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

مجموعه مقالات سومین کنفرانس بین‌المللی گرمایش، سرمایش و تهویه مطبوع
۳ – ۵ خرداد ۱۳۹۰، ایران، تهران، هتل المپیک
ICHVAC3-189

بررسی بویلرهای چگالشی، روشهای محاسبه راندمان و توجیه فنی آنها

داود امینی مقدم فاروج[۱]، مصطفی خسروپور عربی[۲]، سید محمود ابوالحسن علوی[۳]، محمدامیر محرری[۴]

[۱]فارغ التحصیل کارشناسی مکانیک حرارت و سیالات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد؛ Davood.Amini.Moghaddam@gmail.com
[۲]دانشجوی کارشناسی مکانیک حرارت و سیالات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد؛ Mkamecheng@gmail.com
[۳]استادیار گروه مکانیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد؛ M_A_alavi2002@yahoo.com
[۴]دانشجوی کارشناسی ارشد تبدیل انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد؛ Amir168113@yahoo.com

چکیده

استفاده از بویلرهای چگالشی در سیستم های گرمایشی خانگی (در صورت انتخاب صحیح بویلر) راندمان تولید انرژی حرارتی را بالا می‌برد. برای رسیدن به این هدف باید درنظر داشت که شرط اولیه استفاده از این بویلرها این است که دمای آب برگشتی باید حدود ۱۰°F از دمای اشباع بخار آب حاصل از احتراق (موجود در محصولات احتراق) پایین تر باشد. دمای اشباع این بخار آب به پارامترهای دیگری چون نوع سوخت و مقدار هوای اضافی نیز وابسته بوده و در حدود ۱۱۰°F تا ۱۳۵°Fاست، درصورتیکه دمای آب برگشتی در بویلرهای غیرچگالشی حدود ۱۸۰°F می‌باشد. در این تحقیق سعی شده است، دلایل بیشتر بودن راندمان در بویلرهای چگالشی و روش های محاسبه راندمان آن بررسی شده و جواب مناسبی به مقادیر راندمان بالای ۱۰۰٪ که در بعضی از منابع برای این بویلرها ادعا می‌شود، داده شود. نتایج نشان می‌دهند که راندمان این بویلرها در بیشینه خود به حدود ۹۶٪ می‌رسد که مقدار بسیار مناسبی است.

کلمات کلیدی: بویلرهای چگالشی- راندمان بویلر- سیستم های گرمایشی- دمای آب برگشتی - احتراق

مقدمه

بویلرهای چگالشی[۱] نسل جدیدی از بویلرها می‌باشند که توانایی تولید آب گرم به منظور گرمایش ساختمان و آب گرم بهداشتی را دارند. این گونه از بویلرها برای اولین بار در دهه۱۹۷۰ تولید شده اند[۱]. بزرگترین مزیت آنها بیشتر بودن راندمانشان نسبت به انواع غیرچگالشی می‌باشد. تا به حال تحقیق های بسیاری در مورد میزان این راندمان صورت گرفته است. این تحقیق ها را می‌توان به صورت زیر دسته بندی نمود:

- تحقیقات آزمایشی که معمولا براساس شرایط کارکرد سالیانه بویلر انجام می شوند. مانند منابع [۳]، [۴] و [۵]
- تحقیقات محاسباتی که در آنها از روشهای تحلیلی یا عددی استفاده شده است. از جمله این تحقیق ها می توان به منبع [۲] اشاره نمود.

در این میان برخی تعاریف از راندمان بویلرهای چگالشی مطرح گردیده است که با استناد به آن راندمان آنها بیش از ۱۰۰٪ معرفی می‌گردد و شرکت های تولیدی و حتی شرکت های معتبر از این اعداد در کاتالوگ‌های خود استفاده نموده اند. در این مقاله سعی شده است تا دلایل بیشتر بودن راندمان بویلرهای چگالشی و پارامترهای موثر بر این راندمان بررسی گردد.

بررسی ساختمان بویلرهای چگالشی

بویلرهای چگالشی به منظور افزایش راندمان (در مقایسه با بویلرهای قدیمی تر غیرچگالشی) طراحی گردیده اند. این افزایش راندمان از طریق افزایش بهره وری در احتراق، چگالش بخار آب موجود در محصولات احتراق، بازیابی انرژی محصولات احتراق و جذب انرژی گرمایشی موتورهای الکتریکی حاصل شده است[۵]. در ادامه توضیح هر بخش آورده شده است.

