

## بازیافت انرژی در سیستم های بخار (2)

شرکت پارس جم کنترل  
نویسنده مقاله: مهندس عادل قهرمانی

### تأثیر کاری سطوح انتقال حرارت در بویلر در قسمت همجوار با آب

حتی در بویلرهای کوچک، جلوگیری از تشکیل رسوب می تواند به حفظ مقادیر زیادی از انرژی منجر شود. ایجاد رسوب سخت و پیوسته در جداره های سمت آب لوله های انتقال حرارت بویلر، در اثر واکنش شیمیایی املاحی مانند کلسیم، منیزیم و سیلیکا (موجود در بیشتر آب های ورودی به بویلر) می باشد.

مشکل اصلی ایجاد رسوب بعلاوه ضریب هدایت حرارتی بسیار پائین آن در مقایسه با لوله فولادی داخل بویلر است. حتی لایه نازکی از رسوب بعنوان عایقی قوی و موثر عمل نموده و انتقال حرارت را به تاخیر می اندازد. نتیجه داغی بیش از اندازه لوله های فلزی بویلر، شکست لوله ها و کاهش راندمان حرارتی است.

میزان سوخت اتلافی در اثر رسوب روی لوله های بویلر می تواند به 2% در بویلرهای Water Tube و 5% در بویلرهای Fire Tube بالغ گردد. میزان اتلاف انرژی بعنوان تابعی از ضخامت رسوب و ترکیب آن در جدول شماره 1 داده شده است:

Energy Loss Due to Scale Deposits*			
Scale Thickness, inches	Fuel Loss, % of Total Use		
	Scale Type		
	"Normal"	High Iron	Iron Plus Silica
1/64	1.0	1.6	3.5
1/32	2.0	3.1	7.0
3/64	3.0	4.7	-
1/16	3.9	6.2	-

توجه: رسوب طبیعی (Normal) معمولا در فشارهای پائین تر بخار یافت شده وانواع ترکیبی (High iron , Iron plus silica) در بویلرهای فشار بالا تشکیل می شود.

مثال: مصرف سالیانه سوخت بویلر بخاری 450,000 MMBtu (million Btu) می باشد که جهت تولید 450,000 lb/hr بخار (ظرفیت تولید بخار بویلر) در فشار 150psig با مقدار کار 8000 ساعت استفاده می شود. در صورتی که اجازه تشکیل رسوبی بضخامت "1/32 بر روی لوله های بویلر داده شود و نوع آن Normal باشد، مقدار سوخت مزاد 2% خواهد بود که منجر به افزایش هزینه سالیانه تولید می شود. با فرض قیمت تولید 1000 lb/hr بخار برابر 4\$/MMBtu این مقدار برابر است با:

$$45,000 \frac{\text{MMBtu}}{\text{year}} \times \frac{\$4}{\text{MMBtu}} \times 0.02 = \$36,000$$

چگونگی اطلاع از تشکیل رسوب:

الف - بررسی دمای گاز: قرائت و بررسی دمای گاز خروجی از بویلر روشی غیر مستقیم جهت اطلاع از ایجاد رسوب است. در صورتی که با ثابت ماندن بار حرارتی و درصد هوای ورودی به بویلر، دمای گاز افزایش پیدا کند، با احتمال زیاد لوله های بویلر دچار رسوب گرفتگی شده اند.

ب - بررسی چشمی: در زمان خاموشی بویلر (shut down) جهت تعمیرات و نگهداری، کلیه لوله های بویلر را به دقت مورد بررسی چشمی قرار دهید.

حذف رسوبات با روش های مکانیکی و یا اسید شوئی انجام پذیر است. در صورت ایجاد رسوب، با متخصصین آب مشاوره نموده و برنامه آماده سازی آب و نوع و میزان افزودنی های شیمیائی مربوط را مجددا بررسی و در صورت نیاز تغییر دهید.

