

## بویلرها (Boilers)

اصنای شیمیایی منابع انرژی زیادی را مصرف میکنند تا بتوانند انرژی مورد نیاز خود را به منظور انجام بسیاری کارها از جمله بکاراندازی تجهیزات فرآیندی، تامین انرژی حرارتی مورد نیاز برای گرم کردن مواد و غیره تامین نمایند. منابع انرژی حال حاضر در جهان عمدتاً شامل سوختهای فسیلی، آب و باد، انرژی خورشیدی، انرژی زمین گرمایی و انرژی هسته ای هستند. از این میان سوخت های فسیلی بیش از سایر منابع انرژی برای تهیه حامل های انرژی مورد استفاده قرار می گیرند. معمولاً در صنایع شیمیایی حامل های انرژی برق و بخار میباشد بهترین راه برای آنکه بتوان از انرژی سوخت های فسیلی برای تولید برق و بخار استفاده کرد سوزاندن آن است در فرآیند سوختن انرژی درونی به صورت حرارت آزاد میشود و به شکل تابش و جابجایی به محیط انتقال می یابد. بویلرها و توربینهای گازی تجهیزاتی هستند که معمولاً برای تولید بخار و برق از طریق سوزاندن سوخت های فسیلی مورد استفاده قرار می گیرند. بخار فاز گازی مایع آب است. در واقع چنانچه آب در فشار اتمسفریک گرما جذب کند شروع به جوشش و تولید بخار مینماید با تبدیل آب به بخار حجم آن تقریباً 1600 برابر میشود و انرژی درونی آن نیز حداقل به میزان 6 برابر در حالت اشباع افزایش می یابد. گاز بر خلاف مایع تراکم پذیر است و به راحتی میتوان آنرا فشرده نمود. این خصوصیات باعث شده تا برای اولین بار جیمز وات از بخار برای تولید کار مکانیکی استفاده کند. این ابداع آغازی برای استفاده بسیار گسترده بخار در صنعت بوده است.

از آنجائیکه آبی که برای تولید بخار استفاده میشود باید عاری از ناخالصی ها باشد. هزینه زیادی برای تولید آن صرف میشود. به همین دلیل بخار کندانس شده را دوباره وارد سیستم آب بویلر مینمایند تا مجدداً به بخار تبدیل شود. به عبارت دیگر قسمت زیادی از تولید بخار و مصرف آن در واحدهای شیمیایی بصورت سیکل بسته است. یعنی بخار در بویلرها تولید میشود و در توربین های بخار و مبدل های گرمایی و غیره مصرف شده و پس از کندانس شدن به بویلر باز میگردد. برای تولید بخار، در مشعل های بویلرها، انرژی تابشی از شعله به سطوح داخلی محفظه احتراق انتقال می یابد و از تماس گازهای حاصل از احتراق با بخشهای دیگر بویلر حرارت بصورت جابجایی به لوله ها و نهایتاً آب درون آنها انتقال می یابد.

## 1. علل استفاده از آب به عنوان حامل انرژی در صنعت و کاربردهای بخار در صنعت.

به دلایل زیر آب معمولترین سرد کننده هاست:

- 1\_ به مقدار زیاد و ارزان در دسترس می باشد.
- 2\_ به آسانی آب را می توان مورد استفاده قرار داد.
- 3\_ قدرت سرد کنندگی آب نسبت به اکثر مایعات (در حجم مساوی) بیشتر است.
- 4\_ انقباض و انبساط آب با تغییر درجه حرارت جزئی است.

بخار فاز گازی مایع آب است در واقع چنانچه آب در فشار اتمسفریک گرما جذب کند، شروع به جوشش و تولید بخار می نماید. با تبدیل آب به بخار، حجم آن تقریباً 1600 برابر می شود و انرژی درونی آن نیز حداقل به میزان 6 برابر در حالت اشباع افزایش می یابد. گاز بر خلاف مایع تراکم پذیر است و به راحتی می توان آنرا فشرده نمود. این خصوصیات باعث شده تا برای اولین بار جمیزوات از بخار برای تولید کار مکانیکی استفاده کند. این ابداع آغازی برای استفاده بسیار گسترده بخار در صنعت بوده است. به طور کلی از جمله دلایلی که باعث شده از بخار در صنایع شیمیایی به طور وسیع استفاده گردد، می توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- 1- آب بطور فراوان و ارزان در دسترس بوده و ماده ای بی خطر و از دید محیط زیستی کاملاً بی ضرر می باشد و این یکی از علل استفاده گسترده از بخار آب در صنایع می باشد.
  - 2- بخار اشباع انرژی خود را در دمای ثابت منتقل می نماید و این به مفهوم این است که انرژی ذخیره شده در بخار اشباع را می توان در یک دمای ثابت و بدون آنکه دمای آن کاسته شود از آن دریافت کرد و تنها اتفاقی که در این حالت می افتد تغییر شکل از حالت بخار به مایع است.
  - 3- در بعضی از فرایندها بخار به عنوان جزئی از فرایند وارد می گردد از آن جمله می توان به برج های عریان سازی با بخار اشاره نمود.
  - 4- انتقال حرارت از بخار به اجسام دیگر به راحتی و بوسیله قرار دادن یک کویل در داخل و یا یک ژاکت حرارتی در اطراف آن صورت می گیرد. یکنواختی در انتقال حرارت از مزایای استفاده از بخار است.
  - 5- در مواقعی که از بخار برای حرارت دادن استفاده می گردد، کنترل دمای آن راحت بوده و عموماً اینکار با استفاده از یک شیر کنترل که میزان دبی بخار عبوری را تغییر می دهد، صورت می گیرد.
- از بخار با فشار بالا می توان به کمک توربین بخار، کار تولید کرد. این کار را می توان برای چرخاندن دستگاه های دواری مانند پمپ، کمپرسور، ژنراتور و ... استفاده نمود.
- همانطور که گفته شد بخار دارای مصارفی چون گرم کردن، انجام برخی فرایندها، به حرکت درآوردن توربین بخار و غیره می باشد. در این میان به حرکت درآوردن توربین به منظور تولید توان، یکی از کاربردهای مهم بخار به شمار می رود. در

حین این عملیات، انرژی بخار در توربین به کار تبدیل شده و بخار پس از عبور از پره های توربین، در یک کندانسور سرد شده و کندانس می شود. از آنجاییکه آبی که برای تولید بخار استفاده می شود باید عاری از ناخالصی ها باشد، هزینه زیادی برای تولید آن صرف می شود.

به همین دلیل بخار کندانس شده را دوباره وارد سیستم آب بویلر می نمایند تا مجدداً به بخار تبدیل شود. به عبارت دیگر قسمت زیادی از تولید بخار و مصرف آن در واحدهای شیمیایی بصورت سیکل بسته تولید می شود و در توربین های بخار و مبدل های گرمایی **HRSG** است. یعنی بخار در بویلرهای واتر تیوب یا فایر تیوب و غیره مصرف شده و پس از کندانس شدن به بویلر باز می گردد. برای تولید بخار، در مشعل های بویلرها، انرژی تابشی از شعله به سطوح داخلی محفظه احتراق انتقال می یابد و از تماس گازهای حاصل از احتراق با بخش های دیگر بویلر، حرارت بصورت جابجایی به لوله ها و نهایتاً آب درون آنها انتقال می یابد.

## 2. انواع بخار (دسته بندی اساس دما و فشار) را بنویسید.

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

چنانچه به بخار اشباع حرارت داده شود، دمای بخار بالا می رود. این بخار، بخار سوپر هیت است که در آن دیگر ذرات آب دیده نمی شود و به همین دلیل به این نوع بخار که در فشار ثابت می تواند دماهای بالاتر از دمای اشباع داشته باشد بخار خشک نیز می گویند.

## 3. انواع بویلر به همراه موارد کاربردشان

### بویلرهای فایر تیوب

معیارهای زیادی برای تقسیم بندی بویلرها وجود دارد، مهمترین معیار تقسیم بندی بویلرها بر اساس محتویات داخل لوله ها می باشد. بویلرهای فایر تیوب و واتر تیوب دو نوع از این تقسیم بندی مهم هستند.

عموماً بویلرهای فایر تیوب از یک محفظه احتراق و دیگ تشکیل شده اند. دیگ حاوی لوله هایی است که از یک طرف به آن وارد و از طرف دیگر خارج می گردند، بدین ترتیب بخشی از فضای دیگ توسط لوله ها اشغال شده و باقی فضای موجود برای آب در نظر گرفته شده است. گازهای گرم حاصل از سوزاندن سوخت در محفظه احتراق وارد این دسته لوله

ها شده و از سراسر دیگ عبور می کنند. در این حین انتقال حرارت بین گازهای عبوری از لوله ها و آب درون دیگ سبب گرم شدن آب و تولید بخار می گردد. در بویلرهای فایر تیوب نمی توان قطر محفظه احتراق را بزرگ طراحی نمود، طول محفظه احتراق را نیز از حدی بیشتر نمی توان در نظر گرفت. چراکه با وجود محدودیت قطر محفظه احتراق، قطر و طول مخروطی مقدار مشخصی خواهد بود. از طرفی فاصله نوک شعله تا انتهای محفظه احتراق به جهت ایجاد انتقال حرارت همگن و نیز پرهیز از ایجاد تنش حرارتی و نیز ذوب دیواره، دارای حد مشخصی است. این مشکل در نوع دیگر بویلرها که وتراتیوب هستند به علت ساختار مکعبی شکل محفظه احتراق و نحوه قرارگیری، تعدد و نوع متفاوت مشعل ها کاسته می شود.

### بویلرهای واتر تیوب

عموما این نوع بویلرها، از محفظه احتراق، لوله های بالارونده، پایین رونده، مخازن بخار و لجن تشکیل شده اند و تفاوت عمده آنها با نوع فایر تیوب در این است که آب در داخل لوله ها جریان داشته و جریان گاز گرم در خارج لوله ها می باشد. واتر تیوبها ساختمان پیچیده تری نسبت به نوع فایر تیوب دارند و بر اساس نوع لوله ها، تعداد و نحوه قرارگیری مخازن بخار و لجن ساختارهای متنوعی را شامل می شوند. این بویلرها به چندین روش دسته بندی می گردند.

بویلرهای واتر تیوب می تواند دارای اشکال مختلفی بر حسب اجزاء و قسمتهای مربوط به آن باشد. به عنوان مثال لوله های آنها می تواند خمیده یا صاف بوده، نوع گردش آب به شکل طبیعی یا اجباری و موقعیت درام آنها عرضی یا طولی باشد. عموما درام های عرضی در بویلرهای با ظرفیت بالاتر مورد استفاده قرار می گیرد، از بین دو بویلر لوله آبی که ظرفیت یکسانی در تولید بخار دارند، آن بویلری که دارای درام عرضی می باشد، اندازه کوچکتري نسبت به نوع با درام طولی دارد. نوعی از بویلرهای واتر تیوب می باشند. در این نوع فاقد درام بوده و معروف به بویلرهای تک مسیره یا یکبار گذر بویلرها آب در لوله ها فقط یکبار عبور می کند و معمولاً در تمامی فشارها و دماها کار می کنند، ولی در فشارهای بالا و فوق بحرانی اقتصادی تر هستند. معمولاً بویلرهای واتر تیوب در ظرفیتهای بالاتری نسبت به بویلرهای فایر تیوب ساخته می شوند. در یک سطح انتقال حرارت تابشی یکسان، محفظه احتراق مکعبی مانند بویلرهای واتر تیوب در مقایسه با شکل استوانه ای محفظه احتراق فایر تیوبها، به فضای کمتری برای نصب نیاز دارد. به عبارت دیگر در یک بویلر واتر تیوب کوچکتري می توان سطح انتقال حرارتی مساوی با یک بویلر فایر تیوب بزرگتر ایجاد نمود. از طرفی شکل محفظه احتراق مکعبی شکل، آزادی عمل بیشتری را در نحوه آرایش و جانمایی مشعلها در مقایسه با فایر تیوب ها در اختیار طراح قرار می دهد.

بویلرهای واتر تیوب توانایی تولید بخار با فشار بالاتر را نسبت به بویلرهای فایر تیوب دارند. در بویلرها، محفظه در بر گیرنده مخلوط آب و بخار باید مقاومت مکانیکی لازم جهت تحمل فشار را داشته باشد. از آنجائیکه لوله های با قطر کمتر تحمل فشار بسیار بالاتری را در مقایسه با لوله های با قطر بیشتر و البته ضخامت یکسان دارد، بویلرهای واتر تیوب علی رغم

پیچیدگی بیشتر، برای تولید بخارهای فشار بالا مورد استفاده قرار می گیرد. معمولاً هرچه قدر فشار بخار تولیدی بویلرهای واترتیوب بیشتر باشد، قطر لوله های آن نیز کمتر می باشد.

### دیگهای بخار واترتیوب نوع A :

یکی از انواع بویلرهای واترتیوب، نوع A می باشد. این نوع بویلر کاملاً متقارن بوده و با کوره ای نسبتاً حجیم، کاملاً بالانس می باشد. این نوع بویلر، حجم کوره ای، نسبتاً بزرگتر از بویلر نوع O دارد و خصوصیات خاص تقارن و گردش طبیعی آب را هم مانند بویلر نوع O داراست. از نظر فشار و ظرفیت کاری از نوع O بزرگتر است و ولی در ظرفیتهای بالا، حجمی بزرگتر از O داشته و با یک درام لجن اضافه، هزینه بیشتری را جهت ساخت به خود اختصاص میدهد.

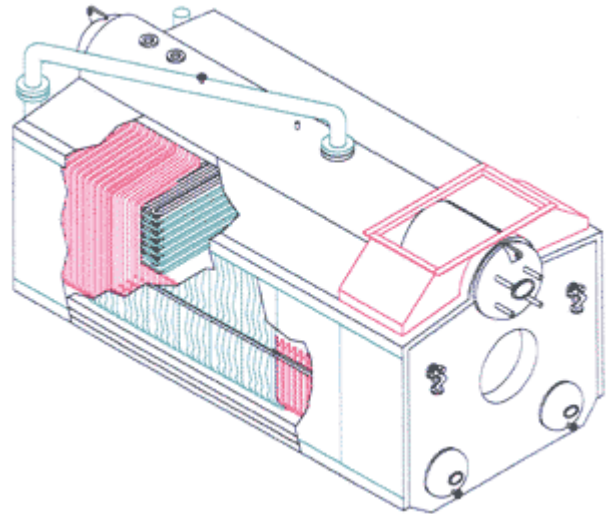
این بویلر هم قابل ساخت در کارخانه و ارسال آن به محل نصب به صورت پکیج و هم قابل مونتاژ در محل می باشد. و پکیجی آن حداکثر با ظرفیت 250000 پوند بر ساعت یا  $T/h 115$  با فشار  $psig 500$  یا  $bar 103$  و دمای بخار تا 1000 درجه فارنهایت (537 درجه سانتی گراد) ساخته شده و در ظرفیتهای و فشار بالاتر به علت حجم و بزرگی آن حتماً در محل مونتاژ می گردد.

