روشهای بهبود صرفه انرژی در کوره ها

گردآوری:
امید بابازاده
حسن حیدری

مدیریت انرژی - دانشگاه امام خمینی (ره) شازند

روشهای ارتقاء صرفه جویی انرژی حرارتی

1.1 ارتقاء از طریق کنترل مقدار O_2 در گازهای خروجی

1-2 ارتقاء از طریق نگهداری وبهبود راندمان مبدل های حرارتی

1-3 ارتقاء از طریق عایق کاری مناسب تجهیزات

2.4 ارتقاء از طریق پیشگرم کردن هوا

2.5 کنترل شعله

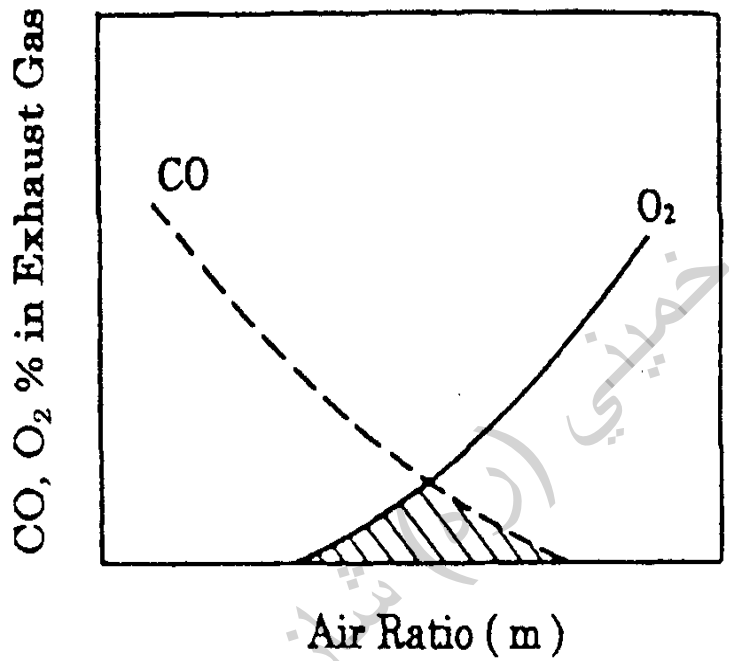
مدیریت انرژی- دانشگاه امام خمینی (ره) شازند

1.1 ارتقاء از طریق کنترل مقدار O_2 در گازهای خروجی

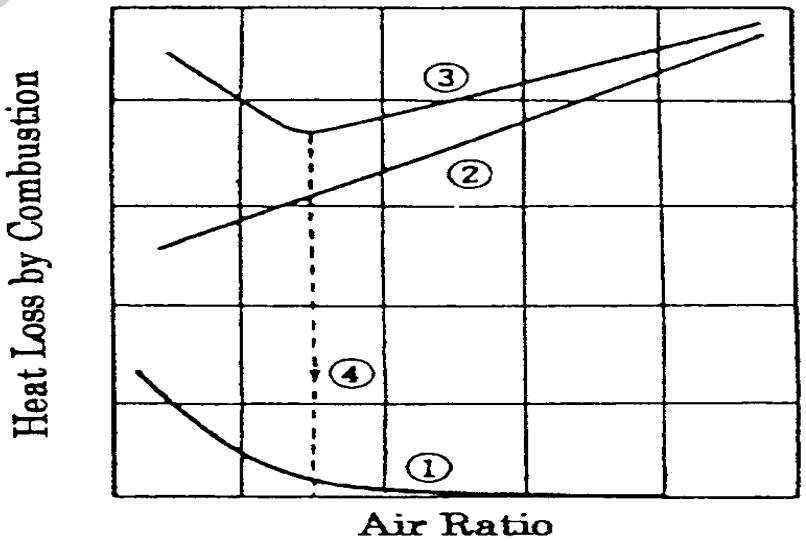
برای مینیمم کردن تلفات حرارتی احتراق لازم است:

- خارج نشدن گازهای نسوخته از اگزوز

- پایین آوردن دمای گازهای حاصل از احتراق



Relation between air ratio and CO,O2% in Exhaust Gas



1-تلفات حرارتی ناشی از احتراق ناقص سوخت

2- تلفات حرارتی محسوس گازهای خروجی اگزوز

3- تلفات حرارتی کل

4- نسبت هوای بهینه تلفات حرارتی کل

مدیریت انرژی - دانشگاه امام خمینی (ره) قزوین

1.1 ارتقاء از طریق کنترل مقدار O_2 در گازهای خروجی

1.1.1- نسبت هوای مرجع(هدف)

سوخت	نسبت هوا	مقدار تمرکز اکسیژن در گازهای احتراق(درصد)
گاز	1.3 -1.1	4.9 - 1.9
نفت	1.4 -1.2	6 - 3.5
زغال سنگ	1.5 - 1.3	7 - 4.9

مدیریت انرژی- دانشگاه امام خمینی (ره) شازند

1.1 ارتقاء از طریق کنترل مقدار O_2 در گازهای خروجی

1.1.2 روش تنظیم نسبت هوا:

نکات کلیدی برای حالت احتراق سوخت های مختلف

	احتراق کامل	احتراق ناقص
نفت وسوخت سنگین	قسمت خروجی شعله از مشعل وقسمت مرکزی شعله مقداری تیره وسیاه وبقیه آن شفاف دیده می شود.	شعله در اطراف خروجی مشعل شفاف وهرچه ازمشعل دورتر شویم قسمتهای سیاه در شعله دیده می شود.
گاز شهری و LPG (Liquid petroleum gas)	- شعله تمیز آبی رنگ - دیوارهای کوره از میان شعله بطور شفاف دیده می شود.	دوده منتشر می شود ودود سیاه از دودکش خارج می شود.سوخت LPG به احتراق سوخت سنگین شبیه می شود.مواد در داخل کوره مقداری تیره دیده می شود.