بهبود در فرآیند احتراق

درحال حاضر بهترین راه برای انتقال حرارت حداکثری و یکنواخت برای دیگهای کوچک، انتقال حرارت بصورت تشعشعی تشخیص داده شده است. برای رسیدن به این نوع انتقال حرارت، سطح شعله را افزایش می‌دهند. عمدتاً سطح شعله از طریق شاخه ای کردن شعله افزایش می‌یابد. بدین دلیل نسل جدیدی از مشعل ها به نام مشعل های شعله خزه‌ای یا فوری‌گس[۲] تولید گردیدند[۶] که شکل ظاهری آنها همانگونه که در شکلهای ۱و۲ دیده می‌شوند بصورت توری بوده و بجای تولید یک شعله هزاران شعله با طول کم بوجود می‌آورد.

شکل۱: مشعل های نسل جدید شعله خزه‌ای

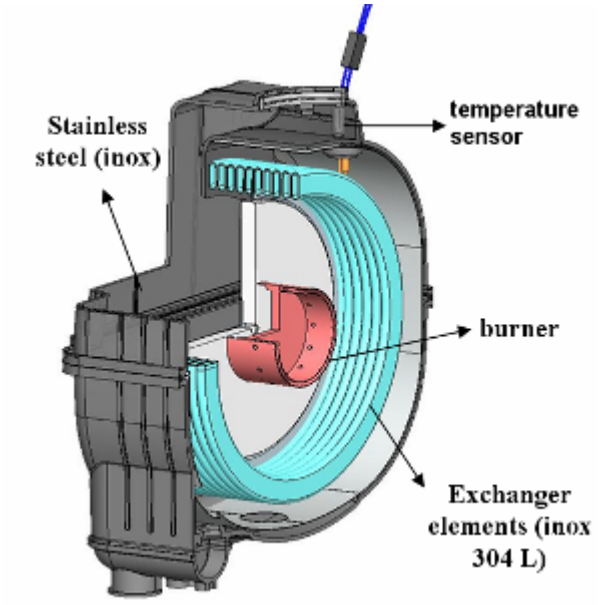
شکل ۲: شعله های بوجود آمده روی مشعل شعله خزه‌ای

[1] Condensing Boilers

[2] Furigas burner

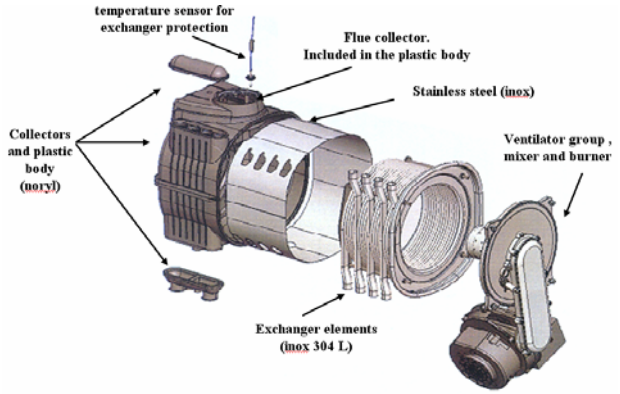
http://mohandes-iran.com

در داخل توری مخلوط سوخت و هوا که قبلا در مخلوط کن[1]، مخلوط شده اند وجود داشته و در روی توری شعله های کوچک دیده می‌شود. بدلیل کوتاه بودن طول این شعله ها، مبدل حرارتی باید به مشعل نزدیک باشد. در زیر یک نمونه از بویلر چگالشی شرکت Baxi آورده شده است[۶].



شکل ۳: جایگیری مشعل و مبدل حرارتی در داخل بویلر

استفاده از این مشعلها باعث شده است تا راندمان احتران به بیشینه خود رسیده و در عین حال با تنها ۲٫۸٪ هوای اضافه بتوان احتراقی ایده آل را بوجود آورد[۷]. کاهش هوای اضافی نیز باعث کاهش دبی گازهای خروجی شده و راندمان احتراق را بالا می‌برد. استفاده از این مشعل ها باعث کاهش آلاینده هایی چون No_x به زیر ۱۰ppm گردیده و نگرانی را در مورد آلودگی آب حاصل از احتراق نیز تا حد زیادی از بین برده است. در زیر نمایی از قطعات داخلی بویلر آورده شده است[۶].



