

## بازیافت انرژی در سیستم های بخار (5)

شرکت پارس جم کنترل  
نویسنده مقاله: مهندس سامان لاله پرور

### ن استفاده از اکونومایزر<sup>1</sup> جهت بازیافت حرارت اتلافی دیگ بخار

استفاده از اکونومایزر جهت گرمایش آب تغذیه بویلرها، موجب کاهش میزان سوخت مورد نیاز خواهد شد. این امر با استفاده از انتقال حرارت گازهای حاصل از احتراق خروجی دودکش به آب ورودی انجام می پذیرد. گازهای خروجی بویلر غالباً با دمای 100°F تا 150°F بالاتر از دمای بخار تولید شده، به دودکش تخلیه می شود. بطور کلی بویلر می توان گفت افزایش راندمان بویلرها به ازاء هر 40°F کاهش دمای گازهای خروجی، در حدود 1% می باشد. اکونومایزرها با بازیافت حرارت اتلافی، معمولاً می توانند در حدود 5 الی 10 درصد سوخت مورد نیاز بویلر را کاهش دهند. و هزینه سرمایه گذاری اولیه را در کمتر از 2 سال جبران نمایند. جدول زیر نشان دهنده پتانسیل بازیافت انرژی از گازهای خروجی دودکش بر حسب میلیون بی تی یو در ساعت (MMBtu/hr) است.

Recoverable Heat from Boiler Flue Gases				
Initial Stack Gas Temperature, °F	Recoverable Heat, MMBtu/hr			
	Boiler Thermal Output, MMBtu/hr			
	25	50	100	200
400	1.3	2.6	5.3	10.6
500	2.3	4.6	9.2	18.4
600	3.3	6.5	13.0	26.1

بر پایه سوخت گاز طبیعی، 15% هوای اضافه و دمای نهایی دودکش برابر 250°F

مثال:

بویلر بخاری با ظرفیت تولید 45,000 lb/hr و فشار کاری 150 psig را در نظر بگیرید که با سوخت گاز طبیعی کار می کند. کندانس بازگردانده شده از مصرف کننده ها پس از ترکیب با آب جبرانی، آب تغذیه با دمای 117°F را بدست می دهد. دمای دودکش 500°F اندازه گیری شده است. صرفه جویی سالانه حاصل از نصب اکونومایزر با عملکرد 8,400 ساعت در سال و هزینه انرژی 4.50\$/MMBtu را محاسبه نمائید.

<sup>1</sup> Economizers

از جداول بخار، مقادیر آنتالپی زیر حاصل می شود :

بخار اشباع 150 psig : 1,195.5 Btu/lb  
آب جبرانی 117°F : 84.97 Btu/lb

$$\text{انرژی خروجی بویلر} = 45,000 \text{ lb/hr} \times (1,195.5 - 84.97) \text{ Btu/lb} = 50 \text{ million Btu/hr}$$

از جدول فوق ، حرارت قابل بازیافت از دودکش بویلر با ظرفیت 50 MMBtu/hr و دمای 500°F به میزان 4.6 MMBtu/hr قرائت می شود. بنابراین:

$$\text{صرفه جویی سالیانه} = 4.6 \text{ MMBtu/hr} \times 4.50 \text{ \$/MMBtu} \times 8,400 \text{ hr/yr} = 173,880 \text{ \$/yr}$$

### اقدامات پیشنهادی

- پس از راه اندازی بویلر طبق شرایط سازنده ، دمای خروجی دودکش را اندازه گیری نمائید. شرایط کاری بویلر می بایست بسیار نزدیک به سطح بهینه هوای اضافه باشد. همچنین از تمیز بودن سطوح انتقال حرارت اطمینان حاصل نمائید.
- بررسی کنید حداقل دمای گازهای دودکش ( که توسط اکونومایزر خنک می شود ) با در نظر گرفتن پارامترهایی نظیر نقطه شبنم، خوردگی و سطح انتقال حرارت اقتصادی چه مقدار است؟  
**نکته :** پایین ترین دما جهت امکان سرمایه‌ش گازهای خروجی به نوع سوخت بستگی دارد. این دما 250°F برای سوخت گاز طبیعی و 300°F برای ذغال سنگ و انواع سوخت با سولفور بالا است. این محدوده دما بمنظور جلوگیری از میعان و امکان خوردگی دودکش تعیین شده است.
- **نکته:** استفاده از اکونومایزر آب جبرانی زمانی مناسب است که بویلر دارای سطح انتقال حرارت کافی جهت برداشت حرارت احتراق نباشد. دیگ هایی با قدرت بیش از 100 boiler hp که در فشاری بالاتر از 75 psig کار می کنند و همچنین مدت زمان زیادی از سال را فعال هستند ، بهترین انتخاب جهت استفاده از اکونومایزر می باشند.
- اثر گذار بودن اقتصادی نصب بازیاب آب جبرانی یا پیش گرمکن هوا را بررسی نمائید.

