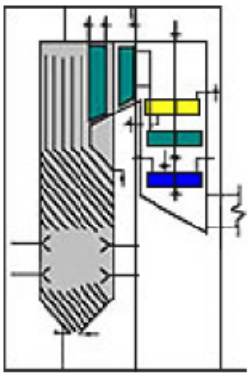
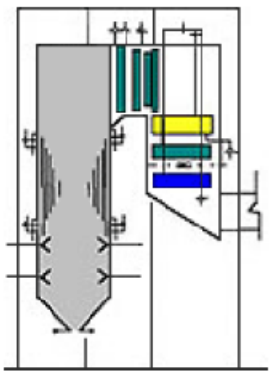
(ظرفیت تولید بخار شهید رجایی: 800 ton/hr)

تصاویری از دیگ‌های نوع SR

http://www.mohandes-iran.com



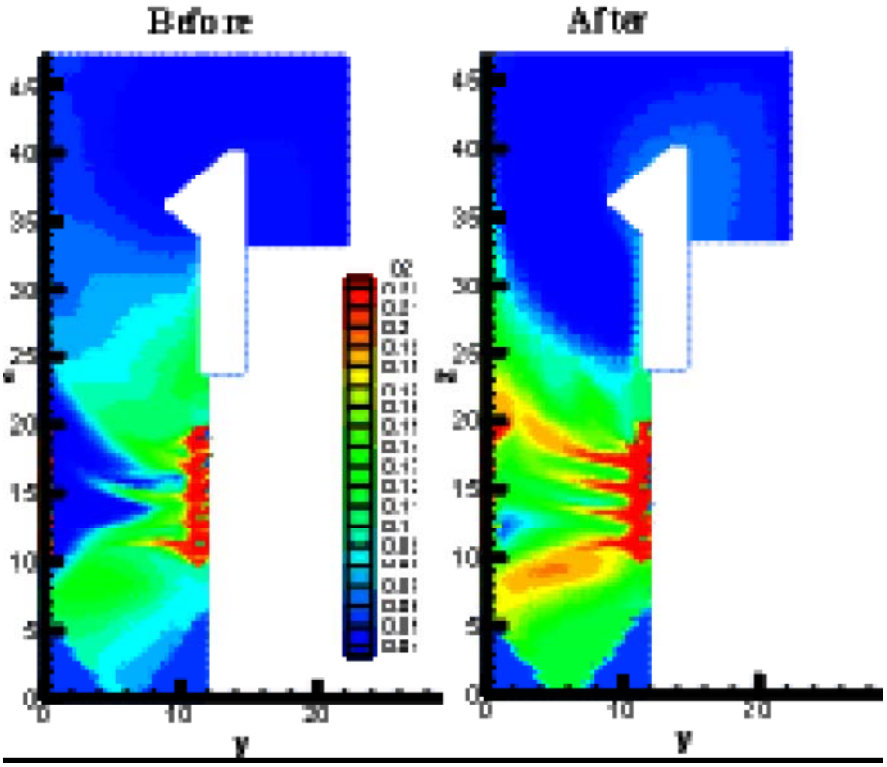
http://www.mohandes-iran.com

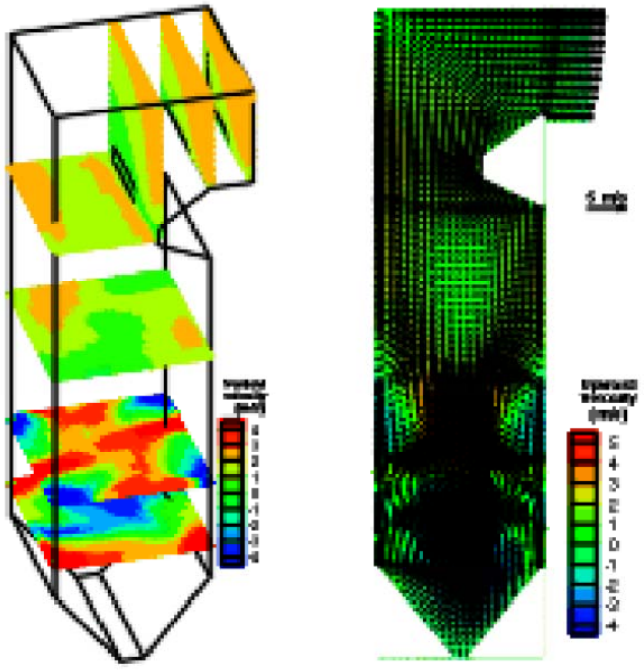
	Natural circulation		Once-through	
	RBE	RBC	Benson	UP
Boiler type				
Power output	60 to 800MW	50 to 1000MW	75MW and over	350MW and over
Main steam press.	Subcritical		Subcritical / supercritical	
Main steam Temp.	up to 566°C		up to 630°C	

- در تصویر بالا انواع دیگ بخارهای SR دیده می‌شود، کوره Box Type، دماغه‌دار، Drumدار و بدون Drum
- در تصویر سوم دیده می‌شود که لوله‌ها به صورت اریب هستند.
- در تصاویر بالا رنگ سبز معرف سوپرهیتر، رنگ زرد Reheater، و رنگ آبی معرف Economizer است. چیدمان‌های مختلف این تجهیزات در شکل بالا دیده می‌شود.

Zoneبندی و آنالیز حرارتی کوره با CFD

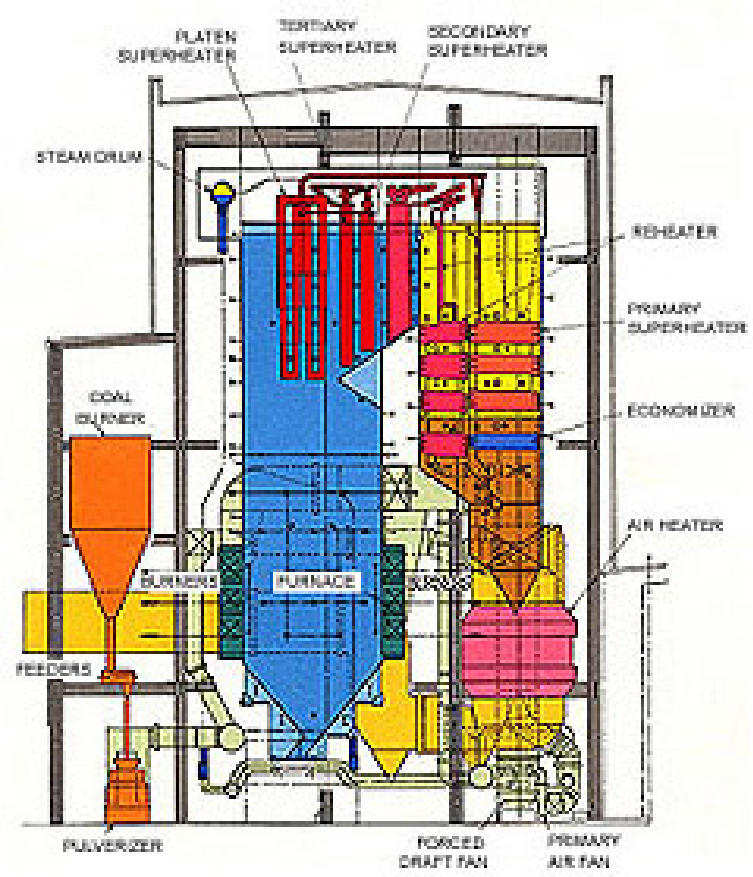
http://www.mohandes-iran.com





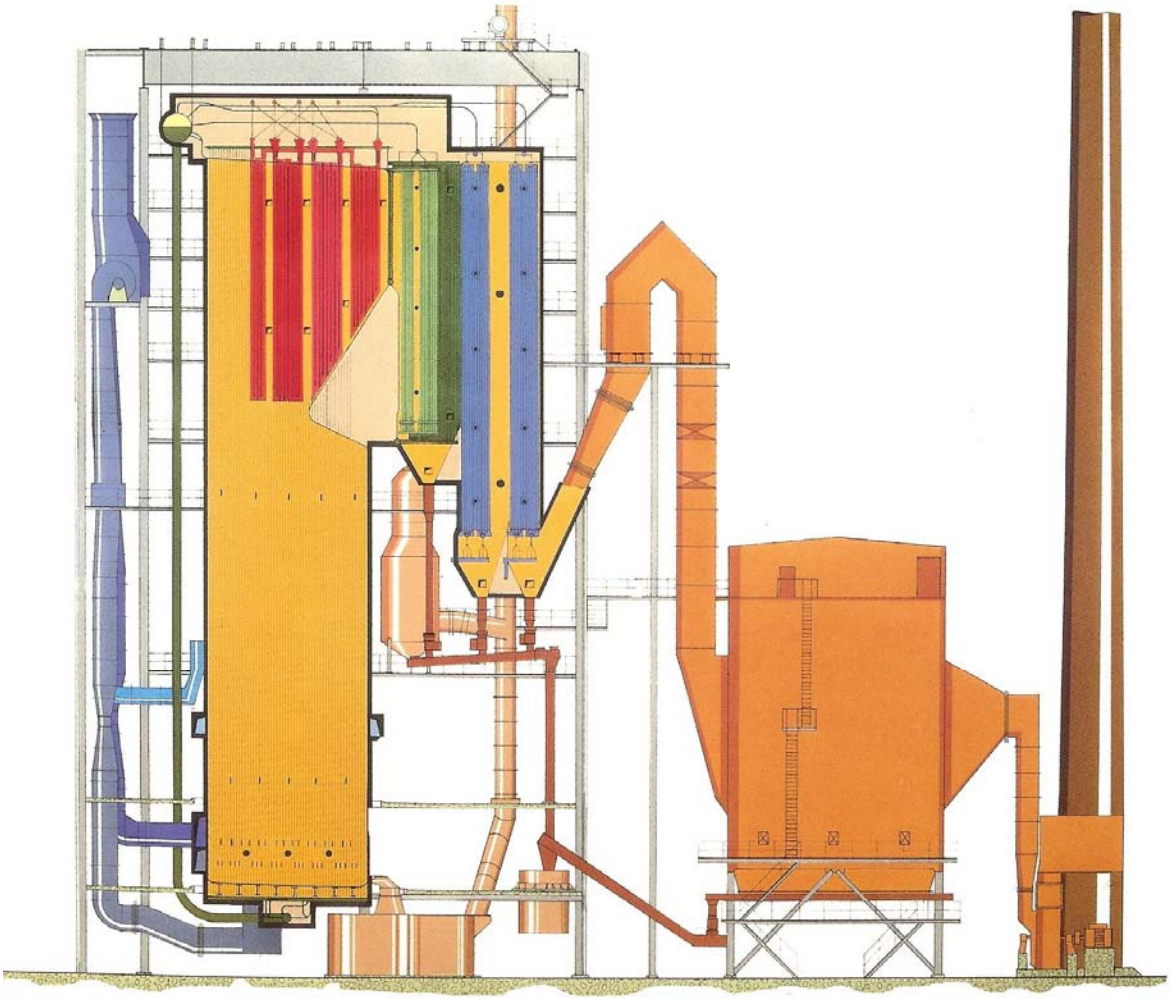
Corner Firing

http://www.mohandes-iran.com



در شکل قبل، بعد از سوپرهیترها در قسمت زرد رنگ دیده می‌شود که دو مسیر دود وجود دارد. در واقع مسیر عبور دود را به کمک یک حایل به دو قسمت تقسیم می‌کنند. میزان عبور دود از این مسیرها به کمک یک دمپر قابل کنترل می‌باشد. به این ترتیب دمای reheaterها قابل تنظیم است.

http://www.mohandes-iran.com



http://www.mohandes-iran.com

۳۰) شعله Flame

۱) شعله Pre Mixed: قبل از جرقه، هوا و سوخت مخلوط شده اند. در این نوع مشعل ها خطر انفجار وجود دارد. در کاربرد صنعتی به علت خطر انفجار استفاده نمی شوند، مگر در موتورهای احتراق داخلی.

۲) شعله نفوذی: سیال به محیط پرتاب می شود و هوا از کناره ها با جبهه سوخت برخورد می کند. هوا باید در این حالت به جبهه سوخت نفوذ کند.

هرچه جریان سوخت با دبی بیشتری وارد شود جریان مغشوش تر شده و به علت نفوذ بهتر هوا به داخل جبهه سوخت، طول شعله کمتر می شود.

در مواردی نیازمند طول شعله بلند هستیم، مانند کارخانه های سیمان، به علت زیاد بودن طول کوره. هرچه سوخت سنگین تر باشد، طول شعله بلندتر است. (Heavy Oil)

در شعله های گازی: چند نازل خروجی سوخت وجود دارد و در محل هر خروجی به اصطلاح بچه مشعل ایجاد میشود. در این حالت طول شعله کمتر میشود و قطر شعله افزایش می یابد. یعنی در سوخت گازی نگرانی از بابت طول شعله وجود ندارد و نگرانی از بابت قطر شعله بوجود می آید.

بنابراین قدم اول در محاسبات، به دست آوردن طول و قطر شعله می باشد.

فاصله دو شعله از هم کمتر از فاصله شعله تا دیواره است.

در IHI فاصله شعله از دیواره مقدار استاندارد ۰/۵ متر در نظر گرفته شده است.

انواع سوخت:

- سوخت مایع: سوخت مایع را ابتدا اتمیزه میکنند و سپس وارد کوره میکنند. به دور اتم سوخت در محیط داغ کوره بخار تشکیل می شود، حال هوا باید به داخل اتم سوخت نفوذ کند تا بسوزد. اگر نفوذ هوا کامل انجام نگیرد، کربن موجود در سوخت نسوخته باقی میماند و در محیط دوده تشکیل میشود. (Soot Particle)

  به همین دلیل سوخت سنگین (Heavy Oil) نیازمند Soot Blower است.

- گازوئیل: این سوخت تقریبا به آسانی میسوزد و در بیشتر موارد نیازمند Soot Blower نیست.
- سوخت گازی:

http://www.mohandes-iran.com

اتمیزه کردن سوخت:

- Pressurized Burner: فشار سوخت در اثر بالا بودن فشار خروج سوخت باعث اتمیزه شدن سوخت میشود. این مدل در کارخانه سیمان استفاده میگردد.
- اتمیزه کردن با هوا: در دیگ بخارهای بزرگتر هوا و سوخت را با هم اتمیزه میکنند. دو تا لوله به سر نازل (Tip) می آید. با فشار بالای هوای پشت سوخت، سوخت اتمیزه می گردد.

سر تیپ بیشترین حرارت را میبیند، به همین دلیل زودتر خراب میشود و بیشتر میگیرد. (Nozzle Burner) در سر تیپ ها به علت بالا بودن دما و سرعت و فشار، سایش (Erosion) رخ می دهد. در صورتی که سر تیپ دچار سایش شود دیگر کارایی مفید خود را از دست میدهد.

در سوخت مازوت به علت بالا بودن میزان سولفور، سایش بیشتر رخ میدهد.

تمامی سرتیپ ها به علت نشستن دوده بر روی آنها باید تمیز شوند.

- Rotary Cap Burner: روش مکانیکی اتمیزه کردن سوخت است. در قسمت خروجی نازل سوخت قطعه ای مخروطی شکل قرار دارد. سوخت بر روی قطعه مخروطی ریخته می شود و به علت نیروی گریز از مرکز در نوک مخروط اتمیزه می شود. برای دیگ های لوله دودی بسیار کارآمد میباشد. اما در دیگ های جدید که راندمان احتراق و اتمیزه کردن بیسار اهمیت دارد استفاده نمیشود.
- Coal Firing: ریز کردن ذغال سنگ از اهمیت بالایی برخوردار است. هرچه ذغال سنگ ریزتر شود اشتعال بهتر انجام میگیرد. بیشترین مشکل در سوخت ذغال سنگ وجود دوده می باشد.
- ارابه آتش: در این نوع سوزاندن سوخت، سوخت بر روی جسمی ارابه مانند قرار دارد، هوا از زور سوخت دمیده می شود و سوخت از بالا میسوزد. به تدریج از ضخامت سوخت کم میشود.

نسبت هوا:

A) یکی از موارد مهم در طراحی مشعل درصد هوای اضافه می باشد.

http://www.mohandes-iran.com

بیشتر مشعل ها نیازمند درصد هوایی بالاتر از مقدار هوای استوکیومتری می باشند و باید excess air اضافه شود.

هرچه سوخت نا مناسب تر باشد درصد هوای اضافی بیشتر می شود.

هر سازنده ای بر اساس نوع مشعلش درصد هوای اضافی مورد نیازش را مشخص می کند.

هرچه درصد هوای اضافی بیشتر باشد، راندمان به شدت افت می کند. در دیگ های نیروگاهی هر یک درصد هوای اضافه از اهمیت بالایی برخوردار است.

دلیل اهمیت درصد هوای اضافه: هوا با دمای حدود ۴۰ درجه وارد می شود و با دمای دود خروجی در حدود ۴۰۰ درجه خارج می شود، و این یکی از عوامل کاهش دهنده به شدت راندمان است.

عوامل موثر در درصد هوای اضافی:

۱) نوع سوخت
۲) سازنده مشعل
۳) کم شدن بار: به این دلیل که سوخت در گلوگاه باید با سرعت خارج شود و شعله نیز عقب کشیده نشود، هوای اضافی به سیستم اضافه می گردد.بنابراین با کم شدن مقدار سوخت، هوای اضافه زیاد میشود.

به همین دلیل سازنده های مشعل ها همواره رنجی را برای هوای اضافه در نظر می گیرند.

Turn Down Ratio

اگر .... تا ۰/۱ درصد بار اجازه داریم کم کنیم.

.... در مشعل گازی ۱ به ۱۰ است. چرا که مسئله اتمیزه کردن در سوخت گازی وجود ندارد.

در گازوئیل نیز این نسبت ۱ به ۱۰ می باشد.

در کوره هایی که چند مشعل دارن با کم شدن بار، امکان خارج کردن چند مشعل از کارکرد وجود دارد. به اصطلاح Dog Leg وجود دارد و امکان خارج کردن سرتیپ از محفظه احتراق را بوجود می آورد.

در ..... ابتدا بار را در دو مشعل پایین می آورند، هنگامی که به نقطه critical رسید، یکی از مشعل ها را خاموش می کنند و اجازه می دهند تا مشعل دیگر به نقطه ماکزیمم کارکرد برود.

http://www.mohandes-iran.com

.....

B) مشعل ها چه Rate را می توانند بسوزانند؟

مشعل ظرفیت دارد و برای ظرفیت مشعل منحنی ظرفیت وجود خواهد داشت. باید بر اساس ظرفیت موجود، مشعل مناسب را انتخاب نمود. با افزایش تعداد مشعل، هزینه به شدت افزایش میابد. با کم کردن تعداد مشعل ها، سیستم اقتصادی تر خواهد شد.

Pit Burning: دبه های پالایشگاه ها هستند. برای سوزاندن به هوا نیاز ندارند.

....: کمی منظم تر شده اند، هوا وارد میشود. مانند منازل.

....: در این حال چرخش هوا نیز مهم می شود.اگر هوا را چرخشی وارد کنیم، هوا راحت تر نفوذ می کند و شعله نیز چرخشی می شود و طول شعله کوتاه میشد.

....: در این حالت دو نوع هوا وارد می شود، یکی برای مصرف و یکی برای چرخش. هوای اولیه و ثانویه ورودی به دیگ باعث کم شدن NOx خروجی می شود.

جرقه:

در دیگ های کوچک یک Igniter الکتریکی وجود دارد. که باعث زدن جرقه و شعله ور شدن سوخت می شود.

اما در دیگ های بزرگ صرف وجود Igniter کافی نیست و باید بچه مشعل وجود داشته باشد. (Pilot Burner)

اگر بچه مشعل همواره در سیستم باشد هزینه در بر خواهد داشت. اما اگر بچه مشعل خاموش شود و سوخت نسوخته خارج شود، باعث ایجاد انفجار خواهد شد.

در نیروگاه های بزرگ که تعداد شعله زیاد است، اهمیت روشن بودن بچه مشعل از بین می رود.

Flame Detector:

در نیروگاه های بزرگ:

- UV: شعله سوخت گازی آبی رنگ است و نقاط روشن ندارد. به همین دلیل توسط مادون قرمز دیده نمی شود و باید از UV برای تشخیص شعله استفاده گردد.

http://www.mohandes-iran.com

- IR (مادون قرمز): در سوخت مایع (Oil Firing) شعله زرد رنگ است و نقطه روشن زیاد دارد. به همین دلیل استفاده از مادون قرمز برای تشخیص شعله پیشنهاد می گردد.

در Combined Firing از هر دو نوع UV و IR استفاده می شود.