شکل ۴: نمایی از قطعات و چیدمان بویلر چگالشی شرکت Baxi

چگالش بخار آب موجود در محصولات احتراق

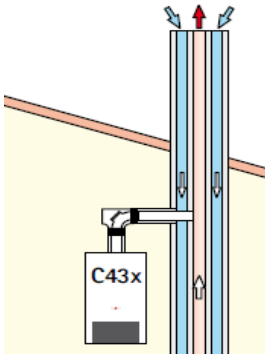
در بویلرهای چگالشی دمای محصولات احتراق پایین آورد شده و از نقطه شبنم بخار آب موجود در محصولات احتراق عبور می‌کند. در این فرآیند دمای آب برگشتی به بویلر معمولا ۱۰°F [۵] پایین تر از دمای اشباع بخار آب موجود در محصولات احتراق می باشد(دمای آب برگشت به بویلر حداقل باید ۷°F [۵] پایین تر از دمای اشباع بخار آب موجود در محصولات احتراق باشد تا چگالش رخ دهد) تا با چگالش بخار آب، مقداری از انرژی مصرفی را بازیاب نماید. به دلیل کم بودن مقدار و انواع مواد آلاینده در فرآیند احتراق، آب حاصل از چگالش سمی نبوده و می‌توان آن را از طریق سیفون تخلیه کرد. ولی به هر حال این آب تا حدی اسیدی بوده و می‌تواند به بویلر و سایر اجزای آن که با آب حاصل از چگالش در ارتباط هستند آسیب بزند. بدین دلیل مبدل حرارتی از مواد مقاوم در مقابل خوردگی مانند استیل ساخته می‌شود[۶]. این امر باعث افزایش قیمت این بویلرها نسبت به انواع غیرچگالشی می‌گردد.

استفاده از پمپ غرق در آب[2]

در صورتیکه این بویلرها در قالب پکیج یونیت های گرمایشی به کار روند، غالبا از پمپ های غرق در آب برای به جریان در آوردن آب در آنها استفاده می‌شود. در این پمپ ها روتور و محفظه داخلی استاتور کاملا غرق در آب است. انرژی مصرفی در این پمپ ها به دو بخش انرژی مکانیکی و اتلافات گرمایی تقسیم می‌گردد. انرژی مکانیکی آنها در مسیر حرکت آب در لوله‌ها به گرما تبدیل می‌شود، پس به هدر نمی‌رود. اتلافات حرارتی موتور نیز که در آب می‌باشد بصورت انرژی گرمایی بوده و باعث گرم شدن آب می‌گردد. در واقع می‌توان گفت راندمان حرارتی این پمپ ۱۰۰٪ است.

استفاده از مبدل دو لوله ای[3] به عنوان دودکش

محصولات احتراق پس از عبور از مرحله چگالش وارد دود کش و یا در واقع مبدل پوسته و لوله می‌شوند. معمولا شرکت های سازنده حداقل طول مجاز آن را ۴ متر معرفی می‌نمایند[۶]. در این مبدل دود از لایه داخلی و هوای بیرون از لایه خارجی عبور می‌کند. این امر باعث می‌شود تا مقدار زیادی از انرژی گرمایی محصولات احتراق[4] بازیابی شود. لازم به ذکر است که چیدمان و طراحی مشعل و مبدل حرارتی به گونه ای انجام می گیرد که دمای محصولات احتراق در هنگام ورود به دودکش، بالاتر از دمای اشباع بخار آب موجود در آن باشد. پس در داخل دودکش فرآیند چگالش رخ نخواهد داد. ولی باید در مورد نحوه نصب و طول دودکش دقت شود تا در داخل آن چگالش رخ ندهد. در شکل ۵ نمایی از دودکش پکیج گرمایشی شرکت Wolf آورده شده است[۱۰].



شکل ۵: نمایی از دودکش دوجداره پکیج گرمایشی چگالشی شرکت Wolf آلمان

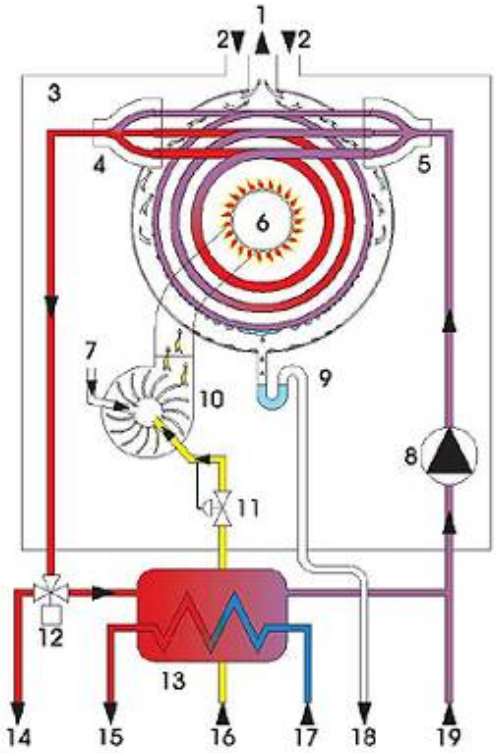
[1] Mixer

[2] Wet Rotor Pupmps
[3] Shell&Tube
[4] Sensible Heat

http://mohandes-iran.com

نمودار جریان در بویلر چگالشی

در شکل ۶ نمودار جریان سیال در داخل یک بویلر چگالشی که در داخل یک پکیج گرمایشی استفاده شده، آورده شده است[۶].