مدیریت انرژی - پالایشگاه امام خمینی (ره) شازند

1.1 ارتقاء از طریق کنترل مقدار O_2 در گازهای خروجی

1.1.2 روش تنظیم نسبت هوا:

نسبت هوای استاندارد برای انواع کوره ها

Division	Standard air ratio		
	Furnace type, etc.		
	Continuous type	Intermittent type	Remarks
Melting furnaces for metal casting	1.3	1.4	
Continuous steel billet, bloom and slab heating furnaces	1.25	—	
Metal heating furnaces other than continuous steel billet, bloom and slab heating furnaces	1.25	1.35	
Metal heat treatment furnaces	1.25	1.3	
Petroleum heating furnaces	1.25	—	
Thermal cracking and reforming furnaces	1.25	—	
Cement kilns	1.30	—	
Lime kilns	1.30	1.35	
Drying furnaces	1.3	1.5	Burner combustion parts only

مدیریت انرژی دانشگاه امام خمینی (ره) شازند

1.1 ارتقاء از طریق کنترل مقدار O_2 در گازهای خروجی

1.1.2 روش تنظیم نسبت هوا:

نسبت هوای استاندارد برای انواع بویلرها

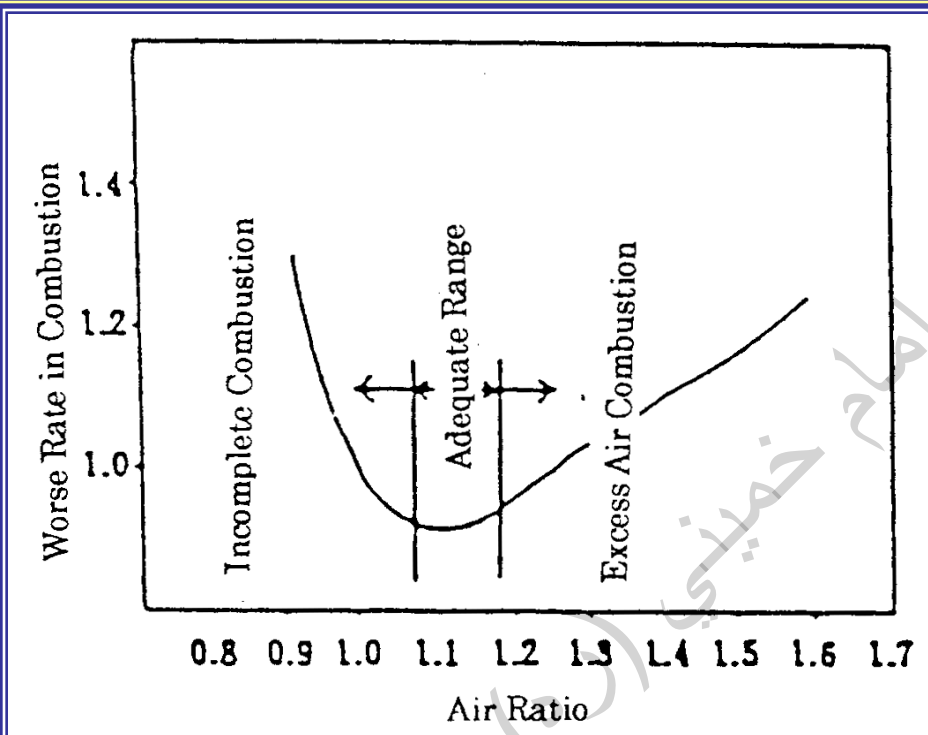
Division		Load factor (%)	Standard air ratio				
			Solid fuels		Liquid fuels	Gaseous fuels	Blast furnace gas and other by-product gases
			Stationary bed	Fluid bed			
Boilers for electric power companies		75~100	—	—	1.05~1.2	1.05~1.1	1.2
Boilers for other industries	Boilers having evaporation of 30 tons per hour or more	50~100	1.3~1.45	1.2~1.45	1.1~1.25	1.1~1.2	1.2~1.3
	Boilers having evaporation of 10 tons per hour or more but less than 30 tons per hour	50~100	1.3~1.45	1.2~1.45	1.2~1.3	1.2~1.3	—
	Boilers having evaporation of 5 tons per hour or more but less than 10 tons per hour	50~100	—	—	1.3	1.3	—
	Boilers having evaporation less than 5 tons per hour	50~100	—	—	1.3	1.3	—

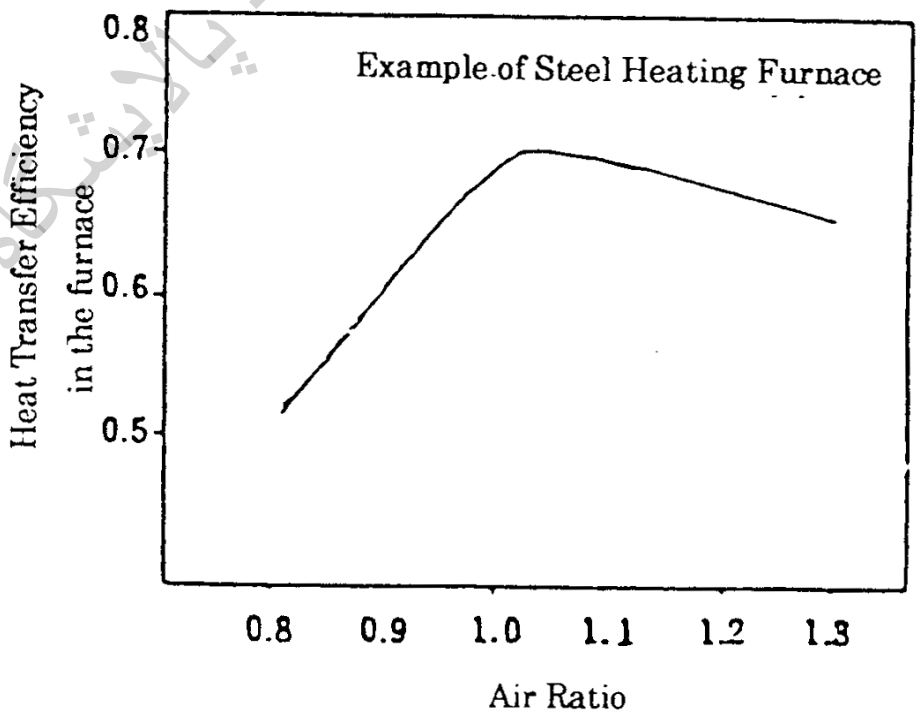
مدیریت انرژی دانشگاه امام خمینی (ره) قزوین

1.1 ارتقاء از طریق کنترل مقدار O_2 در گازهای خروجی

1.1.3 ضرورت تنظیم نسبت هوا:

الف) اثر روی مصرف سوخت





Air Ratio and a Worsening Rate in Combustion

Air Ratio and Heat Transfer Efficiency

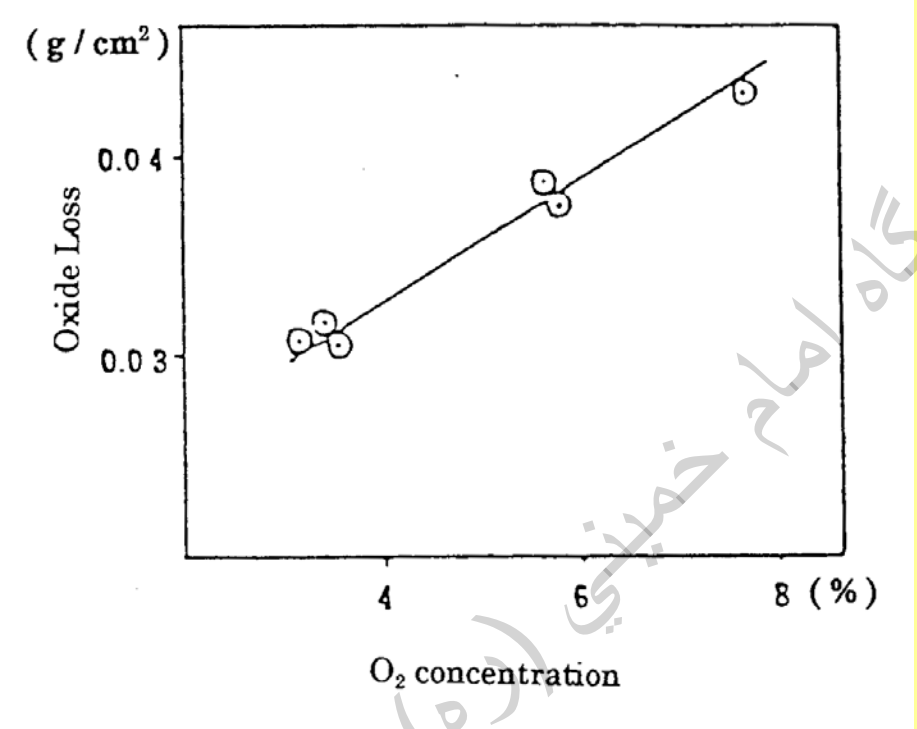
H.T.E. (%) = (HV + SHA + SHF – SHE) ÷ HV × 100

مدیریت انرژی - دانشگاه امام خمینی (ره) قزوین

1.1 ارتقاء از طریق کنترل مقدار O_2 در گازهای خروجی

ب) اثر بر روی تلفات اکسیدی(SCALE LOSS) :عوامل موثرشامل

- دمای کوره
- مدت زمان ماندن مواد در کوره
- مقدار تمرکز اکسیژن در کوره



Oxide Loss and
concentration of O^2

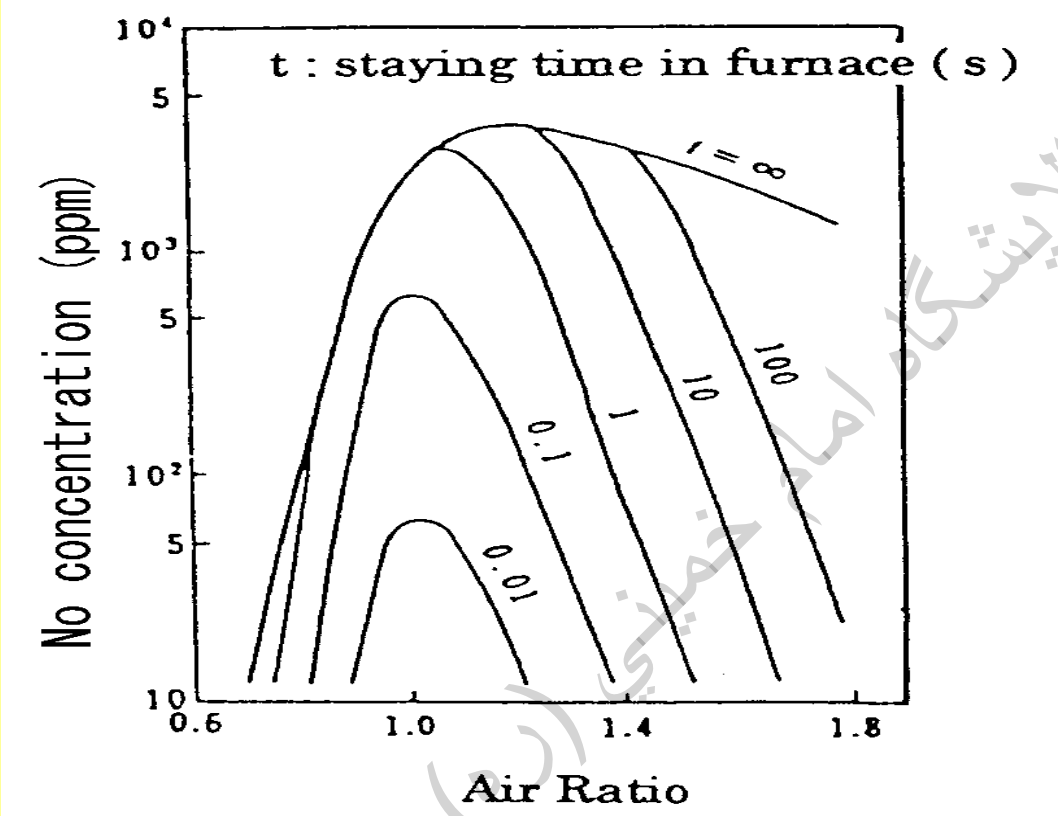
Air ratio also affects the yield of the product, therefore it should be kept as low as possible (“m” → 1.0).

مدیریت انرژی - دانشگاه امام خمینی (ره) قزوین

1.1 ارتقاء از طریق کنترل مقدار O_2 در گازهای خروجی

ج)اثر بر روی آلودگی محیط زیست:

- انتشار گازهای آلاینده
- انتشار NO_X



"Staying time" in the furnace and the NOx volume in the exhaust gas, at theoretical combustion temp.

مدیریت انرژی - پالایشگاه امام خمینی (ره) شازند

1.1 ارتقاء از طریق کنترل مقدار O_2 در گازهای خروجی

خلاصه جدول ضرورت تنظیم نسبت هوا:

اثر بر روی آیتم های مختلف		ضرورت
هوای اضافی	کمبود هوا	
1-راندمان احتراق کم 2-افزایش تلفات حرارتی گازهای اگزوز	1-تلفات سوخت نسوخته 2-انتشار دوده ودود نسوخته	برای احتراق کامل
1-راندمان احتراق کم 2-افزایش تلفات حرارتی گازهای اگزوز	1-تلفات سوخت نسوخته	برای نرخ مصرف سوخت کم
1- تولید اکسید بیشتر 2- کیفیت پایین مواد	1- تولید اکسید کمتر	برای تولید اکسید کمتر SCALE LOSS
1- افزایش تولید NO_x	1-تلفات سوخت نسوخته 2-انتشار دوده ودود نسوخته	برای آلودگی محیط کمتر
1- کاهش دما 2- افزایش تلفات گازهای خروجی	1- کاهش دما 2- افزایش تلفات گازهای نسوخته	برای بدست آوردن دمای معین در کوره

مدیریت انرژی - پالایشگاه امام خمینی (ره) شازند

1.2 ارتقاء از طریق تعمیرات وافزایش راندمان مبدلها

- رسوبات درسطوح انتقال حرارت موجب افزایش مقاومت در برابر انتقال حرارت می شود.
- سرویس وتمیزکاری منظم سطوح انتقال حرارت موجب افزایش راندمان مبدل حرارتی می‌شود.
- کثیفی سطوح انتقال حرارت موجب بالا رفتن دمای دودکش وافزایش تلفات حرارتی از دودکش میشود.