این نوع بویلر خاصیت کار با هر سه سوخت گاز، گازوئیل و مازوت را دارا می باشد. در ضمن میتوان نوعی از این بویلر را با کوره کف باز جهت سوزاندن مواد جامد زائد مانند چوب های اضافه، مواد زائد باقیمانده کشاورزی و ... استفاده نمود. بویلرهای نوع D و O به اندازه این بویلر به قصد سوزاندن مواد جامد زائد مناسب نمی باشند. سوپر هیترهای نوع تشعشی و انتقالی، قابل نصب در قسمت عقب این نوع بویلر می باشند تا بتوان بخار سوپر هیت در دمای ثابت داشته باشیم.

این بویلر در دماها، ظرفیتهای و فشارهای بالا، انتخابی مناسب جهت مهندسان مشاور می باشد. هر دو نوع کوره های با دیواره های لوله مماس و نوع ممبرانی در این بویلر قابل نصب می باشد ولی نوع ممبرانی آن ارجح می باشد. عملکرد بویلرهای نوع A به خوبی نوع D است ولی به جهت ساخت، کمی گرانتر می باشد.

از این نوع بویلر معمولاً در صنایع پتروشیمی و بازیافت کاربرد فراوان دارد، به جهت حجم بالای کوره این نوع بویلرها و ساختار *Bank tube* آنها، فشار گاز داخل کوره پایین تر بوده و به همین دلیل، فنی با نیروی پایین تر جهت راندن گاز به خارج کوره نیاز دارد.

در حمل و نقل، انتقال بویلرهای A از نوع D ساده تر می باشد زیرا به جهت تقارن و شکل ظاهری انتقال آن از تونلها و پلها ساده تر می باشد.



ظرفیت : از 20000 پوند بر ساعت یا 10 تن بر ساعت تا 250000 پوند بر ساعت یا 115 تن بر ساعت با یا بدون سوپر هیتر  
 فشار : از 17psi تا 1500 psi یا 100 بار  
 سوپر هیتر : قابل نصب تا 950 درجه فارنهایت یا 510 درجه سانتیگراد میباشد.  
 سوخت : سوخت مایع یا گاز یا هردوی آنها یا سوخت جامد  
 استاندارد ساخت : *SECI ASAME*

- براساس نوع انتخاب، ممبران های با آب خنک شونده در دیواره عقب بویلر نصب میگردد.
- براساس نوع انتخاب، ممبران های با آب خنک شونده در دیواره جلو و اطراف مشعل نصب میگردد.
- خلوص بخار تا  $ppm1$  می باشد.

بویلرهای واترتیوب نوع O :

بویلرهای واترتیوب نوع O، انتخاب دیگری از این نوع بویلر می باشد. این نوع بویلر متقارن بوده و حجم کمتری نسبت به بویلرهای نوع A و D دارد.

ظرفیت این نوع بویلر حداکثر تا 250000 پوند بر ساعت یا 115 T/h با فشار حداکثر 1500 psi یا 103 bar و دمای حداکثر درجه 1000 فارنهایت (537 درجه سانتیگراد) می باشد.

بویلرهای نوع O جهت مکانهای نصب محدود و کوچک مناسب می باشد و می توان در صورت سفارش این بویلر با ظرفیت های بالای 250000 پوند بر ساعت، آن را در محل مونتاژ نمود.

این بویلر قابل کار با هر نوع سوختی می باشد اما محدودیت خاصی در استفاده ازمازوت نسبت به بویلرهای نوع A و D دارد و در ضمن از آن نمی توان جهت سوزاندن مواد جامد زائد مانند چوب استفاده نمود مگر با استفاده از محفظه احتراق مجزا که به آن Waste heat Recovery boiler می گویند.

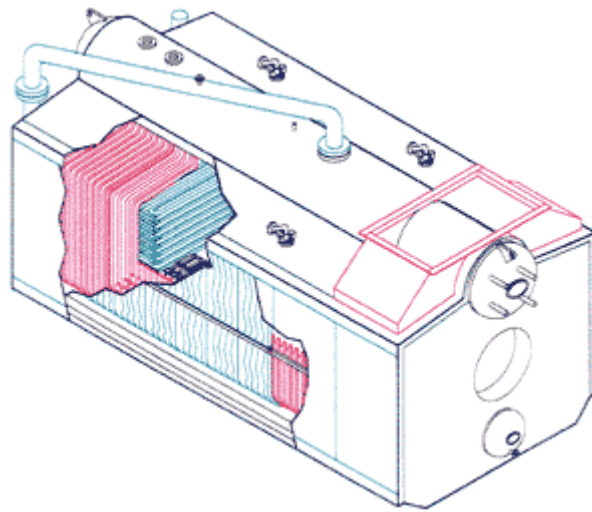
هر نوع سوپر هیتری به صورت تشعشی یا انتقالی قابل استفاده بوده و هر دو نوع کوره با لوله‌های مماس یا ممبرانی در آن به کار می‌رود.

کوره این نوع بویلر کوچکتر از نوع A و D می‌باشد. بنابراین در حرارت‌های بالاتر، مقدار NOX بیشتری تولید می‌نماید. از این نوع بویلر به عنوان heat Recovery steam generator استفاده می‌گردد.

به علت قابل حمل بودن این بویلر، معمولاً از این نوع بویلر به عنوان بویلرهای قابل اجاره استفاده شده و در ضمن در صنایع کاربرد فراوان دارد.

این نوع بویلر به علت تقارن، حمل آسانتری نسبت به نوع D دارد و می‌توان به صورت حمل جاده‌ای یا با قطار آن را منتقل نمود.

مرکز ثقل این بویلر در مرکز خود یونیت بویلر می‌باشد و حمل آن از تونل‌ها و از طریق پل‌ها ساده می‌باشد.



### بویلرهای نوع D :

بویلرهای نوع D واترتیوب یکی از شناخته شده‌ترین و پر مصرفترین نوع بویلرهای واترتیوب می‌باشد و سفارش ساخت این نوع بویلر از طرف بسیاری از صنایع به این شرکت داده می‌شود.

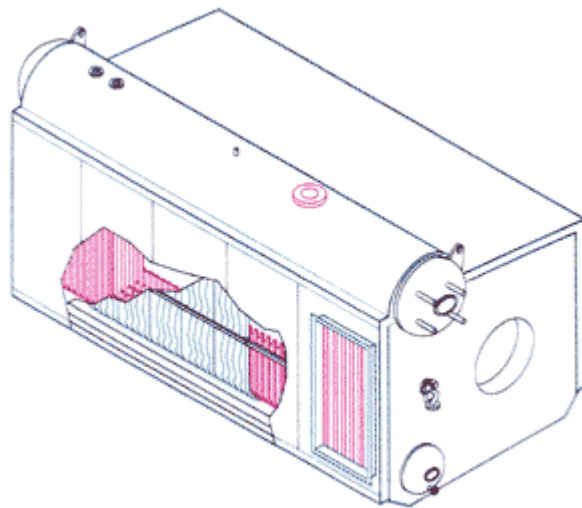
مدل D طراحی شده توسط شرکت اسوه و ترمودیزاین، از نظر ظرفیت از 10000 پوند بر ساعت (4.5 T/h) تا 200000 پوند بر ساعت (90 T/h) با فشار طراحی از 200 psi یا 14 bars تا 700 psi یا 48 bars ساخته می‌شود.

سوپر هیت‌های نوع انتقالی با دماهای بالای 600 درجه فارنهایت (315 درجه سانتی گراد)، قابل نصب روی این بویلرهای می‌باشد. این نوع بویلرها می‌توان گازوئیل، مازوت یا گاز جهت احتراق مصرف نمود. در ضمن میتوان این بویلر را به جهت ساختار و سفارش، به دو صورت کوره راست یا کوره چپ تولید شود. جهت فشارهای بالای 700 psi یا 48 bars، نوع بویلرهای O یا A پیشنهاد می‌گردد.

مصرف کنندگان این بویلرها معمولاً صنایع چوب و کاغذ صنایع پتروشیمی، صنایع نظامی و موسسات بزرگ می‌باشد. گرچه از نظر قرینه بودن و بالانس بودن با نوع A و O قابل مقایسه نیست، اما به خاطر طراحی قدیمی این نوع بویلر و اینکه این نوع بویلر کارایی و توانایی خود را به اثبات رسانده است، معمولاً از طرف مشاوران و کارفرمایان پیشنهاد می‌گردد. هزاران عدد از این نوع بویلر، در حال حاضر در حال کار در نقاط مختلف جهان می‌باشد که غالباً بخارتولیدی آنها اشباع و ظرفیت آنها زیر 45 T/h یا 100000 پوند بر ساعت می‌باشد.

در این نوع بویلر می‌توان از کوره‌هایی با دیواره‌هایی با لوله‌های مماس یا نوع ممبرانی استفاده کرد. این نوع بویلر در فشار زیر 5 بار نمی‌تواند کار بکند و جهت استفاده به عنوان گرم کننده‌های آب گرم پیشنهاد نمی‌گردد. همچنین نمی‌توان به عنوان گرم کننده سیالات حرارتی از آنها استفاده کرد.

انواع کوچک این نوع بویلر در مقایسه با نوع آکواتیوب شرکت اسوه، گران‌تر می‌باشند.



ظرفیت : از 10000 پوند بر ساعت یا 4.5 تن بر ساعت تا 200000 پوند بر ساعت یا 91 تن بر ساعت  
 مدل‌های به صورت درام در سمت راست یا درام در سمت چپ نیز قابل ساخت می‌باشد.  
 فشار : psi 250 یا 17 بار تا psi 750 یا 50 بار  
 سوپر هیتور : در صورت نیاز قابل نصب می‌باشد.  
 سوخت : سوخت مایع یا گاز یا هردوی آنها  
 استاندارد ساخت : SEC1 ASAME  
 - براساس نوع انتخاب، ممبران‌های با آب خنک شونده در دیواره عقب بویلر نصب می‌گردد.  
 - براساس نوع انتخاب، ممبران‌های با آب خنک شونده در دیواره جلو و اطراف مشعل نصب می‌گردد.  
 - خلوص بخار تا 1 ppm می‌باشد.



ممکن است بویلرها را بر اساس پارامترهایی دیگری نیز مانند نحوه گردش آب، نوع سوخت مصرفی، نوع منبع حرارتی، فشار عملیاتی و غیره تقسیم بندی نمایند که عموماً این تقسیم بندی ها از درجه اهمیت کمتری نسبت به محتویات لوله ها برخوردار هستند که در ادامه توضیح مختصری از آنها بیان می شود:

### 1- بر اساس صاف یا خمیده بودن لوله ها

بویلرهای با لوله های صاف که ممکن است بصورت شیب دار و یا عمودی باشند نوع شیب دار دارای یک درام بوده که بصورت افقی نسبت به زمین قرار دارد از زیر درام، هدرهایی که لوله های شیب دار از آنها منشعب می گردند، خارج می شود. لوله های شیب دار صاف Downtake نام بوده و با شیبی در حدود 5 تا 15 درجه نسبت به حالت افقی در انتها و در ارتفاعی بالاتر به هدرهایی دیگر متصل می گردند. محفظه احتراق در زیر لوله های شیب دار قرار گرفته و آبی که از طریق uptake به نام پایین آمده و وارد لوله های شیب دار شده را گرم می کند، از اینرو بخشی از آب Downtake هدرهای درون لوله های شیب دار پس از جذب گرما، تبدیل به بخار شده و بواسطه گردش طبیعی از طریق هدرهای مجدداً وارد درام uptake می شود.

لوله های صاف را نمی توان در قسمت هایی از دیواره که نیاز به قرارگیری اجزائی چون منهول، مشعلها و یا... می باشد، نصب نمود، لذا با توجه به این موضوع و نیز وضعیت قرارگیری لوله ها و مشعلها در peephole محفظه احتراق بخش های زیادی از محفظه احتراق فاقد لوله و یا به عبارتی سطوح انتقال حرارت برای دریافت گرما می باشد از اینرو مقدار زیادی از حرارت تولید شده از طریق تابشی بدون جذب مناسب اتلاف می گردد و راندمان بویلر پایین می آید. برای حل این مشکل نیاز به لوله های خمیده های بود که بتواند با خمیده شدن و استفاده بهینه از فضای محفظه احتراق، سطح بیشتری برای انتقال حرارت تامین نماید. در نوع عمودی، از دسته لوله هایی که بصورت عمودی بر روی محفظه احتراق قرار دارند، استفاده شده است. جریان گازهای حاصل از احتراق از لابلای لوله ها عبور کرده و سبب تبدیل آب به آب گرم و بخار می گردد. این بویلرها غالباً در اندازه های کوچک بوده و عملاً کاربردهای صنعتی ندارند و بیشتر از چوب به عنوان سوخت استفاده می کنند.

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

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

## 2- بر اساس نحوه گردش آب

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

1- جریان گردش طبیعی: اساس گردش آب در این نوع اختلاف در دانسیته حاصل از تفاوت دما در لوله های پایین رونده و بالارونده می باشد.

2- جریان گردش اجباری: در این نوع جریان از یک پمپ برای کمک به گردش بهتر آب در لوله ها و مخازن بخار و آب استفاده می گردد.

## 3- بر اساس نوع سوخت مصرفی

بویلرها از انواع مختلفی از سوخت ها استفاده می نمایند. غالباً انواع سوخت هایی که در بویلرها استفاده می گردند، عبارتند از:

1- Fuel gas یا سوخت های گازی

2- Fuel Oil یا سوخت مایع

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

4- سوخت ترکیبی

## 4- بر اساس نوع منبع حرارتی

بر اساس نوع منبع حرارتی بویلرها به انواع زیر تقسیم می گردند:

الف - بویلرهایی انرژی مورد نیاز را از سوزاندن مواد سوختی بدست می آورند. این مواد سوختی ممکن است به یکی از اشکال جامد، مایع و یا گاز وجود داشته باشد. به این دسته از بویلرها اصطلاحاً می گویند. در بعضی از بویلرها امکان استفاده از چند سوخت نیز وجود دارد.