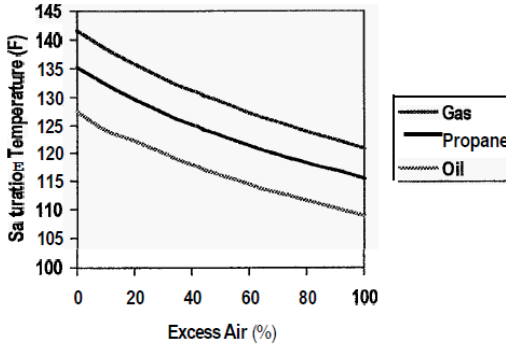


شکل ۶: نمودار جریان در داخل یک پکیج گرمایشی چگالشی

همین طور که در شکل دیده می‌شود در این بویلر از یک مشعل تشعشعی با تغذیه پیش آمیخته[1] استفاده شده است که اجزای آن از قرار زیر می‌باشد. ۱- خروجی محصولات احتراق از بویلر. ۲- ورودی هوای پیش گرم به محفظه پکیج. ۳- هوای پیش گرم وارد شده به محفظه پکیج.۴- آب گرم خروجی از مبدل حرارتی. ۵- آب ورودی به مبدل حرارتی. ۶- مخلوط سوخت و هوا در داخل مشعل تشعشعی. ۷- ورودی هوا به دمنده مخلوط کن[2]. ۸- پمپ غرق در آب. ۹- آب چگالش یافته در خروجی بویلر و ورودی سیفون. ۱۰- مخلوط سوخت و هوا در ورودی مشعل. ۱۱- رگولاتور ورودی گاز شهری(سوخت) به مخلوط کن. ۱۲- شیر سه راهه قطع و وصل کننده مدار آب گرمایشی ساختمان. ۱۳- مبدل حرارتی تولید آب گرم مصرفی. ۱۴- آب گرم گرمایشی ساختمان. ۱۵- آب گرم مصرفی. ۱۶- ورودی سوخت. ۱۷- ورودی آب سرد مصرفی. ۱۸- لوله خروجی سیفون. ۱۹- ورودی آب گرمایشی به پکیج

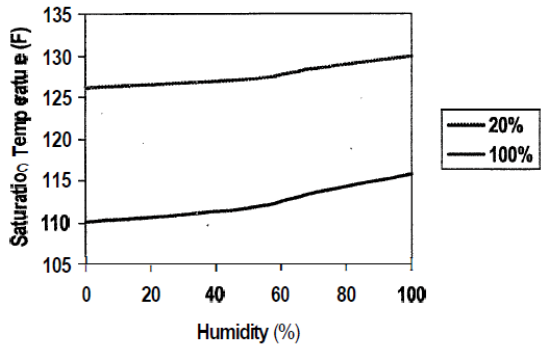
پارامترهای موثر بر راندمان بویلرهای چگالشی

دمای اشباع بخار آب موجود در محصولات احتراق به مقدار نیتروژن موجود در سوخت، هوای اضافی احتراق و رطوبت هوای محیط وابسته می‌باشد[۵] که در ادامه تاثیرات تمامی این پارامترها بر دمای اشباع بخار آب موجود در محصولات احتراق و درنتیجه بر راندمان بویلر بررسی می‌شود. شکل شماره ۷ دمای اشباع را بر اساس تغییرات هوای اضافی برای سوخت‌های گاز شهری، پروپان و نفت سفید در شرایط هوای محیطی با ۷۰٪ رطوبت و $70^{\circ}F$ نشان می‌دهد[۵].



شکل۷: دمای اشباع بخار آب موجود در محصولات احتراق بر اساس تغییرات هوای اضافی برای سوخت های مختلف

همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود، با افزایش درصد هوای اضافی، دمای اشباع بخار آب کاهش می‌یابد. این کاهش دمای اشباع، به دلیل کم شدن غلظت بخار آب در محصولات احتراق است. همچنین برای سوخت های دارای هیدروکربن های سنگین تر دمای اشباع کمتر است. شکل ۸ نیز تاثیرات رطوبت نسبی را بر روی دمای اشباع بخار آب نشان می‌دهد.



شکل ۸: دمای اشباع بخار آب در محصولات احتراق بر اساس تغییرات رطوبت نسبی هوا در دمای $70^{\circ}F$ برای پروپان در دو حالت هوای اضافی