مدیریت انرژی- دانشگاه امام خمینی (ره) شازند

1.3 ارتقاء از طريق عايقكاري مناسب

براي عايق كاري كوره ها دو متد اصلي وجود دارد

- در روش اول سطوح داخلي كوره با مواد پيش ساخته درست مي شود وعايق كاري در روي سطوح اين مواد نصب مي گردد. كه با توجه به شرايط هواي بيروني ضخامت عايق تعيين مي گرددواين روش بيشتر براي كوره هاي با عملكرد منقطع استفاده مي شود.
- در روش دوم موادي كه براي ساخت كوره بكار مي رود خود وظيفه عايق حرارتي را نيز بعهده دارد.اين روش براى مواردي است كه شرايط هواي بيروني نقش تعيين كننده اي در عملكرد كوره ايفا نميكند .اين روش براي كوره هايي با عملكرد مداوم بكار ميرود.

مديريت نيروي دانشگاه امام خميني (ره) شازند

1.3 ارتقاء از طريق عايقكاري مناسب

تلفات حرارتي در كوره هاصر فنظر از نوع عايق كاري به دو شكل زير است.

- تلفات حرارتي از سطوح كوره بصورت هدايت كنوكسيون و تشعشع
- تلفات حرارتي كه براي گرم كردن جدارهاي كوره بكار مي رود.

كوره هايي كه بصورت مداوم مورد استفاده قرار مي گيرند دماي كوره بايستي در يك درجه حرارت معين ثابت نگهداشته شود.به اين دليل تلفات حرارتي از سطوح خارجي كوره بيشتر از حرارت لازم براي گرم نگه داشتن جداره هاي كوره ميباشد. كورههايي كه به صورت منقطع و مدت زمان محدود مورد استفاده قرار ميگيرد حرارت لازم براي گرم كردن جدارهاي كوره ممكن است بيشتر از تلفات حرارتي از سطوح جانبي كوره باشد

در كورهاي با استفاده مداوم، هدف از عايق كاري كاهش تلفات حرارتي از بدنه سطوح خارجي كوره ودر كوره هاي با استفاده منقطع، هدف كاهش حرارت ذخيره شده در بدنه كوره ميباشد

در عايق كاري كوره ها، توزيع درجه حرارت در جدار كوره نيز بايستي موردمطالعه قرار گيرد . افزايش عايق در جدار كوره موجب بالا رفتن درجه حرارت جدارهاي پيش ساخته كوره ميگردد و حرارت لازم براي گرمكردن آنهارا تا ان درجه حرارت بالا ميبرد.

اخيرا متدي كه براي عايق كاري كوره ها متداول گشته كه عايق كاري سطوح كوره ها از طرف جدار داغ كوره ها انجام ميشود . در ساخت بد نه اين كوره ها از پشم سراميك كه داراي دانسيته پايين و ساير مواد عاايقي مشابه مورداستفاده قرار مي گيرد .از مزاياي اين مواد ضريب هدايت حرارتي پايين اينرسي حرارتي كم مقاومت بالا در برابرشوک هاي حرارتي ميباشد. استفاده ازاين مواد بويژه براي كوره هاي با استفاده منقطع موجب صرفه جويي در انرژي لازم براي گرمايش جداره هاي كوره مي شود.

1.3 ارتقاء از طریق عایقکاری مناسب

حرارت تلف شده از بدنه کوره :

$$Q = (q_r + q_c) \times A \qquad [kJ/h]$$

q_r : $\varepsilon \times 20.428\left[(\frac{T_s}{100})^4 - (\frac{T_w}{100})^4\right] = \qquad [KJ/m^2h]$

q_c : جریان حرارت از طریق کندکسیون $[KJ/m^2h]$

A: سطوح خارجي ديوارهاي كوره $[m^2]$

ε : ضريب پخش حرارتي سطوح كوره

T_w : دماي سطوح خارجي ^0k

T_a : دماي محل ^0k

Rusty Steel :0.4 -0.7

Dyed Steel :0.8 -0.9

Polished Aluminum :0.1

Oxydized Aluminum :0.2 -0.3

Refractory Material :0.4 -0.8

$q_c =$

ديوار افقي رو به بالا	$q_c = 71.72 \times (T_w - T_a)^{1.25}$	$[kg/m^2.h]$
ديوار عمودي	$q_c = 9.21 \times (T_w - T_a)^{1.25}$	$[kg/m^2.h]$
ديوار افقي رو به پايين	$q_c = 6.28 \times (T_w - T_a)^{1.25}$	$[kg/m^2.h]$
سيلندر افقي	$q_c = 8.79\left(\frac{tw - ta}{d}\right)$	$[kj/m^2.h]$