در نیروگاه های کوچک:

- مشاهده شعله؛
- میله: بر اساس دمای میله به وجود و یا عدم جود میله پی میبرند

http://www.mohandes-iran.com

۳۱) آشنایی عمومی با فن ها

http://www.mohandes-iran.com

تعاریف کلی

دسته ای از توربوماشین ها هستند که برای دبی حجمی معینی از هوا (دود) هد فشاری لازم را جهت غلبه به افت فشار سیستم مرتبط (برای جریانی پایدار) تامین میکنند.

به طور معمول آنها را بر اساس هد خروجی تقسیم بندی میکنند.

تقسیم بندی از لحاظ هد خروجی

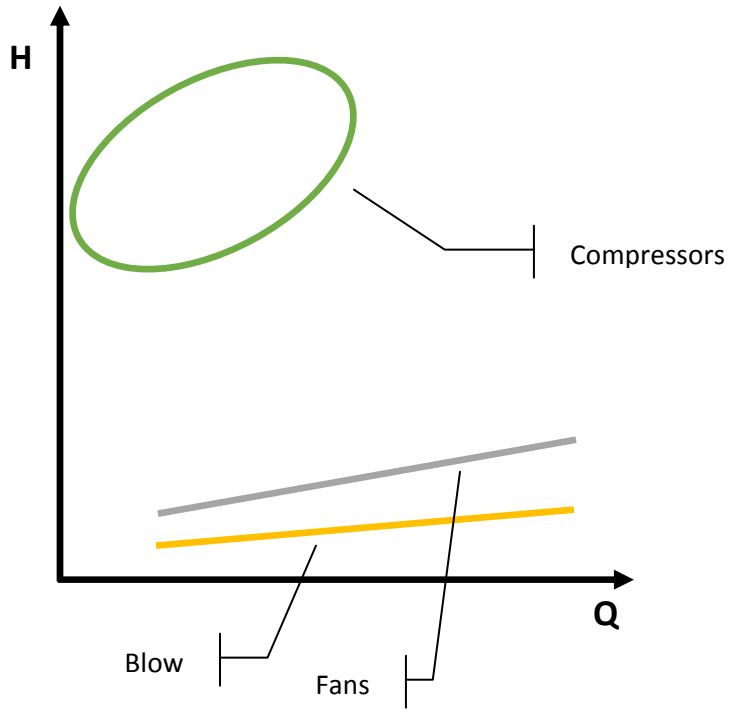
۱- دمنده ها (Blowers) یا فن پروانه ای هدی حدود چند میلیمتر آب

۲- فن ها (Fans) هدی در حدود 50 mmH2o تا 1000 (در فن های نیروگاهی)

a- فن های گریز از مرکز (دبی متوسط و هدهای ۵۰ الی ۸۰۰ تا ۹۰۰ میلیمتر آب)

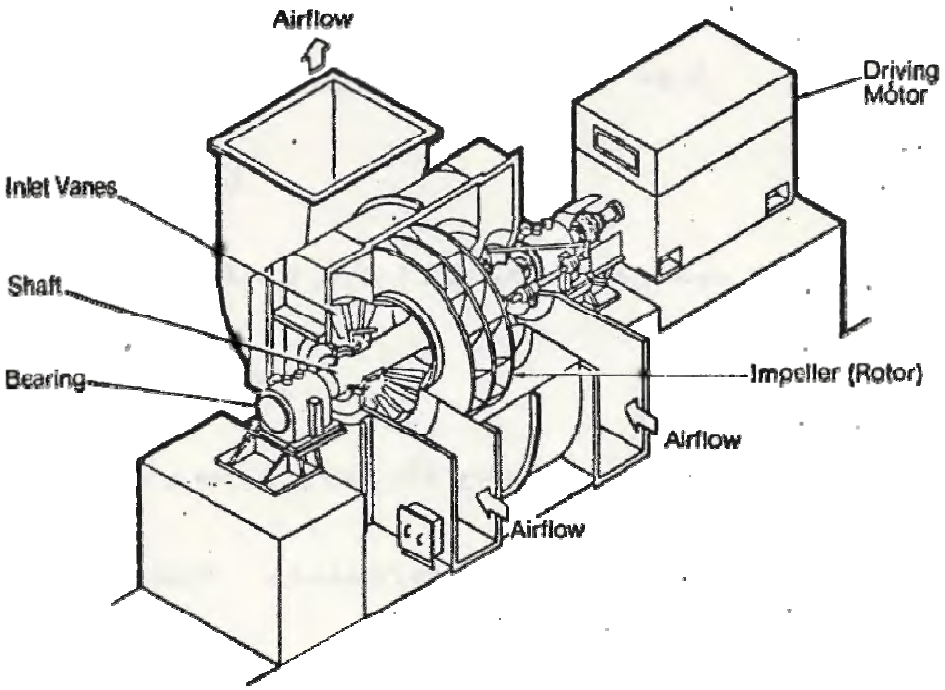
b- فن های محوری (دبی های بالا و متوسط)

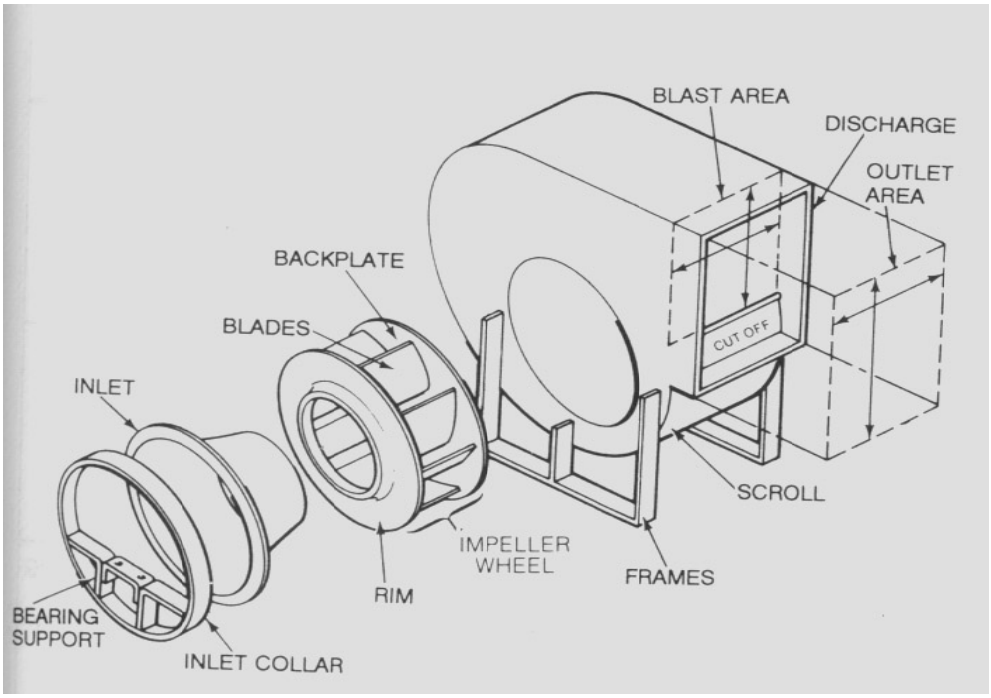
۳- کمپرسورها (compressors) هدی های خیلی بالا



http://www.mohandes-iran.com

اجزای فن





شکلهای بالا اجزای فن گریز از مرکز را نشان می دهد

۱- صدا گیر (silencer): صدای فن را کاهش می دهد و در قسمت ورودی نصب می شود.

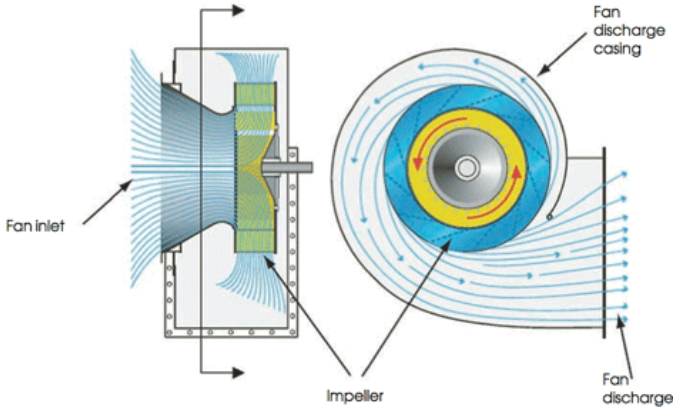
http://www.mohandes-iran.com

۲- دهانه ورودی: هوای ورودی را جهت می دهد تا به نحو مناسب با پره ها برخورد کند. لذا گاهی دارای پره هایی هستند که نقش کنترل دبی نیز دارد (Inlet Vane).

۳- چرخ با روتور (Impeller): محلی است که پره (به انواع مختلف) روی آن قرار میگیرد و معمولا دو صفحه فلزی از دو طرف به پره ها محکم می شوند. اگر فن دارای دو ورودی باشد پره ها در دو سمت روتور قرار میگیرند.

۴- محفظه حلزونی (scroll casing)

این بخش ضمن جمع کردن هوای خروجی از پره با کاستن سرعت انرژی جنبشی را به انرژی فشاری تبدیل میکند.



۵- دیفیوزر (diffuser)

http://www.mohandes-iran.com

از آنجا که سرعت خروجی هوا پس از خروج از بخش حلزونی از سرعت مجاز بیشتر است برای کاستن سرعت و رسیدن به سرعت مجاز کانال استفاده می شود. معمولا فاصله محیط خارجی روتور تا قسمت تیز حلزونی (cut off) ۵ تا ۱۰ درصد قطر روتور است.

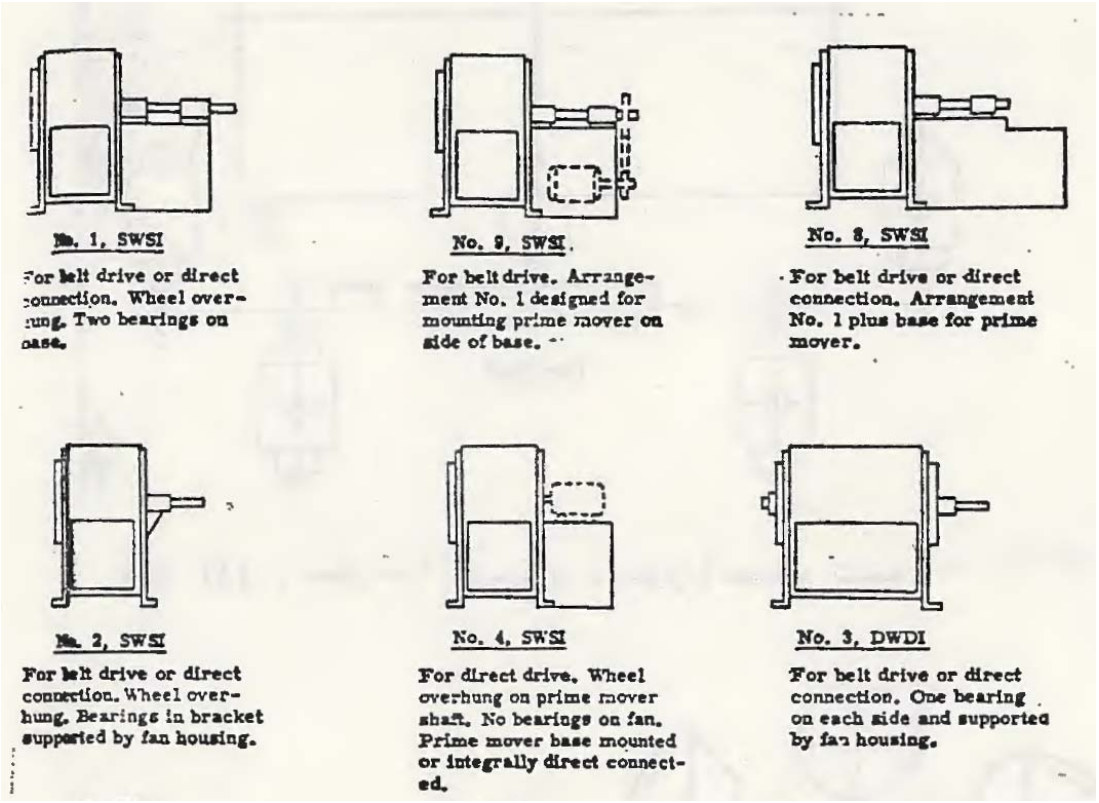
استقرار فن

مجتمع بین المللی سازندگان فن (NAFM) طبقه بندی زیر را برای استقرار فن در نظر گرفته است.

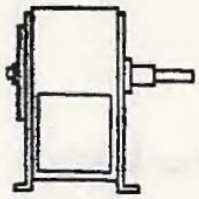
۱- شکل فن: در این مورد باید موقعیت گرداننده، تعداد و محل ورودی و خروجی هوا و (base Plate) مشخص شود.

۲- نحوه ارتباط با گرداننده: نحوه اتصال، وجود جعبه دنده و فلانج های بخار برای توربین مشخص شود.

۳- سمت چرخش فن و موقعیت پوسته حلزونی.

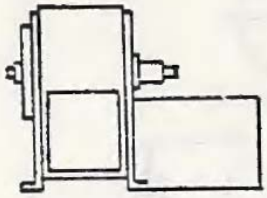


http://www.mohandes-iran.com



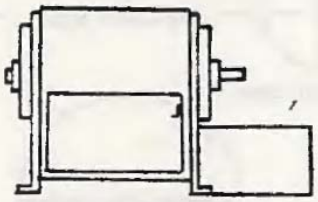
No. 3, SWSI

For belt drive or direct connection. One bearing on each side and supported by fan housing. Not recommended in sizes 27-inch diameter wheel and smaller.



No. 7, SWSI

For belt drive or direct connection. Arrangement No. 3 plus base for prime mover. Not recommended in sizes 27-inch diameter wheel and smaller.



No. 7, DWDI

For belt drive or direct connection. Arrangement No. 3 plus base for prime mover.

CODE:

SW - Single Width
SI - Single Inlet
DW - Double Width
DI - Double Inlet

NOTE:
1. Arrangements 1, 3, 7 and 8 are also available with bearings mounted on pedestals or base set independent of the fan housing.
2. For designation of rotation and discharge, see AD2803.
3. For motor position, belt or chain drive, see AD2804.
4. For designation of position of inlet boxes, see AD2802.

http://www.mohandes-iran.com

۳۲) بررسی پارامتر های طراحی دیگ بخار (امتحان اول)

برای بررسی تاثیر هر عامل، باید تغییرات آن عامل را سنجید.

۱- فشار دیگ: (15 BAR)

فشار خروجی دیگ بخار بستگی به فشار مورد نیاز مصرف کننده دارد.

چنانچه فشار دیگ مصرف کننده ۱۵ بار اعلام شد، فشار دیگ می بایست ۲ الی ۳ بار بیشتر از فشار آن باشد تا بتواند ضمن غلبه بر افت فشار های مسیر، به مصرف کننده تزریق شود.

به عنوان مثالی دیگر چنانچه فشار مورد نیاز مصرف کننده ۵ بار بود و در بازار کوچکترین دیگ دارای فشار ۱۰ بار بود، می بایست همان را انتخاب کرد. در دیگ های Fire Tube به راحتی می توان دیگ بخار را برای فشار های پایین تر Adjust کرد.

اما در دیگ های Water Tube به دلیل وجود پدیده Circulation، رنج کمتری برای Adjust دارد. چون اگر فشار کم شود، برخی از لوله ها بدون آب می مانند و می سوزند.

همانطور که بنظر می رسد، افزایش design pressure باعث افزایش قیمت دیگ می شود. لذا می بایست انتخاب دیگ با در نظر گرفتن مسائل اقتصادی صورت بگیرد.

۲- دبی (10 Ton/hr)

در دیگ هایی مانند دیگ های تولیدی شرکت ماشین سازی اراک چنانچه دیگی با دبی ۱۰ تن خریداری کنیم نمی توان بیشتر از ۷ تن بخار خروجی دریافت کرد. چون معمولا در اجرا لوله های کمتری به کار گرفته می شود. یعنی دیگی که در اجرا تولید می شود متفاوت با دیگی است که طراحی شده است.

به دلیل کمبود سطح حرارتی هرچقدر آب در دیگ ریخته شود، دیگ توان تولید بیشتر از ۷ تن را ندارد.

در برخی مواقع مشعل انتخابی، مشعلی ضعیف است که توان تولید انرژی لازم برای تولید حرارت مورد نیاز را ندارد.

لذا همیشه باید مارجین های مورد نیاز با توجه به نوع سازنده در نظر گرفته شود. در بازار داخل معمولا مارجین ها ۱۰۰ درصد در نظر گرفته می شود.

۳- دمای هوا:

http://www.mohandes-iran.com

هرچه دمای هوای محیط بالاتر باشد راندمان بالاتر است. چون دمای دود ناشی از حرارتی است که به هوا داده می شود تا به دمای دود برسد. لذا هرچه دمای هوا بالاتر باشد انرژی کمتری برای افزایش دمای آن لازم است.

- تغییرات دما در انتخاب پمپ تاثیری ندارد.
- دمای هوا در انتخاب فن بسیار مهم است. چرا که فن توان انتقال حجم معینی را دارد.

هوای ورودی به دیگ بخار می بایست جرم معینی داشته باشد. یعنی Kg/hr آن می بایست ثابت باشد. از آنجا که دانسیته هوا در دماهای مختلف متغییر است، لذا با توجه ثابت بودن ماکزیمم دبی حجمی فن، دبی جرمی آن در دماهای مختلف تغییر می کند.

لذا در انتخاب فن باید دقت کرد که در بیشترین دمای محیط فن را انتخاب کرد. زمانی که دانسیته هوا کمترین مقدار است.

اگر کارفرما دمای محیط را ۳۰ اعلام کرد، می بایست با نهایت دقت و درنظر گرفتن شرایط دمایی منطقه مربوطه و همچنین مارجین مناسب فن را انتخاب کرد. مثلا ۵۰ درجه را مبنای انتخاب فن قرار دهیم.

نکته: اگر هوای کافی به دیگ بخار نرسد، دود سیاه از دودکش خارج می شود. لذا دیدن دود سیاه در دودکش نشان نامناسب بودن مقدار هوای ورودی به دیگ می باشد.

۴- دمای سوپرهیتر:

اگر در هنگام خرید دیگ دمای سوپرهیتر را اعلام نکنیم بازار دیگی با دمای اشباع می دهد.

دیگ های اشباع در بازار زیاد یافت می شوند اما دیگ دارای سوپر هیتر کم است.

مزیت دیگ های روغن داغ این است که هر دمایی را می توان از این نوع دیگ تحویل گرفت. و مشکلات دیگ های روغن داغ کثیف بودن روغن و پایین بودن ضریب انتقال حرارت روغن می باشد.

۵- دمای آب ورودی به دیگ: (Deaerator outlet temp)

http://www.mohandes-iran.com

اگر Eco نداشته باشیم، دمای ورودی ۱۰۶ الی ۱۱۰ درجه مناسب می باشد. در این دما فشار ۱.۶ بار است.

برخی از مدل های deaerator که در بازار است ۷۰ الی ۹۰ درجه حرارت دارد. این دسته از deaerator ها اتمسفریک هستند.

طبق تجربه شرکت IHI دمای ۱۰۶ الی ۱۱۰ درجه رنج دمای مناسبی برای خروجی از deaerator و ورودی به دیگ بخار می باشد. در این دما اکسیژن به مقدار قابل قبولی از آب خارج می شود. اگر دما کمتر باشد اکسیژن در آب باقی می ماند و در بلند مدت باعث سوراخ شدن لوله های دیگ می شود.

- اگر دمای ورودی به دیگ بخار رعایت نشود، اکسیژن از حد مجاز بیشتر می شود و طول عمر دیگ کاهش می یابد.
  - دیگ های Fire Tube که در فشار پایین کار می کنند ۶ الی ۷ سال بعد از راه اندازی سوراخ می شوند.
  - دیگ های Fire Tube فشار بالا (۲۵ بار) ظرف مدت ۶ ماه تا ۱ سال سوراخ می شوند.

نکته: اگر سوخت مورد استفاده، گاز باشد و سولفور نداشته باشد می توان در دمای ۱۱۰ درجه هم Eco استفاده کرد.

برای دیگ های کوچک (زیر ۱۰ تن) و دیگ هایی که سوخت مورد استفاده سولفور بالا داشته باشد استفاده از Eco اقتصادی نیست.

۶- Blow Down

- هر چه مقدار Blow Down بیشتر باشدظرفیت دیگ بخار کاهش می یابد.
- تمام دیگ ها می بایست مجهز به continues blow down باشد. معمولا در دیگ های ایرانی شیر مربوط به blow down را نمی گذارند.
- وجود رسوب در ابتدا ظرفیت دیگ بخار را کاهش می دهد و بعد از آن ایجاد آن بر روی لوله ها مانع از خنک شدن سطح لوله ها و در نتیجه سوختن و سوراخ شدن لوله می شود.
- مقدار blow down باتوجه به بالانس نمک در آب تعیین می شود.
- معمولا درصد blow Down زیر 1 درصد است. در هنگامی که آب خیلی کثیف باشد درصد Blow Down بین ۴ الی ۵ درصد است.