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

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

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

### 5- بر اساس فشار عملیاتی:

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

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

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

ج- بویلرهای با فشار 500 تا 2000 psi که در دسته بویلرهای با فشار بالا محسوب می شوند.

## 4. اجزاء و ساختمان بویلرهای واپرتیوپ و وظیفه هریک

در بویلرها به منظور تولید بخار، آب ابتدا وارد دستگامی به نام **هوازدا** یا **دی اریتور** می شود. وجود گازهای نامحلول، مانند اکسیژن و دی اکسید کربن باعث ایجاد خوردگی در لوله های بویلر می گردد، به همین دلیل باید این گازها را از جریان آب خارج نمود. وارد می شود در مخزن بخار، آب بعد از مرحله هوازدایی، به سمت مخزن بخار یا **Steam Drum** و سپس به سمت مخزن ورودی به بویلر از طریق لوله های پایین رونده یا **down come** ها می رود آب وارد لوله های بالارونده می شود. لوله های بالارونده، بخش های مختلف محفظه احتراق شامل دیواره ها، کف و سقف را می سازند. آب در لوله های بالارونده در معرض حرارت قرار گرفته و بخشی از آن تبدیل به بخار می گردد. مخلوطی از آب و بخار مجدداً وارد مخزن بخار شده و در آنجا دو فاز بخار و آب از طریق عبور از مراحل جداکننده آب و بخار از یکدیگر جدا می شوند. فاز بخار با از عبور از مراحل مختلفی که برای جداسازی ذرات آب از بخار در درون مخزن بخار در نظر گرفته شده اند، از آب جدا شده و از طریق خطی جداگانه از بالای مخزن بخار، خارج می گردد. فاز مایع مجدداً برای تبدیل شدن به بخار، مسیر قبلی را از لوله های پایین رونده، مخزن لجن، لوله های بالارونده و ورود مجدد به مخزن بخار طی می کند.

بخار خروجی از مخزن بخار بصورت بخار اشباع می باشد در صورت نیاز به بخار سوپرهیت، بخار تولید شده را وارد بخش سوپرهیت می کنند. بخار اشباع در سوپرهیتها بوسیله گازهای حاصل از احتراق، گرم شده و به شکل سوپرهیت درمی آیند. سوپرهیتها باعث حذف ذرات رطوبت از بخار و افزایش دمای آن به دماهای بالاتر از دمای اشباع می گردند. بخار تولید شده در واحد بخار، پس از استفاده در واحدها، مجدداً به واحد بخار بازگشته و پس از کندانس شدن مجدداً وارد سیکل تولید بخار می گردد.

در صنعت برای تولید انواع بخارهای اشباع و سوپرهیت مورد نیاز، از بویلرهای متفاوتی استفاده می گردد. انواع اصلی دیگ آب گرم:

در این مورد بایستی به استانداردها و قوانین زیر توجه داشت:

\_ دیگ آب گرم DIN 4702

- کوره هوای گرم ثابت DIN 479

\_ کوره لعابی و همیشه سوز با سوخت جامد DIN 18890-18895

\_ دیگ های بخار TRD 702

- دستورالعمل سیستمهای گرمایش (HeizAnIV)

\_ قانون جلوگیری از آلودگی هوای دولت آلمان (BimSchG)

DIN 4702 دیگ ها را به چند دسته تقسیم کرده است که بر اساس نوع سوخت و نیز شرایط کاربرد، این تقسیم بندی

معتبر می باشد:

• دیگ آب گرم با سوخت مایع و سوخت گازی (دیگ مخصوص گازسوز/گازوئیل سوز) مناسب برای سوخت های مایع و

گازی مجهز به مشعل دمنده دار.

• دیگ مخصوص گازسوز، مناسب برای سوخت های گازی، که به مشعل بی دمنده (مشعل اتمسفری) مجهز است.

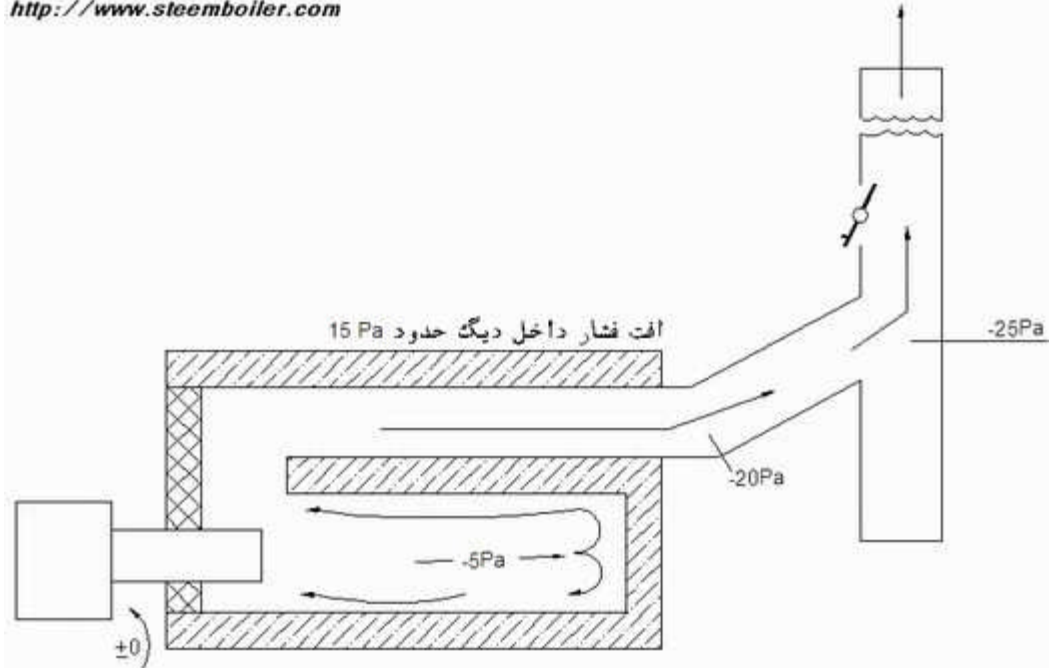
• دیگ های با سوخت جامد، دیگ های مخصوصی هستند که فقط برای سوخت های جامد مناسب اند.

• دیگ های چند گانه سوز، برای استفاده از سوخت های جامد، مایع و گازی مناسب اند و مجهز به مشعل دمنده داری

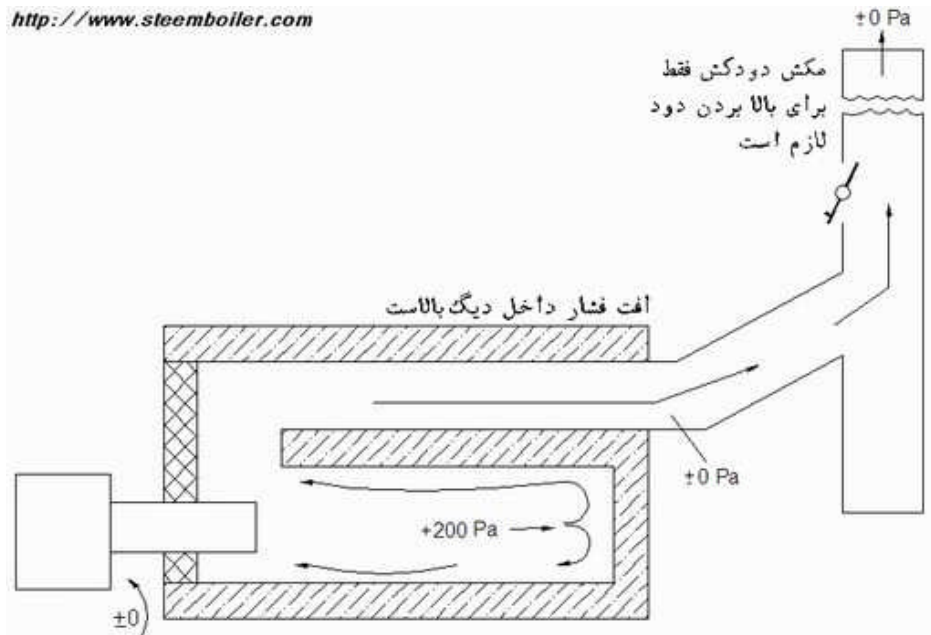
هستند که برای تغییر سوخت آنها از جامد به مایع یا گاز و یا برعکس، نیازی به ایجاد تغییر در سیستم آنها نیست.

• دیگ های با مکش طبیعی دیگ هایی هستند که در محفظه احتراق آنها خلا وجود دارد، یعنی مکش (ناشی از دودکشی)

بایستی برای غلبه بر افت فشار های فضای احتراق، کافی باشد.



• دیگ های با فشار بالا دیگ هایی هستند که در محفظه احتراق آنها فشار بالاست، یعنی به کمک فشار بالایی که دمنده تامین می کند بر مقاومت های داخل دیگ چیرگی حاصل می شود. به همین دلیل در این دیگ ها سرعت جریان بالاست (در نتیجه گرمادهی بهتر است) این فشار بالا بایستی در خروجی دود دیگ به صفر برسد (حذف ایستگاه بام). این سیستم مستقل از مکش دودکش کار می کند.



مطابق دستورالعمل سیستم های گرمایشی و DIN 4702 دیگ های آب گرم به شرح زیر دسته بندی می شوند:

• دیگ آب گرم استاندارد،

• دیگ آب گرم کم دما و

• دیگ چگالشی

همچنین مقادیر مشخصه دیگ های تعریف شده اند، برای مثال:

• توان گرمایی QL مقدار گرمای مفیدی که دیگ در واحد زمان به سیال می دهد.

• توان گرمایی نامی QNL توان دائمی دیگ که سازنده مطابق DIN 4702 مشخص می کند.

• محدوده توان گرمایی، محدوده ای است که سازنده دیگ مطابق DIN 4702 مشخص می کند (دیگ در آن محدوده توانی قابل تنظیم است) بالاترین مقدار این محدوده، توان گرمایی نامی است.

• توان گرمایی احتراق QB مقدار گرمایی است که از سوخت به دیگ انتقال می یابد (گرمای حاصل از احتراق) و به ارزش گرمایی سوخت بستگی دارد. این کمیت به توان احتراق نیز معروف است.

• توان گرمایی نامی احتراق QNB، توان دائمی که سازنده مطابق DIN 4702 برای دیگ مشخص می کند.

• کارایی دیگ  $K\eta$  عبارت است از نسبت مقدار گرمای مفید به مقدار گرمای داده شده.

• بازده استاندارد  $K\eta$  یک مقدار استاندارد شده است که با آن میزان استفاده از انرژی و در نتیجه به صرفه بودن دیگ از لحاظ اقتصادی در یک دوره زمانی معین گرمایش بیان می شود. مقادیر این کمیت در 5 نقطه کاری (63٪، 48٪، 39٪، 30٪، 13٪) قرار می گیرند.

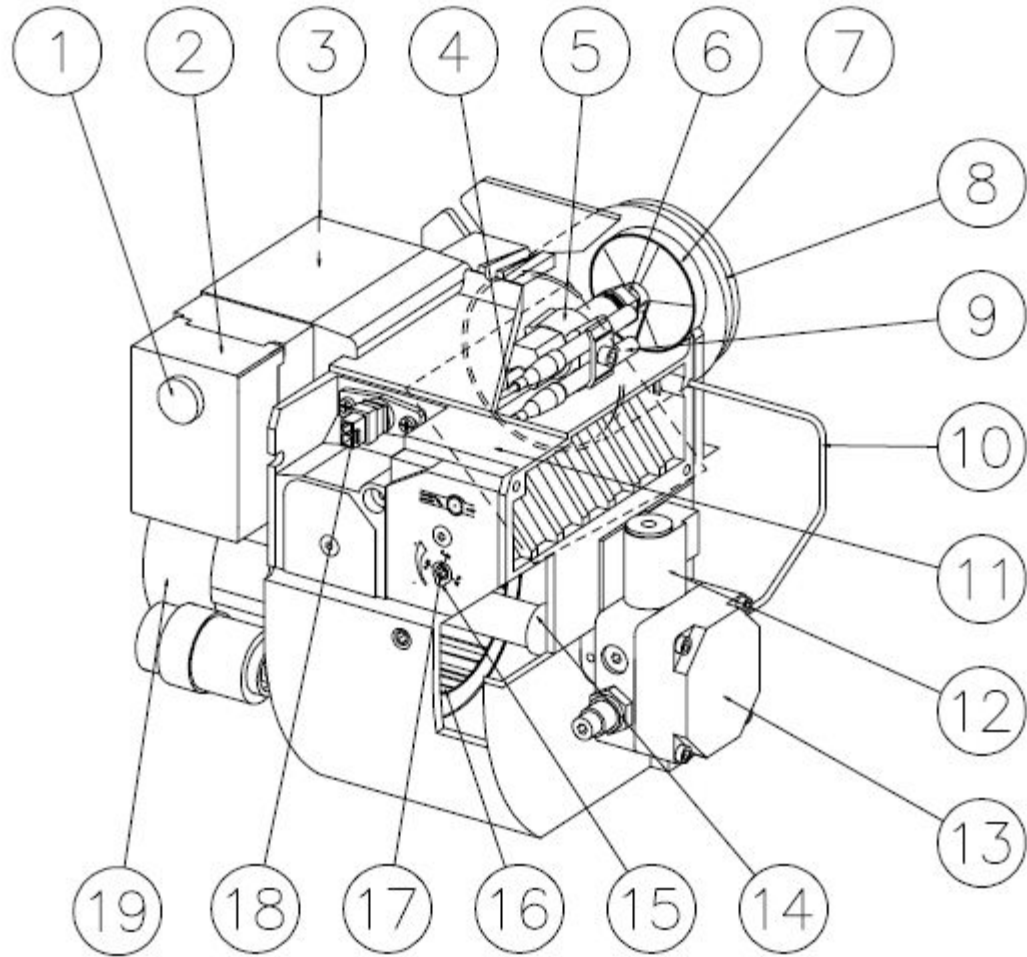
• دمای دود KU دمای اندازه گیری شده دود در داخل دودکش است.

• اتلاف دود qA بخشی از گرماست که از طریق دود به هدر می رود و

• اتلاف گرمای نهفته در دیگ qA بخشی از گرما، که برای حفظ دمای معینی در دیگ لازم است.

### دیگ های مخصوص گازسوز/گازوئیل سوز:

دیگ های مخصوص گازسوز/گازوئیل سوز به مشعل دمنده دار مجهزند. با استفاده از مشعل گازوئیل سوز، سوخت آماده احتراق می شود یعنی به شکل بخار آماده احتراق در می آید. (این کار با پاشش یا اتمیزه کردن سوخت صورت می گیرد.) به کمک تجهیزات مخصوص اختلاط سوخت و هوا، که عبارتند از قسمت های هدایت کننده و افزایشنده فشار دینامیکی هوا، افشانک و مجرای احتراق، سوخت با هوای احتراق (با کمترین درصد هوای اضافی) مخلوط می شود. اغلب تمام تجهیزات به صورت مجموعه ای واحد ساخته می شوند.