نکته: ایجاد هرگونه رسوبی در بویلر نامطلوب است. بهترین روش مقابله با رسوب اجازه ندادن جهت تشکیل آن است. جلوگیری از تشکیل رسوب با روش های زیر عملی است:

- آماده سازی مناسب آب ورودی به بویلر (استفاده از سختی گیر، RO و دی مینرالایزرها)
- تزریق شیمیائی مواد به داخل آب تغذیه بویلر
- ایجاد برنامه منظم و مناسب بلودان بویلر

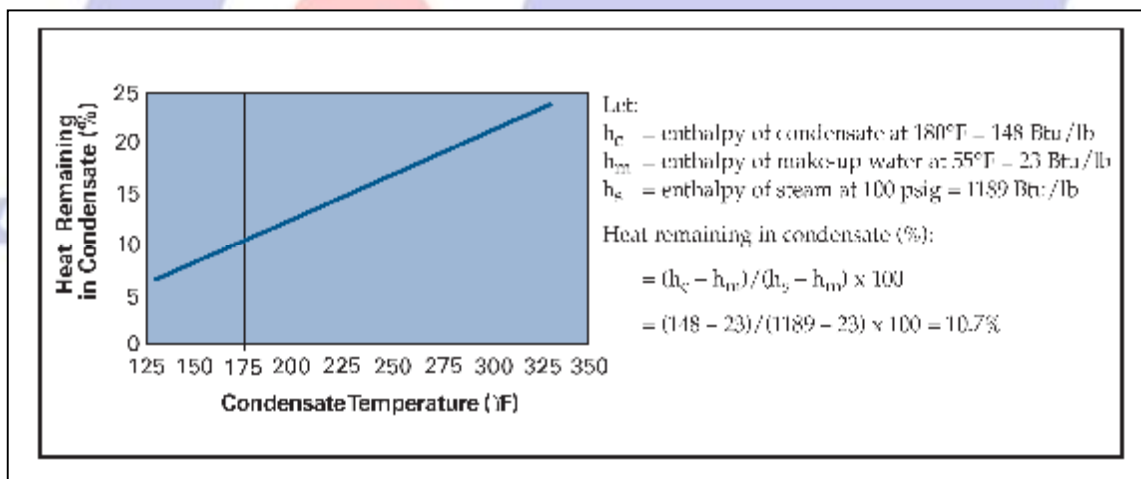
## ۵ برگشت کندانس به بویلر

وقتی انرژی بخار در یک فرایند تولید ، مبدل حرارتی یا کویل گرمائی انتقال می یابد ، بخار از حالت گازی به مایع تغییر فاز داده که اصطلاحاً کندانس نامیده می شود. روشی کارآمد جهت افزایش راندمان راندمان انرژی سایت های بخار ، فراهم کردن تمهیدات لازم جهت برگشت هرچه بیشتر کندانس به بویلر است. این امر از چند لحاظ حائز اهمیت است :

هرچه بازگشت کندانس بیشتر باشد ، آب جبرانی تازه کمتری مورد نیاز است و در نتیجه کاهش مصرف سوخت ، مصرف آب ، مواد شیمیائی افزودنی و هزینه آماده سازی آب از نتایج حاصل خواهد بود. از طرفی با کاهش تخلیه کندانس به هرزآب ، هزینه های دفع فاضلاب نیز کاهش می یابد ( در کشورهای صنعتی توسعه یافته بارزتر است . )

همچنین بازگشت کندانس با درجه خلوص بالا ، باعث کاهش بلودان بویلر ها می شود. تاثیر چشمگیر در کاهش مصرف سوخت ، بعلت دمای بالای کندانس برگشتی است ( غالباً  $130^{\circ}\text{F}$  الی  $225^{\circ}\text{F}$  ) که جایگزین دمای کم تر در آب تازه جبرانی (  $50^{\circ}\text{F}$  الی  $60^{\circ}\text{F}$  ) شده است.

با یک محاسبه ساده مشخص می شود که در اغلب سیستم های بخار ، انرژی کندانس بیشتر از 10% کل انرژی موجود در بخار است. نمودار شماره 2 نشان دهنده حرارت باقی مانده در کندانس در دماهای مختلف جهت سیستم بخاری با فشار کاری 100 psig و دمای آب تازه ورودی  $55^{\circ}\text{F}$  است .