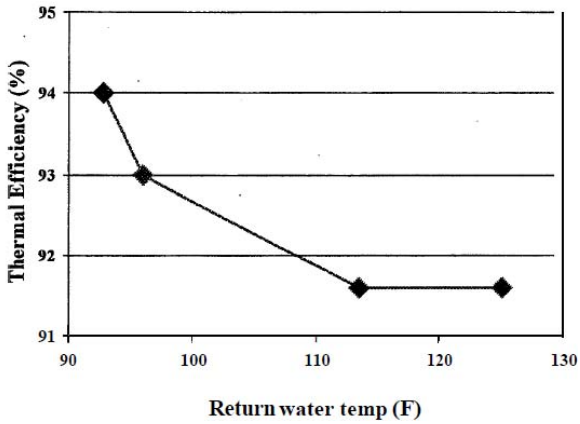
در شکل ۸ دیده می‌شود که افزایش مقدار رطوبت نسبی هوا به چه مقدار باعث افزایش دمای اشباع بخار آب موجود در محصولات احتراق می‌شود. هنگامی که رطوبت نسبی هوا افزایش می‌یابد، بویلر باید انرژی بیشتری را برای افزایش دمای حجم ثابتی از هوا صرف کند. فرآیند چگالش که پس از فرآیند احتراق انجام می‌شود، مقدار زیادی از این انرژی را بازیاب می‌نماید. ولی باز هم مقداری از آن، از دودکش خارج می‌شود. در مقایسه با بویلرهای غیرچگالشی، افزایش رطوبت هوا تاثیر بسیار کمتری بر روی راندمان بویلرهای چگالشی دارد. این در حالی است که افزایش رطوبت هوا به مقدار زیادی راندمان بویلرهای غیرچگالشی را کاهش خواهد داد. همچنین دیده می‌شود که با افزایش هوای اضافی دمای اشباع بخارآب کاهش می‌یابد.

در تحقیقاتی که در آزمایشگاه BNL دپارتمان انرژی ایالات متحده آمریکا[3] صورت پذیرفته است، راندمان حرارتی یک بویلر چگالشی با سوخت نفت سفید بررسی شده است[۵]. بر اساس این تحقیق آزمایشگاهی،

[1] Premix
[2] Mixer
[3] The BNL laboratory of U.S. Department of Energy

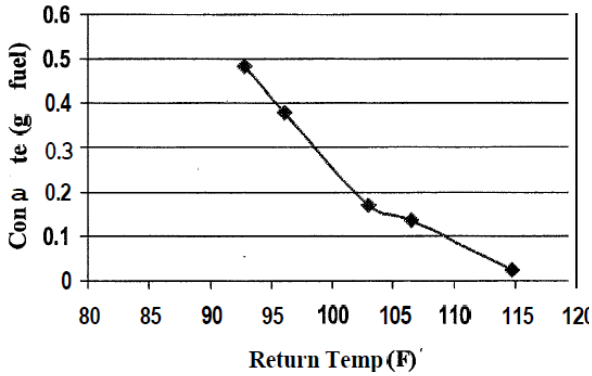
http://mohandes-iran.com

شکل۳ نشان دهنده راندمان بویلر برحسب تغییرات دمای آب برگشتی است و افزایش راندمان را با کاهش دمای آب برگشتی نشان می‌دهد.



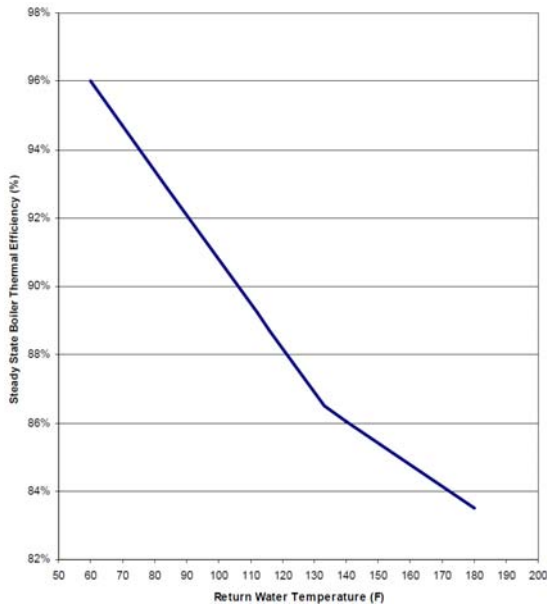
شکل ۹: راندمان حرارتی سوخت نفت سفید در یک بویلر چگالشی بر اساس دمای آب برگشتی، تحقیق شده در آزمایشگاه BNL

در این تحقیق میزان آب چگالش یافته براساس تغییرات دمای آب برگشتی نیز اندازه گیری شده است. تحقیقات نشان داده است که این بویلر به آب برگشتی با دمای زیر ۱۱۵°F احتیاج دارد تا شروع به چگالش نماید و این دما ۷ درجه فارنهایت کمتر از نقطه شبنم آب است[۵]. در شکل ۱۰ میزان آب چگالش یافته براساس تغییرات دمای آب برگشتی نشان داده شده است که با افزایش دما میزان آب چگالش یافته کاهش می‌یابد.



شکل ۱۰: میزان آب چگالش یافته براساس دمای آب برگشتی در بویلر چگالشی با سوخت نفت سفید. آزمایش شده در آزمایشگاه BNL

در یک تحقیق سالانه که در سال ۲۰۰۵ انجام شده است [۳] نیز میزان تغییرات راندمان بویلر چگالشی بر حسب تغییرات دمای آب برگشتی بررسی شده است که نتایج آن در شکل ۱۱ نشان داده شده است و مانند شکل ۳ با کاهش دما راندمان افزایش می‌یابد.