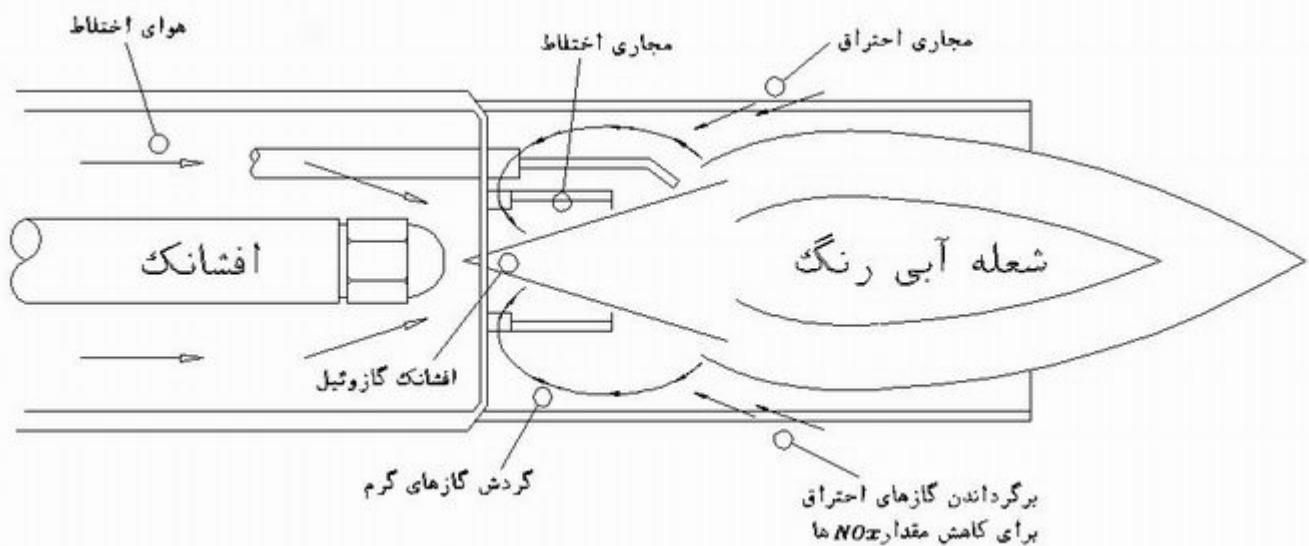
#### COMPONENTS

- |                         |                        |                            |
|-------------------------|------------------------|----------------------------|
| 1. Reset button         | 8. Blast tube          | 14. Drive coupling         |
| 2. Control box          | 9. Ignition electrodes | 15. Indication, air damper |
| 3. Ignition transformer | 10. Connecting pipe    | 16. Fan wheel              |
| 4. Ignition cables      | 11. Air damper         | 17. Adjustment, air damper |
| 5. Nozzle assembly      | 12. Solenoid valve     | 18. Photoresistor          |
| 6. Nozzle               | 13. Pump               | 19. Motor                  |
| 7. Brake plate          |                        |                            |

در نتیجه اختلاط سوخت و هوا در یک مجاری اختلاط، برای مثال سیستم اختلاط موشکی یک شعله آبی رنگ پدید می آید. مشعلی که دارای این سیستم است مشعل آبی گفته می شود. با برگرداندن مقداری از گازهای احتراق به مخلوط هوا و سوخت، می توان مقدار اکسیدهای نیتروژن ( $NO_x$  ها) را به حداقل رساند. تا اینجا فقط یک شعله تشکیل شده است. بنابراین یکی از مهمترین لوازم احتراق بهینه، شکل احتراق (یعنی محفظه احتراق یا هندسه بهینه) است. گرمادهی در فضای احتراق بیشتر به وسیله تابش روی می دهد.

شعله مشعل باید به گونه ای تنظیم شود که احتراق به صورت کامل و بدون هوای اضافی انجام پذیرد. شعله بایستی برای احتراق جای کافی داشته باشد. محفظه های احتراق خیلی کوچک سبب خرابی شعله می شوند. در این صورت دیواره سرد دیگ سبب سرد شدن زودرس شعله می شوند که احتراق ناقص و پرآلاینده را پدید می آورند. اگر محفظه احتراق خیلی بزرگ باشد شعله به وسیله حجم زیاد هوای پیرامونی، سرد خواهد شد. در سطوح مبادله گرمای بعدی، گرما از طریق جابجایی به آب گرم داده می شود. بسته به بزرگی این سطوح، لازم است دمای دود از 80 تا 200 درجه سانتی گراد باشد.

در دیگ های کم دما ممکن است تحت شرایط کاری خاصی، برای نمونه در حالت استارت، دمای محصولات احتراق به کمتر از دما نقطه شبنم برسد و در نتیجه در دیگ، تقطیر رخ دهد. به همین دلیل باید محفظه احتراق مناسبی طراحی شود و یا با افزایش دمای آب برگشتی از این پدیده جلوگیری شود.

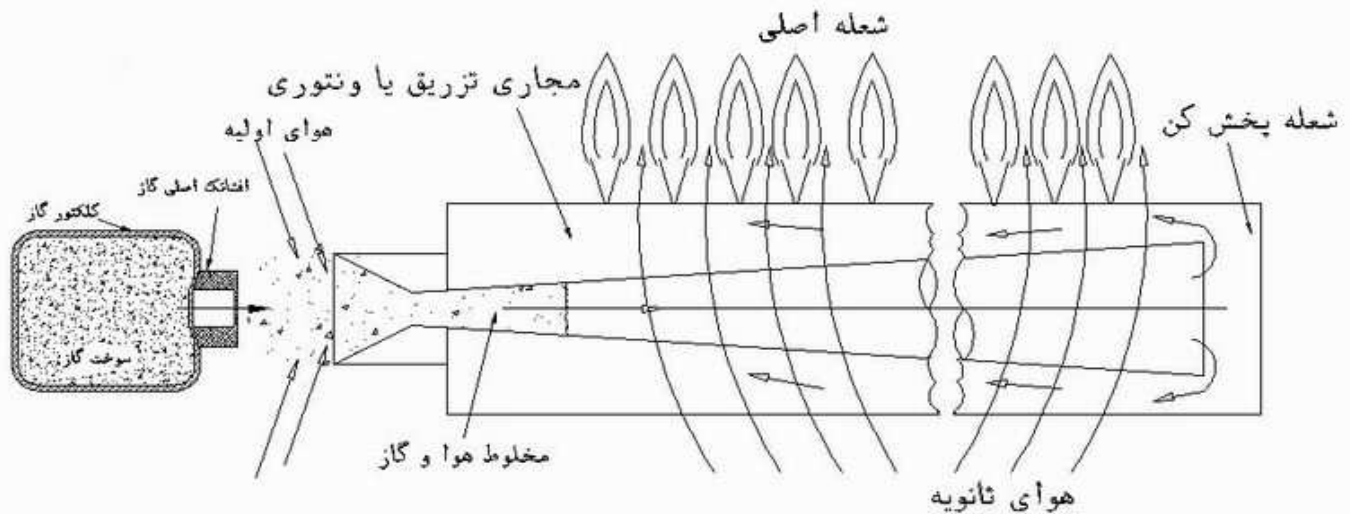


### دیگ مخصوص گازسوز بی دمنده:

دیگ مخصوص گازسوز بی دمنده، که به دیگ آتمسفری نیز معروف است برای محدوده های توانی کوچک و متوسط تا حدود 200 کیلووات مناسب است. مشعل این دیگ ها عمدتاً به دو شکل مشعل های ساده (دیفیوژنی) و مشعل های تزریقی (که فقط نوع تزریقی آن کاربرد دارد) وجود دارند.

در مشعل تزریقی گاز با فشار افشانک خارج می شود و هوای احتراق (هوای اولیه) را به داخل لوله تزریق یا وتوری می کشد. در نتیجه مخلوط هوا و گاز پدید می آید. این محصول سپس محترق می شود. هوای ساکن اطراف مشعل (هوای ثانویه) از محیط به اندازه کافی به درون شعله کشیده می شود. شکل این شعله با شعله مشعل دمنده رار فرق می کند و در نتیجه محفظه احتراق این مشعل دارای الزامات دیگری است. معمولاً احتراق روی شعله پخش کن رخ می دهد به گونه ای که شعله های زیاد، ولی کوتاهی پدید می آیند که نوعی شعله فرش تشکیل می دهند.



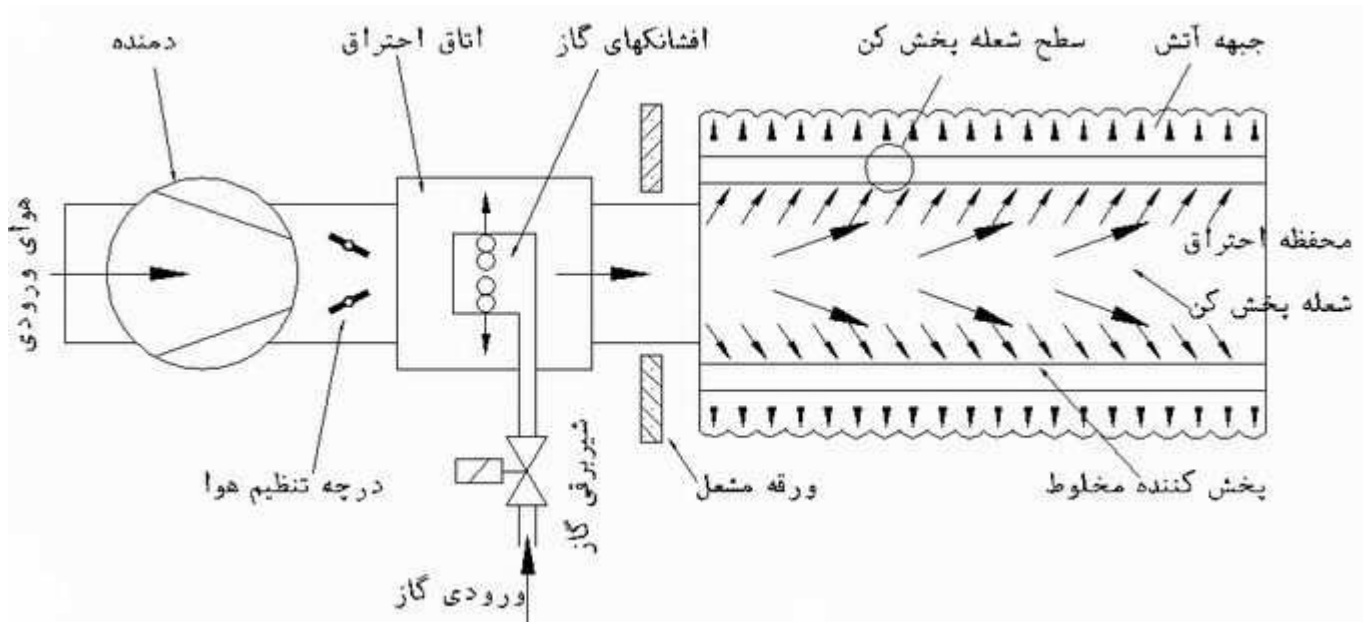


در این مشعل، محفظه احتراق می تواند کوچک و کم حجم باشد، البته به گونه ای که همه شعله ها بدون مزاحمت شکل بگیرند و برای کامل بودن احتراق هوای ثانویه لازم به همه آنها برسد. توان حداقل هر شعله پخش کن، برای احتراق فاقد  $\text{Nox}$  از 5 تا 20 کیلو وات است. برای کاهش اکسیدهای نیتروژن، که در احتراق بالای 1400 درجه سانتی گراد رخ می دهد بایستی شعله به روش های زیر خنک شود

- خنک سازی شعله پخش کن با برگشت دان هوای گرم
- نصب شعله پخش کن های خنک (روکش  $\text{Lownox}$ )
- ایجاد شعله های کوچک زیاد با گرما دهی تابشی بیشتر (شعله های قارچی شکل، روش  $\text{Lownox-plus}$  مشعل ماتریسی)
- احتراق به کمک کاتالیزور. برای میال سطوح سرامیکی (مشعل  $\text{Alzeta}$ ، مشعل  $\text{Monolith}$ )

مشعل گازسوز دمنده دار:

برخلاف مشعل های بی دمنده (که در آن اختلاط هوا و گاز بخوبی انجام نمی شود) در مشعل های دمنده دار، مخلوطی حاوی کل هوای مورد نیاز برای احتراق، تشکیل می شود. در نتیجه در همه شعله ها، هوا به نسبتی یکسان وجود دارد. اصولاً به دلیل بسته بودن اتاق احتراق، این مخلوط به کمک دمنده تهیه می شود. با این همه فرآیند اختلاط چندان پایدار نیست. مشعل دمنده دار تکامل مشعل بی دمنده است.



مخلوط هوا و گاز معمولاً به وسیله تنظیم کننده ترکیب هوا و گاز، تنظیم می شود (یعنی هرگاه تغییری در دمای آب خروجی دیگ پیش آید، سرعت دوران دمنده تغییر می کند). با ایجاد اختلاط فشار در یک روزنه اندازه گیری (اوریفیس)، مقدار گاز و در نتیجه توان مشعل تنظیم می شود. از دیگر مزیت های این مشعل شکل شعله آن است که آلاینده های کمی تولید می کند. مقادیر احتراق دقیق مشخص شده اند و قابل تغییر نیستند.

از این مشعل به ویژه در گرمایش تابشی سقفی (مشعل تابشی فرو سرخ)، دیگ های دیواری چگالشی با توانی بالغ بر 40 کیلووات و دیگ های ایستاده (زمینی) با توانی بالغ بر 100 کیلووات استفاده می شود.

نوعی از دیگ های بخار **Packaged boiler** و لوله آتشین **Fire Tube** هستند. دیگ بخار شامل سه مرحله عبور گاز (گاز گرم حاصل از اشتعال سوخت) است.

مرحله نخست از قسمت جلو کوره تا انتهای آن است (شماره 1) و طوری ساخته شده که در مقابل گرمای حاصله از احتراق و سوخت و جذب حرارت از بدنه کوره و انقباض حاصله از آن مقاومت می کند و حالت ارتجاعی دارد. مرحله دوم و سوم عبور گاز شامل عبور گاز حاصل از اشتعال سوخت در دو سری لوله (شماره 2 و 3) می باشد.