## نبا بهبود راندمان احتراق بویلرها

### راندمان احتراق

کارکرد بویلر با درصد بهینه هوای اضافه، میزان اتلاف حرارت در دودکش را به حداقل رسانده و راندمان احتراق را بهبود می بخشد. راندمان احتراق معیاری است از اینکه چه مقدار از محتوای حرارتی سوخت به حرارت مفید (کارا) تبدیل گردد. دمای دودکش و غلظت اکسیژن (یا دی اکسید کربن) گازهای خروجی، نشانه های ابتدایی راندمان احتراق هستند. در یک واکنش ترکیبی کامل، میزان دقیق یا استوکیومتریکی<sup>2</sup> هوا برای واکنش کامل مقدار معین سوخت، لازم است. در عمل، شرایط احتراق هیچگاه ایده آل نیست و برای سوختن کامل سوخت می بایست هوای اضافه مهیا شود. مقدار صحیح هوای اضافه با استفاده از آنالیز غلظت اکسیژن یا دی اکسید کربن گازهای احتراق قابل تعیین است. مقدار غیر کافی هوا موجب پدید آمدن مواد احتراق نسوخته (سوخت، دوده، دود و مونوکسید کربن) می گردد. از نتایج بدتر این نوع احتراق، اتلاف زیاد حرارت در اثر افزایش جریان گازهای خروجی و بنابر این کاهش راندمان کلی بویلر است. جدول زیر نشان دهنده راندمان بویلر به نسبت اندازه گیری های دودکش است.

Combustion Efficiency for Natural Gas						
Excess % Air    Oxygen		Combustion Efficiency				
		Flue gas temperature less combustion air temp, °F				
		200	300	400	500	600
9.5	2.0	85.4	83.1	80.8	78.4	76.0
15.0	3.0	85.2	82.8	80.4	77.9	75.4
28.1	5.0	84.7	82.1	79.5	76.7	74.0
44.9	7.0	84.1	81.2	78.2	75.2	72.1
81.6	10.0	82.8	79.3	75.6	71.9	68.2

احتراق کامل بدون وجود بخار آب در هوای احتراق فرض شده است.

در سیستم های گاز سوز با طراحی مناسب، مقدار 10% هوای اضافه امری مقبول است. اغلب قانون های سر انگشتی بیان کننده افزایش 1% راندمان بویلر به ازاء هر 15% کاهش هوای اضافه یا کاهش 40°F در دمای گازهای خروجی است.

<sup>2</sup> stoichiometric

**آنالیزگرهای گازهای احتراق :** میزان اکسیژن گازهای خروجی بوسیله بسته های تست ارزان قیمت جذب گاز قابل

اندازه گیری است. با هزینه بیشتر، آنالیزگرهای کامپیوتری دستی (\$1,000-\$500) با امکان نمایش درصد اکسیژن، دمای گازهای دودکش و راندمان بویلر را می توان تهیه نمود. این سیستم ها برای بویلر هایی که سالانه بیشتر از \$50,000 هزینه سوخت دارند، پیشنهاد می گردند.

**سیستم های کنترل اکسیژن :** زمانی که ترکیب سوخت به شدت متغییر بوده (مانند گازهای پالایشگاهی یا بویلرهای

چندگانه سوز) یا جریان بخار دچار تغییرات زیادی می شود، می بایست از آنالیزرهای دائمی اکسیژن استفاده کرد. سیستم های کنترل اکسیژن با ارسال دائم سیگنال به کنترلر مشعل ها، میزان هوای اضافی احتراق را بصورت اتوماتیک به حداقل رسانده و نسبت هوا به سوخت را بهینه می کنند.

**مثال :**

یک دیگ بخار با ساعات کاری 8000 ساعت در سال ، با مصرف انرژی گاز طبیعی بمیزان 500,000 MMBtu ، مقدار بخار 45,000 lb/hr را با فشار 150psig تولید می کند. اندازه گیری های انجام شده بر روی خروجی دودکش، نشان دهنده 44,9% هوای اضافه با دمای کمتر از 400°F دمای هوای احتراق است. از جدول، راندمان دیگ (E1) 78.2% استخراج می شود . تنظیم بویلر در کاهش هوای اضافه تا 9.5% با دمای کمتر از 300°F دمای هوای احتراق، راندمان بویلر را تا (E2) 83.1% افزایش می دهد. با فرض اینکه ارزش بخار 4.50\$/MMBtu باشد، صرفه جویی سالانه برابر خواهد بود با:

$$\text{هزینه بخار} \times (1 - E1/E2) \times \text{مصرف سوخت} = \text{صرفه جویی سالانه}$$
$$= 29,482 \text{ MMBtu/yr} \times 4.50\$/\text{MMBtu} = 132,671 \text{ \$/year}$$

### **اقدامات پیشنهادی**

بویلرها اغلب با مقدار هوای اضافه بالاتر از میزان بهینه عمل می کنند. ترکیب گازهای خروجی را بصورت دوره ای بازبینی کرده و بویلرها را طوری تنظیم کنید که دارای مصرف سطح هوای اضافه بهینه باشند.

علاقمندان جهت دریافت اطلاعات بیشتر می توانند با شرکت پارس جم کنترل (شماره تلفن های 24-88708223 و [website : www.pars-jam.com](http://www.pars-jam.com)) تماس حاصل فرمایند.

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