در پالایشگاه تهران بخاطر اینکه هزینه نگهداری کم باشد مقدار Blow Down ۱۰ درصد است.

http://www.mohandes-iran.com

- اگر به هر دلیلی روغن وارد آب Condense شود ضریب انتقال حرارت آب پایین می آید. وجود لایه های روغن مانند عایق عمل می کند و لذا در بعضی جاها Over Heat می شود.
- در پالایشگاه تهران و اصفهان روغن همواره در آب وجود دارد. هر ۸ ساعت یک بار زیر آب زنی می کنند. یعنی ۱۰ الی ۲۰ درصد آب را تخلیه می کنند. با این کار یک شوک ایجاد می شود و مقدار زیادی روغن همراه آب خارج می شود.
- همیشه در آب Condense املاح وجود دارد. این مقدار در واحد های کوچک مشکلی ایجاد نمی کند اما در واحد های بزرگ نیاز به Condense polishing می باشد.

تفاوت های Gas Firing و Oil Firing

- در Gas Firing مقدار بیشتری دود تولید می شود
- در Oil Firing مقدار تشعشع بیشتر است.
- چنانچه دیگی که با سیستم Oil Firing بود و می خواستیم آن را به سیستم Gas Firing تغییر دهیم، نیاز به کوره بزرگتری داریم. چون مقدار تشعشع گاز کمتر است لذا نیاز به سطح حرارتی بزرگتری در قسمت تشعشعی دیگ وجود دارد.

اما در قسمتی که مربوط به انتقال حرارت Convection است، سطح مورد نیاز در Gas Firing کمتر از کوره Oil Firing است.

بررسی افت های دیگ حرارتی

۱- L_d

دود خروجی از دیگ دارای دمایی می باشد که اختلاف این دما و دمای دود تشکیل شده در کوره افت ناشی از دود می باشد.

عدد ۰.۲۴ که در محاسبات مربوط به این افت می باشد، ظرفیت گرمایی دود می باشد.

۲- L_f

تر بودن سوخت یکی دیگر از عوامل افت است. بخشی از حرارت تولید شده در سوخت صرف بخار کردن رطوبت می شود.

عدد ۰.۴۶ که در محاسبات مربوط به این افت می باشد، ظرفیت گرمایی آب می باشد.

http://www.mohandes-iran.com

L_a -۳

تر بودن هوا یکی دیگر از عوامل افت است. بخشی از حرارت تولید شده در سوخت صرف بخار کردن رطوبت می شود.

عدد ۰.۴۶ که در محاسبات مربوط به این افت می باشد، ظرفیت گرمایی آب می باشد.

L_b -۴

معمولا برای همه سوختها صفر درنظر می گیریم. چرا که نوع مشعل طوری انتخاب می شود که سوخت به صورت کامل بسوزد و افت ناشی از ناقص سوختن را نداشته باشیم.

L_R -۵

تمام سازنده ها موظفند از نمودار ASME استفاده کنند. تا بتوان راندمان سازنده ها را بر مبنای واحدی مقایسه کرد.

- نکته مهم آن است که مقدار افتی که ناشی از Convection است (سطح بیرونی دیگ که با هوای آزاد در تماس است) نیز در نمودار Radiation در نظر گرفته شده است. این نمودار برای دما و سرعت باد مشخصی از هوای آزاد درنظر گفته شده است. در صورتی که این مقادیر برای منطقه مورد نظر فرق کند، می بایست Correction Curve ارائه شود.

http://www.mohandes-iran.com

۳۳) دی سوپرهیتر (DeSuper Heater)

جهت کنترل دمای خروجی از سوپرهیتر (پایین آوردن دمای بخار به یک دمای خاص) از دی‌سوپرهیتر استفاده می شود. یعنی در این قسمت بازه دمایی بخار مورد نیاز بر اساس نیاز مصرف کننده کنترل می گردد.

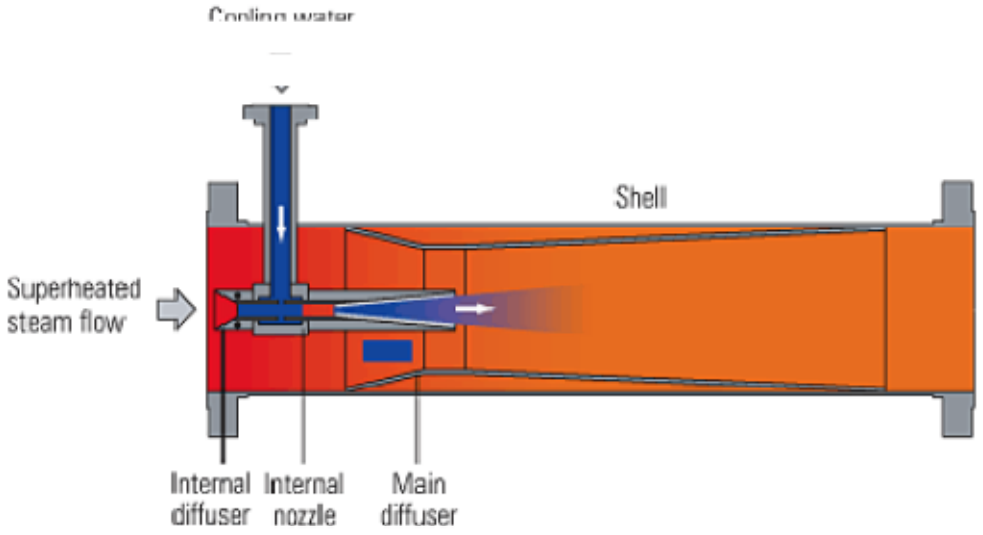
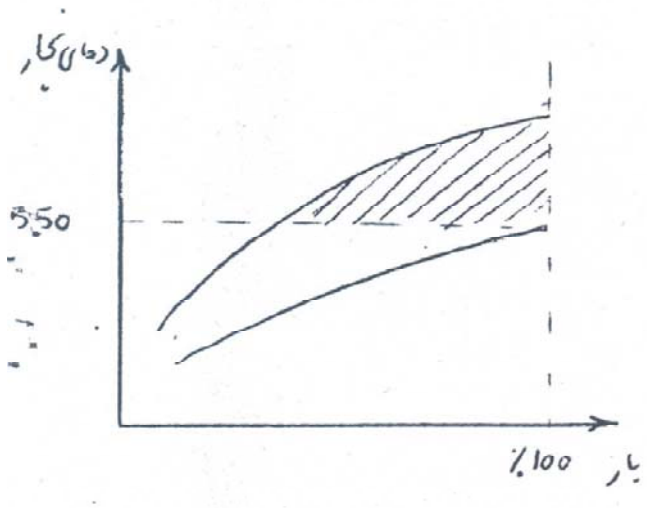


Fig. 15.3.1 Venturi type desuperheater



نمودار دمای بخار با پاشش آب

http://www.mohandes-iran.com

یکی از مهمترین تجهیزات مصرفی بخار ، توربین ها می باشند که در مقیاس هاس بزرگ مانند توربین های تولید برق (۲۵۰MW- ۲۰۰) جهت دوران ژنراتورها و یا در مقیاس کوچکتر مانند توربین های نیرو محرکه (Drive) (۱۰Kw -۱Mw) جهت دوران تجهیزاتی از قبیل کمپرسور و یا فن استفاده می گردند. مبدل های حرارتی بخار (Steam Heat Exchanger) نیز یکی از مصرف کننده های دیگر بخار جهت حرارت دادن غیر مستقیم به مواد مختلف از جمله مواد نفتی و یا گازی می باشند.

در طراحی و انتخاب دی‌سوپرهیتر رعایت نکات زیر ضروری می باشد:

۱- وجود دی‌سوپرهیتر برای تمامی دیگ بخارها لازم نمی باشد و با توجه به میزان دقت و بازه کنترل دمای بخار موردنیاز مصرف کننده، نیاز به دی‌سوپرهیتر و نوع آن متفاوت می باشد.
۲- در توربین های تولید برق و یا در توربین های نیرو محرکه (Drive) دقت دمای بخار ورودی جهت افزایش راندمان آن بسیار مهم می باشد. در صورتی که در مبدل های حرارتی دقت دمای بخار ورودی زیاد مهم نمی باشد زیرا با تغییرات دبی بخار می توان دمای موردنیاز سیال مورد نظر را تامین کرد.
۳- نیاز به دماهای مختلف در هدر های مختلف مصرفی، نیاز به دی‌سوپرهیتر و نوع آن را تحت تایر قرار میدهد می باشد.
۴- میزان هزینه تمام شده برای تعیین نوع دی‌سوپرهیتر از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

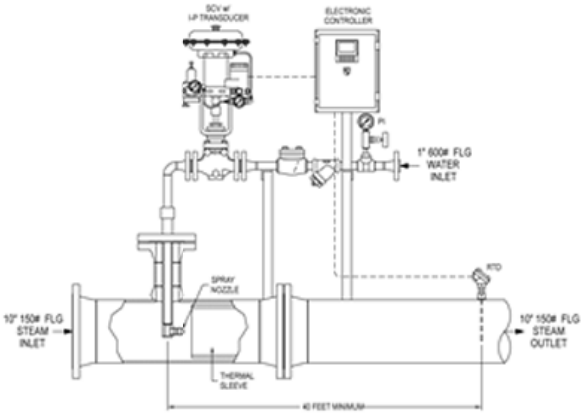
- **انواع دی‌سوپرهیتر (D.S.H)**

۱- دی‌سوپرهیتر نوع اسپری آب به داخل بخار سوپر هیتر (Water Spray)

در این روش دمای بخار خروجی از سوپرهیتر با پاشش آب به داخل آن مطابق نمودار فوق کنترل میگردد.

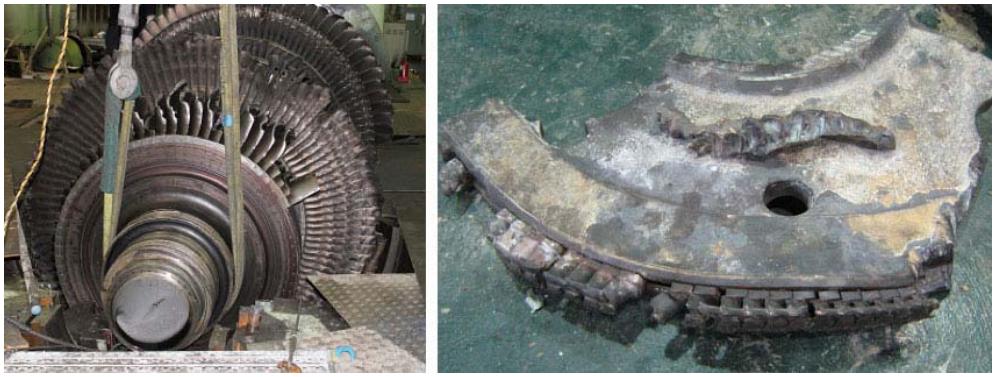
در این نوع از دی‌سوپرهیترها خلوص آب اسپری بسیار مهم است. زیرا وجود ناخالصی ها در آب باعث بروز مشکل در سیستم مصرف کننده می کند به عنوان مثال وجود ناخالصی ها در بخار ورودی به توربین باعث "کیپ کردن" توربین میشود. ازاینرو به آب اسپری آب کثیف نیز می گویند زیرا از آب دیگ بخار کثیفتر میباشد و خلوص بخار را خراب می کند. بنابراین فراهم نمودن آب اسپری با درجه خلوص نزدیک آب دیگ بخار هزینه بالایی در بر خواهد داشت.

http://www.mohandes-iran.com



دی‌سوپرهیتر نوع اسپری آب

http://www.mohandes-iran.com



عکس- کیپ کردن توربین

بهترین روش اسپری آب به داخل بخار سوپر هیتر جهت کاهش اثرات سایش خط لوله بخار، استفاده از ونتوری می باشد. یعنی در این روش با ایجاد مکش در گلویی ونتوری باعث مکش واسپری آب به مرکز جریان خط بخار می شود.

در این راستا شرکت رزمونت نمونه ای از این کار را با ادغام ونتوری در یک شیر کنترل جریان ارائه نموده است که البته به دلیل مسائل حساسیت عملکرد توربین و موارد نگهداری وتعمیرات در نیروگاهها استفاده نمی شود.

Figure 1— This steam conditioning valve assembly features an integral desuperheater section.

http://www.mohandes-iran.com

عکس شیر کنترل جریان با ادغام دی‌سوپرهیتر نوع اسپری آب- Fisher Emersan

۲- دی‌سوپرهیتر نوع خنک کن با سطح حرارتی (Super heater Cooler)

در این روش که مانند مبدل حرارتی عمل می کند، دمای بخار خروجی از سوپرهیتر با عبور از یک سطح حرارتی با بخار سرد تر در طرف دیگر کنترل میگردد.

در این روش به دلیل زیاد بودن سطح حرارتی مورد نیاز فقط در دیگ بخار های کوچک استفاده می گردد. و در دیگ بخار های نیرگاهی استفاده نمی گردد. مثلا در برخی دیگ بخار های SC بخشی از لوله‌های سوپرهیتر را از آب اشباع درون درام بخار (Steam Drum) عبور می دهند.

- **تنظیم دمای بخار توسط دی‌سوپرهیتر(D.S.H):**

این نکته بسیار مهم است که از دی‌سوپرهیتر های نوع اسپری آب (DM) به داخل بخار، جهت کنترل دمای بخار با دقت ۵-/+ درجه سانتیگراد استفاده می شود. و تامین این آب (DM) با این دقت دما کار سنگین و پر هزینه ای می باشد.

با توجه به نکته فوق باید توجه نمود که در نیروگاههای کوچک مانند نیروگاه پالایشگاه تهران و یا پالایشگاه اصفهان که نگهداری توربین از راندمان آن مهمتر است و رنج مجاز دمای بخار خروجی سوپرهیتر می تواند ۱۵ -/+ باشد، وجود دی‌سوپرهیتر های نوع اسپری آب (DM) لازم نمی باشد. بنابراین در نیروگاههای بزرگ مانند نیروگاه تولید برق شهید رجایی تهران که راندمان توربین نیز بسیار مهم است و رنج مجاز دمای بخار خروجی سوپرهیتر می تواند ۵ +/- باشد، استفاده از دی‌سوپرهیتر های نوع اسپری آب (DM) جهت تنظیم دمای بخار ورودی به توربین و افزایش راندمان آن بسیار مفید می باشد.

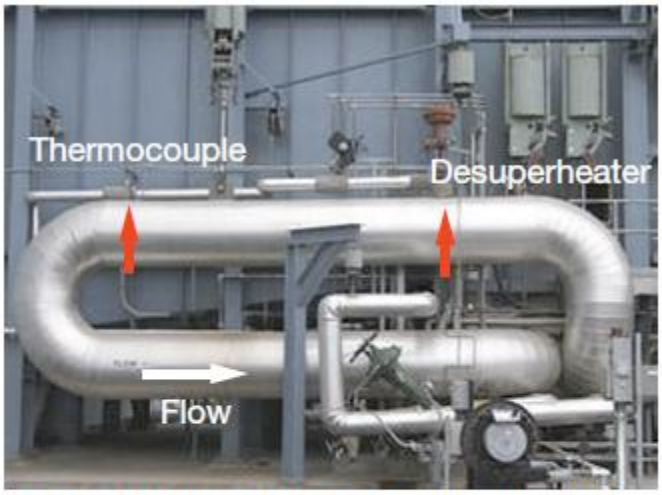
- **محل قرار گیری دی‌سوپرهیتر (D.S.H)**

محل دی‌سوپرهیتر می تواند در ورودی سوپرهیتر و یا در خروجی آن باشد. که قرارگیری در خروجی سوپرهیتر آسان تر بی دردسر تر می باشد (مانند دیگ بخار های SC) زیرا در این حالت دی سوپرهیتر می تواند با فاصله درخارج از دیگ بخار قرارگیرد اما در این حالت راندمان ترمودینامیکی به دلیل اخیلاف دمای

http://www.mohandes-iran.com

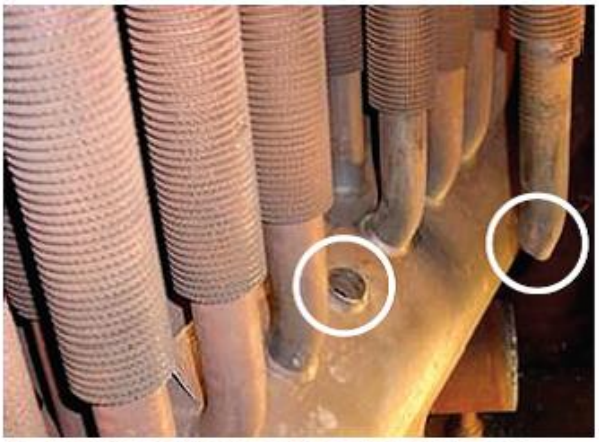
زیاد بین بخار وآب اسپری، پایین می با شد. همچنین تنش حرارتی زیادی نیز درقسمت انتهایی لوله های بخار وجود خواهد داشت.

یکی از عیب های اصلی دیگ بخار ها در ی‌سوپرهیتر ها به وجود می آید که نیازمند دقت زیادی در طراحی این قسمت می باشد. مسائل تنش حرارتی در نقاطی که اختلاف دما وجود دارد همیشه دردسر ساز می باشد.



2. Poorly designed desuperheater arrangement does not have sufficient straight-length upstream and down-stream of the attemperator, lacks suf-ficient distance to the thermocouple, and is missing a low-point drain

http://www.mohandes-iran.com



4. Failure of superheater tube was caused by quenching with spray water

قرارگیری دی‌سوپرهیتر در ورودی سوپرهیتر مشکلات قبلی را نداشته اما مشکل وجود ذرات مایع و بخار اشباع وجود دارد که مسئله سایش لوله های سوپرهیتر مطرح می گردد.

در دیگ بخار های نوع SD محل قرارگیری دی‌سوپرهیتر بین سوپرهیتر اول (تشعشعی) و سوپرهیتر دوم (جابجایی) می باشد.

در دیگ بخار های نیروگاهی نوع SR از دو عدد دی‌سوپرهیتر استفاده می گردد که محل قرارگیری آن ها یکی در انتهای سوپرهیتر (جابجایی) و دیگری در انتهای ری هیتر (ReHeater) می باشد.

- انواع سوپرهیتر (.S.H)

سوپر هیتر دمای بخار تولید شده در دیگ بخار را بدون تغییر فشار بالا می برد. با توجه به نحوه انتقال حرارت از شعله و یا دود به بخار نوع سوپر هیتر متفائت می باشد به دو صورت زیر می باشند :

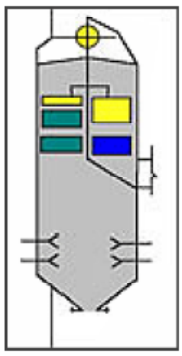
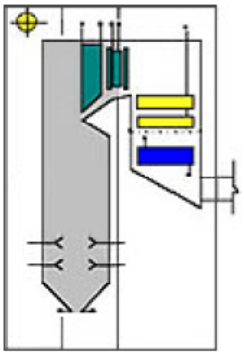
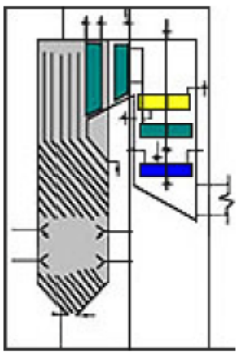
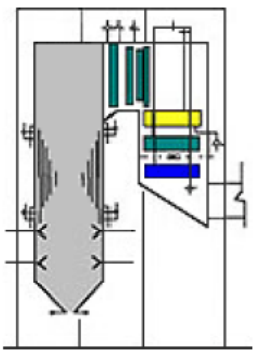
۱- سوپر هیترهای تشعشعی

۲- سوپر هیترهای جابجایی

http://www.mohandes-iran.com

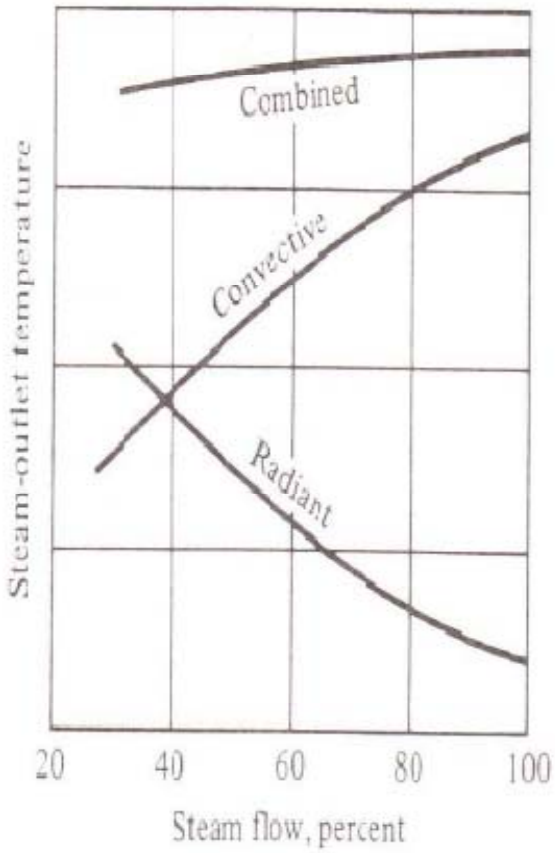
Platen Super Heater Coils For NTPC, Talcher

http://www.mohandes-iran.com

	Natural circulation		Once-through	
	RBE	RBC	Benson	UP
Boiler type				
Power output	60 to 800MW	50 to 1000MW	75MW and over	350MW and over
Main steam press.	Subcritical		Subcritical / supercritical	
Main steam Temp.	up to 566°C		up to 630°C	

با توجه به وجود سوپر هیترها در داخل دیگ بخار، با تغییرات بار دیگ بخار (تغییرات دبی سوخت و میزان دبی بخار)، میزان تغییرات دمای بخار در سوپر هیترها متفاوت می باشد.

http://www.mohandes-iran.com



نمودار تغییرات دمای بخار سوپرهیتر با تغییرات بار دیگ بخار

در سوپر هیترهای تشعشعی با کم شدن بار دیگ بخار به دلیل ثابت بودن دمای شعله (نرخ تشعشع) و کاهش دبی بخار، دمای بخار بالا میرود. بنابراین عملکرد سوپر هیترهای تشعشعی در بار های پایین بهتر می باشد.