اطاقک احتراق نصب شده در انتهای کوره (شماره 4) حرارت حاصله از احتراق سوخت را بصورت تشعشی به سطح آب داخل دیگ منتقل می سازد.

لانه سیمانی نسوزی در دریچه عقبی دیگ به کار رفته است. این دریچه به اندازه کافی بزرگ و مخصوص دخول افراد به منظور بازرسی مجرای خروجی گاز یا دود (دودکش اصلی دیگ) را بر حسب شرایط محل نصب می توان در بالا و یا در پشت دیگ نصب نمود (شماره 5)

بدنه دیگ بخار با یک لایه عایق پشم شیشه مرغوب به ضخامت ۵۰ میلی متر پوشیده شده و روی آن بوسیله ورق نرم و نازک فولادی روکش کاری شده است.

اتصالات بدنه و کوره دیگ بوسیله جوشکاری انجام شده و تمامی جوش ها بوسیله اشعه X تست شده و تنش های داخلی آن آزاد گردیده است.

سوخت مایع و گاز سوخت مناسب این دیگ ها هستند و می توان از مشعل های گازسوز یا مایع سوز و یا از مشعل های مخلط دو سوخته گاز و مایع استفاده نمود.

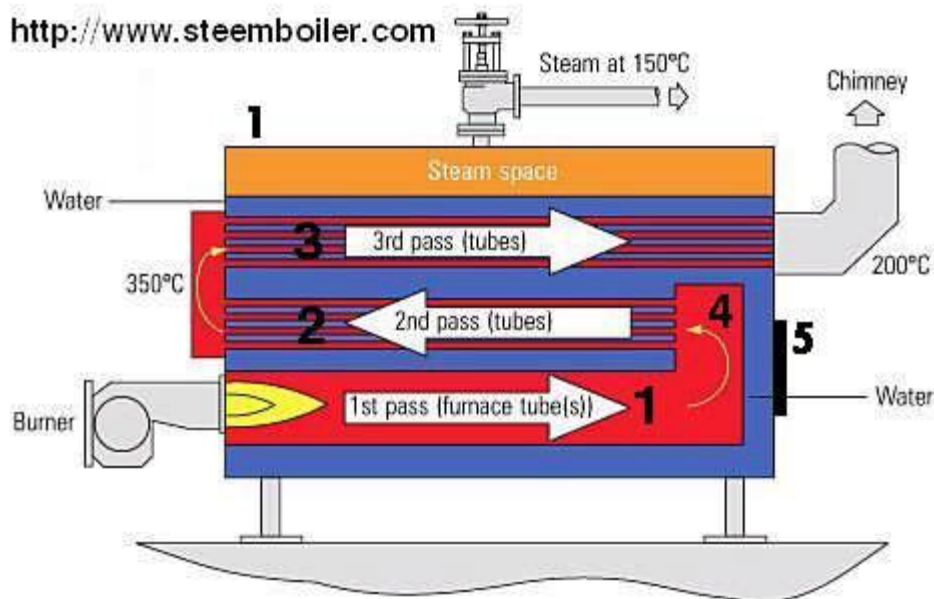
### هوارسانی دیگ:

هوارسانی دیگ بوسیله یک فن الکتریکی تأمین می شود. هوای ورودی دیگ بوسیله دمپر کنترل می گردد. هوای اولیه بوسیله فن تهیه و از طریق محفظه هوا فن اولیه سوار شده روی شافت برسد. و این فن حدود 7٪ هوای لازم جهت احتراق سوخت را تأمین می نماید. هوای ثانویه مستقیماً از طریق محفظه باد تغذیه می شود. تنظیم دمپر و هوای اولیه و مقدار سوخت لازم بوسیله دمپر موتور و بادامک های مربوطه با اهرمهای موجود انجام می شود.

### ساختمان بدنه دیگ:

۱ - بدنه خارجی (شماره 1): بدنه خارجی دیگ ورقی است شکل استوانه که ضخامت نگهدارنده لوله های عقب و جلو در دو سر آن نصب شده است.

۲ - کوره و اطاقک احتراق (شماره 1 و 4): کوره شکل استوانه با اتصالات جوشی طولی و عرضی ساخته شده است که حاوی انحناى مقعرى شکل ارتجاعى جهت انبساط کوره می باشد. اطاقک احتراق میانی شامل ورق استوانه ای شکلی است که از دو طرف بوسیله دو صفحه محصور شده است. کوره مابین دو صفحه نگهدارنده لوله های عقب و جلو قرار گرفته و اولین گذرگاه شعله و گاز را تشکیل می دهد. صفحه عقبی اطاقک احتراق و صفحه نگهدارنده لوله ها با میلگردهای مقاوم بوسیله جوشکاری به هم متصل شده است.



لوله ها: دو سری لوله مقاوم جهت عبور گاز مرحله دوم و سوم نصب شده که در دیگ هایی که فشار کاری آنها تا 79.13 بار (200 پوند بر اینچ مربع) هستند اکسپند شده و برای فشارهای کاری بیشتر علاوه بر اکسپند کاری جوشکاری نیز

شده است\*

۴- تمیز کاری و کنترل دیگ: دریاچه آدم رو در بالای دیگ، دریاچه مخصوص تخلیه رسوبات در پشت دیگ، و دریاچه ویژه بازدید اطاقک احتراق هر یک جهت تمیز کاری یا بازرسی و یا هر دو در قسمتهای مختلف دیگ تعبیه شده است. در جلو دیگ دو عدد درب آویزان بزرگ قرار گرفته که با باز کردن آنها می توان ضمن بازدید از لوله های ویژه عبور گاز، آنها را تمیز نمود. با باز نمودن درب های عقبی تعبیه شده در روی محفظه دود عقبی دیگ می توان صفحه نگهدارنده لوله های عقب دیگ را بازرسی کرد.

۵- نصب دستگاه های خارجی دیگ بخار: نصب قطعات اصلی و کمکی و وسائل کنترل کننده با لوله های مقاوم بوسیله

جوشکاری روی بدنه انجام شده است\*

وسائل و اتصالات دیگ: آب مورد نیاز دیگ بخار بوسیله پمپ تغذیه تأمین می شود. آب ورودی دیگ بخار از طریق شیر تغذیه عبور می کند. موقعیکه سطح آب به حد نرمال یعنی نزدیک به وسط آب نمای شیشه ای رسید، پمپ تغذیه بوسیله کنترل کننده دو حالت متوقف می شود. و بالعکس وقتیکه سطح آب از حد نرمال پائین تر رفت، کلید کنترل استارت پمپ را جهت جبران کمبود آب و رساندن آن به حد نرمال روشن می کند.

برای دیگ های بخار با ظرفیت ( kg/h 8150 - Ib/h 18000 ) و بالاتر به جای سیستم کنترل دو حالت تغذیه مدوله، با کلید شناوری، جعبه کنترل، توام با یک عدد شیر کنترل تغذیه مدوله به کار می برند. پمپ تغذیه دائماً روشن می ماند ولی شیر کنترل مدوله تغذیه به اندازه آب مورد نیاز دیگ کم و یا زیاد می شود و کمبود سطح آب را جبران می نماید.

فشار بخار داخل دیگ بوسیله مانومتر (سی تیرپ) نشان داده می شود. وقتی که فشار به حد کاری رسید می توان با باز کردن شیر اصلی بخار (شماره 6) بخار را جهت مصرف در کارخانه یا استفاده در سیستم های گرمایش روانه ساخت .

فشار بخار دیگ را، کنترل کننده مدوله فشار اندازه گیری می کند. ازدیاد فشار باعث تحریک پتانسیومتر شده و در نتیجه بطور خودکار از طریق مدلیشن موتور سوخت و هوای مشعل را کم می کند. و آن را از حالت زیاد به حالت کم تبدیل می نماید و در صورت کمبود مصرف بخار مشعل را خاموش می سازد .

چنانچه مقدار بخار کمتری مورد نیاز باشد مشعل خاموش می شود. وقتی فشار بخار به حداقل خود رسید، کنترل کننده پتانسیومتری فشار، مجدداً مشعل را روشن می نماید .

چنانچه به علتی کنترل کننده پتانسیومتری فشار عمل نکند یا خراب شده باشد، فشار در داخل دیگ بالا رفته تا به حد طراحی رسد. در این موقع شیر اطمینان دیگ عمل کرده و بخار اضافی دیگ را تخلیه نموده و فشار بخار را به حد مجاز می رساند و با این عمل از خطرات فشار اضافی درون دیگ جلوگیری می شود .

لرزش ها فشار درون دیگ از شیر بخار و دستگاههای کنترل کننده فشار به عقبه مانومتر منتقل می شود .

چنانچه به علتی آب تغذیه به دیگ نرسد و سطح آب دیگ از حد معمول پائین تر باشد. تخلیه دو حالتی ضمن خاموش کردن مشعل، زنگ مشعل و چراغ اعلام خطر سطح آب کم است را روشن می کند. و فقط در صورت رسیدن آب به حد نرمال چراغ سطح آب کم است خاموش می شود و مشعل بطور اتوماتیک شروع به کار می نماید .

در صورت ادامه نزول سطح آب و رسیدن آن به زیر سطح نرمال زنگ و چراغ سطح آب خیلی کم است شروع به کار کرده و مشعل را خاموش می سازد. تا زمانیکه آب به سطح نرمال برسد مشعل شروع به کار نخواهد کرد. فقط با استفاده از کلید دستی می توان مشعل را مجدداً روشن کرد .

با باز کردن شیر تخلیه آب می توان با خارج کردن آب دیگ مقداری از غلظت نمک های موجود کاست .

شیر هواگیری جهت تخلیه هوای دیگ زمان پر کردن با آب و نیز جهت تخلیه خلع موجود در موقع خاموش نمودن دیگ به کار می رود. وقتی دیگ در حال کاری است، این شیر باید بسته باشد .

جهت تامین آب مورد نیاز جهت آزمایش کیفیت آب دیگ از شیر کنترل املاح آب یا شیر نمونه برداری استفاده می شود .

صافی ورودی آب بر روی لوله مکنده پمپ تغذیه نصب می گردد.

در دیگ هایی که در زمان های مشخصی کار می کنند می توان با نصب کلید نگهدارنده شعله، مشعل را تا رسیدن به فشار لازم در روی شعله کم نگهداری نمود.

در صورت افت سریع فشار دیگ می توان یک عدد شیر ضد مکش در لوله پمپ تغذیه نصب کرده یا این عمل از پر شدن بیش از حد دیگ در اثر اختلاف سطح مخزن تغذیه (که در ارتفاع بالاتری قرار دارد) جلوگیری نمود .

فشار پمپ تغذیه بایستی بیش از فشار ضد مکش باشد. در غیر این صورت بایستی از پمپ بزرگتر استفاده شود .

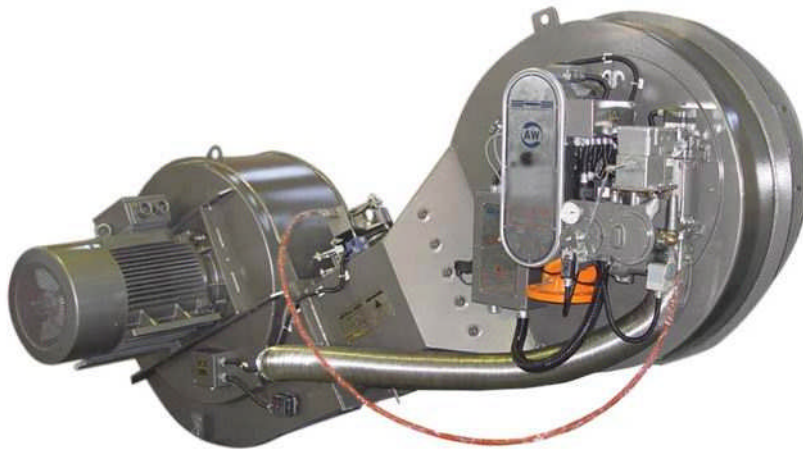
## اصول کار مشعل سه گانه سوز AW:

مشعل AW مشعل مایع سوز افقی چرخشی با سوخت پاش گردان است. که محور آن بوسیله تسمه متحرک می شود و در انتهای محور پروانه هوادهی و پودر کننده سوخت قرار گرفته است. سوخت با یک لوله به انتهای محفظه پروانه هوادهی و پشت مخروط پودر کننده که با سرعت 4600 دور در دقیقه یا بیشتر در حال چرخ است وارد می شود.

جریان سوخت با چرخش مخروط سوخت پاش (کاپ) در روی سطح داخلی آن به طرف جلو حرکت کرده و سرعتی معادل سرعت چرخش کاپ پیدا می کند، سوخت بوسیله نیروی گریز از مرکز روی سطح داخلی مخروط بطور یکنواخت شکل لایه نازک توزیع می گردد. لایه نازک سوخت هنگام پخش شدن روی لبه های مخروط سوخت پاش توسط هوای اولیه پروانه مشعل به صورت پودر تبدیل می شود. جهت پاشش سوخت در عکس جهت دمش هوای اولیه بوده و برخورد آنها بیشتر است و سوخت با این عمل کاملاً بصورت پودر در می آید.

پروانه مشعل تقریباً هفت در صد هوای لازم جهت احتراق را تهیه می کند. الباقی هوای لازم از طریق محافظ پستانک (nozzle shield) و از طریق شکاف موجود در حلقه های سیمانی جلو کوره تأمین می شود.

شافت مشعل بوسیله انتقال تسمه ای می چرخد موتور محرک محور مشعل توسط اتصال لولائی محکم شده و بوسیله پیچ و مهره مربوطه می توان کشش تسمه را تنظیم کرد.



## جرقه زن الکتریکی گازی:

سوخت پودر شده بوسیله دستگاه جرقه زن بطور خود کار مشتعل می گردد. وقتیکه شمعک گازی بطور خود کار در اثر جرقه الکتریکی روشن شد مشعل شروع بکار می نماید و شعله تشکیل می شود. پس از تشکیل شعله جرقه بطور خود کار قطع می شود.