جدول شماره 2 : درصد انرژی باقی مانده در کندانس

مثال : سیستم بخاری را در نظر بگیرید که در اثر اصلاح ساختار فنی ، مقدار 10000 lb/hr کندانس بیشتر را با دمای 180°F به بویلر باز می گرداند. فرض کنید زمان کاری این سیستم 8000 ساعت در سال بوده راندمان متوسط بویلر 82% و دمای آب تازه 55°F است. هزینه خرید آب و دفع مازاد به سیستم فاضلاب 0.02\$/gal و هزینه آماده سازی اولیه آب نیز 0.02\$/gal است. هزینه سوخت 3\$ برای هر میلیون بی.تی.یو (MMBtu) است. با در نظر گرفتن مقدار اتلافات حاصل از فلاش کندانس برابر 12% (در اثر انتقال از فشار بالاتر در سیستم بخار به فشار پائین تر در سیستم کندانس ) مقدار بازیافت هزینه سالیانه را محاسبه نمائید.

الف - صرفه جوئی در هزینه سالیانه آب ، دفع به فاضلاب و افزودنی های لازم برابر است با :

$$\text{Water, Sewage \& chemical Saving} = \frac{(1 - F) \times C.L. \times hr \times W.C}{\rho}$$

F= درصد بخار فلاش ،  $\rho$ = چگالی آب (lbs/gal) ، C.L= میزان برگشت کندانس (lbs/hr)

W.C= هزینه کل آب ، ساعات کاری سالیانه=hr

$$\text{صرفه جوئی در هزینه سالیانه (1)} = \frac{(1 - 0.12) \times 10,000 \times 8,000 \times \$0.004}{8.34} = \$33,760$$

ب - صرفه جوئی در هزینه سالیانه سوخت برابر است با :

$$\text{Annual Fuel Saving} = \frac{(1 - F) \times C.L. \times hr \times \Delta T \times F.C}{E}$$

راندمان بویلر= E (\$/MMBtu) هزینه سوخت = F.C (°F) افزایش دمای آب تازه ورودی =  $\Delta T$

$$\text{صرفه جوئی در هزینه سالیانه (2)} = \frac{(1 - 0.12) \times 10,000 \times 8,000 \times (180 - 55) \times \$3.00}{0.82 \times 10^6} = \$32,195$$

کل هزینه صرفه جوئی شده در اثر بازگشت 10,000lb/hr کندانس مضاعف به بویلر برابر است با :

$$\$33,760 + \$32,195 = \$65,955$$

این مقدار با بزرگ تر شدن سیستم افزایش یافته و کاملاً چشم گیر است. بطور مثال یک کارخانه بزرگ کاغذ سازی در آمریکا توانسته است با کاهش آب تازه ورودی از 35% کل بخار تولیدی به 15% این مقدار، بیش از \$300,000 در سال را صرفه جوئی نماید.

**توصیه** - با برگشت حداکثر کندانس به بویلر، هزینه های تولید را کاهش دهید. عملیات زیر را بعنوان رئیس فعالیت ها مد نظر قرار دهید:

- در صورت فقدان سیستم برگشت کندانس مناسب، هزینه نصب سیستم کامل کندانس و آماده سازی آب را ارزیابی کرده و در صورت توجیه مالی به نصب آن اقدام کنید.
- نشتی های موجود در سیستم بخار و برگشت کندانس را شناسائی و اصلاح نمائید.
- سیستم برگشت کندانس را نیز عایق کاری نمائید تا ضمن حفظ انرژی آن مانع از ایجاد خطرات سوختگی افراد شوید.

علاقمندان جهت دریافت اطلاعات بیشتر می توانند با شرکت پارس جم (شماره تلفن های 88708223,24 و [E-mail : info@pars-jam.com](mailto:info@pars-jam.com)) تماس حاصل فرمایند.

به ادامه مباحث بازیافت انرژی سیستم های بخار در شماره بعد توجه فرمائید.

کنترل