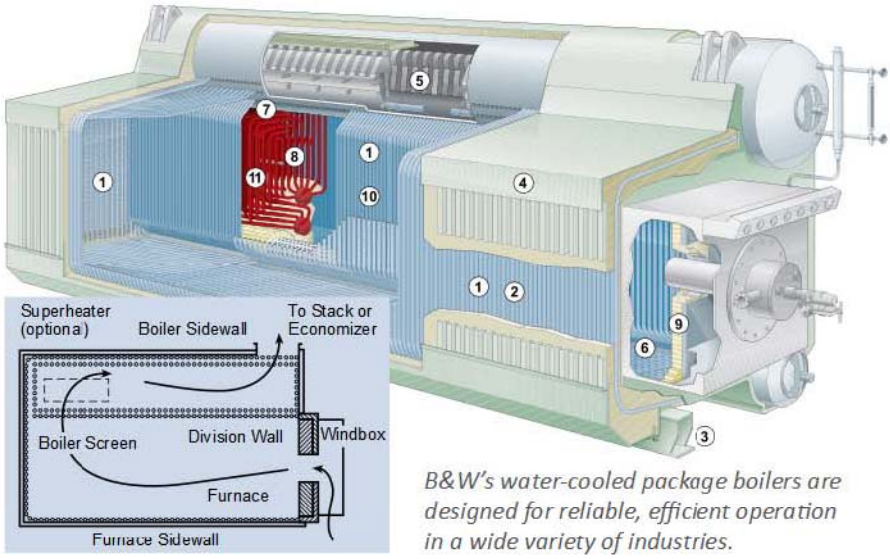
در سوپر هیترهای جابجایی با زیاد شدن بار دیگ بخار به دلیل افزایش سرعت دود (نرخ جابجایی) و افزایش دبی بخار، دمای بخار بالا میرود. بنابراین عملکرد سوپر هیترهای جابجایی در بار های بالا بهتر می باشد.

با توجه به این نوع عملکرد سوپر هیترهای جابجایی و تشعشعی ، می توان با ترکیب این این دو سوپر هیتر در رنج های مختلف بار دیگ بخار دمای بخار سوپر هیتر را به طور ثابت کنترل کرد.

- نحوه تنظیم دمای بخارخروجی از سوپر هیتر در دیگ بخار های مختلف :

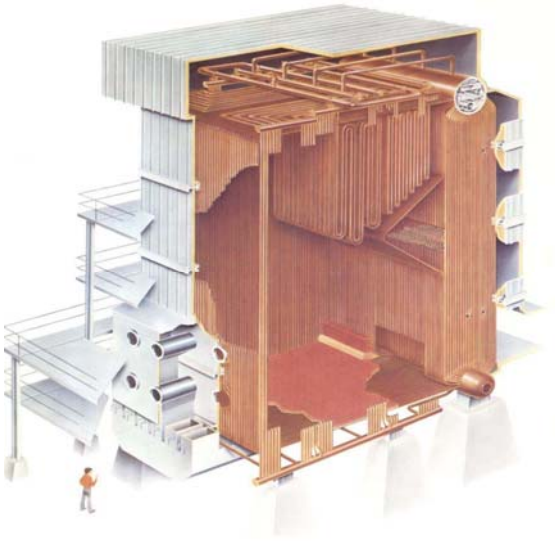
http://www.mohandes-iran.com

در دیگ بخار های SC با تنظیم فاصله بین لوله هایScreen Tube که به صورت زیگزاک (Stagerd) می باشند، ضریب شکل(زاویه تابش) و نرخ تشعشع وارد بر لوله های بخار تغییر کرده و در نتیجه دمای بخار کنترل می گردد.



سوپر هیتر در دیگ بخار SC

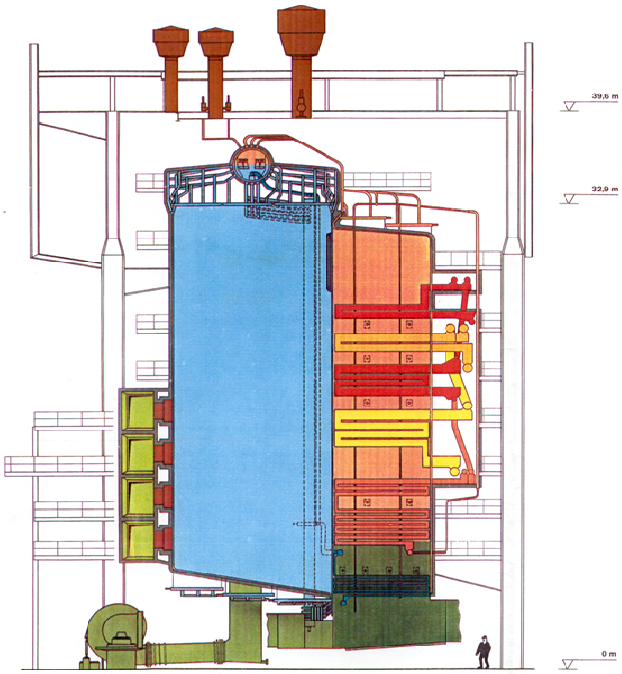
در دیگ بخار های SD با جابجا کردن محل سوپر هیتر تشعشعی که در بالای دماغه دیگ بخار قرار دارد، میزان زاویه تابش شعله به آن تغییر کرده و در نتیجه با تغییر نرخ تشعشع دمای بخار کنترل می گردد.



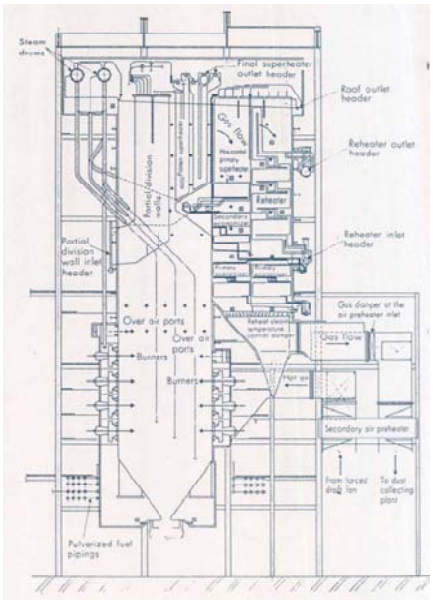
سوپر هیتر در دیگ بخار SD

http://www.mohandes-iran.com

در دیگ بخار های SR با جابجا کردن محل سوپر هیتر تشعشعی که در بالای دماغه دیگ بخار قرار دارد، میزان زاویه تابش شعله به آن تغییر کرده و در نتیجه با تغییر نرخ تشعشع دمای بخار کنترل می گردد.



سوپر هیتر در دیگ بخار SN

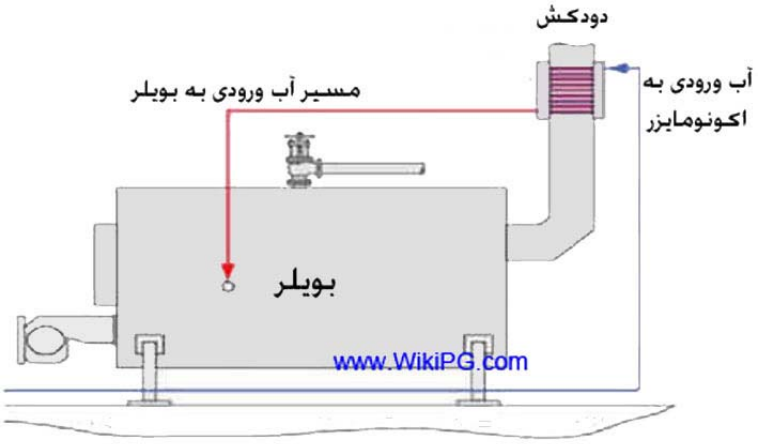


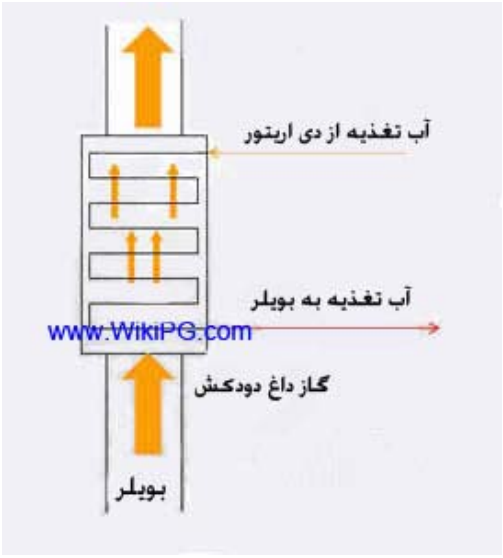
سوپر هیتر در دیگ بخار SR

http://www.mohandes-iran.com

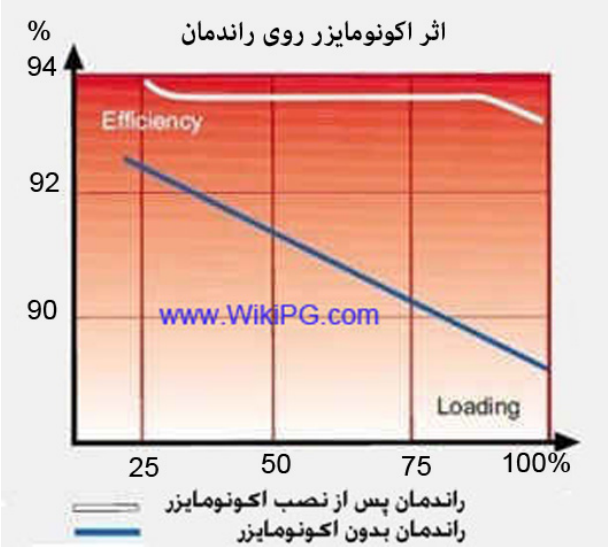
۳۴) اکونومایزر (Economizer)

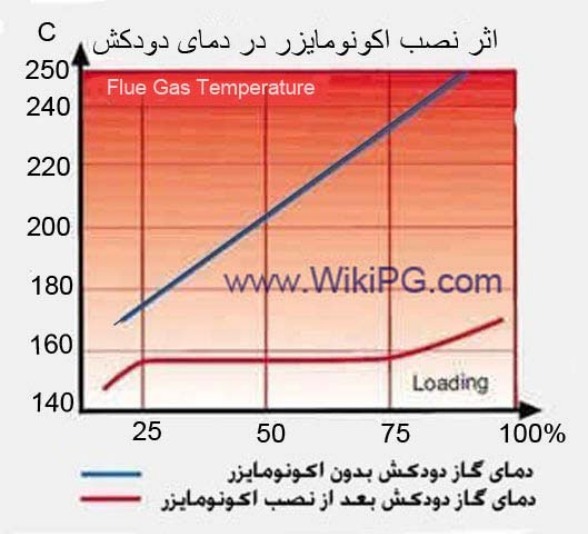
اکونومایزر یک مبدل حرارتی است که آب تغذیه دیگ بخار از آن عبور داده شده و از حرارت گازهای داغ خروجی دیگ بخار برای گرم کردن این آب استفاده می شود. بدین ترتیب، آب تغذیه با دمای بالاتری به درون دیگ بخار فرستاده شده و انرژی کمتری را برای تبخیر جذب می کند. همچنین به دلیل بالا بودن دمای آب تغذیه، توانایی دیگ بخار در هماهنگ شدن با تغییرات ناگهانی بار افزایش می یابد.





http://www.mohandes-iran.com





از آنجا که اکونومایزر در سمت پر فشار پمپ تغذیه قرار می گیرد، تأمین آب تغذیه با دمای بالاتر از ۱۰۰ درجه سلسیوس نیز ممکن می شود.

- **انواع کونومایزر :**

۱- اکونومایزر Bare Tube (لخت)

این اکونومایزر کم هزینه ترین و ساده ترین نوع اکونومایزر محسوب می شود. و چون در این نوع اکونومایزر انتقال حرارت از دود به آب تغذیه توسط تیوب های صاف و بدون فین صورت می گیرد، در جاهایی که راندمان حرارتی بالا لازم نمی باشد به کار میرود. بدیل وجود تیوب های صاف با دود کثیف نیز کار می کند.

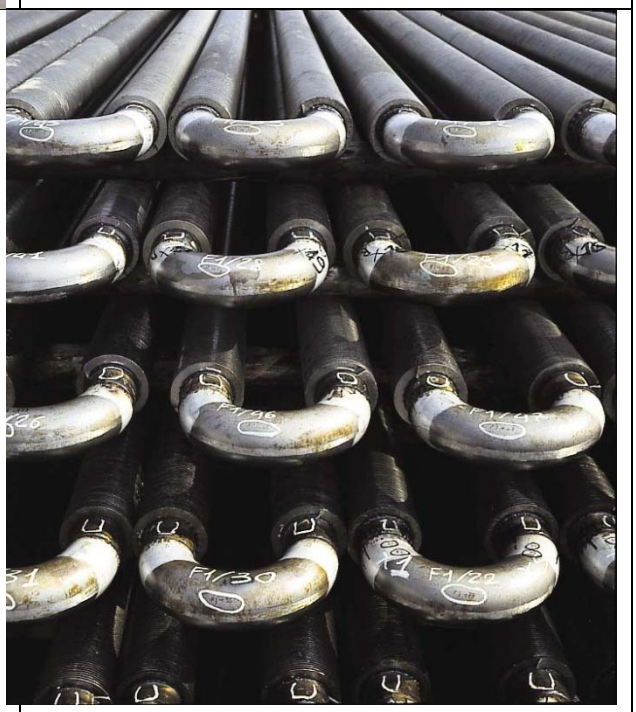
http://www.mohandes-iran.com

عکس اکونومایزر Bare Tube

۲- اکونومایزر Finned Tube (فین دار)

این نوع اکونومایزر دارای راندمان بالایی می باشد و چون در این اکونومایزر انتقال حرارت از دود به آب تغذیه توسط تیوب های با فین های خارجی دیسکی صورت می گیرد، در جاهایی که راندمان حرارتی بالا لازم می باشد به کار می رود و بنابراین هزینه ی بیشتری در بر دارد.

http://www.mohandes-iran.com



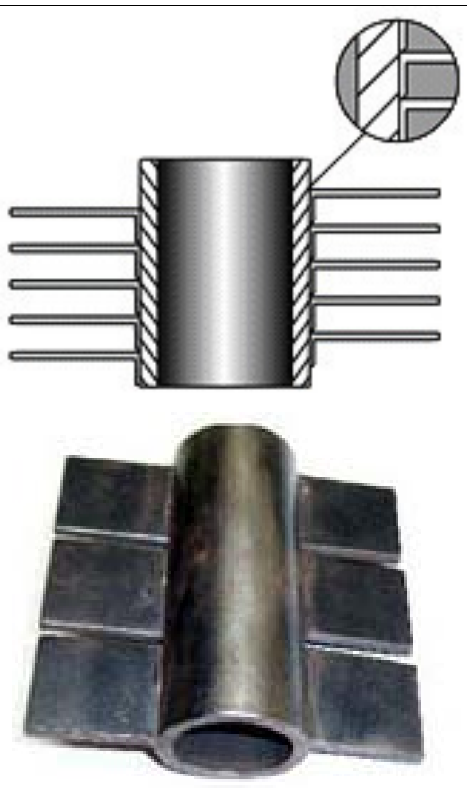
عکس اکونومایزر Finned Tube

۳- اکونومایزر Stud Finned Tube (شاخدار)

این نوع اکونومایزر که در آن انتقال حرارت از دود به آب تغذیه توسط لوله های با فین بلند شاخ مانند که به دیواره خارجی تیوب ها جوش داده شده است، برای جاهایی که دارای دود بسیار کثیف هستند، از کاربری بالایی برخوردار می باشد. مثلا در کوره های معادن (مانند معدن مس سرچشمه رفسنجان)

http://www.mohandes-iran.com

که ذرات سولفور و وانادیوم به صورت رسوب سرامیکی به تیوب ها می چسبد، از این نوع اکونومایزر جهت حفظ اندمان حرارتی استفاده می گردد.



عکس اکونومایزر Stud Finned Tube

http://www.mohandes-iran.com

الزامات محیط زیستی در دنیا وجود اکونومایزرجهت کاهش دمای گاز خروجی از دودکش ها را ضروری کرده است تا آنجا که برای دیگ بخار های فایر تیوب نیز توصیه شده است. اما متاسفانه در ایران بسیاری از دیگ بخار ها دارای اکونومایز نمی باشند.

در اکونومایزر کاهش دمای گازهای داغ خروجی دیگ بخار جهت گرم کردن آب وردی دیگ بخار نباید به اندازه باشد که به دمای نقطه شبنم دود نزدیک شود زیرا باعث خوردگی در لوله های اکونومایزر می شود

عکس اکونومایزر خوردگی و نشتی در اکونومایزر

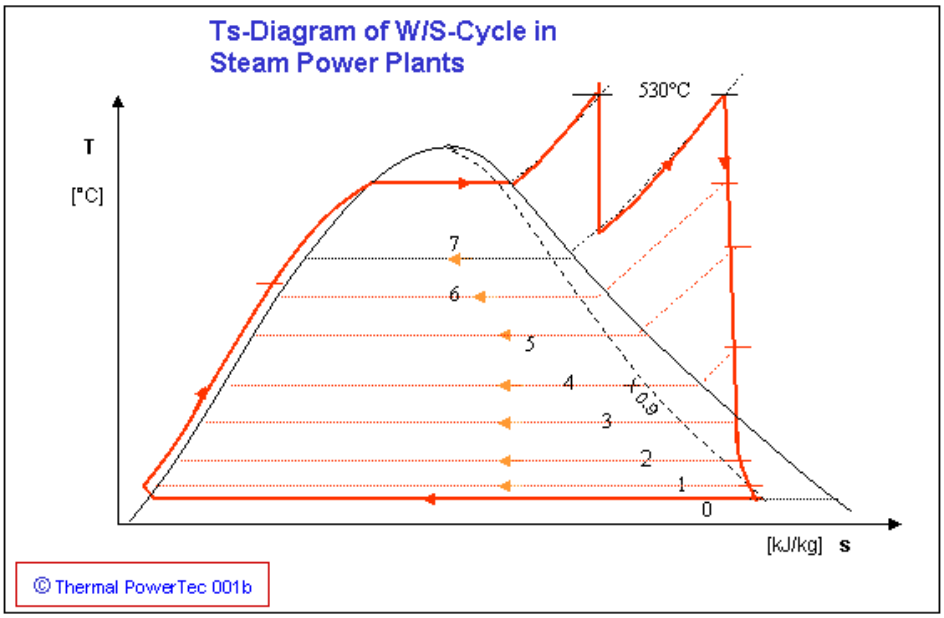
۳۵) ری هیتر (ReHeater)

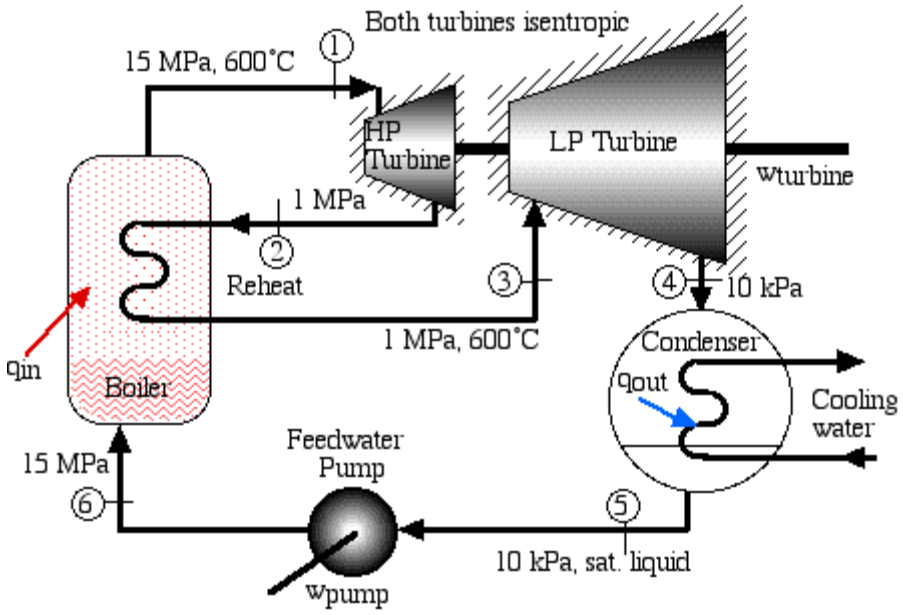
در نیروگاه های تولید برق اصولا از توربینهای .H.P و .M.P و L.P استفاده می گردد به این صورت که بخار در سه مرحله در توربین های مختلف منبسط شده و تولید کار می کند.