اصول کار پمپ و عرضه سوخت:

مشعل حاوی سیستم سوپاپ های تنظیم کننده است که توسط آنها مقدار سوخت مایع معرفی و پمپ شده و تنظیم می شود .  
پمپ سوخت از چندین قسمت تشکیل شده است، که دو چرخ دنده که با چرخش یکی از آنها توسط الکتروموتور مشعل با دیگری دگیر شده و باعث رانش سوخت به سمت خروجی پمپ می گردد. شیر کنترل مقدار سوخت، توسط اتصالات مدلیشن به نسبت هوای ثانویه مقدار سوخت خروجی از پمپ سوخت را کنترل می کند. فشار برگشتی سوخت در لوله برگشت نباید از مقدار 1,379 بار یا (20 پوند بر اینچ مربع) تجاوز نماید. از این جهت شیر قطع کننده جریان در مسیر لوله برگشت قرار نمی دهند. ولی می توان یک شیر آزاد کننده فشار اضافی در مسیر برگشت سوخت نصب نمود که از ایجاد فشار اضافی و صدمه زدن به پمپ جلوگیری می نماید .

پمپ سوخت را از پشت محفظه دریافت کرده و با فشار به محفظه خروجی تخلیه می نماید. این پمپ به صورت شناور نبوده و نیاز به بیرون راندن خلاء در قسمت مکش دارد.

دریچه های گردان کنترل سوخت خروجی (والیو والو) بطور کامل دنده دار بهم درگیر شده اند بطوریکه اگر یکی از آنها جلو حفره ها را باز کند دریچه دیگر همان تعداد سوراخ را مسدود می نماید که در آن صورت مقدار متناسبی از حجم ثابت سوخت که از پمپ تخلیه خارج می شود به سیستم تغذیه و قسمت پودر کننده وارد می گردد و همین مقدار سوخت همواره از طریق سوپاپ تنظیم سوخت بدون توجه به تغییرات غلظت درجه حرارت و درجه سوخت مقدار معینی خارج می گردد .  
چون سوپاپ های سوخت برای تهیه نسبت صحیح سوخت بین قسمت پودر کننده و مخزن سوخت می باشند مسلم است که فشار روی قسمت های خروجی در سوپاپ های تنظیم بایستی یکسان باشد .

پیستون متعادل کننده یک وسیله تنظیم کننده فشار می باشد که تعادل ثابت و یکنواختی از نظر فشار در قسمت های خروجی سوپاپ های تنظیم فشار فراهم آورد.

روش کنترل مشعل خودکار:  
وقتی که مشعل در حال کار است بازده مشعل برحسب فشار دیگ تغییر می کند. چنانچه در مقدار بخار خروجی دیگ کاهش داده شود. فشار داخلی دیگ افزایش می یابد این تغییر فشار بوسیله دستگاه تنظیم و کنترل فشار اندازه گیری می گردد و باعث تغییر متناسبی در موتور تنظیم کننده مشعل که موجب کاهش میزان نسبت هوا و سوخت می گردد. چنانچه مقدار بخار مصرفی افزایش یابد فشار دیگ پائین آمده و در نتیجه نسبت هوا و سوخت بالا می رود. این عمل تا وقتی که مشعل به حداکثر باز دهی خود برسد ادامه می یابد.

در فشار پائین که در آن نقطه بازده کار حداکثر است می توان اختلاف فشار را بوسیله دستگاه تنظیم و کنترل فشار تنظیم نمود. می توان تا حد امکان فاصله را بیشتر گرفت. هرگاه مصرف بخار کاهش یابد شعله کم می شود تا جائیکه به حداقل خود می رسد و چنانچه مقدار بخار مصرفی از حداقل بازدهی نیز کمتر شد فشار داخل دیگ افزایش می یابد تا اینکه شعله روی نقطه

حداقل خود تنظیم می گردد. هنگامیکه فشار به  $p3$  می رسد مشعل تحت عملکرد دکمه های حد فشاری از کار می افتد. و مشعل پس از زمانی مجدداً شروع بکار می نماید. که فشار دیگ به حداقل فشار خود رسیده باشد.

فشار معمولاً پائین تر از فشار حد تنظیم می گردد. لیکن مشعل روی شعله پائین شروع بکار می نماید. اما بازدهی آن به تدریج که شعله به اندازه مربوط به فشار بالا می رسد افزایش می یابد.

### مشعل های دو سوخته گاز و مایع:

کنترل هوای احتراق اولیه و ثانویه نظیر مشعل های مایع سوز می باشد. وقتی که سوخت مشعل گاز باشد اتصال محور مشعل با پمپ سوخت قطع می گردد. شیر جریان گاز از طریق میکروسوئیچ که توسط سیستم اینترلوک بکار می افتد جریان سوخت مشعل را جدا می سازد.

مقدار جریان گاز توسط شیر کنترل اندازه گیری می گردد. و پس از ورود از محور چند راهه به پستانک های گازی می رسد که در اندازه های مشخص نسبت به مشعل می باشد.

### کنترل هوا و سوخت:

هنگامیکه سوخت دیگ گاز است، موتور تنظیم کننده سوخت مایع به کنترل دمپر هوای اولیه و ثانویه ادامه می دهد لیکن جریان تغذیه سوخت به پودر کننده توسط سوئیچ جدا کننده و قطع و میکروسوئیچ با سیستم اینترلوک به شیر گاز مربوط می گردد.

اندازه گیری گاز توسط موتور تنظیم و کنترل مشعل صورت می گیرد. و توسط یک سیستم الکترونیکی کنترل می گردد.

مشعل های دو سوخته با نازل های دو سوخته طرح شده اند این مشعل ها از مشعل سوخت مایع با کاپ است که به آن مجاری گاز و یک حلقه شعله دهنده اضافه گردیده است. هوای اولیه توسط همان سیستم پروانه برای هر دو سوخت مایع و گاز تهیه می گردد. کنترل هوای ثانوی برای هر دو نوع سوخت نیز یکسان نیست.

عمل تبدیل از حالت سوخت مایع به گاز توسط سوئیچی که در تابلو برق قرار گرفته انجام می شود.

سوئیچ را در وضعیت گاز یا سوخت مایع می دهند و نیز جهت این تبدیل یعنی از حالت مایع به گاز لازم است که اتصال بین پمپ سوخت با مشعل قطع گردد. هنگامیکه دیگ با گاز کار می کند تمام شیر های اصلی جدا سازنده گاز بایستی باز و شیرهای سوخت مایع بسته شود و بر عکس هنگامیکه بخواهیم دیگ با سوخت مایع کار کند بایستی تمام شیرهای سوخت مایع باز و شیرهای اصلی گاز بسته باشند.

چنانچه پوسته محافظ سر نازل را برداریم منفذ های گاز کاملاً قابل دید می باشند که در آن صورت نیز می توان آن ها را پاک نمود. اندازه لوله منفذ های گاز دقیقاً برای نوع و فشار معین گاز تعیین گردیده اند. چنانچه در نوع یا فشار گاز تغییر داده شود در آن صورت لازم می آید که اندازه های جدیدی برای منافذ در نظر گرفته شود.



در ساختمان مشعل، به خاموش شدن بدون خطر توجه زیادی شده است. یعنی اگر تحت هر شرایطی جریان گاز و یا برق قطع شود فوراً در همان شرایط خاموش می شود و اگر پس از مدتی جریان برق مجدداً به دیگ وارد شود مشعل در حالت خاموش باقی می ماند تا اینکه مجدداً کلید دستی جهت شروع بکار فشار داده شود.

مشعل دو سوخته گاز و مایع:

گاز بایستی از منبع اصلی به سیستم گاز دیگ از طریق شیر، تحت فشار معین وارد گردد. فشار گاز منبع اصلی کمتر از مقدار لازم می باشد. مصرف کنندگان دیگ باید یک دستگاه بالابرنده فشار گاز لوله تغذیه قرار دهند تا فشار گاز با فشار مورد نیاز وارد سیستم گازی دیگ گردد. پس از عبور از شیر عبور جدا کننده اصلی وارد دستگاه تنظیم کننده می شود و از آن طریق شیرهای قطع اتوماتیک گاز مربوط به هیدروموتور وارد دستگاه کنترل فشار و بالاخره از طریق شیرهای دستی قطع کننده گاز وارد مشعل می شود.

بین دو شیر گاز مربوط به دو هیدروموتور یک انشعاب جهت نصب دستگاه آزمایش آبیندی وجود دارد که بعداً در این مورد توضیح داده خواهد شد. بین تنظیم کننده گاز و شیر اصلی گاز مربوط به هیدروموتور یک انشعاب دیگری وجود دارد. شیر آزاد کننده فشار اضافی گاز در این نقطه نصب می گردد. گازی که از طریق این شیر خارج می شود بایستی به بیرون از دیگخانه هدایت شود.

یک انشعاب دیگر نیز در قسمت بالای شیر جهت تهیه گاز شمعک (جرقه زن) وجود دارد. جریان گاز از طریق این انشعاب، وارد دو عدد شیر الکتریکی شمعک گاز شده سپس به شمعک می رسد.

سوئیچ های فشار گاز: سوئیچ فشار کم بین تنظیم کننده اصلی گاز و شیر گاز قرار داده شده است. این سوئیچ از طریق الکتریکی به تابلوی برق متصل می باشد و مشعل را در فشار کاری کمتر از حداقل از کار می اندازد.

به همین ترتیب یک سوئیچ فشار زیاد بین شیر دوم و شیر منی فولد قرار گرفته که موقع بالا رفتن فشار از حد ضروری مشعل را خاموش می کند.

آزمایش آبیندی شیرهای اطمینان مشعل گاز سوز توسط ازت بطور اتوماتیک وسیله ایمنی اولیه ای که روی مشعل نصب گردیده عبارتست از دو عدد شیر قطع جریان گاز که بطور سری به یکدیگر متصل شده اند برای اطمینان کامل از درست بسته شدن شیرهای قبل از روشن کردن مشعل آزمایش آبیندی بایستی اجرا گردد. اگر مقدار نشت گاز بیشتر از مقدار مجاز باشد مشعل بطور خودکار از کار می افتد.

روش آزمایش آبیندی: تست های آبیندی از قبیل تست هیدروژن و تست LDU11 نیز امروزه متداول است طرز عمل این سیستم (تست هیدروژن) به ترتیب زیر است:

فشار گاز ازت توسط شیرهای کنترل فشار A و B کنترل می گردد تا اینکه فشاری معادل فشار تنظیمی باضافه 24/7 تر بار پیدا می کند. (این فشار برابر 3 اینچ فشار آب) این گاز وارد فضای مسدود شده توسط دو شیر قطع M2 و M1 گردیده و



تا حد فشار تنظیم باضافه 74,7 تر بار (30 اینچ درجه آب) در نظر گرفته شده است. اگر در انتهای این زمان (40 ثانیه) فشار لازم حاصل نگردد حتماً مشعل از کار می افتد. اما اگر در این مدت 40 ثانیه تثبیت فشار انجام گرفت صفحات تنظیم کننده هوا (دمپر) بطور کامل باز شده و کلید سری تبدیل می یابد و موتور فن شروع بکار می نماید و تهویه کوره شروع می گردد.

پس از تهویه کوره شیرهای E و F انرژی خود را از دست می دهند و کنترل کننده هوا (دمپر) در جهت عکس حرکت خواهد نمود. تا به وضعیت شعله کم برسد. مهزمان با این عمل شیر آزاد کننده ازت C باز شده و اجازه می دهد که ازت از سیستم خارج شود. پس از جریان عادی مدار کار مشعل برقرار می گردد و سیستم تثبیت ازت پس از آن که شیرها کاملاً از نظر آبنندی کنترل نمود وظیفه دیگری در مدار نخواهد داشت.

وسایل کمکی دیگ های بخار:

کنترل کننده مدوله فشار: این دستگاه فشارهای گوناگون دیگ بخار را اندازه گیری می کند. تغییر حالات فشار انبساطی یا انقباضی باعث حرکت عقربه روی سیم پیچ پتانسیومتری می گردد. و در وضعیت های مختلف بر حسب نیاز دیگ و شعله ضروری هوا لازم و سوخت ضروری را جهت احتراق مشعل تعبیه می کند.

تنظیم دستگاه کنترل فشار: پیچ تنظیم را تا قرار دادن عقربه متحرک در مقابل عدد دلخواه در روی صفحه اندیکاتور جهت تنظیم فشار قابل تنظیم است. فشار به اندازه حد تنظیم شده در مدوله تغییر خواهد نمود. در صورت نیاز باید فشار تنظیم شده در روی دیگ را بوسیله پتانسیومتر، با مانومتر اندازه گیری کرده و در صورت لازم تصحیح شود.

توجه: در صورت کمبود دامنه نوسان حد تنظیم شده فشار سیستم پایدار خواهد بود. برای رفع عیب در صورت امکان دامنه نوسان را زیادتر می کنیم تا سیستم پایدار تر شود.

کلید حد فشاری: روی دیگ بخار یک عدد کلید حد فشاری نصب شده است. کلید حد فشاری دارای میکروسوئیچی است که مدار را بصورت خودکار با بالا رفتن فشار قطع و با پائین آمدن آن وصل می نماید. این کلید حد فشاری قابل تنظیم است.

- ۱- فشار دلخواه را در روی صفحه اصلی (نشان دهنده فشار) انتخاب می کنیم.

- ۲- دامنه نوسان را برای نقطه دلخواه قطع فشار تنظیم می کنیم.

قرار دادن حد فشار در اندیکاتور اصلی: پیچ تنظیم فشار را بوسیله پیچ گشتی چرخانده تا عقربه نشان دهنده فشار در روی صفحه مربوطه عدد مورد نیاز را نشان بدهد.

فشار دامنه نوسان نقطه ایست که در آن نقطه مدار قطع یا وصل شده و بوسیله پیچ تنظیم مربوطه تنظیم می گردد.

کنترل کننده های سطح آب: دو نوع کنترل کننده سطح آب در هر دیگ بخاری نصب می گردد. با یکی از کنترل کننده ها پمپ تغذیه کار می کند و نیز در اولین مرحله کمبود سطح آب مشعل را خاموش می سازد. کنترل کننده ثانویه مثل یک کنترل کننده مستقل در دومین مرحله کمبود سطح آب عمل می کند. کنترل کننده پمپ تغذیه و نخستین مرحله کمبود سطح

آب و اعلام خطر، پمپ تغذیه دیگ های بخار با قدرت 48000 پاند در ساعت یا 8/150 کیلوگرم و بیشتر با سیستم مدوله (کنترل سطح آب) کنترل می شود .

برای دیگ ها با قدرت 1500 پاند در ساعت یا 6800 کیلوگرم در ساعت پمپ تغذیه بوسیله کنترل دوبله (dmal control) کنترل می گردد .

کنترل مدوله سطح آب: این کنترل کننده جهت جبران کمبود سطح آب متناسب با بخار تولیدی طراحی شده است و بر حسب بار حرارتی موجود کمبود سطح آب دیگ را برطرف می کند. کنترل کننده سطح آب از سه قسمت زیر تشکیل شده است .