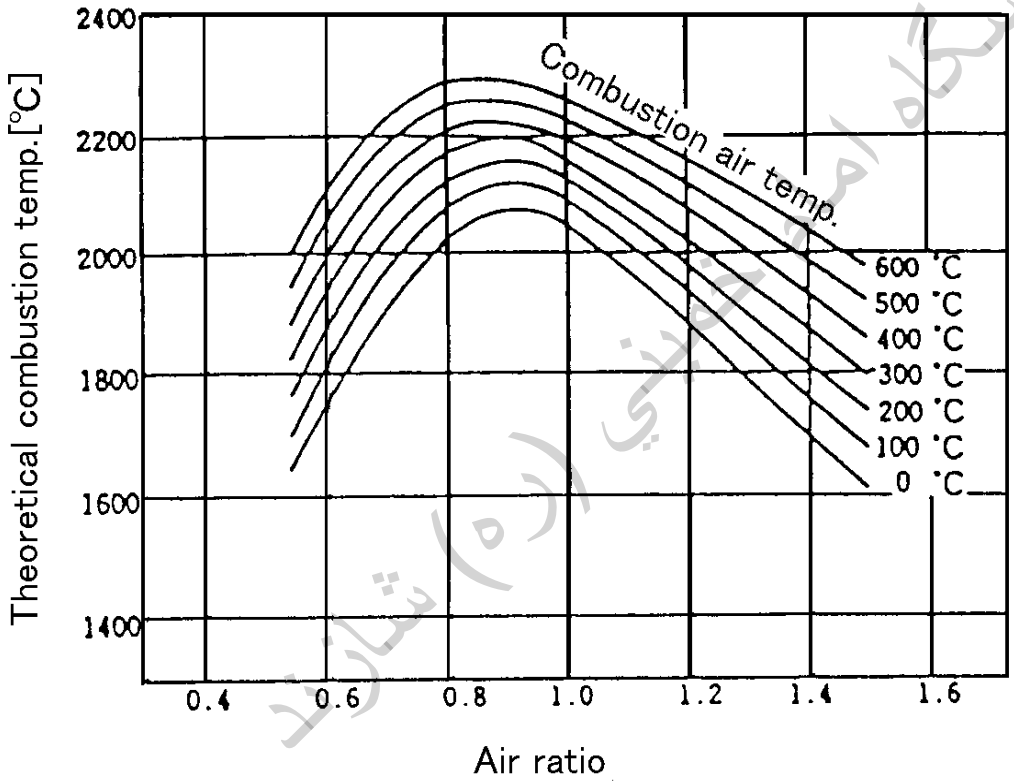
d: قطر سيلندر $[m]$

مدیریت انرژی- دانشگاه امام خمینی (ره) شازند

1.4 ارتقاء از طریق پیشگرم کردن هوا

2.4.1 - هدف

الف)افزایش دمای شعله:



Fuel : Kerosenc (50°C)

Composition : C(86%),H(14%)

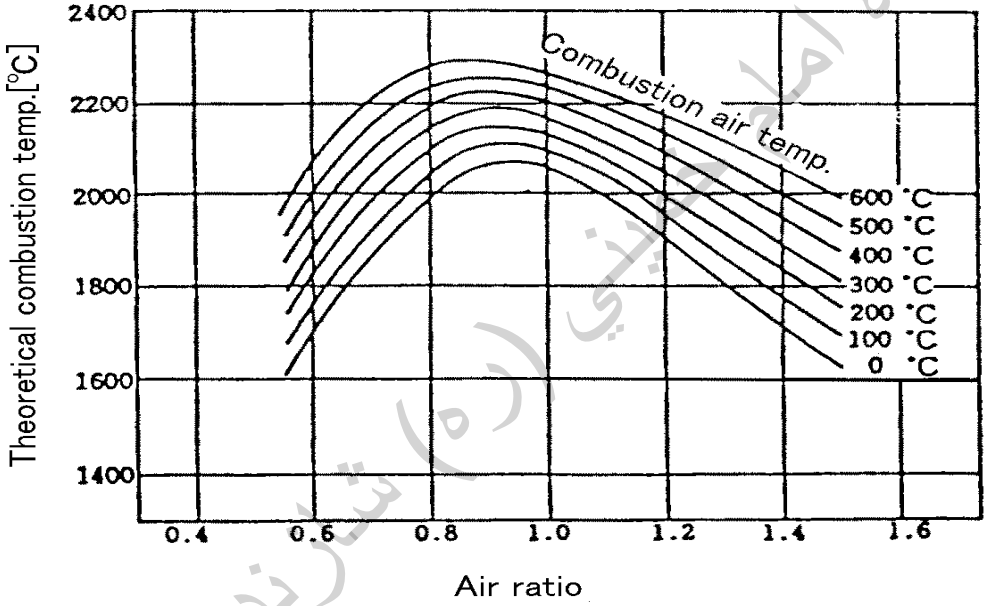
H_ℓ	:	11010 Kcal／kg
A_0	:	11.40 Nm³／kg
G_0	:	12.33 Nm³／kg

مدیریت انرژی - پالایشگاه امام خمینی (ره) شازند

2.4 ارتقاء از طریق پیشگرم کردن هوا

2.4.1 - هدف

الف)افزایش دمای شعله:



Fuel : Heavy oil (50°C)

Composition : C(88.7%) , O(0.5%)
H(10.4%) , N(0.5%)

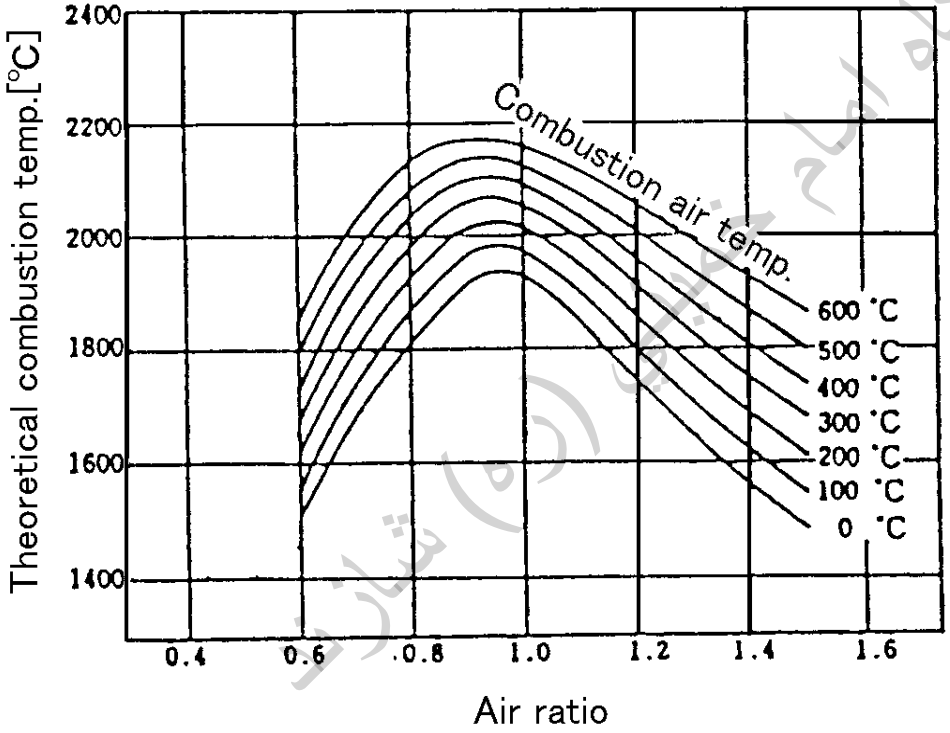
H_ℓ	:	10000 Kcal／kg
A_o	:	10. 50 Nm³／kg
G_o	:	11. 25 Nm³／kg

مدیریت انرژی- پالایشگاه امام خمینی (ره) شازند

2.4 ارتقاء از طریق پیشگرم کردن هوا

2.4.1 - هدف

الف)افزایش دمای شعله:



Fule : City gas 13A(20°C)
Composition : CH_4(88%) , C_2H_6 (6%)
C_3H_8 (4%) , C_4H_{10}(2%)

H_ℓ : 9882 Kcal／Nm³

A_0 : 11.0 Nm³／Nm³

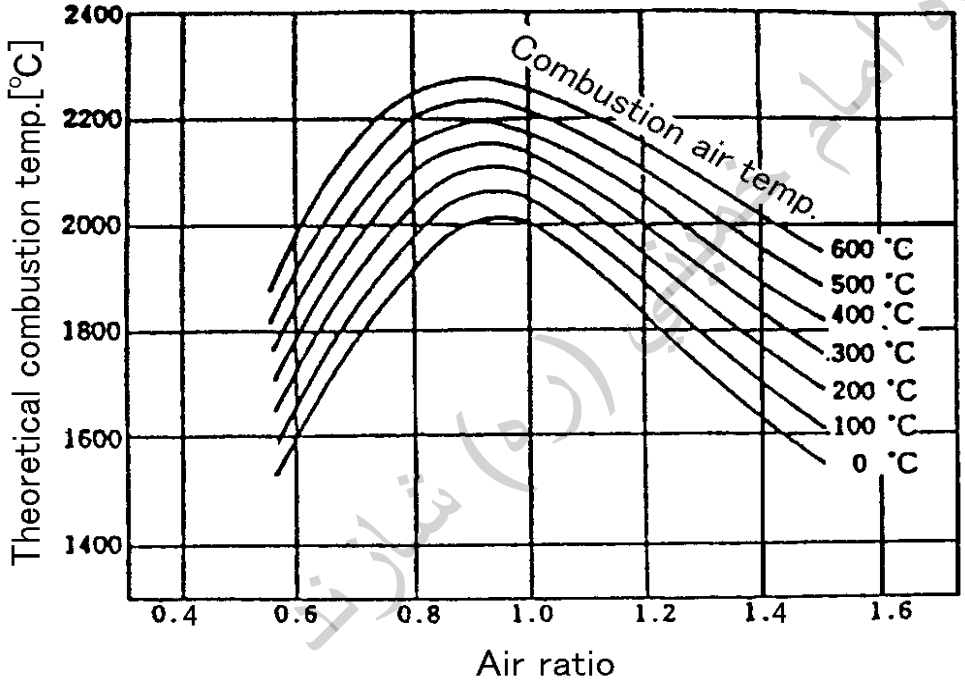
G_0 : 12.18 Nm³／Nm³

مدیریت انرژی - پالایشگاه امام خمینی (ره) تهران

2.4 ارتقاء از طریق پیشگرم کردن هوا

2.4.1 - هدف

الف)افزایش دمای شعله:



Fuel : Propane gas(20°C)
Composition : C_3H_8 (100%)

H_ℓ	:	22281 Kcal／Nm³
A_0	:	23.91 Nm³／Nm³
G_0	:	25.91 Nm³／Nm³

مدیریت انرژی - پالایشگاه امام خمینی (ره) شازند

2.4 ارتقاء از طریق پیشگرم کردن هوا

2.4.1 - هدف

ب) صرفه جویی در مصرف سوخت:

A.Method of how to get Fuel Economy Ratio :

$$F.E.R. == \frac{R}{F - Q + R} \times 100\%$$

F : (Kcal / Nm^3) ارزش حرارتی سوخت

R : (Kcal / Nm^3) حرارت بازیافتی هوا بوسیله پیش گرم کن هوا

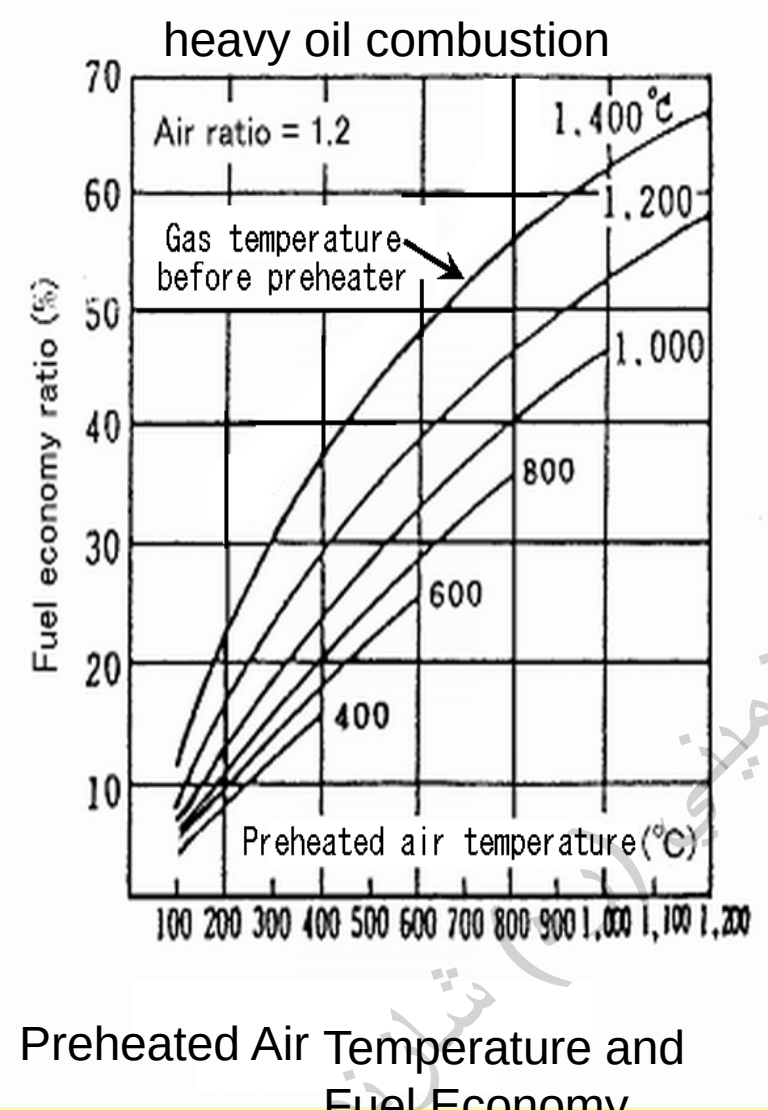
Q : (Kcal/Nm^3) حرارت محسوس گازهای اگزوز بعد از پیش گرم کن هوا