انرژی بخار هنگام خروج از توربین فشار قوی .H.P بعلت انجام کار افت پیدا می‌کند برای جلوگیری از وجود رطوبت در طبقات فشار ضعیف توربین، باید درجه حرارت بخارهای برگشتی از توربین فشار قوی

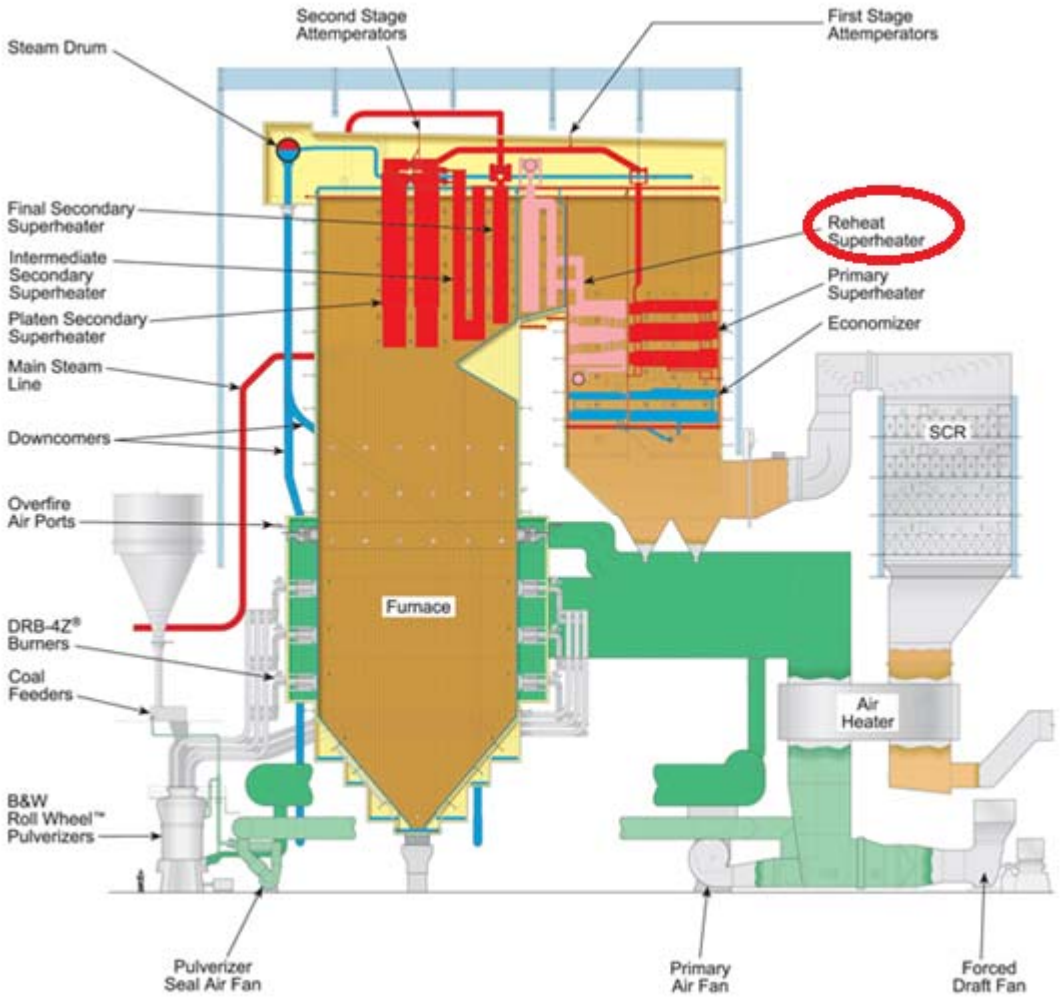
http://www.mohandes-iran.com

را بالا برده، سپس به سمت توربین فشار متوسط .M.P هدایت نمود. این عمل توسط ری هیتر (ReHeater) انجام می‌گیرد.





http://www.mohandes-iran.com



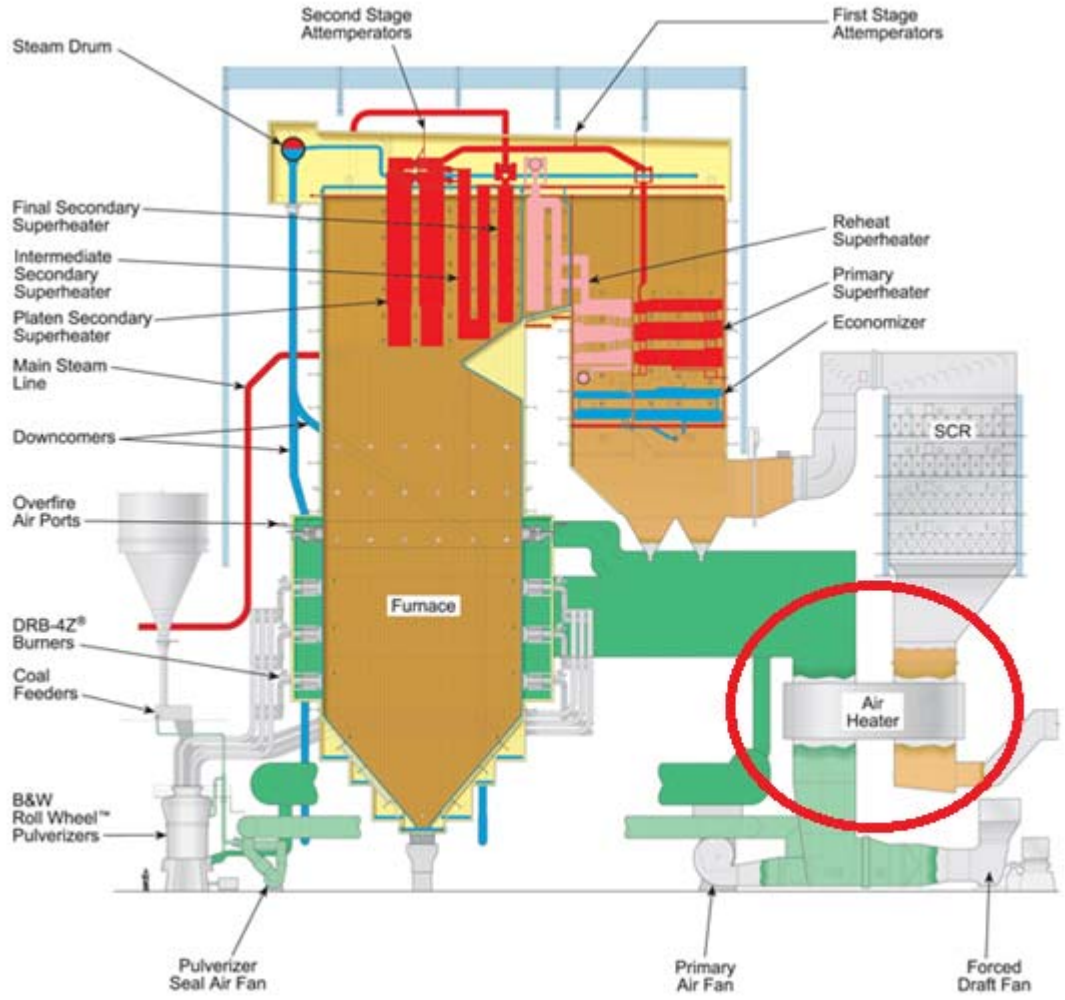
عکس ری هیتر (ReHeater)

ری هیترها همانند سوپرهیتر و در داخل دیگ بخار در مسیر محصولات احتراق قرار گرفته و حرارت گازهای داغ را به داخل خود منتقل می‌کنند.

- **پیش گرمکن هوا (Air Pre Heater)**

http://www.mohandes-iran.com

هوای ورودی به دیگ بخار توسط پیش گرمکن هوا **(Air Pre Heater)** که در مسیر دود قرار گرفته است جهت افزایش راندمان دیگ بخار و همچنین کاهش دمای دود ،گرم می شود.



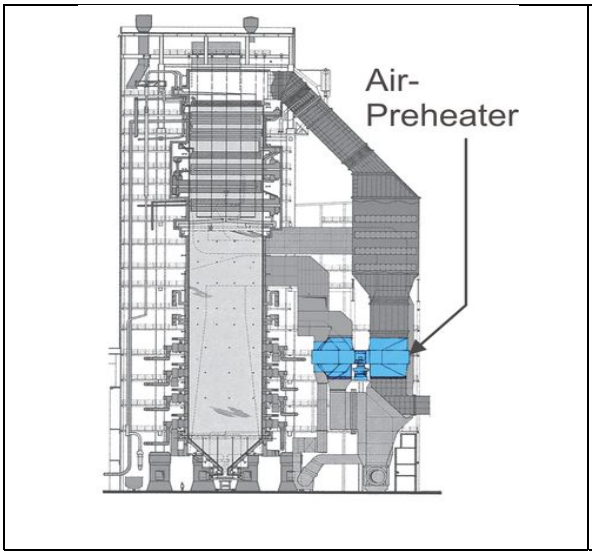
عکس پیش گرمکن هوا (Air Pre Heater)

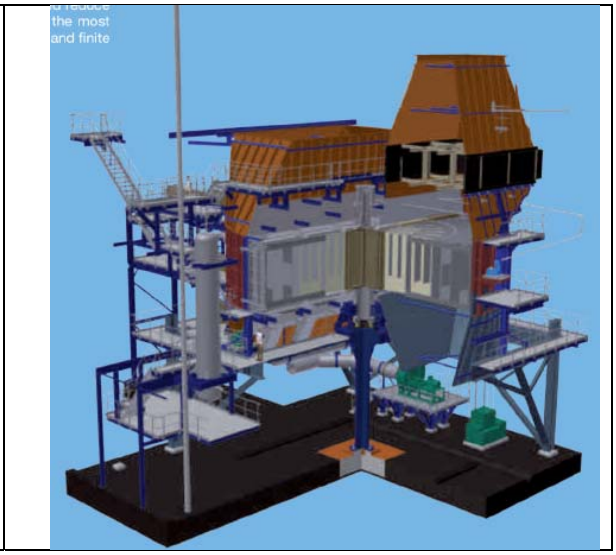
۳۶) انواع پیش گرمکن هوا (Air Pre Heater)

http://www.mohandes-iran.com

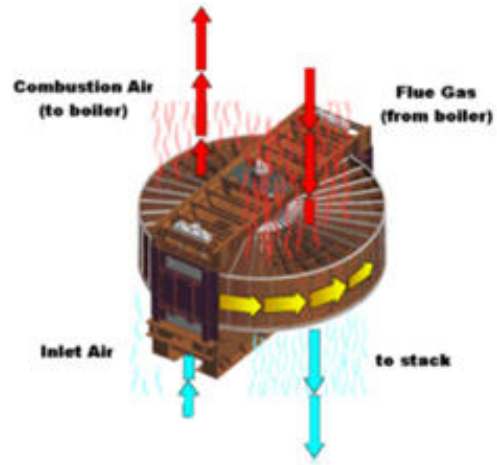
۱- **Regenerator** نیروگاهی

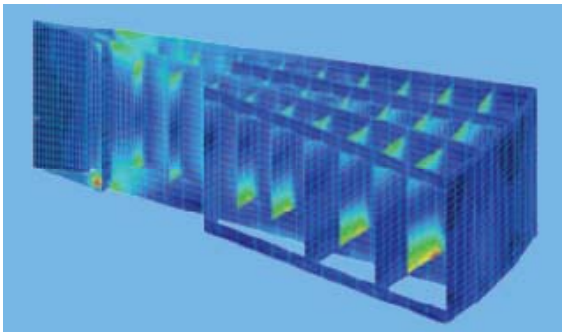
در دیگ بخار های نیروگاهی وجود پیش گرمکن هوا ضروری می باشد . هنگامیکه هوای محیط سرد می‌شود، ذرات آب موجود در هوا در حین برخورد با پره‌های فن موجب یخ زدن آب روی پره‌های فن می‌شوند و این سبب سنگین شدن و شکستن پره‌های فن می‌شود. لذا برای جلوگیری از این امر، هوای ورودی به دیگ بخار توسط پیش گرمکن هوا (Regenerator) که در مسیر گازهای داغ احتراق قرار گرفته ،گرم می شود.





http://www.mohandes-iran.com





عکس Regenerator

نکات و مشکلات :

الف: در Regenerator ها ۷ درصد نشتی هوا از قسمت هوا به قسمت دود وجود دارد که باید در محاسبات هوای ورودی ۷ درصد هوای اضافی در نظر گرفت .

ب: مسئله خوردگی حاصل از تشکیل شبنم در قسمت سرد. بنابراین باید متوسط دمای Regenerator همیشه بیشتر از دمای نقطه شبنم باشد. $Tm = (T_h+T_c)\ /2 > T_{dew\ point}$

(T_h دمای متوسط قسمت گرم و T_c دمای متوسط قسمت سرد)

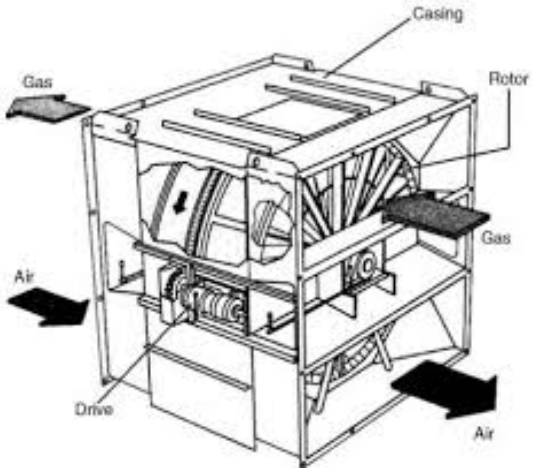
ج: در Regenerator ها به دلیل احتمال وجود سوخت های نسوخته و ترکیب آن ها با هوا ، امکان انفجار وجود دارد.

http://www.mohandes-iran.com

د: به دلیل مسائل اعوجاج در شفت و بلبرینگ های سیستم چرخش، Regenerator حتما باید مدام در حال چرخش باشد.

Regenerator ها در دو حالت افقی و یا عمودی نصب می شوند. در حالت افقی از جهت مسیر حرکت هوا و دود بهتر می باشد اما مسائل اعوجاج در شفت وجود خواهد داشت (مانند نیروگاه شهید رجایی). اما در حالت عمودی از جهت کاهش مسائل اعوجاج بهتر است اما چیدمان مسیر حرکت هوا و دود سخت تر می شود.

عکس Regenerator - حالت عمودی

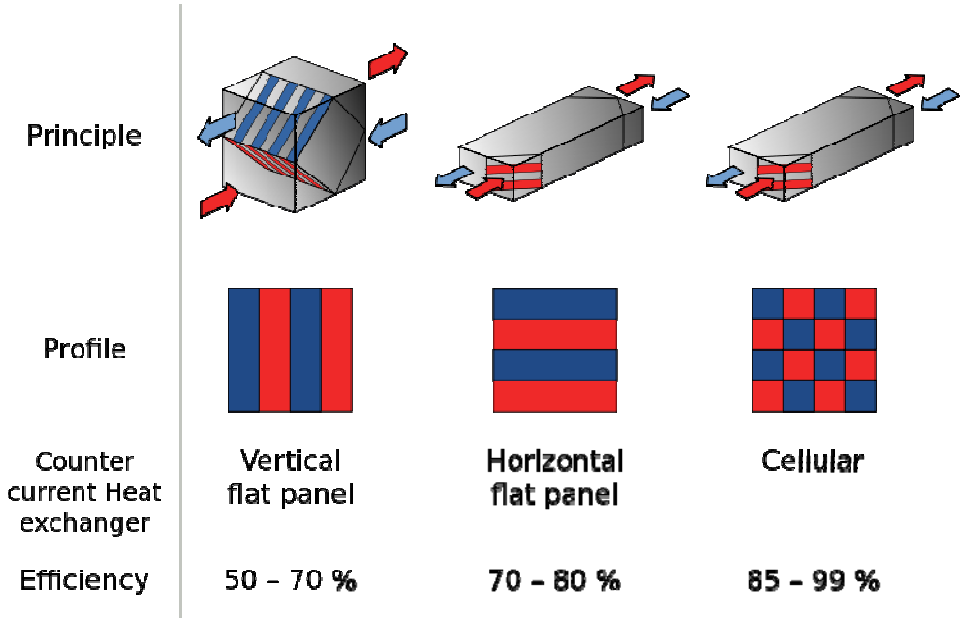


http://www.mohandes-iran.com

عکس Regenerator - حالت افقی

۲- **Regenerator** مبدل صفحه ای **(Plate Exchanger Regenerator)**

در این نوع از Regenerator ها انتقال حرارت بین هوا و دود در یک سطح حرارتی بسیار بالا مانند یک مبدل صفحه ای صورت می گیرد. این Regenerator ها در هواپیما ها ، در دیگ بخار های قدیمی و در خودرو ها استفاده می شده است که امروزه کاملا منسوخ گردیده اند.

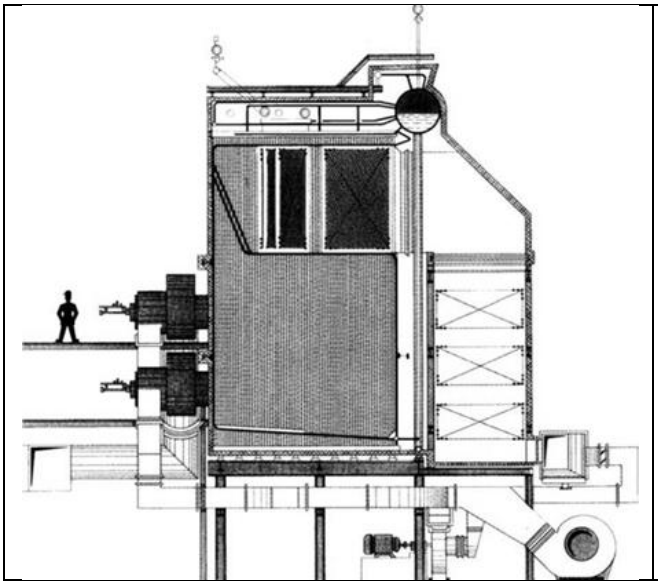


۳- **Regenerator** های خنک کن با سیال دوم که از اختلاف دمای Evap و Cond. برخی سیالات میانی استفاده می کند(مانند خنک کننده های جدید در CPU در کامپیوتر ها)

۳۷) سیستم های Draft در دیگ بخار ها :

جهت تزریق هوا به دیگ بخار و اشتعال از فن استفاده می شود .

http://www.mohandes-iran.com

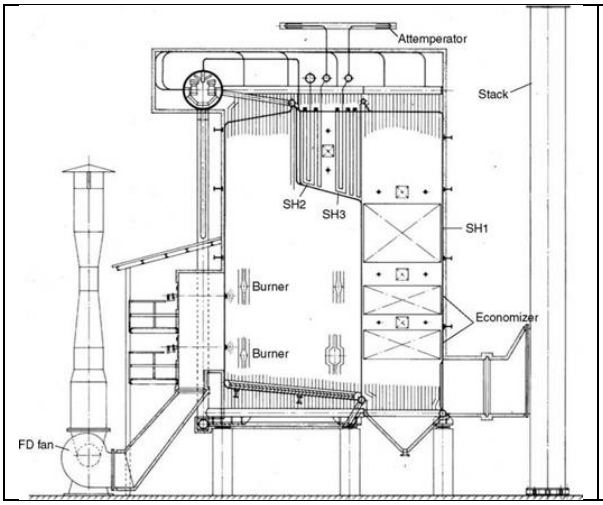


با توجه به محل قرارگیری این فن نسبت به دیگ بخار سیستم های Draft در دیگ بخار ها متفوت می باشد.