۱- شناور: که در روی سطح آب دیگ در سطح بخاری مورد نیاز نصب می شود .

۲- شیر کنترل مدوله: یک عدد شیر کنترل مدوله آب تغذیه در مدار آب تغذیه جهت رفع کمبود آب دیگ نصب می گردد .

۳- جعبه کنترل: یک عدد جعبه کنترل در روی بدنه سطح منبع نصب شده است .

محفظه شناور: محفظه شناور شامل یک شناور و میله آهنی محرک است. میله محرک درون لوله ضدزنگ بطور آزاد در سمت بالا و پائین حول کوئیل حرکت می کند. حساسیت القائی کوئیل با حرکت میله فلوتر باعث جبران کمبود سطح آب دیگ می گردد .

شیر کنترل مدوله: شیر مدوله با یک محرک و کوئیل حساس نصب شده است. ضریب القائی حساسیت کوئیل بوسیله حرکت هرزگرد شیر کنترل مدوله تغییر می کند. جریان آب تغذیه ورودی به دیگ بخار بوسیله سرپوش پیستون گازی شیر مدوله کنترل می شود. سه بوسیله دو عدد شیر برقی نصب شده در شیر مدوله تحریک می گردد .

شیر برقی ورودی آب را در خط تغذیه می پذیرد و سپس در سیلندر فشرده و پیستون کاهش دهنده شیر مدوله را باز می کند. شیر برقی تخلیه آب را از سیلندر پیستون آزاد کرده (یک کمک فنر موجود ( باز شدن شیر مدوله را افزایش می دهد. شیر مدوله وقتی که هر دو شیر برقی بسته باشند به طریق هیدرولیکی بسته می شود. جعبه کنترل جعبه کنترل شامل یک مدار چاپی و بلوک ترمینال ها ورودی وسایل زیر می باشد .

۱- شیر های برقی .

۲- کوئیل های حساس .

۳- اولین آلارم کمبود سطح آب .

۴- اتصالات قطع مشعل به علت کمبود سطح آب .

جعبه کنترل اعمال مختلف در تعادل بین کوئیل القائی و شیر کوئیل و نیز سیگنال جای متناسب جهت باز شدن شیر را انجام می دهد .

بالا آمدن سطح آب در داخل دیگ (کاهش نسبت تبخیر): با بالا آمدن فلوتر تحریک کننده میله فلوتر ضریب القائی کوئل را عوض می کند. جعبه کنترل تعویض ضریب القائی را حس کرده و شیر برقی ورودی را باز می کند ( شیر برقی تخلیه به حالت بسته باقی می ماند). سپس شیر برقی ورودی فشار پمپ تغذیه را سری پیستون باز کرده و سرپوش شیر مدوله را به طرف پائین می راند و با این عمل آب ورودی دیگ کم می شود. بسته شدن شیر مدوله تا تساوی ضریب القائی کوئل با ضریب القائی کوئل ادامه پیدا می کند. جعبه کنترل، شیر برقی ورودی را بسته و قفل شیر مدوله را در حالت جدید می بندد یا با بالا رفتن سطح آب اعمال فوق تکرار می شود. شیر مدوله با کمترین توقف به نسبت بخار تبخیر شده باز می شود .

پائین آمدن سطح آب در داخل دیگ بخار (افزایش نسبت تبخیر): بر عکس مراحل فوق شیر برقی خروجی باز می شود و فشار هیدرولیک پیستون شیر مدوله را باز کرده و جریان آب به داخل دیگ هدایت می شود . گاهی به علت کمبود سطح آب کنتاکتی در جعبه کنترل بوجود می آید که آلارم کمبود سطح آب روشن و مشعل خاموش می گردد . در کنترل کننده مدوله دو عدد شیر سوزنی که قادر است به طور مستقل با شیر برقی کار کند نصب شده است . چنانچه دیگ در حالت دستی کار کند شیر کنترل اضطراری تماماً باز می شود.

کنترل کننده دوتائی سطح آب: کنترل کننده دوتائی سطح آب شامل دو عدد پرینت سوئیچ و آهنربای کمکی دائمی انتهای میله فلوتر است. غلاف های عمودی داخل لوله ضد زنگ بودن خاصیت آهنربائی است. با عبور عمودی فلوتر در جهت بالا و پائین بوسیله آهنربای یونیت سوئیچ ها روی میله های نگهدارنده نصب شده که در مجاورت لوله مرکزی قرار گرفته اند و دارای یک جفت کنتاکت هستند که بصورت ضربه ای کار می کنند و بوسیله نیروی عکس العمل بین آهنربای دوم و سوم بکار می افتد .

وقتی که شناور به طرف پائین حرکت می کند یونیت سوئیچ اولی موتور پمپ تغذیه را روشن می نماید. زمانیکه جهت حرکت شناور عوض می شود و به طرف بالا حرکت می کند موتور پمپ آب تغذیه خاموش می کند. در این طریق سطح آب دیگ بخار حدود حد نرمال نگه داشته می شود .

دومین یونیت سوئیچ در اولین آلارم کمبود سطح آب بکار می افتد و با رخ دادن حالت کمبود سطح آب در داخل دیگ بخار مشعل را خاموش می کند .

کنترل کننده سطح آب خیلی کم: دیگ بخار به کنترل کننده سطح آب خیلی کم مجهز است. این کنترل کننده شبیه کنترل کننده دوتائی فوق ال دکر بوده و فقط حاوی یک عدد یونیت سوئیچ است . وقتی حالت کمبود خیلی کم سطح آب رخ دهد مدار مشعل بوسیله این دستگاه قطع شده و آلارم مربوطه روشن می شود. مشعل فقط در صورت نرمال شدن سطح آب با چرخاندن کلید رفع خطر (reset) در روی تابلو کنترل روشن خواهد شد\*

پمپ های تغذیه: پمپ های استاندارد که در روی دیگ های بخار به قدرت (1590\_3150) کیلوگرم در ساعت یا (6590\_35000) پاند در ساعت نصب می شود.

پمپ تغذیه بطور چند مرحله ای گریز از مرکز با عمر طولانی با دوام قابل اعتماد با کار ملایم و کم صدا طراحی شده است. پمپ های تغذیه با ساختمان عمودی با گشتاور مستقیم و فلانچ مربوطه نصب شده اند و الکتروموتور آن ضد آب است. پمپ ها در اندازه های مختلف برای دیگ ها با قدرت ها و فشار های گوناگون ساخته می شوند. جهت کسب اطلاعات بیشتر به کاتالوک پمپ ها رجوع کنید .

پمپ ها تغذیه خودپرشو نیستند. باید با چرخاندن فلنچ آنها بوسیله دست درون آنها را کاملاً پر کرده تا آب تازه از آن خارج شود. توجه: بایستی پمپ تغذیه را بدون پر کردن راه اندازی کرد . اگر دیگ بطور خودکار خاموش و پس از مدتی روشن شود بایستی یک عدد شیر ضد مکشی در مسیر خط تغذیه نصب شود که در غیر این صورت با کم شدن فشار دیگ آب مخزن تغذیه به داخل دیگ نفوذ کرده و لوله ها پر آب و بخار می شوند. با نصب یک عدد شیر ضد مکشی در مسیر پمپ تغذیه ممکن است قدرت پمپ تغذیه جهت تزریق آب به داخل دیگ کم شود. وقتیکه سیستم تغذیه آب دیگ بخار مدوله باشند ممکن است با نصب شیر ضد مکشی ظرفیت شیر مدوله کم شود که در این صورت بایستی شیر مدوله قوی تری نصب نمود.

فهرست پمپ ها در فشار 10/43 بار و یا psi150 و در شرایط زیر پمپ های مخصوص استفاده می شود .

1\_ دیگ بخار با فشار کاری 10/43 بار و یا psi150

2\_ دیگ های بخار با قدرت 6800 کیلوگرم در ساعت یا 15000 پوند در ساعت که به سیستم مدوله تغذیه آب مجهز هستند.

3\_ دیگ ها با قدرت بیش از 900 و 15 کیلوگرم در ساعت یا 35000 پوند در ساعت .

چنانچه با توجه به دلایل مختلف ضروری است که پمپ ویژه بکار برده شود بایستی به کاتالوک کارخانه سازنده رجوع کرد. در نظر گرفتن یک اضافه اندازه جهت لوله مکش آب تغذیه مسئله مهمی است. مخزن آب تغذیه بایستی همیشه در جایی بالاتر از سطح زمین و مسلط به دیگ بخار نصب شود. در محل ورودی آب به پمپ سطح مکش مثبت وجود داشته باشد. توجه: به کار انداختن پمپ تغذیه در حالت خشک اکیداً ممنوع است.

اجزاء بویلر:

### مخزن هواگیری

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

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

2- پس از آن آب وارد یک بخش دیگر به نام heater که در زیر Vent condenser قرار دارد، می گردد. این بخش جایی است که عمده حرارت دهی آب در آنجا صورت می گیرد. روش های مختلفی برای حرارت دهی آب در هیتر وجود دارد، مثلاً ممکن است آب را به شکل پودر در آورده و سپس با بخار تماس دهند، ممکن است آب به شکل لایه ای نازک از دیواره هایی پایین آمده و بخار بالارونده با آن تماس یابد و یا در نوع سین یدار آب از روی سینی هایی پایین ریخته و با بخار بالارونده تماس داده شود. معمولاً نوع سینی دار از سایر انواع متداول تر می باشد.

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

### پمپ تغذیه

وظیفه این پمپ، انتقال آب به مخزن بخار و دیسوپرهیتر بویلر می باشد. عموماً از پمپ های سانتریفوژ و رفت و برگشتی برای این منظور استفاده می گردد. پمپ های تغذیه معمولاً دارای دو نوع محرک توربینی و الکتروموتور هستند. در زمان راه اندازی بویلر که هنوز بخار در دسترس نمی باشد، از پمپ الکتریکی استفاده شده و پس از راه اندازی و تولید بخار پمپ های توربینی در سرویس قرار می گیرند. علت این امر این است که چنانچه به هر دلیلی برق واحد بخار قطع و یا دچار نوسان شود، خللی در تولید بخار مجتمع بوجود نیاید و واحدهای مصرف کننده بخار دچار مشکل نشوند. بعضاً قطع نابه هنگام بخار برای برخی از واحدهای تولیدی، ضرر و زیان فراوانی را به دنبال دارد.

### گرمکن اولیه یا اکونومایزر

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

از اینرو بعضی از بویلرها دارای بخشی به نام اکونومایزر هستند. اکونومایزرها در اصل مبدل های حرارتی و به شکل دسته لوله هایی می باشند که در مسیر جریان گازهای گرم خروجی قرار داده می شوند. لوله های مورد استفاده در اکونومایزرها به دو شکل صاف و فین دار وجود دارند، نوع فین دار در مواقعی که مقدار انتقال حرارت پایین باشد به جهت افزایش سطح انتقال حرارت مورد استفاده قرار می گیرد. از این نوع بیشتر در سوخته های تمیز مانند گاز که احتمال رسوب گرفتگی کمتری ایجاد می نمایند، استفاده می گردد.

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

1- آرایش به شکل inline :

در صورتیکه بطور عمودی بر سطح مقطع لول هها نگاه شود، هر 4 لوله کنار هم به شکل رئوس یک مربع دیده می شوند. از اینرو جریان گاز عبوری با تماس با سطوح لوله ها و از طریق کانالهای میانی بین آنها عبور می کند. این نوع درموردی که احتمال تشکیل رسوب وجود دارد، بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد.

2- آرایش به شکل staggered یا متناوب:

در صورتیکه بطور عمودی بر سطح مقطع لول هها نگاه شود، هر 3 لوله کنار هم به شکل رئوس یک مثلث و از درون inline متساوی الاضلاع دیده می شوند، لذا جریان گاز عبوری نمی تواند به راحتی و مشابه حالت کانالهای بین لوله ها عبور نماید، در نتیجه در این چیدمان اغتشاش بیشتر و بواسطه آن شدت انتقال حرارت بیشتری وجود دارد، لذا سطح حرارتی کمتری نیاز دارد، ولی در عوض بواسطه نوع آرایش لوله ها مقدار افت فشار زیادتر از حالت inline است.

### مخزن بخار یا Steam drum

آب ورودی به بویلر وارد مخزنی به نام Steam drum می شود و از طریق لوله هایی به نام لوله های پایین رونده به سمت مخزن لجن منتقل می گردد. مخلوط آب گرم و بخار نیز توسط لوله های بالارونده به این مخزن منتقل می شود. با تجمع بخار در مخزن بخار، فشار بخار بالا رفته و پس از رسیدن به فشار مورد نیاز عملیاتی و بعد از طی مراحل جداسازی قطرات آب از آن، به بیرون از مخزن بخار از طریق یک هدر انتقال داده می شود. در صورتیکه فازهای بخار و آب به خوبی از یکدیگر جدا نشوند، دو پدیده متداول در بویلرها اتفاق می افتد:

1\_ پدیده Carry Over: در صورتیکه قطراتی از آب به همراه بخار از مخزن بخار به سمت سوپرهیتر می گویند. این پدیده سبب بروز مشکلاتی در بخش سوپرهیترها می گردد به این صورت که قطرات آب حاوی املاحی هستند که پس از تبخیر آب در سوپرهیتر بر روی جداره های داخلی سوپرهیتر رسوب می نمایند. بر اثر افزایش این رسوبات مشکل over heat شدن لوله ها و در پی آن خرابی آنها بوجود خواهد آمد.

2\_ پدیده carry under: در صورتیکه در آب ورودی به لوله های پایین رونده مقداری بخار وجود داشته می گویند. بواسطه این پدیده ممکن است مقدار بخار در لوله های بالارونده باشد بیشتر از آب شده و در بخش هایی لوله ها خشک بمانند و مشکل over heat شدن لوله ها بوجود آید.

### لوله های آب بویلر

برای انتقال آب و بخار بین مخازن بخار و لجن از لوله هایی استفاده می گردد که وظیفه تامین سطوح انتقال حرارت را نیز به عهده دارند. ممکن است در بخش هایی بر حسب نیاز از پره ها و یا بفل هایی بر روی لوله ها استفاده گردد تا جذب حرارت بهتر صورت گیرد. عموماً لوله های آب بویلرها را می توان به انواع زیر تقسیم بندی نمود:



1- لوله های پایین رونده یا down comer ها دسته ای از لوله های بویلر هستند که آب ورودی به مخزن بخار را به مخزن لجن منتقل می نمایند. آنها مستقیماً و یا بوسیله یک هدر به این مخازن اتصال یافته اند و در بخش کانوکشن یا جابجایی بویلر قرار دارند.