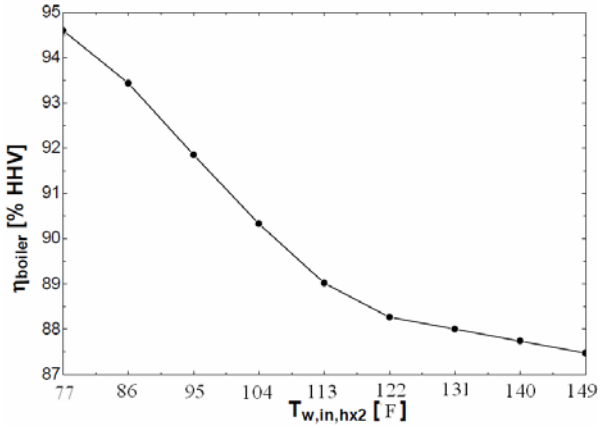


شکل ۱۱: تغییرات راندمان حرارتی یک بویلر چگالشی در حالت پایدار بر اساس تغییرات دمای آب برگشتی

در نهایت در مرجع[۲] مقدار تغییرات راندمان بویلرهای چگالشی برحسب دمای آب برگشتی به روش تحلیل احتراق آورده محاسبه شده که در شکل ۱۲ این نتایج آورده شده است. در این شکل ملاحظه می‌شود که با افزایش دمای آب ورودی به بویلر، راندمان حرارتی بویلر چگالشی کاهش می‌یابد.

جدول ۱: داده های عملیاتی برای محاسبه راندمان حرارتی فصلی بویلرهای چگالشی برای شرایط آب و هوایی شهر بوستن[1] آمریکا

Temperature Bin	Hours in Bin	Avg. Ambient T in Bin	Fraction of Peak Heating Load	Fraction of Annual Heating Load	Supply Water T (F)	Return Water T (F)	Condensing Mode	Boiler Thermal Efficiency
54-68 F	1497	61	0%	0%	86	84	Yes	92.9%
41-54 F	1675	47.5	6%	7%	110	112	Yes	89.2%
28-41 F	2258	35	35%	55%	133	116	~50%	88.1%
14-28 F	627	21	67%	29%	147	129	No	86.8%
0-14 F	124	7.5	99%	8%	160	140	No	86.1%
(13)- 0 F	11	-7.5	134%	1%	160	140	No	86.1%
Average Boiler Thermal Efficiency								87.6%



شکل ۱۲: راندمان حرارتی بویلر چگالشی (بر پایه ارزش حرارتی بالا) براساس تغییرات دمای آب ورودی بویلر با سوخت گاز در بار کامل[2] و ۶٪ O_2 در محصولات احتراق

[1] Boston
[2] Full load

http://mohandes-iran.com

تعاریف تجاری برای راندمان بویلرهای چگالشی

در منابع مختلفی چون [۱]، [۸] و [۹] از معادله مشهور زیر استفاده شده است تا با استفاده از راندمان بویلر بر اساس سوزاندن سوخت با ارزش حرارتی بالا، معادله ای برای راندمان بویلر براساس سوزاندن سوخت با ارزش حرارتی پایین[1] محاسبه شود.

$$\eta_{Lv} = \frac{G\left(h_{out} - h_{in}\right)}{B\ .Q_{lv}} \qquad (۱)$$

در معادله (۱) η_{Lv} راندمان بویلر را براساس سوخت با ارزش حرارتی پایین نشان می‌دهد. G دبی آب عبوری از بویلر، h_{out}, h_{in} به ترتیب انتالپی آب ورودی و خروجی به یا از بویلر، B دبی گاز مصرفی و Q_{Lv} ارزش حرارتی پایین سوخت می‌باشد.

از معادله (۱) می‌توان معادله (۲) را نیز چنین نوشت.

$$\eta_{Hv} = \frac{G\left(h_{out} - h_{in}\right)}{B\ .Q_{Hv}} \qquad (۲)$$

که در آن η_{Hv} راندمان بویلر را در هنگامی که از سوخت با ارزش حرارتی بالا[2] استفاده می‌کند و Q_{Hv} ارزش حرارتی بالای سوخت و سایر پارامترها مانند معادله (۱) می‌باشند. از تقسیم این دو معادله بر هم نتیجه می‌شود.