۱- N.D. (Natral Draft) : در این روش ورود هوا به دیگ بخار از طریق جابجایی طبیعی هوا در اثر اختلاف دمای هوا و در نتیجه دانسیته صورت می گیرد. که در این صورت ابعاد دودکش باید بزرگ باشد. به عنوان مثال دیگ بخار آبادان دارای دودکشی به قطر ۷.۵ متر و ارتفاع ۴۰ متر می باشد.

۲- F.D. (Forced Draft) : در این روش هوا از طریق F.D.F. که قبل از دیگ بخار قرار دارد به دیگ بخاردمیده می شود. بنابراین کوره فشار مثبت خواهد داشت در این روش امکان نشت دود از دیگ بخار وجود خواهد داشت. که با سیل بندی دیگ بخار این مشکل را برطرف می کنند. بیشتر دیگ بخار های امروزی از این روش استفاده می کنند.

http://www.mohandes-iran.com



۳- I.D. (Induced Draft) : در این روش هوا از طریق I.D.F. که بعد از دیگ بخار و قبل از دودکش قرار دارد از دیگ بخار مکیده می شود بنابراین کوره فشار منفی خواهد داشت. در این روش امکان نشت دود از دیگ بخار وجود نخواهد داشت. بنابراین در جاهایی که مواد آلوده و خطرناک در کوره وجود دارد از این روش استفاده می شود.اما باید توجه نمود بدلیل اینکه I.D.F. دود را مکش می کند با گاز های داغ سر و کار دارد و این مسائلی مانند بزرگ بودن فن و تنش های حرارتی را دارا می باشد.

http://www.mohandes-iran.com

۴- B.D. (Balanced Draft) : در این روش از هر دو سیستم F.D. و I.D. جهت تزریق هوا به دیگ بخار استفاده می شود.

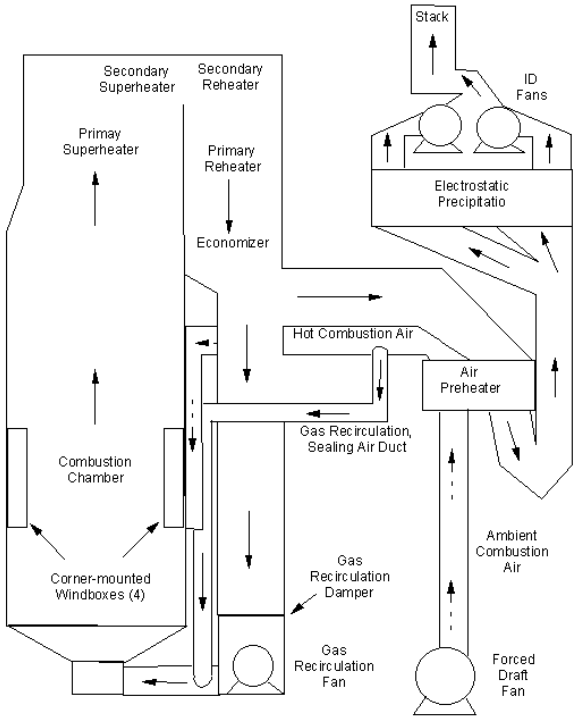


Figure 2-1. Long Island Lighting Co. - Northport Unit One
Combustion Air & Flue Gas Flow

- **انواع فن :**

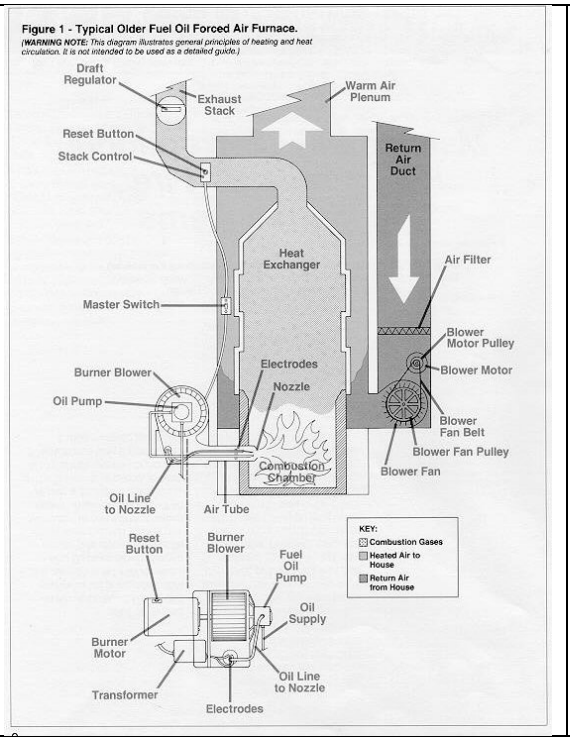
۱- F.D.F (Forced Draft Fan) که در سیستم F.D. استفاده می شود

۲- I.D.F. (Induced Draft Fan) که در سیستم I.D. استفاده می شود

۳- G.R.F. (Gas Recirculation Fan) جهت کاهش NOX و افزایش دمای بخار خروجی از سوپر هیتر (بدلیل افزایش سرعت دود و اشتعال بیشتر) مقداری از دود را به هوای ورودی دیگ بخار تزریق می شود که این کار توسط فن G.R.F. انجام می شود . در اروپا همه دیگ بخار ها باید از G.R.F. برخوردار باشند.

۴- G.M.F. (Gas Mixing Fan)

http://www.mohandes-iran.com



http://www.mohandes-iran.com

۳۸) خلوص آب دیگ بخار و نمونه گیری از آن :

خلوص آب دیگ بخار بسیار مهم است. زیرا وجود ناخالصی ها در آب باعث بروز مشکلات زیادی در اجزائ مختلف دیگ بخار و مصرف کننده های بخار می کند. بنابراین آب تغذه دیگ بخار در ابتدا تصفیه (de-mineralized) می شود که در اصطلاح به آن آب DM گفته می شود

در استاندارد های مختلف (JIS ویا AMBM) حد مجاز آب DM مشخص شده است. بنابریاین وضعیت یون های سختی ، میزان رسوب موجود در آب تغذیه به دیگ بخار باید کنترل گردد.

(T.D.S. : Total Dissolved Solids)

مشکلات و کاربرد های املاح و یون های موجود در آب تغذیه به دیگ بخار :

List of Problems Caused By Impurities in Water

Impurity (Chemical Formula)	Problems	Common Chemical Treatment Methods
Alkalinity (HCO_3-, CO_3^{2-} and $CaCO_3$)	Carryover of feedwater into steam, produce CO_2 in steam leading to formation of carbonic acid (acid attack)	Neutralizing amines, filming amines, combination of both, and lime-soda.
Hardness (calcium and magnesium salts, $CaCO_3$)	Primary source of scale in heat exchange equipment	Lime softening, phosphate, chelates and polymers
Iron (Fe^{3+} and Fe^{2+})	Causes boiler and water line deposits	Phosphate, chelates and polymers
Oxygen (O_2)	Corrosion of water lines, boiler, return lines, heat exchanger equipments, etc. (oxygen attack)	Oxygen scavengers, filming amines and deaeration
pH	Corrosion occurs when pH drops below 8.5	pH can be lowered by addition of acids and increased by addition of alkalies
Hydrogen Sulfide (H_2S)	Corrosion	Chlorination
Silica (SiO_2)	Scale in boilers and cooling water systems	Lime softening

وجود ناخالصی ها در بخار ورودی به توربین باعث "کیپ کردن" توربین میشود. چون توربین‌ها با دقت خاص بسیار بالایی ساخته می‌شوند لذا فاصله قطعات ثابت و متحرک آن از یکدیگر بسیار کم است. لذا هرگونه ارتعاش اثر مخرب روی توربین خواهد داشت. وجود مایع موجب سایش پره‌های توربین شده و رسوبات به معیوب شدن پره‌ها و تغییر شکل مجرای ورودی بخار به توربین خواهد شد. قرار گرفتن رسوبات زیاد روی پره‌های توربین موجب خارج نمودن آن‌ها از تعادل و ارتعاشات مخرب می‌گردد.

http://www.mohandes-iran.com

به‌طور کلی رسوبات موجود در توربین نتیجه تراوش املاح و خوردگی می‌باشد. تراوش املاح ناخواسته در دیگ بخار می‌تواند به علت بالا بودن جامدات در آب تغذیه به دیگ بخار، قلیائیت بالای آب دیگ بخار، کیفیت نامناسب آب تغذیه به دیگ بخار، آلودگی‌های مقطعی، از کار افتادن تجهیزات مکانیکی نظیر جدا کننده‌ها و یا تغییر سریع بار روی توربین باشد. به هرحال رسوبات حاصل از موارد فوق روی پره‌های توربین را می‌شود با آب مقطر حاصل از بخار زمانی که توربین به آهستگی کار کرده و یا زیر بار نمی‌باشد تمیز نمود.

تراوش املاح برای سوپرهیترها مشکلات جدی به وجود می‌آورند. مشکلات تشکیل دهنده در چنین حالتی شامل مواد فرار و محلول در بخار در دیگ‌های بخار می‌باشند. در دیگ‌های بخار با فشار بالا سیلیس از عمومی‌ترین جزء املاحی است که به‌صورت فرار همراه بخار حرکت می‌کند. میزان فراریت سیلیس در هر فشار از دیگ بخار بستگی به غلظت سیلیس و PH آب دیگ بخار دارد. رسوبات سیلیسی شیشه‌ای شکل و سخت بوده و از طریق آب مقطر جدا نمی‌گردند. تمیز کردن این رسوبات مستلزم استفاده از پاشیدن با شن و یا ذرات آهن با فشار بالا می‌باشد.

در دی‌سوپرهیترها خلوص آب اسپری بسیار مهم است. زیرا وجود ناخالصی ها در آب باعث بروز مشکل در سیستم مصرف کننده می کند. ازاینرو به آب اسپری آب کثیف نیز می گویند زیرا از آب دیگ بخار کثیفتر میباشد و خلوص بخار را خراب می کند. بنابراین فراهم نمودن آب اسپری با درجه خلوص نزدیک آب دیگ بخار هزینه بالایی در بر خواهد داشت.

میزان رسوب داخل لوله های دیگ بخار با استفاده از رشد دمای لوله های Water wall در طول زمان مشخص می گردد. سختی گیری آب ورودی در هنگام تعمیرات Overhall

شستشوی شیمیایی آب ورودی جهت رفع مشکل مواد سختی موجود در آب انجام می گیرد. انواع محلول های مختلف وجود دارند که با محلولیت خود سختی آب را می گیرند.

در دیگ بخار ها معمولا در طی ۷ الی ۱۰ سال رسوب شکل گرفته و منجر به سوختن لوله هاا خواهد شد.

نمونه گیری از آب دیگ بخار

http://www.mohandes-iran.com

نمونه گیری از آب دیگ بخار در چند نقطه انجام می گیرد:

۱- نمونه گیری از آب دیگ بخار بعد از واحد تسویه آب(water de-mineralizing) که در اصطلاح به آن آب DM گفته می شود.

۲- نمونه گیری از آب دیگ بخار در بعد از دی اریتور (Deaerator) – نمونه گیری جهت اندازه گیری میزان اکسیژن آب دیگ بخار

۳- نمونه گیری از آب موجود در Water Drum دیگ بخار - نمونه گیری جهت اندازه گیری غلظت و PH آب دیگ بخار.

آب دیگ بخار باید غلیظ باشد اما حد مجاز دارد به دلیل مسائل اقتصادی آب غلیظ دیگ بخار را به طور کامل بیرون نمی ریزند.

PH آب دیگ بخار باید بین ۷ تا ۹ باشد یعنی آب دیگ بخار بازی (قلیلیایی می باشد.)زیرا این PH باعث کاهش میزان رسوب روی لوله ها می شود.

تغییرات ترکیب آب ورودی ، میزان PH تنظیمی را تغییر می دهد.

۴- نمونه گیری از بخار اشباع موجود در Steam Drum دیگ بخار. آزمایش بخار اشباع میزان Carry over را نشان می دهد. که Carry over میزان حمل ذرات سختی و املاح به همراه بخار در هنگام تبخیر را نشان می دهد . این مقدار توسط اندازه گیری Conductivity بدست می آید.

۵- نمونه گیری از بخار دیگ بخار در سوپر هیتر. به دلیل حساسیت توربین بخار، میزان PH و Conductivity بخار خروجی از سوپر هیتر اندازه گیری می شود.

۶- نمونه گیری از آب کنداسه (اصطلاحا معروف به اشک چشم). همه عامل ها اندازه گیری می شود . فقط عامل PH و Co2 مطرح می گردد. که در کندانسور وجود Co2 به صورت خوردگی خود را نشان میدهد و این عامل با محلول های شیمیایی(مانند هیدرازین و سولفید سدیم) در کندانسور و با هوازدایی در دی اریتور حذف میگردند. از آنجایی که آب جبرانی Make Up به دی اریتور وارد می شود، آخرین مرحله حذف Co2 و O2 در دی اریتور می باشد.

زمانی که نمونه ای از آب بویلر گرفته می شود این آب فشارش را از دست داده و به بخار اسیدی تبدیل می گردد. اگر این بخار بدون میعان به فضا منتقل گردد ، این نمونه بیشترین میزان TDS در بویلر را

http://www.mohandes-iran.com

که واقعا در آب بویلر وجود دارد نشان می دهد. برای بهینه سازی و رسیدن به نمونه ای درست باید این بخار میعان یابد. سمپل کولر درجه حرارت بخار دیگ را تا حدود ۲۵ درجه سیلسیوس کاهش می دهد و به سرعت آن را آماده ی استفاده می گرداند.

http://www.mohandes-iran.com

عواملی که باید قبل و بعد از هوازدا اندازه گیری شود :

قبل از هوازدا : هدایت آب (Conductivity) ، pH ، اکسیژن، سختی آب (Hardness) ، دی اکسید کربن و سیلیس

بعد از هوازدا: اکسیژن

در دیگ بخار این نکته را باید مدنظر داشت که ناخالصیهای موجود در آب، در Drum و لوله ها (bank) باقی خواهد ماند پس حتی الامکان ناخالصیهای موجود قبل از ورود به دیگ کمینه شود. از مهمترین ناخالصیها نمک می باشد که همراه ذرات دیگر carry-over شده و در توربین و superheater ته نشین و ایجاد خرابی و خوردگی می کند.

۱) water wall دچار رسوب می شوند

۲) Superheater نشت می کند و سوراخ می شود

۳) پره های توربین خورده می شود

۴) CO_2 موجود در آب کندانس ایجاد می کند

- وجود scavenger که باعث حذف اکسیژن بعد از هوازدا می شود در تغییر میزان CO_2 بدون اثر می باشد.

نمونه گیری (Sampling) :

۱) بخار سوپرهیت که وارد توربین می شود (دما، فشار و ...)

۲) دود که وضعیت احتراق در مشعل را نشان می دهد

آنالیز دود :

http://www.mohandes-iran.com

اگر دود سیاه باشد نشان دهنده اکسیژن کم در فرایند احتراق، اگر دود بی رنگ باشد نشان دهنده اکسیژن زیاد در فرایند احتراق، اگر دود سفید باشد نشان دهنده سولفور زیاد است.

در این نمونه گیری مقدار اکسیژن به سیستم کنترل متصل می شود که چنانچه هوا زیاد باشد damper بسته شود و بالعکس.

با تنظیم میزان اکسیژن مقدار NOx تغییر نمی کند ولی با تزریق دود به شعله دمای احتراق کاهش می یابد که می تواند منجر به تشکیل NOx کمتر شود.

برای SOx هم جهت باد در سایت حائز اهمیت است چرا که باد غالب می تواند باعث شود نشست سولفور روی واحد می شود. در اینجا نوع سوخت هم تاثیرگذار است که میزان SOx آن چه مقدار است (گاز طبیعی تقریبا بدون SOx است).

کربن مونوکسید CO هم در آنالیز دود احتراق ناکامل را نشان می دهد. (اسیدی و خورنده)

اکسید وانادیوم (نیروگاه نکا) لوله ها را سوراخ سوراخ می کند (نه خوردگی) که با تغییر درصد ترکیب نیکل در لوله های Superheater می توان از اثر آن جلوگیری کرد.

آنالیز سوخت :

با بررسی آنالیز سوخت در بسیاری موارد می توان علت بیماری دیگ بخار را متوجه شد ! !

- سولفور در دمای بالا ایجاد خوردگی می کند که با توجه به شرایط سوخت (سولفور بالا) در دیواره داخلی کوره، نسوز قرار داده می شود و اینکه در دمای پایین به نقطه شبنم نرسد.

برای نمونه گیری با توجه به دما و فشار بالای خروجی دیگ بخار باید شرایط فیزیکی را تغییر داد (محدوده protection انسانی ~50° C است). برای این کار از sample cooler در بخار اشباع، superheater و آب هوازدا استفاده می شود ولی برای مواردی مثل آب کندانسه نیاز به استفاده sample نیست.

http://www.mohandes-iran.com

- بخارهای سوپرهیت را می توان با افزایش سرعت آب خنک تر کرد.
- اگر در مواردی که دما و فشار خیلی زیاد باشد که ممکن است در اثر وجود sample cooler آنالایزر آسیب ببیند، نیاز به شیر اطمینان وجود دارد که اپراتور آسیب نبیند.
- از عوامل مهم در انتخاب sample cooler دبی جریان است، هر چه دبی بخار اشباع و superheater بیشتر باشد با یک مقدار معین آب آن را خنک کرد.

$(mc\Delta T)_{Steam,\ Fuel}=(mc\Delta T)_{Cooling\ Water}$

۳۹) تزریق شیمیایی:

۱- اولین محل برای تزریق Scavenger شمیمیایی در Deaerator است.

- بهترین محل برای تزریق این ماده قسمت Storage است. با تزریق این ماده در قسمت Storage زمان ماند مورد نیاز برای فعل و انفعالات شمیمیایی این ماده را فراهم می کنیم.
- هیچوقت تمام اکسیژن را نباید به کمک Scavenger گرفت. تزریق ماده شیمیایی به آب خلوص و کیفیت بخار را کم می کند.
- هوازداهای بخاری در ارتفاع بالا (نزدیک به ۳۰ متر) نصب می شود. به دلیل سختی مسائل مربوط به لوله کشی ماده شیمیایی، دومین محل مناسب برا تزریق شیمیایی قبل از Boiler Feed Pump است. با این کار اختلاط در پمپ اتفاق می افتد.
- هیدرازین به عنوان ماده شیمیایی متداول جهت اکسیژن زدایی استفاده می شود.
- در جاهایی که قرار است از آب استفاده خوراکی شود استفاده از هیدرازین ممنوع است. در این مکانها از سولفید سدیم که غیر سمی است استفاده می کنند.

http://www.mohandes-iran.com

۲- دیگر ماده شیمیایی که باید تزریق شود، ماده ای است که بتواند PH آب را کنترل کند. آب ورودی به Deaerator باید خاصیت بازی داشته باشد. (PH between 9 ~ 11)

دلیل آن این است که از رسوب گیری در داخل دیگ بخار جلوگیری شود. چنانچه آب خاصیت قلیایی داشته باشد میزان رسوب گیری کم می شود.

بدین منظور واحد دو تزریق شیمیایی الزامی می شود. که واحد تزریق آمونیاک است.

بهترین مکان برای تزریق آمونیاک در Steam Drum است.

به طور متداول واحد های بخار این دو واحد را دارا هستند.

نکته:

اگر یک پمپ شیمیایی ۲۵ یار داشتیم، نمی توانیم به طور هم زمان آن را به یک خط کم فشار و یک خط پر فشار وصل کنیم. طبق API این کار مجاز نیست.

۳- سومین واحد تزریق شیمیایی مادهی شمیمیایی جهت حذف Co2 است. این تزریق در واحد های آب کندانس صورت می پذیرد.

اجزاء پکیج های شیمیایی

پکیج های شیمیایی شامل اجزاء زیر می باشد:

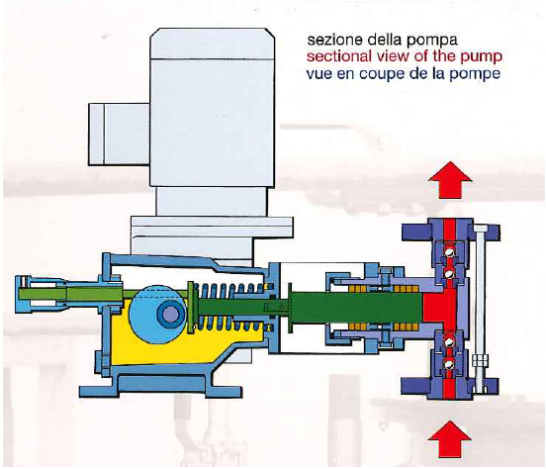
۱- پمپ شیمیایی

انواع پمپ های شیمیایی:

http://www.mohandes-iran.com

پمپ های شیمیایی به دو دسته پلانجری و دیافراگمی تقسیم می شوند.