2- لوله های بالا رونده یا riser ها: این لوله ها در اصل، محفظه احتراق بویلر را تشکیل می دهند، به عبارت دیگر دیواره ها، کف و سقف محفظه احتراق بویلر توسط رایزرها ساخته شده است.

### سوپر هیترها

در بویلرها، برای تولید بخار سوپر هیت، بخار اشباع به دست آمده از مخزن بخار، در قسمتی به نام سوپر هیتر که نوعی مبدل حرارتی بوده و عموماً در ابتدای قسمت جابجایی بویلر قرار دارد، حرارت جذب می کند تا در شرایط فشار ثابت دمای آن افزایش یابد. بخار می تواند در شرایط فشار یا حجم ثابت از حالت اشباع به حالت سوپر هیت تبدیل شود و دماهای مختلفی بالاتر از دمای اشباع داشته باشد. بر حسب حالت انتقال حرارت از کوره به سوپر هیت کننده، انواع مختلفی از سوپر هیت کننده ها وجود دارند:

1- سوپر هیت کننده های از نوع جابجایی یا (Convection Superheater):

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

2- سوپر هیت کننده های از نوع تابشی یا (Radiant Superheater):

سوپر هیتر تشعشعی در دیواره کوره قرار دارد و انرژی حرارتی را به صورت تابشی از شعله دریافت کرده و به بخار اشباع منتقل می سازد. چنانچه از داخل این سوپر هیترها بخار اشباع با دبی مناسب عبور نکند، امکان سوختگی (overheat) دسته لوله هایی که در معرض تابش مستقیم قرار دارند وجود دارد.

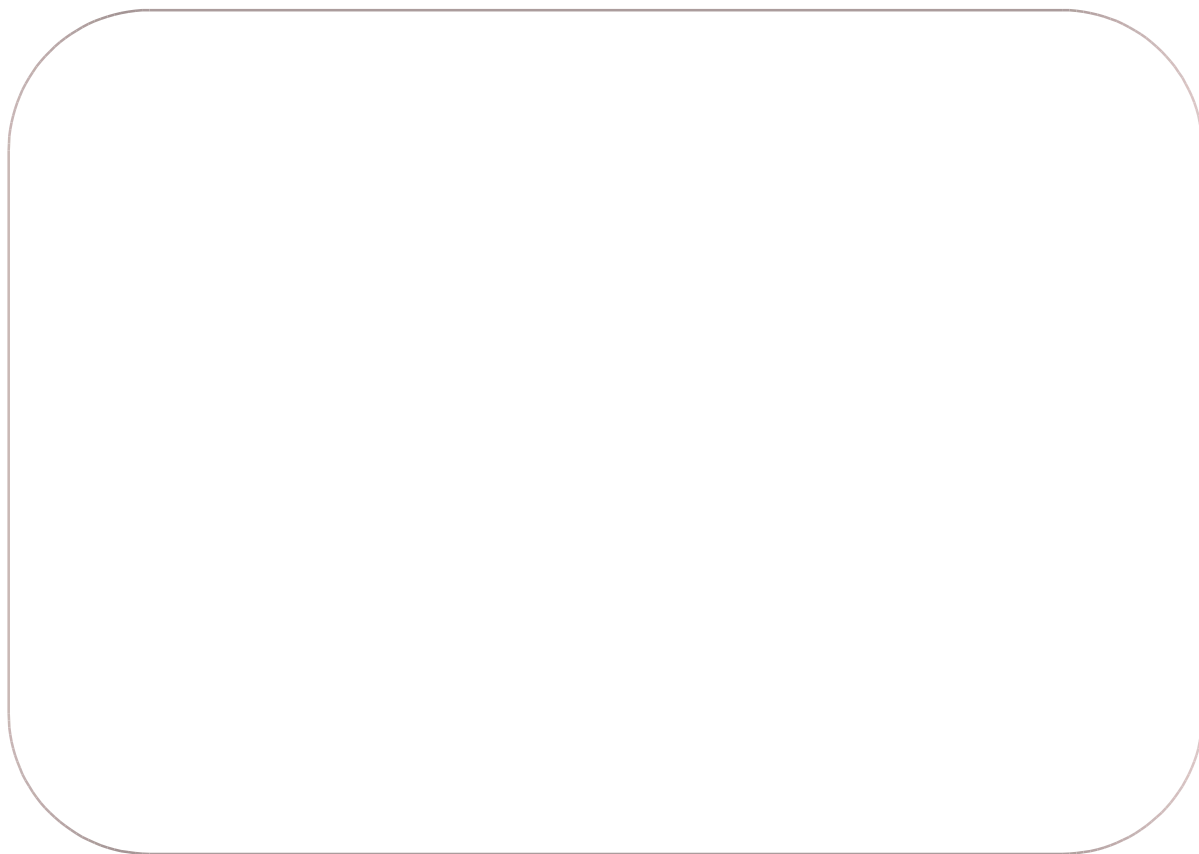
3- نوعی هم از سوپر هیت کننده ها هستند که هم از بخش تابشی و هم از بخش جابجایی انرژی دریافت می نمایند، آنها طوری در بویلر استقرار می یابند که بخشی از آنها در قسمت بالایی کوره و قسمتی از آنها در مجرای جریان گاز قرار گیرد، یعنی در بین دو قسمت جابجایی و تابشی کوره مستقر می گردند.

### ری هیترها (دی هیتر)

عموماً واحدهای مصرف کننده، نیاز به بخاری با دما و فشار مشخص دارند، از اینرو باید بخار خروجی از واحد بویلر با دما و فشار کنترل شده تحویل گردد. برای این منظور از بخشی به نام متعادل کننده و یا دی سوپر هیتر استفاده می گردد، البته

گاهی به آن ری هیتر نیز می گویند. روش های مختلفی برای کنترل دمای بخار سوپرهیت وجود دارد ولی عموماً این عمل با تزریق آب به بخار خروجی از سوپرهیتر صورت می گیرد. آب اضافه شده به بخار سوپرهیت با جذب انرژی گرمایی تبدیل به بخار شده و دمای بخار را پایین می آورد. مقدار آب اضافه شده در حدی است که بخار خروجی را به دمای مورد نظر برساند. در بویلرهایی که دارای یک مرحله سوپرهیتر می باشند، این بخش بعد از سوپرهیت کننده قرار می گیرد، و در بویلرهای با دو مرحله سوپرهیتر این بخش در بین دو مرحله سوپرهیت قرار می گیرد.

## 5. سیکل تولید و توزیع بخار



## 6. کنترل شرایط عملیات بویلر شامل مقدار سوخت، کنترل دمای سوپرهیت، مقدار هوای اضافی

...

## کنترل ارتفاع مایع در مخزن بخار

هدف از کنترل مقدار آب ورودی به بویلر، کنترل مقدار ارتفاع آب در مخزن بخار در حد مجاز و مورد نظر می باشد. در صورتیکه سطح مایع در مخزن بخار پایین آید، آب کافی در داخل لوله ها قرار نداشته و شدن و خرابی آنها وجود دارد. در صورتیکه سطح مایع بر اثر حرارت دیدن زیاد لوله ها **overheat** در داخل مخزن بخار بالا رود، جداسازی آب و بخار به درستی انجام نمی گیرد و پدیده **carry over** به وجود می آید و باعث کاهش بازده بویلر می گردد. این کنترل به سه صورت انجام می گیرد:

### 1- Single element feed water control

کنترل تک جزئی یا سیستم تک جزئی صرفاً از یک کنترل کننده سطح مایع تشکیل شده است. این روش، ساده ترین و در عین حال ناکارآمدترین روش کنترل سطح مایع است. مکانیزم عمل بدین صورت است که اندازه گیر ارتفاع مایع در مخزن بخار در صورت بالا رفتن سطح مایع، به شیر کنترل آب ورودی به بویلر فرمان بسته شدن و در صورت پایین رفتن سطح مایع فرمان باز شدن می دهد و بدین ترتیب سطح مایع را کنترل می کند. در حقیقت سطح مایع در مخزن بخار را با تغییر دادن شدت جریان آب ورودی به بویلر تنظیم می کند.

### 2- Two element feed water control

کنترل دو جزئی یا در این روش سطح مایع از دو طریق کنترل می گردد:

الف) اندازه گیر دبی جرمی بخار خروجی از درام

روش کنترل آن بدین صورت است که مقدار جرمی از آب که به شکل بخار از درام خارج می یگردد بوسیله ورود آب از طریق باز شدن شیر کنترل جبران می گردد. از اینرو خروجی بخار با مقدار آب مساوی با آن از طریق ورودی جبران می گردد.

ب) اندازه گیری سطح مایع در درام

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

### ج) Three element feed water control

کنترل سه جزئی یا این روش کنترلی برای مواقعی که آب ورودی به بویلر بدلیل استفاده از چندین پمپ ممکن است دارای تغییراتی در فشار و شدت جریان باشد، مناسب می باشد. علاوه بر دو متغیر فوق الذکر، نوسانات شدت جریان آب ورودی به عنوان متغیر سوم است. چراکه این نوسانات در میزان کنترل سطح مایع سبب مشکل می نماید. به عنوان مثال

دبی مورد نظر ما با بازبودن 40 درصد شیر کنترل تامین م یگردد، ناگهان شدت جریان ورودی به بویلر کم می گردد و در صورتیکه هنوز شیر کنترل در همان مقدار 40 درصد باقی بماند، مقدار مورد نیاز آب ورودی به بویلر تامین نمی گردد و مقدار نوسانات زیاد شده و دیرتر سطح مایع کنترل می گردد. این مشکلی است که در کنترل کننده های دو جزئی وجود دارد. ولی در این سیستم با اندازه گیری شدت جریان ورودی و به محض کم شدن شدت جریان و قبل از آنکه اثر این نوسان در مخزن بخار نمایان شود، فرمان بازشدن بیشتر شیر کنترل داده شده تا اثر کم شدن شدت جریان آب ورودی بر طرف گردد.

### کنترل فشار بخار در هدر اصلی

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

ممکن است عوامل دیگری نیز بر شدت اشتعال، بطور مستقیم و بر فشار بخار در هدر، بطور غیر مستقیم تاثیر بگذارد، یکی از این موارد تغییر ارزش حرارتی سوخت می باشد. عموماً در زمان استفاده از سوخت های گازی، ممکن است ترکیب گاز ورودی تغییر نماید و به عبارتی، ارزش حرارتی گاز ورودی کم و یا زیاد شود. به عنوان مثال، در صورت بالا رفتن ارزش حرارتی مقدار حرارت ایجاد شده افزایش یافته و تولید بخار و فشار در هدر بخار بیشتر می گردد. در اینگونه موارد و برای جلوگیری از بروز چنین مشکلاتی در بویلر، از سنسورهایی که ارزش حرارتی سوخت را تعیین می نمایند، استفاده می گردد. با بروز تغییر در ارزش حرارتی و قبل از آنکه اثر آن در سیستم با تغییر روی فشار هدر مشخص گردد، فرمانی از مرکز کنترل سیستم احتراق به شیر کنترل ارسال شده و مقدار سوخت به جهت جبران اثر تغییرات ارزش حرارتی تغییر می نماید.

## کنترل دمای سوپرهیت

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

### 1- Bypassing the Furnace Gas

بایپس نمودن گاز در اطراف سوپرهیتر کردن بخشی از گازهای احتراق بوسیله (bypass) در بویلرهای که ظرفیت کم دارند، می توان با بای پس یک دمپر دمای سوپرهیتر را کنترل نمود. این روش کنترل قبلا بکار برده می شد ولی اشکالاتی که در انتخاب فلز مطمئن برای دمپر در برابر خوردگی و دمای بالا در مسیر عبور گازهای داغ وجود داشت، سبب منسوخ شدن روش کنترل با دمپر شده است.

### 2- Tilting burners in the Furnace

تغییر زاویه مشعل ها در کوره دمای بخار خروجی از سوپرهیتر را با تغییر زاویه مشعل ها به سمت بالا و پایین (به میزان 30 درجه) در بویلرهای نوع عرضی می توان کنترل نمود. با تغییر زاویه مشعل ها به سمت پایین، لوله های بالارونده بخش بیشتری انرژی به شکل تابش جذب م نمایند، در نتیجه سهم جذب حرارت در سوپرهیتر نسبتا کم شده و دمای آن پایین می آید. اگر مشعل ها به سمت بالا گردانده شوند، زاویه تابش نسبت به سوپرهیترها مناسب تر شده و انرژی حرارتی بیشتری به سوپرهیت رها منتقل و دمای آنها افزایش می یابد.

### 3- استفاده از مشعل های اضافی (Auxiliary Burners)

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

### 4- Desuperheating using water spray

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

### 5- کنترل پیش سردکن (Precondensing Control):

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

## Gas Recirculation -6

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

### 7- قراردادن کویل در درام بویلر (Coil Immersion in the Boiler Drum)

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

### کنترل مقدار جریان هوا

گازهای حاصل از احتراق و در دودکش تعیین می گردد. وجود 3 درصد اکسیژن در گازهای خروجی از دودکش به مفهوم بهسوزی در کوره است. در صورتیکه اکسیژن خروجی از دودکش کمتر از 3 درصد باشد، داخل کوره دوده زایی وجود خواهد داشت و با افزایش مونوکسیدکربن مواجه می گردیم و در صورت بالا بودن بیشتر از 3 درصد در خروجی از دودکش مقدار ناکس افزایش خواهد یافت و به علت افزایش حجم گازهای حاصل از احتراق، انرژی حرارتی زیادی به همراه هوای اضافی از کوره به بیرون رفته و تلف خواهد شد. در بویلرها سعی بر این است مقدار هوا را طوری تنظیم نمایند که مقدار 3 درصد اکسیژن در جریان خروجی از دودکش وجود داشته باشد. از آنجایی که برای تامین هوای مورد نیاز احتراق در بویلرها از فن های دمنده و مکنده استفاده می گردد، لذا با استفاده از دمپهای هوای ورودی مقدار هوا را تنظیم می کنند. از طرفی مقدار هوای مورد نیاز با توجه به مقدار سوخت تنظیم می گردد. از اینرو در دودکش بویلرها و با استفاده از سنسورهایی که مقادیر اکسیژن و مونوکسیدکربن را اندازه می گیرند، مقدار هوای ورودی به کوره تنظیم می گردد، با بالا رفتن مقدار اکسیژن دمپهای هوای ورودی بسته شده و با کم شدن اکسیژن دمپها باز می شوند. در دودکش بعضی از بویلرها به منظور کنترل بهتر احتراق، میزان مونوکسیدکربن خروجی نیز اندازه گیری می شود.