مدیریت انرژی پالایشگاه امام خمینی (ره) قزوین

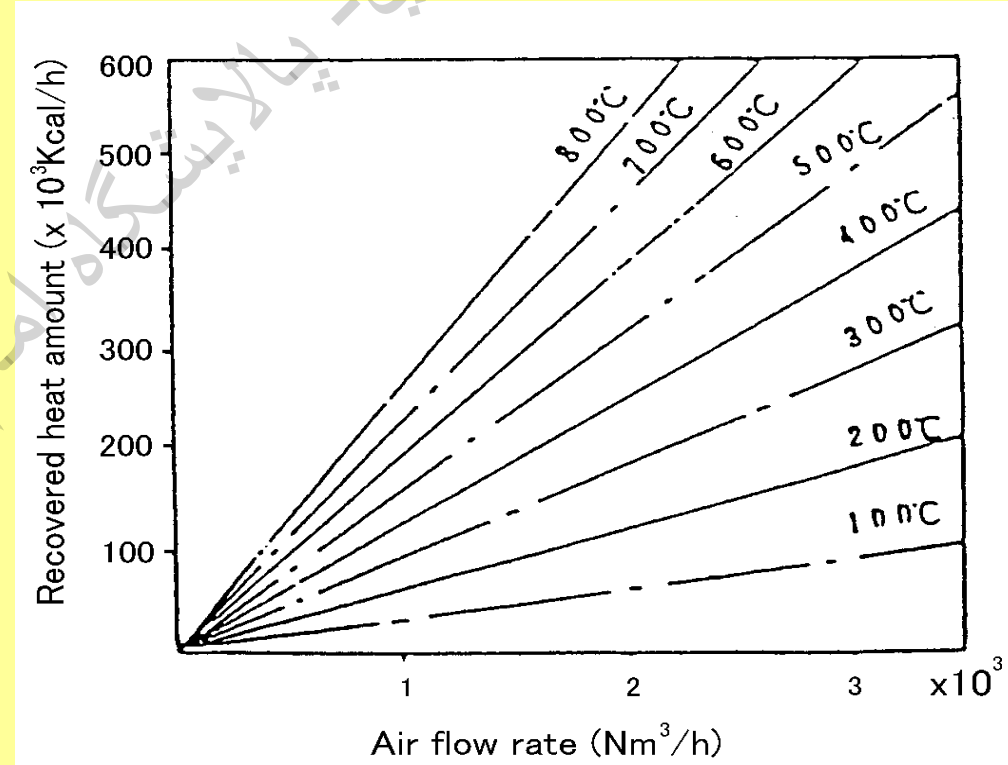
2.4 ارتقاء از طریق پیشگرم کردن هوا

2.4.1 - هدف

ب) صرفه جویی در مصرف سوخت:



Preheated Air Temperature and Fuel Economy Rate



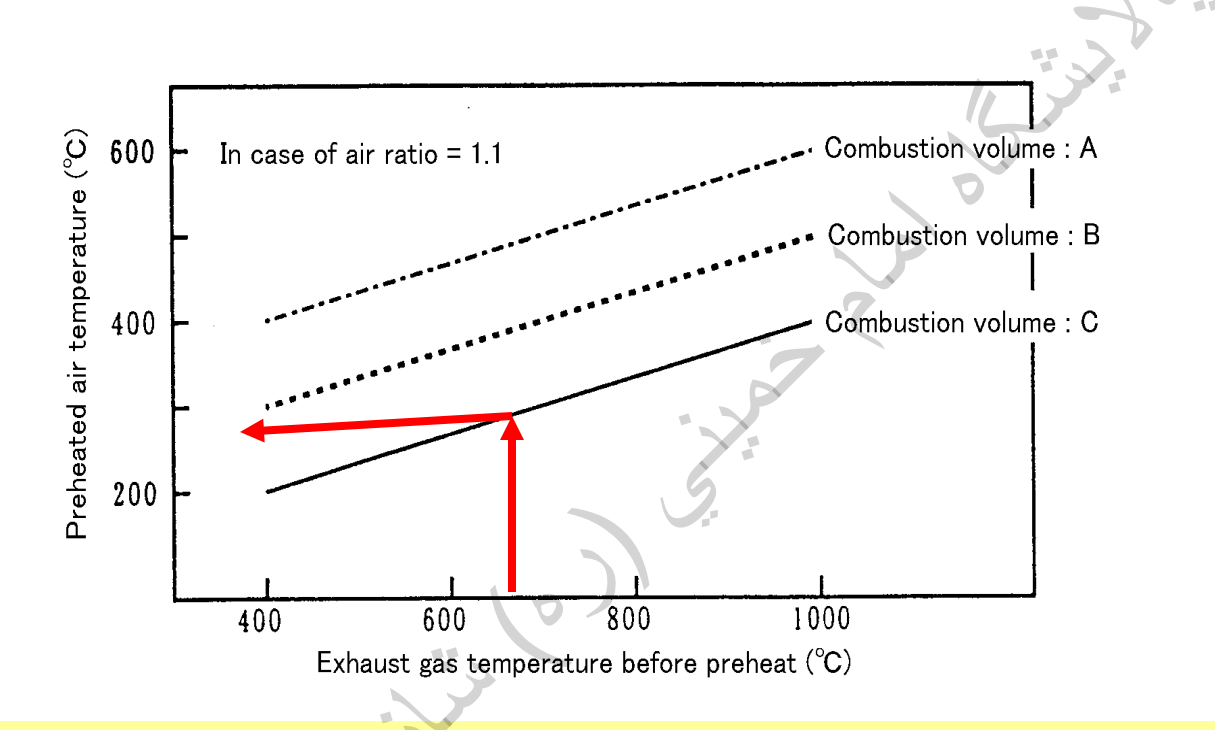
Temperature and Recovered Heat Amount

مدیریت انرژی- پالایشگاه امام خمینی (ره) شازند

2.4 ارتقاء از طریق پیشگرم کردن هوا

2.4.1 - هدف

پ) دمای گازهای احتراق:



A Performance Curve of an Air Preheater (Recuperater)

اگر دمای هوای پیش گرم کن کمتر از مقدار منحنی عملکرد آن باشد ممکن است دلایل زیر باعث آن باشند :

1- وجود نشتی در پیش گرم کن

2- وجود دوده ، گرد و غبار در سطوح انتقال حرارت پیش گرم کن هوا

3- عدم یکنواخت بودن جریان هوا یا گاز در پیش گرم کن هوا

4- زیاد بودن مقدار هوای جریانی از پیش گرم کن هوا

مدیریت انرژی دانشگاه امام خمینی (ره) تنازن

2.4 ارتقاء از طریق پیشگرم کردن هوا

2، 2.4.-مدیریت درپیشگرمکن هوا:

الف)پارامترهای مدیریت

Control Items for a Recuperater

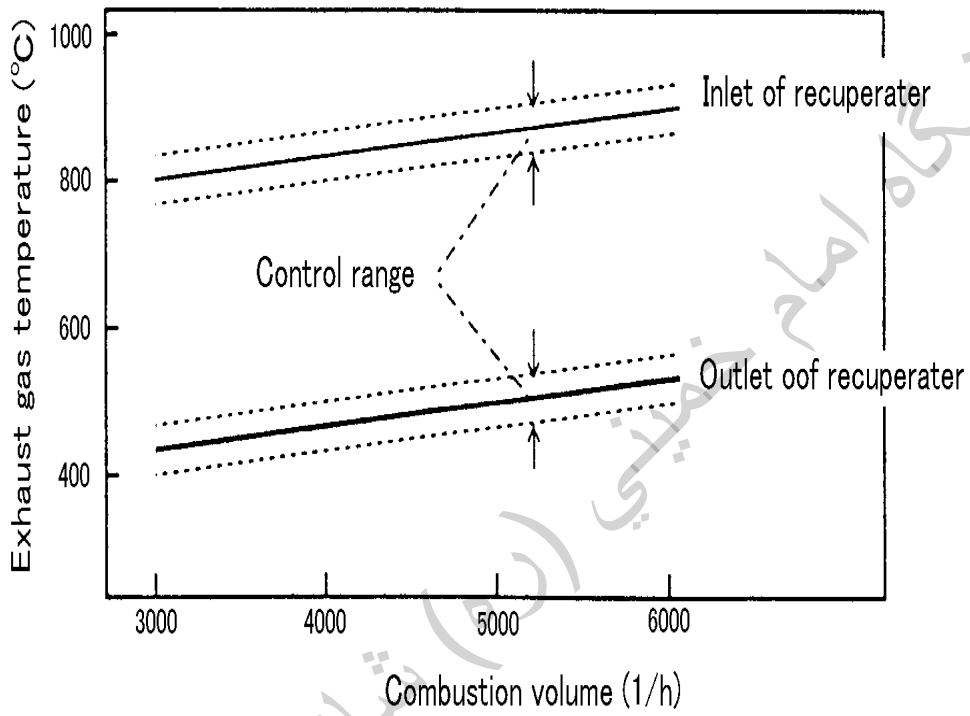
دوره زمانی	کاری که باید انجام داد:	آیتم کنترل
هر 10 روز یکبار	گراف نمونه ای رابطه بین مقدار گاز های احتراق و دمای آن	دمای گاز اگزوز
هر 10 روز یکبار	گراف نمونه ای رابطه بین دمای گاز اگزوز و دمای هوای پیش گرم کن	دمای هوای پیش گرم کن
دو بار در ماه	آنالیز گاز خروجی قبل و بعد از استفاده از پیش گرم کن	نشتی هوای پیش گرم کن
هر ماه یکبار	چک کردن افت فشار و نشتی سطوح همچنین رسوبات	سطوح انتقال حرارت

مدیریت انرژی- پالایشگاه امام خمینی (ره) شازند

2.4 ارتقاء از طریق پیشگرم کردن هوا

2. 2.4.-مدیریت درپیشگرمکن هوا:

ب)کنترل دمای گازهای خروجی اگزوز



در حالتی که دمای گازهای اگزوز خارج از محدوده کاری آن باشد:دلایل ممکن عبارتند از

1- ورود هوا به کوره قبل از پیشگرمکن هوا

2- نسبت هوای اضافی زیاد

3- شیر کنترل کننده رقیق سازی هوا در دمای کمتر از مقدار تعیین شده باز میکند.

A Characteristic Graph of the Combustion Volume and Exhaust Gas Temperature

مدیریت انرژی- دانشگاه امام خمینی (ره) قزوین

2.4 ارتقاء از طریق پیشگرم کردن هوا

2.4.3 –کنترل فشار داخل کوره

1- اثر نشت هوا به داخل کوره

1.1 افزایش حجم گازهای خروجی وکاهش دمی آن

1.2 افزایش تولید NO_x

1.3 افزایش توربولانس داخل کوره وتوزیع یکنواخت دما

2- اثر دمش شعله یا گازهای احتراقی به بیرون

2.1 کاهش حرارت محسوس گازهای حاصل از احتراق

2.2 کاهش دمای هوای پیشگرم شده

مدیریت انرژی دانشگاه امام حسین (ع) شازند

2.5 کنترل شعله

نکات کلیدی در کنترل شعله

- **شکل شعله**
- **رنگ شعله**
- **طول شعله**
- **دمای شعله**
- **شدت صوت شعله**

تیرین انرژی- پالایشگاه امام خمینی (ره) شازند

2.5 کنترل شعله

•Check points according to the condition of the flame

	Flame Condition	Check Points in attaining "Good Burning Conditions"
Observed flame condition	1. A small red flame	1. A low air-ratio, or mal-mixture with air from a bad burner tip
	1. A longer flame than in normal burning	1. A low fuel-pressure, bad air-ratio, or abnormal burner tip
	1. The emission of soot around the flame	1. Low pressure of the atomizing steam or air, or an abnormal burner tip
	1. A detached flame from the Burner tip	High pressure of the atomizing steam or air, or an abnormal burner tip

مدیریت انرژی - دانشگاه امام خمینی (ره) شازند

2.5 کنترل شعله

•Adjusting methods for each fuel and type of burner

Kind of Fuel	Burner		Shape and Color of the Flame	Flame Trouble Condition	Check and Adjusting Methods to the Normal Condition
	Type	Spec.			
Liquid	Pressure Atomizing Burner	Pressure: 15-20kg/cm^2	Shape: short, and a small flame Color: reddish, luminous flame	The flame becomes longer	-Check the pressure of the fuel -Check the wear of the nozzle hole -Pressure-increase -Proper atomizing
	High Pressure Atomizing Burner	Atomizing oil by steam or air	Shape: shorter than the pressure atomizing type Color: -heavy fuel oil: reddish, luminous -kerosene: blue	The flame becomes longer	-Check the nozzle tip - Check air pressure and increase -Clogging of the nozzle tip (mal-mixing) -Increase the Air ratio
Gas	Nozzle-mix type 1) Diffuse type	Air and gas jet out from parallel nozzles and diffuse	Shape: long Color: reddish		
	2) Forced -mixing type	Air and gas are mixed forced by the jet angle or swirl vane	Shape: short Color: blue & transparence	The flame becomes reddish and opaque	-Mal-mixture from a lack of air or bad nozzle tip -Low gas pressure
	Pre-mix type	10-20% air of the theoretical amount is pre-mixed and jetted out	Shape: short Color: blue & transparence	The flame becomes reddish and opaque	-Low air pressure -Mal function of the zero governor

مدیریت انرژی - پالایشگاه امام خمینی (ره) شازند