$$\eta_{Lv} = \frac{Q_{Hv}}{Q_{Lv}}\eta_{Hv} \qquad (۳)$$

در صورتیکه بویلر آدیاباتیک فرض شود، η_{Hv} برابر ۱۰۰٪ خواهد شد و در این صورت:

$$\eta_{Lv,\max} = \frac{Q_{Hv}}{Q_{Lv}} \qquad (۴)$$

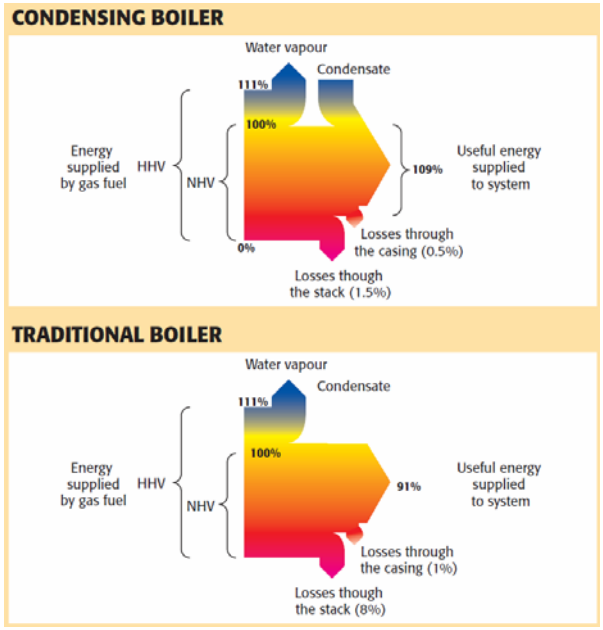
$\eta_{Lv,\max}$ همواره بزرگتر از ۱ است. در حقیقت این تعریف به معنای این است که راندمان بویلرهای غیرچگالشی ۱۰۰٪ درنظر گرفته شود و براساس آن، نسبت راندمان بویلرهای چگالشی به راندمان بویلرهای غیرچگالشی نوشته شود که البته این مقدار بزرگتر از ۱ خواهد بود. این میزان برای گاز شهری در بیشینه خود به ۱۱۲,۵٪ می‌رسد. پس η_{Lv} از قرار زیر است.

جدول ۲: حداکثر مقدار راندمان حرارتی بویلر چگالشی براساس سوخت با ارزش حرارتی پایین

representative fuels	Q_{lv} (kJ/kg,m³)	Q_{lv} (kJ/kg,m³)	$\eta_{lv,max}$ (%)	$\eta_{lv,max}$ (%)
0# diesel oil	45935	42900	107.1	100
100# heavy oil	43439	40600	107.0	100
200# heavy oil	44662	41860	106.7	100
natural gas	40337	36533	110.4	100
coke oven gas	19788	17589	112.5	100
stoke gas	3311	3265	101.4	100
Liquefied petroleum gas	123477	114875	107.5	100
brown coal	13680	12288	111.3	100
anthracitic coal (Ⅱ)	25948	25435	102.0	100
poor coal	21662	20901	103.6	100
bituminous coal (Ⅱ)	18607	17693	105.2	100

اگر مقدار واقعی η_{Hv} در η_{lv} ضرب شود، راندمان واقعی آن بدست می‌آید. بر این اساس راندمان ارزش حرارتی پایین بویلر، وابسته به، نسبت ارزش حرارتی بالا به ارزش حرارتی پایین سوخت است و هرچه این مقدار بیشتر شود راندمان بیشتر خواهد شد.

در شکل ۱۳ مقایسه ای در این مورد بین بویلرها چگالشی و غیرچگالشی برگرفته از کالاتوگ شرکت Ferroli آورده شده است[۱۱].

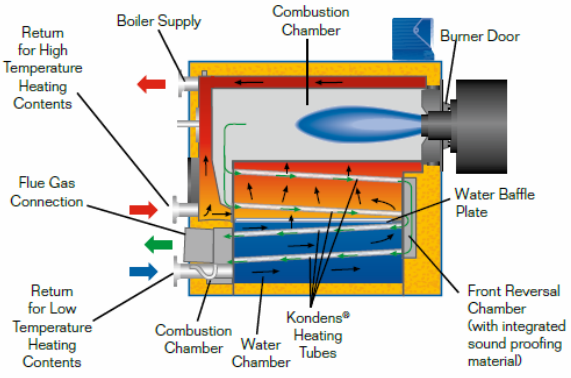


شکل ۱۳: مقایسه ای بین راندمان بویلرهای چگالشی و غیرچگالشی براساس اتلافات بخار آب

بحث و نتایج

از عمر بویلرهای چگالشی زمان زیادی نمی‌گذرد ولی با این وجود در کشورهای غربی از این بویلرها بسیار استفاده می‌شود. این درحالی است که در ایران هیچ شرکتی اقدام به تولید این گونه بویلرها ننموده است و تنها چند شرکت محدود اخیرا واردات این محصول را شروع کرده اند.