- پمپهای پلانجری ارزانتراند اما مشکل leakage دارند. نمونه ای از پمپ پلانجری در زیر دیده می شود.



- مشکل پمپهای دیافراگمی ، خراب شدن دیافراگم است. برای کاهش احتمال خرابی دیافراگم از مدل Double Diaphragmاستفاده می کنند.

- اگر جلوی پمپ های رفت و برگشتی را بگیریم خورد می شوند. از این رو وجود PSV طبق API 675 اجباری است.

۲- Storage Tank

http://www.mohandes-iran.com

- مخزن به منظور ذخیره سازی و ایجاد زمان ماند چهت اختلاط مناسب ماده شیمیایی با آب استفاده می شود.
- اگر قابلیت حلالیت ماده شیمیایی ۱۰۰٪ باشد نیازی به Mixer وجود ندارد. اما در غیر این صورت Mixerالزامی است. به طور مثال در واحد تزریق آمونیاک، Mixer باید وجود داشته باشد.

- برای جلوگیری از تشکیل گردابه ها در مخزن از Anti Vortex Baffle استفاده می شود. Anti Vortex Baffle عبارت است از تیغه هایی که در جداره داخلی مخزن نصب می کنند تا بتوان از به وجود آمدن ورتکس ها جلوگیری کند.
- اگر مواد شیمیایی داخل مخزن خطرناک باشد باید از روش Blanketing استفاده کرد. Blanketing به دو روش مکانیکی و غیر مکانیکی انجام می شود.
  - در روش مکانیکی توپ های پلاستیکی در بالای مخزن می ریزند تا جلوی عبور بخارات سمی را بگیرد.

http://www.mohandes-iran.com

- در روش دیگر از N2 Blanketing استفاده می کنند تا مواد سمی بیرون نیاید. این دسته از مخازن اتمسفریک نیستند.

۳- Pulsation Damper

پمپ های رفت و برگشتی جریان سینوسی مثبت می دهند. در جاهایی که فاصله پمپ تا محل تزریق زیاد است نوسانات این موج سینوسی دمپ می شود. اما اگر محل تزریق نزدیک به پمپ شیمیایی بود و یا جریانی با دقت بالا مورد نیاز بود از این وسیله استفاده می کنند. این وسیله موجب کم شدن دامنه سینوسی می شود.

۴- Calibration Pot

در پمپ های شیمیایی با تنظیم استروک می توان جریان خروجی را کنترل کرد. در جاهایی که جساسیت زیادی بر روی دب یخروجی باشد از Calibration Pot استفاده می کنند.

- پمپ های شیمیایی طبق API می بایست Turndown Ratio یک به ۱۰ داشته باشند. وجود حجم مرده باعث می شود اجازه استفاده از ۱۰ درصد اولیه وجود نداشته باشد.

http://www.mohandes-iran.com

کنترل دیگ بخار

سیستم های کنترل دیگ بخار به سه دسته تک المانی، دو المانی و سه المانی تقسیم می شوند.

- در سیستم تک المانی تنها سطح آب بالای درام عامل کنترلی است.
- در سیستم دو المانی دبی بخار و سطح آب بالای درام عامل کنترلی است.
- در سیستم سه المانی دبی بخار، سطح آب بالای درام و دبی آب ورودی عامل های کنترلی هستند.

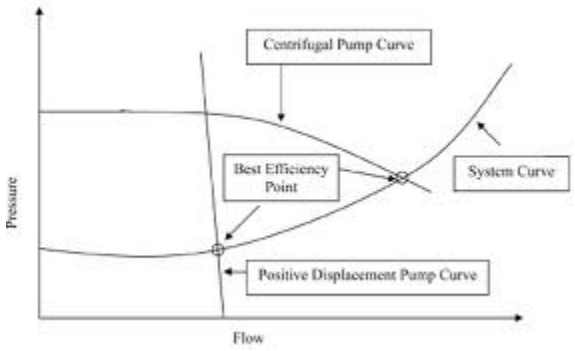
(دیگ های جدید)

- پمپ‌های جابجایی مثبت (Positive Displacement Pump)

پمپ های جابجایی مثبت به دو دسته کلی دورانی (Rotary) و رفت و برگشتی (Reciprocating) تقسیم می‌شوند. پمپ‌های رفت و برگشتی معمولا برای تزریق شیمیایی و پمپ‌های دورانی برای پمپاژ سوخت کاربرد دارند. سیستک کارکرد این پمپها بدین صورت است که سیال را در یک حجم ثابت به سمت جلو هول می-دهند.

در پمپهای جابجایی مثبت دبی تقریبا ثابت بوده و فشار پمپاژ آنها به فشار مقاوم مسیر بستگی دارد. این نوع از پمپها برای سیال‌های ویسکوز مناسب می‌باشند.

در شکل زیر منحنی مشخصه یک پمپ جابجایی مثبت در مقایسه با یک پمپ سانتریفیوژ نشان داده شده است.

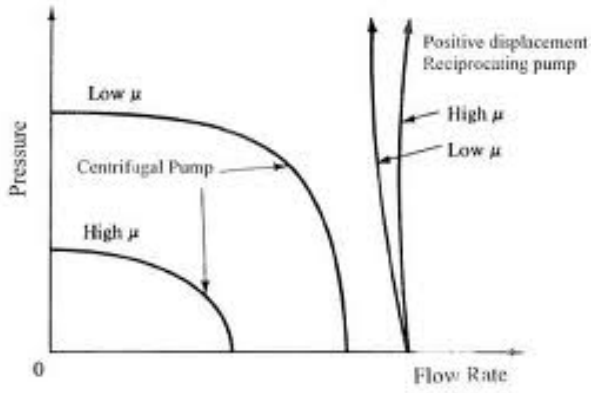


http://www.mohandes-iran.com

نحوه انتخاب پمپ جابجایی مثبت: معیار انتخاب این پمپ‌ها فشار مقاوم مسیر می‌باشد. پس اولین مرحله برای انتخاب پمپ مناسب از این نوع مشخص کردن فشار مقاوم می‌باشد.

(فشار مقاوم↓ ↔ فشار در سیستم پمپ جابجایی ↓)

تاثیر ویسکوزیته سیال در پمپهای جابجایی مثبت بسیار اندک می‌باشد (در مقایسه با پمپ‌های سانتریفیوژ) و در اغلب اوقات از این تاثیر صرفنظر می‌شود. این تاثیر اندک در منحنی زیر نشان داده شده است.



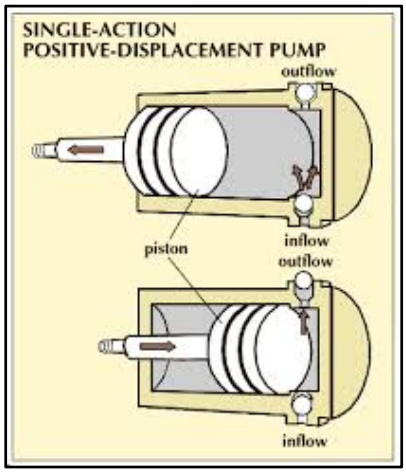
به طور کلی می‌توان گفت برای پمپاژ سیال‌های با ویسکوزیته بالا از پمپ جابجایی مثبت (خصوصا Rotary پمپ‌ها) و برای پمپاژ سیال‌های با ویسکوزیته پایین از پمپ‌های سانتریفیوژ استفاده می‌شود.

مشکل اصلی پمپ‌های رفت و برگشتی نشتی (Leakage) آنها می‌باشد. این مشکل در پمپ‌های Plunger بیشتر و در پمپ‌های دیافراگمی کمتر می‌باشد. به همین علت پمپ‌های دیافراگمی گرانتر هستند.

مقدار جریان در پمپ‌های رفت و برگشتی با دقت خوبی قابل کنترل کردن می‌باشد. این کار با تغییر طول کورس پیستون (Stork) انجام می‌گیرد. بنابراین در مواردی که تغییرات دبی وجود دارد و هماهنگی دقیق پمپ با سیستم مورد نیاز می‌باشد، از پمپ‌های Reciprocating به جای Rotary پمپ‌ها استفاده می‌شود چون از قابلیت تنظیم بالاتر و دقیق‌تری برخوردار هستند.

نمونه‌هایی از پمپ‌های جابجایی مثبت و اصول کارکرد آنها در شکل‌های زیر قابل مشاهده می‌باشد.

http://www.mohandes-iran.com



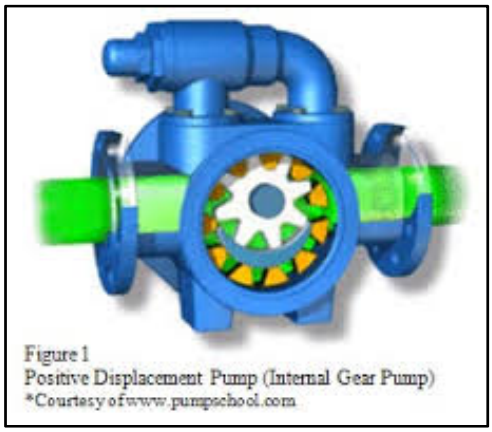
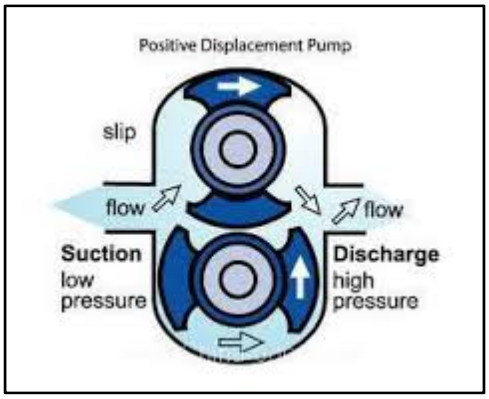
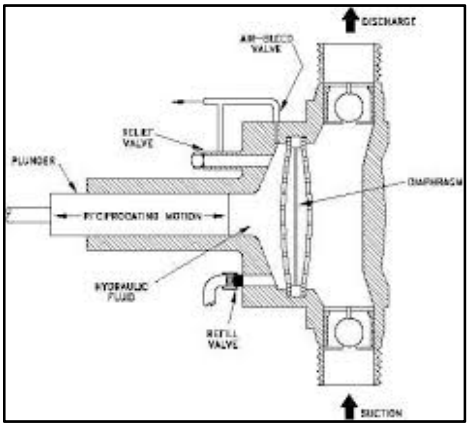
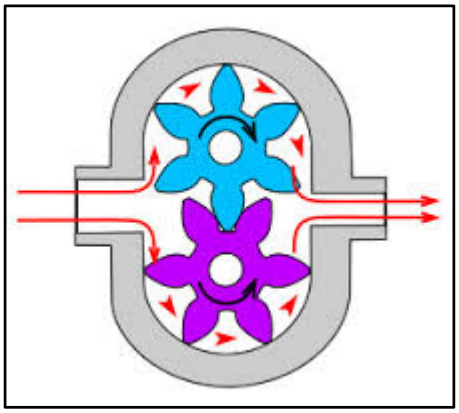


Figure 1
Positive Displacement Pump (Internal Gear Pump)
*Courtesy of www.pumpschool.com







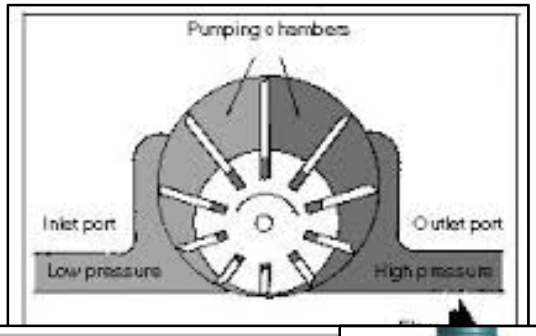
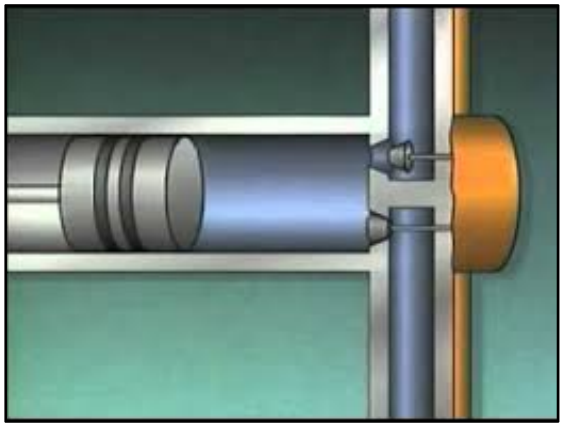
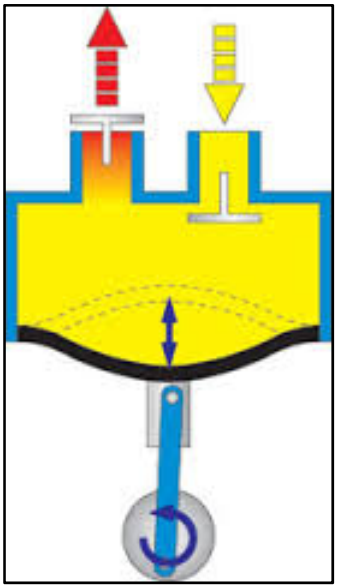
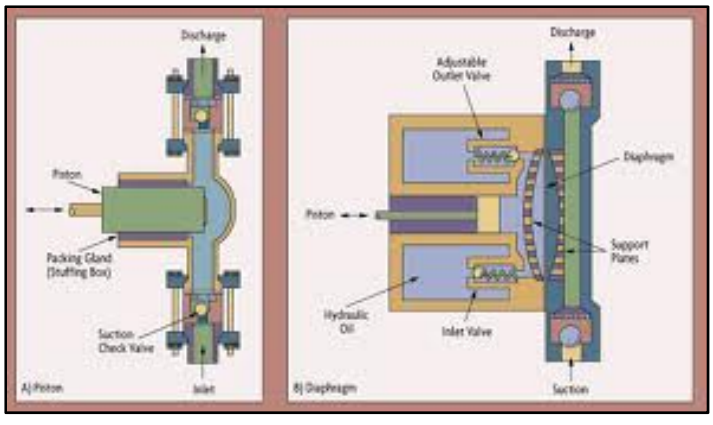


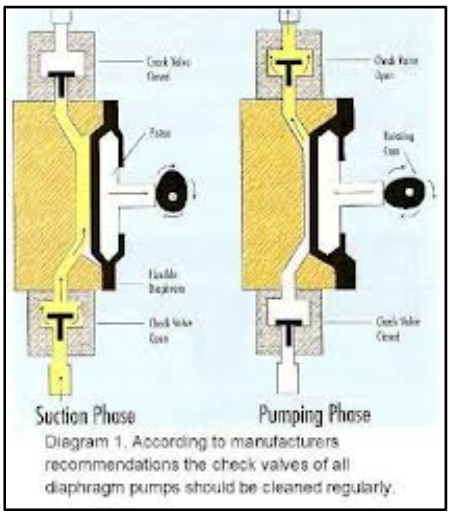
Fig. 4 Screw Pump

http://www.mohandes-iran.com







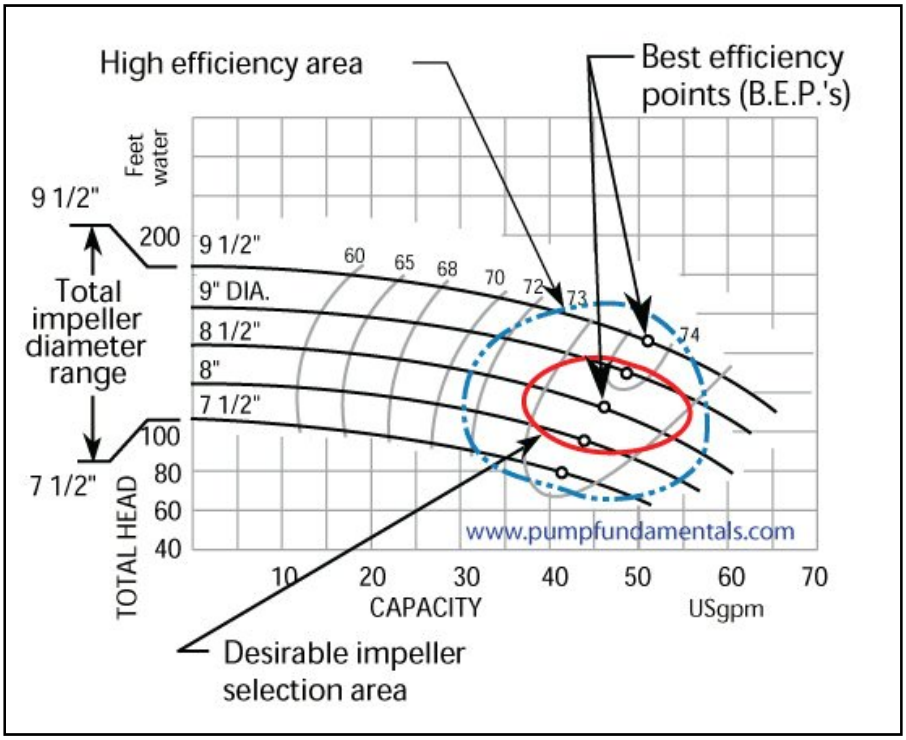


- پمپ‌های سانتریفیوژ (Centrifugal Pump)

http://www.mohandes-iran.com

پمپ‌های سانتریفیوژ پر کاربردترین پمپ ها در صنعت می‌باشند.

هر پمپ سانتریفیوژ دارای یک منحنی مشخصه می‌باشد که توسط سازنده آن ارائه می‌شود و از برخورد این منحنی با منحنی مقاوم مسیر، نقطه کارکرد پمپ حاصل می‌شود.



همانطور که در شکل بالا دیده می‌شود در یک پمپ با تراش دادن قطر پروانه (Impeller) و ایجاد پروانه با قطرهای مختلف، منحنی‌های عملکرد متفاوتی برای یک پمپ حاصل می‌شود.

در منحنی عملکرد عملکرد پمپ سانتریفیوژ یک نقطه به عنوان Best Efficiency Point (BEP) مشخص می‌گردد که پپ در آن نقطه بالاترین راندمان کاری را دارد و توصیه می‌گردد که نقطه کارکرد پمپ در محدوده 75% - 120% نقطه BEP انتخاب گردد.

بر اساس استانداردد API، پمپ‌های سانتریفیوژ به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند که هرکدام خواص و مشخصات خاص خود را دارند:

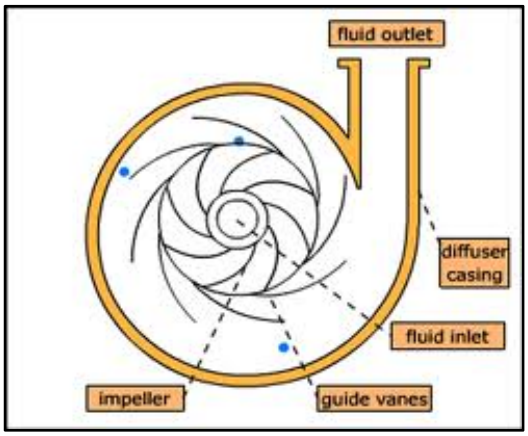
- Over Hang Pump (OH)
- Between Bearing Pump (BB)

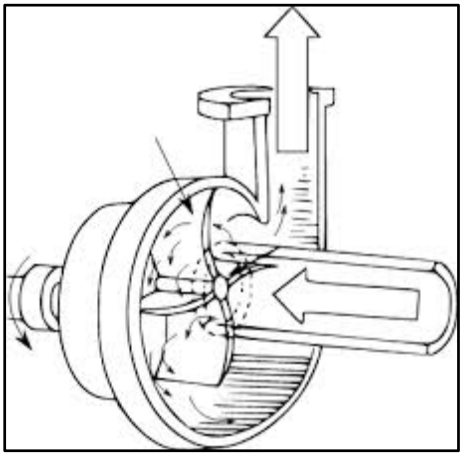
http://www.mohandes-iran.com

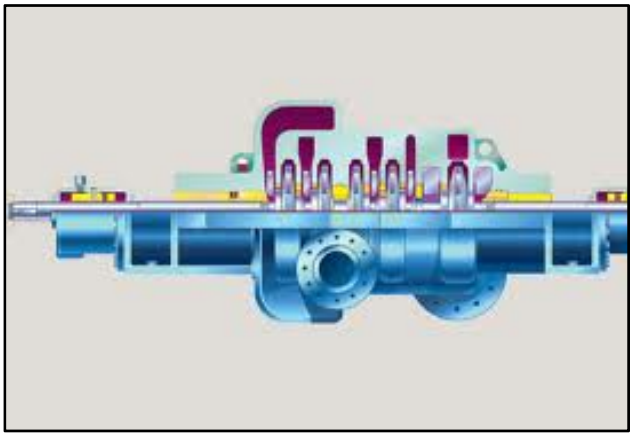
- Vertical Suspend Pump (VS)

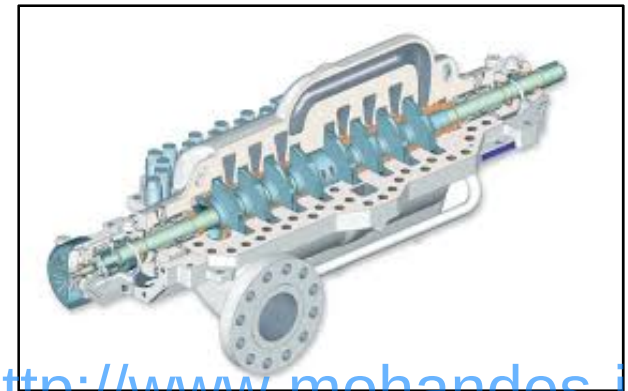
پمپ های سانتریفیوژ بزرگ و چند مرحله‌ای اغلب Axial Split Casing هستند تا تعمیر و نگهداری راحت-تری داشته باشند.