استفاده از بویلرهای چگالشی در منازل مسکونی و در ادارات تا حد زیادی می‌تواند به کاهش مصرف انرژی در کشور کمک نماید. قیمت زیاد این محصول رغبت خریداران را کم می‌نماید ولی در صورت توجیه اقتصادی مناسب در مورد بازگشت سرمایه در دراز مدت، می‌توان خریداران را به استفاده از این نوع بویلرها ترغیب نمود. می‌توان بر روی این بویلرها مشعل شعله آبی گازوئیل سوز را نیز نسب نمود. تصویر این مشعل در زیر آورده شده است.



شکل ۱۴: مشعل شعله آبی با سوخت گازوئیل در بویلر چگالشی

[1] LHV(Low Heat Value)
[2] HHV(High Heat Value)

http://mohandes-iran.com

این مشعل دوده تولید نمی‌کند و درنتیجه می‌توان بدون نگرانی از سمی شدن آب حاصل از چگالش، این فرآیند را انجام داد[۱۲].

در هنگام انتخاب بویلرهای چگالشی باید به استانداردهای نصب و راه اندازی آنان توجه نمود. رعایت حداقل طول دودکش، زوایای دودکش، انتخاب درست توان دستگاه (به منظور پایین نگه داشتن دمای آب برگشتی و همچنین احتراق مناسب)، طراحی سیستم هیدرونیک مناسب و... تا حد زیادی در راندمان بویلر موثر می‌باشند.

نتیجه گیری

بویلرهای چگالشی نسبت به انواع غیر چگالشی راندمان بیشتری دارند ولی باید در انتخاب آنها شرایط محیطی را کاملا سنجید. باید توجه داشت که دمای آب برگشتی به بویلر و طول دودکش تاثیر بسیار زیادی روی راندمان بویلر دارد و با توجه به قیمت نسبتا زیاد آنها نسبت به انواع غیرچگالشی، درصورتی که انتخاب درستی صورت نپذیرد، بار مالی زیادی به پروژه تحمیل خواهد شد.

فهرست علائم

Q_{Lv}	ارزش حرارتی پایین سوخت
Q_{Hv}	ارزش حرارتی بالای سوخت
G	دبی عبوری آب از بویلر
h_{out}	انتالپی آب خروجی از بویلر
h_{in}	انتالپی آب ورودی به بویلر
B	دبی سوخت مصرفی

علائم یونانی

η_{Lv}	راندمان حرارتی بویلر چگالشی برحسب سوخت با ارزش حرارتی پایین
η_{Hv}	راندمان حرارتی بویلر چگالشی برحسب سوخت با ارزش حرارتی بالا
$\eta_{Lv,\max}$	حداکثر راندمان حرارتی بویلر چگالشی برحسب سوخت با ارزش حرارتی پایین
$\eta_{Hv,\max}$	حداکثر راندمان حرارتی بویلر چگالشی برحسب سوخت با ارزش حرارتی بالا

مراجع

1. X.H. Chen (2001) “Application and Performance of Condensing Boiler”, *Heating Ventilation and Air Conditioning*, Vol. 28, 38-40.
2. Makaire, D., Ngendakumana, Ph., 2010. “Thermal performances of condensing boilers”. *32nd TLM - IEA ENERGY CONSERVATION AND EMISSIONS REDUCTION IN COMBUSTION*, 1(5), July, pp. 1–9.
3. Cooke, J., 2005. Condensing Boiler Technology. On the WWW, at http://www.pugetsoundashrae.org, November AshraeCondensingtechnology.pdf.
4. Booklet, A., 2001. A Market Assessment for Condensing Boilers in Commercial Heating Applications. On the WWW, at http://www.cee1.org, October,. Boiler_assess.pdf.
5. A. Butcher, Th., 2004. Hydronic Baseboard Thermal Distribution System with Outdoor Reset Control to Enable the Use of a Condensing Boiler. On the WWW, at http://www.bnl.gov, October,. Condensing Boiler and Baseboard.pdf.
6. Catalog, 2009. Baxi wall-mounted condensing boilers. On the WWW, at http://www.Baxi.com, LUNA HT_GB.pdf.
7. Catalog, 2002. Weishaupt WG30 and WG40 gas burners LN (LowNOx) version. On the WWW, at http://www.weishaupt-corp.com
8. Thermal Performance Test Code for Industrial Boilers, GB/T10186-2003, China.
9. W. A. Zhao, S. E. Hui. (2000) “Boilers Burning Gas and Oil”, *published by Xian Jiaotong University Press.*
10. Catalog, 2006. Wolf ComfortLine Gas fired condensing boilers. On the WWW, at http://www.wolf-heiztechnik.de, June, GasBrennwertgeraete_GB_4800437_1008.pdf.
11. Catalog, 2008. Ferroli Econcept A 35–250kW premix gas-fired condensing boilers. On the WWW, at http://www.ferroli.co.uk, November, Econcept_Brochure.pdf.
12. Catalog, 2007. Installation and Service Instructions Logatop BE 1.3 GB and 2.3 GB. On the WWW, at http://www.buderus.us

http://mohandes-iran.com