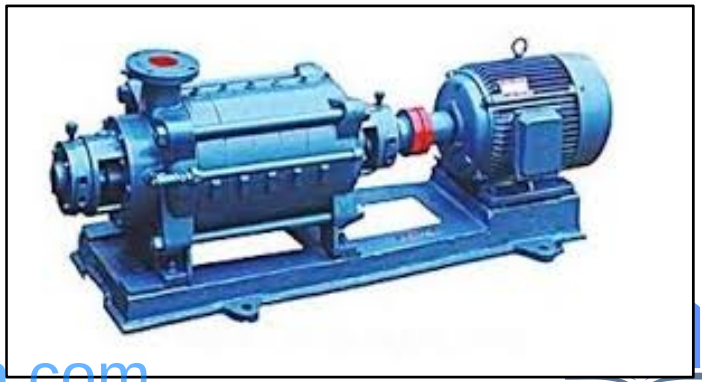
در شکل‌های زیر نمونه‌هایی از پمپ‌های سانتریفیوژ قابل مشاهده می‌باشد.



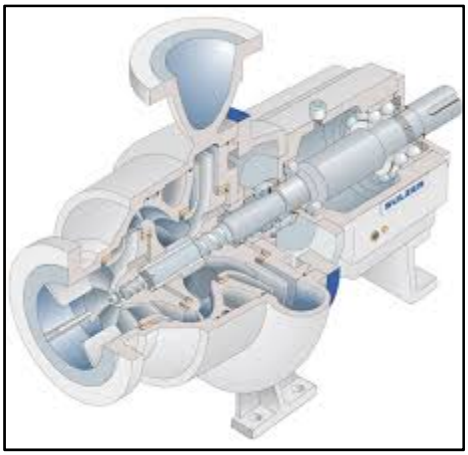


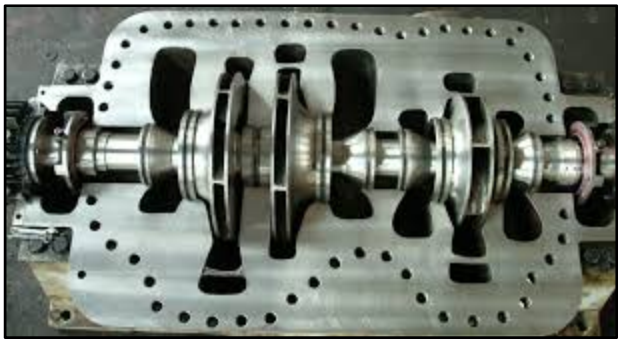






http://www.mohandes-iran.com





۴۰) طراحی کوره

اولین و یکی از پایه‌های اصلی محاسبات و طراحی کوره، محاسبه میزان دود و انرژی تولیدی می‌باشد. زیرا انرژی اولیه حاصل از احتراق که موجود می‌باشد (قابل محاسبه است. اگر میزان انرژی موجود در دود خروجی از کوره نیز مشخص باشد، مقدار انرژی جذب شده در کوره حاصل می‌شود که هدف اصلی وجود کوره می‌باشد.

IDSF ← بر اساس رطوبت موجود در سوخت میزان انرژی دود را از روی نمودار می‌خوانیم.

دود حاوی چندین جزء (Component) می‌باشد (N2، CO2، H2O، گوگرد و سایر ناخالصی‌هایموجود در سوخت). به همین خاطر آنتالپی آن را به راحتی مثلا مانند ـب از روی جداول ترمودینامیکی قابل خواندن نیست.

H2O چون حرارت زیادی را جذب می‌کند، دمای دود را پایین می‌آورد و قدرت انتقال حرارت را می‌گیرد. از این رو میزان رطوبت موجود در سوخت از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

چون در احتراق کوره هوای اضافه داریم از ضرایب و معادلات علمی نمی‌توان استفاده کرد. لذا منحنی‌های تاثیر هوای اضافه در سوخت، منحنی NOx و منحنی‌های دیگر موجود پرکاربرد می‌باشند.

IHI برای سوخت های مختلف محصولات احتراق را مشخص کرده و ضرایب آنتالپی تشکیل هر جزء را داده است.

http://www.mohandes-iran.com

در واقع ابتدا معادلات احتراق را بر اساس حالت استوکیومتری بررسی کرده است. اما به دلیل حجم بالای محاسبات، در واقعیت از یک سری ضرایب ساده‌تر استفاده می‌کند.

Babckok بر اساس درصد H_2O و CO_2 موجود در دود نمودار داده است و تمام خواص دود را بیان می‌کند.

- با استفاده از معادلات تئوری (در بابکوک معادلات کامل احتراق موجود است) و ایجاد یک نرم افزار مثلا در Excel، می‌توان با وارد کردن اجزاء سوخت، محاسبات دود خروجی را انجام داد.

- ضریب تشعشعی در کوره بالاترین سهم را در انتقال حرارت دارد. پس هرچه ضریب دید در کوره بالاتر باشد بهتر است.

- با کنترل میزان CO_2، CO و O_2 موجود در دود میزان Excess Air قابل تنظیم می‌باشد. (Dynamic Control)

- پیشنهاد IHI برای میزان Excess Air :

← سوخت گازی: 8%

← سوخت Oil: 10%

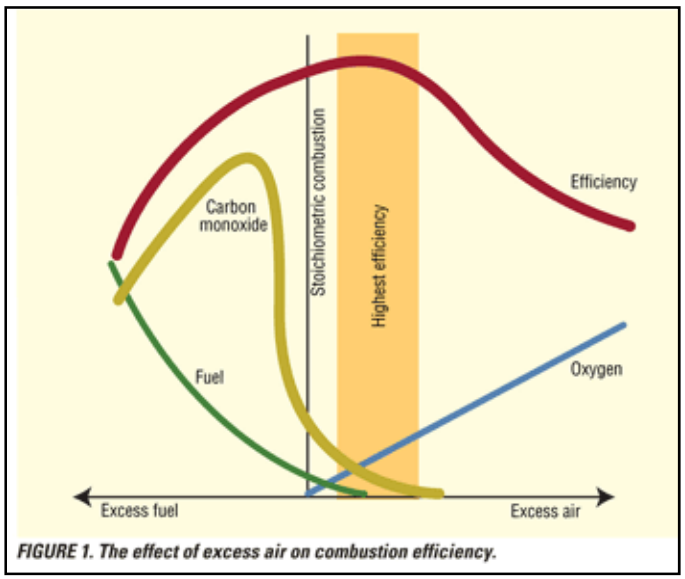
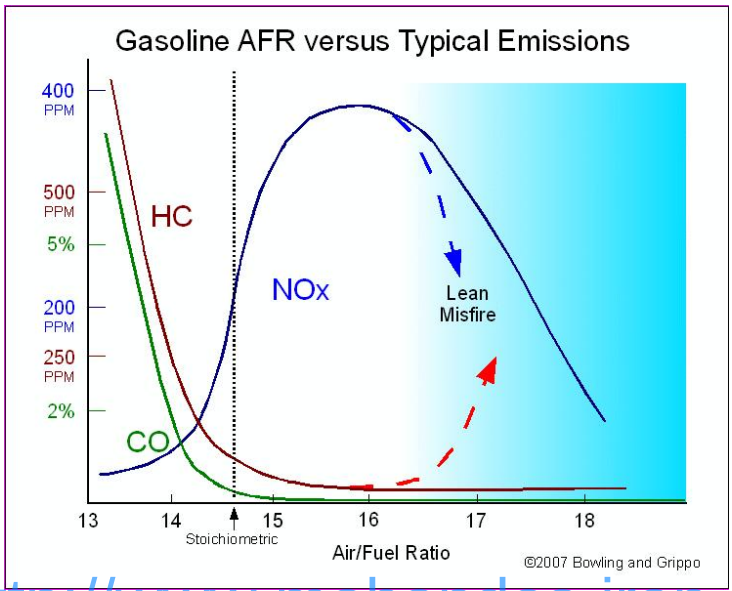


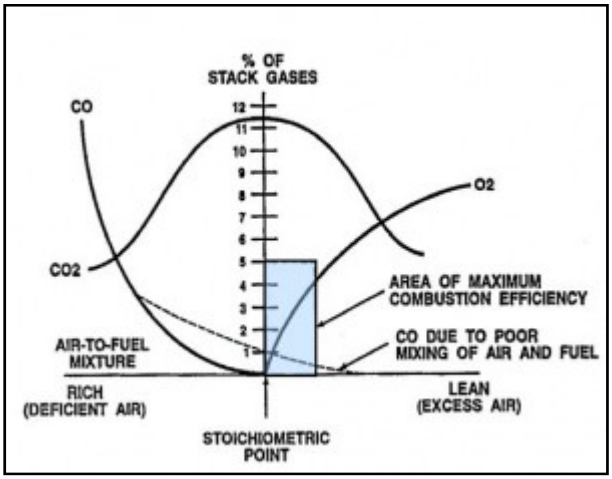
FIGURE 1. The effect of excess air on combustion efficiency.

منحنی مقابل تاثیر میزان اکسژن را در احتراق در مقایسه با حالت استوکیومتری نشان می‌دهد.

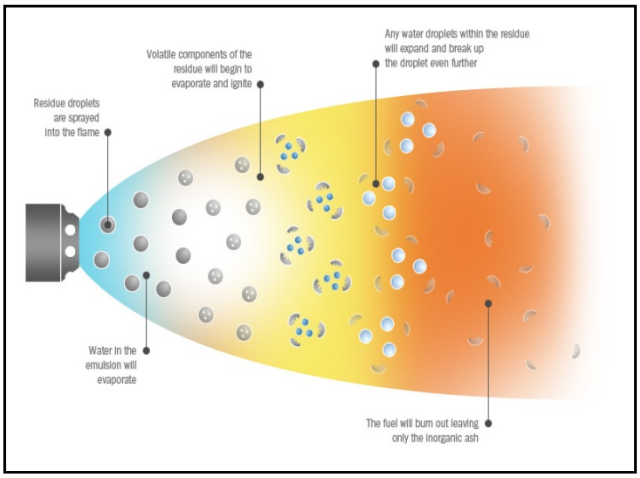


- در نمودار مقابل میزان تولید NOx با توجه به میزان Excess Air بررسی شده است.

http://www.mohandes-iran.com



- این منحنی منطقه Best Combustion Efficiency ، همینطور درصد گازهای مختلف خروجی از Stack را با توجه به میزان هوای موجود در احتراق نشان می‌دهد.



- در شکل مقابل نحوه اتمیزه شدن ذرات سوخت و تکامل پروسه احتراق قابل مشاهده می‌باشد.

- H2O موجود در دود از دو منبع ناشی می‌شود:

۱. H2O تولید شده در اثر انجام احتراق (بر اساس معادله احتراق)
۲. رطوبت موجود در هوای احتراق

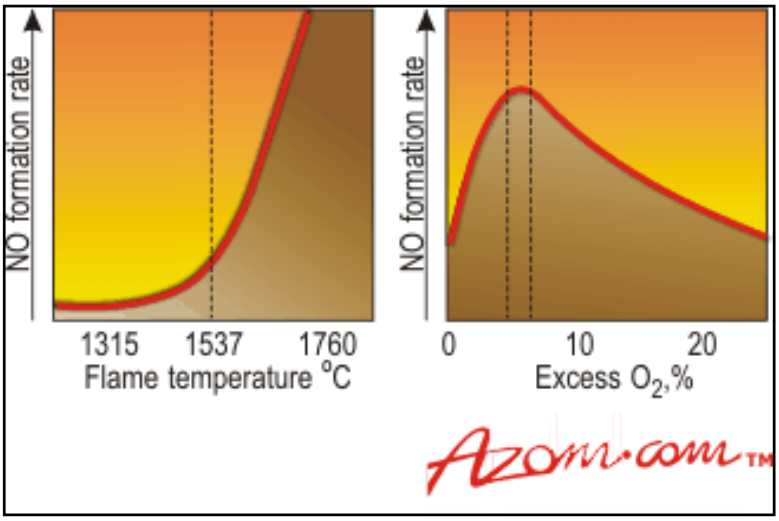
- در مناطق مختلف جغرافیایی معمولا رطوبت نسبی گزارش می‌شود که با استفاده از نمودار ارائه شده در Babckok و دانستن مقدار دمای هوا، رطوبت مطلق (kg_{water} / kg_{Air}) به دست می‌آید.

- رطوبت هوای ورودی عامل نامطلوب می‌باشد. چون باعث اتلاف می‌شود.

- با افزایش دمای شعله تولید NOx زیاد می‌شود.

http://www.mohandes-iran.com

- مقدار NOx در محاسبات حرارتی تاثیر ناچیزی دارد. اما در محاسبات محیط زیستی، آلودگی ناشی از NOx بسیار حائز اهمیت است.



Rate تولیدNOx با توجه به میزان هوای اضافه و همچنین دمای شعله به صورت مقابل می‌باشد. مشاهده می‌شود که با افزایش دمای شعله میزان تولید NOx زیاد می‌شود.

- در طراحی کوره، شعله بسیار اهمیت دارد. فرم شعله و تعداد مشعل پایه طراحی هر کوره‌ای است.

روش‌های کاهش NOx

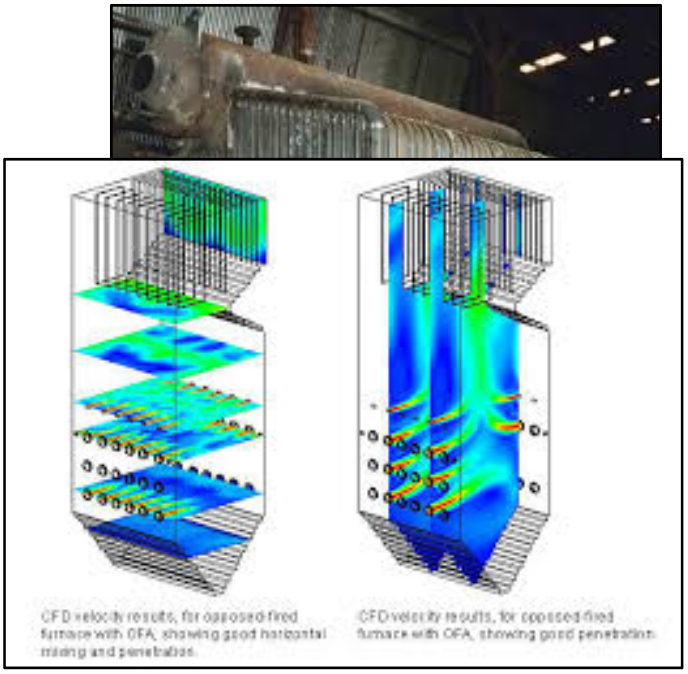
- تزریق دود در محفظه احتراق (حجم شعله بالا رفته، اکسیژن شانس بیشتری برای رسیدن به سوخت پیدا می‌کند. پس میزان Excess Air کاهش یافته و نتیجتاً میزان تولید NOx کم می‌شود.)
- افزایش تعداد مشعل (بچه مشعل)
- زدن هوای اضافه در ۳ تا ۴ متر بالاتر از فضای مشعل (تا روند احتراق در مسیر به تدریج کامل شود)

۴۱) شکل کوره‌ها

۱. کوره‌های استوانه‌ای: مانند دیگ‌های Fir Tube

http://www.mohandes-iran.com

۲. کوره‌های مکعب مستطیلی: کوره‌های بزرگ هستند که محفظه آنها با Water Wall پوشیده می‌شود.



http://www.mohandes-iran.com

۳. کوره‌های Box Type: با شعله گردابه‌ای به جهت ایجاد شعله با طول و حجم زیاد (مانند کوره‌های زغال سنگ)

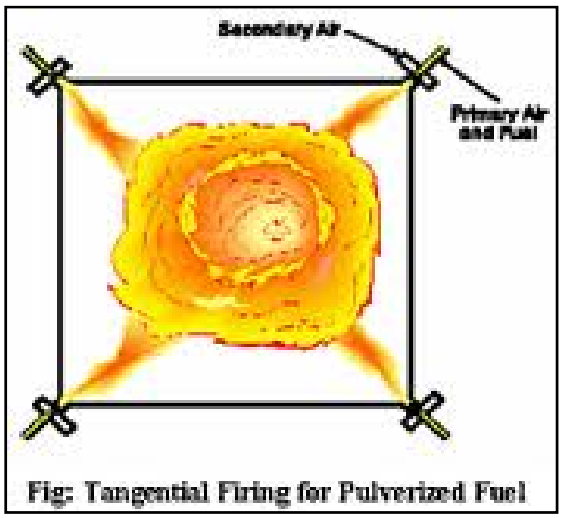
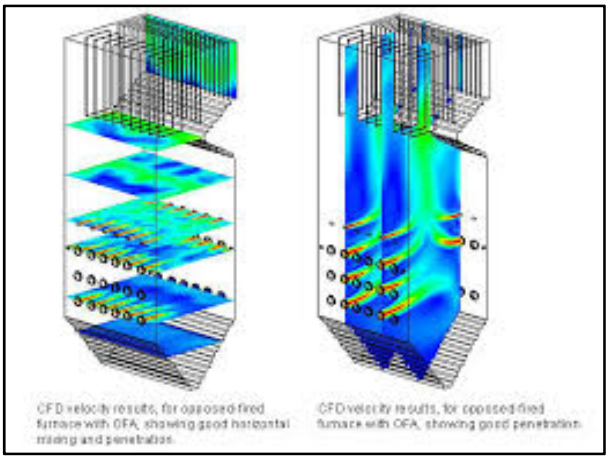


Fig: Tangential Firing for Pulverized Fuel

۴. Opposite Firing: روی دیواره روبرو هم مشعل داریم. معمولا در کوره‌های بزرگ مثل کوره‌های نیروگاهی این حالت را داریم. (کوره نیروگاه شهید رجایی ۲۰ مشعل دارد)


CFD velocity results, for opposed fired furnace with OFA, showing good horizontal mixing and penetration.

CFD velocity results, for opposed fired furnace with OFA, showing good penetration.

http://www.mohandes-iran.com

۵. Front Firing: روی یک دیواره فقط مشعل داریم.

- در طراحی کوره عوامل زیادی وجود دارد. IHI کمک کرده است که این عوامل را کاهش دهیم.و سرعت دود در مقاطع کوره را بر اساس سوخت‌ها و محصولات احتراق مختلف، محدود کرده است.

- شیب دیواره‌های کوره:

برای اینکه لوله‌های Water Wall اطراف کوره نسوزند، برای آنها شیب کمی در نظر می گیرند تا بخار داخل آنها در حرکت بوده و ثابت نماند.

- برای لوله‌های کف ۱.۵٪ شیب کافی است. پون نسوزکاری می‌شوند.

- IHI در کوره‌های نیروگاهی زاویه دماغه را ۳۰ یا ۳۵ درجه اعلام می‌کند. همچنین زاویه Hopper پایین کوره را روی ۴۵ درجه فیکس کرده است تا زباله‌ها تماماً به سمت پایین هدایت شوند. (لازم به ذکر است این ناحیه که زیر Burner قرار می‌گیرد جزء منطقه تشعشعی محسوب نمی‌گردد.)

- نرخ انتقال حرارت کوره از مهمترین عوامل است. با کوچکتر شدن کوره نرخ جذب افزایش می‌یابد. اما این کوچک کردن مرز دارد. گاهی کارفرما میزان حداقل سطح حرارتی را مشخص می‌کند.

این نکته قابل توجه است که در جذب حرارت کوره، مهم معدل جذب حرارتی سطوح می‌باشد نه حداکثر جذب یک سطح خاص.

http://www.mohandes-iran.com