Archive of SID

تاثیر بازیافت حرارتی از دودکش کوره های صنعتی بر آلاینده های NOX

بتول جهانشاهی [۱]- مهدی ایزدی [۲] - علی قبادی [۳]
ezadi@nigc-sqgc.irJahanshahi80@gmail.com

چکیده

استفاده از کوره های صنعتی در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی بسیار حائز اهمیت می باشد. کارکرد صحیح کوره نقش اساسی در عملکرد بهینه واحد دارد و برای انجام این وظیفه نیاز به دریافت انرژی دارد .گازهای زائدخروجی با دمای زیاد می توانند سهم بسیار بزرگی در تولید NOX حرارتی و آلاینده های زیست محیطی و ایجاد گازهای گلخانه ای داشته باشندکه به منظور کاهش این آلاینده های مضر می توان توسط یک دستگاه بازیاب حرارتی گازهای خروجی از دودکش کوره را در تماس با بار نسبتا سرد ورودی قرار گیرند و انرژی آنهارا به سیال سرد منتقل کرده بار سردرا پیشگرم نمود .این کار انرژی گرمایی راکه نهایتا از دودکش آزاد می شود کاهش می دهد .این روش موثرترین استفاده از حرارت اتلافی دودکش می باشد و اگر این سیال سرد هوای احتراق خود کوره باشدهوای اضافی مورد نیاز به میزان قابل توجهی کاهش یافته و به حدود ۳ و ۵ درصد می رسد که ضمن کاهش و به حداقل رساندن گازهای خورنده و مضر زیست محیطی مثل NOx، Sox، در بالا بردن راندمان کوره بسیار موثر خواهد بود. این امر باعث کاهش مصرف سوخت شده، و در نتیجه باعث کاهش گازهای حاصل از احتراق و آسیب رساندن به تیوب ها، بدنه کوره و دود کش ها خواهد شد. کاهش مقدار اکسیژن موجود در گازهای حاصل از احتراق، جلوگیری از تشکیل گاز So_3 (انیدرید سولفوریک) می شود با کاهش آن در اثر کاهش هوای اضافی از ۳۵ درصد به میزان ۱۰ درصد، که در این صورت میزان تبدیل گاز انیدرید سولفورو (SO_2) نصف می شود. از طرفی از ورود گاز های احتراق با دمای بالا به هوا و افزایش دمای محیط جلوگیری خواهد شد.که در مقاله حاضر به این امر پرداخته شده است.

کلمات کلیدی : کوره,آلاینده ها,احتراق ,,Noxبازیافت انرژی

۱ - کارشناس ارشد مکانیک و هنر آموز
۲- کارشناس ارشد مکانیک و رئیس ایمنی و آتش نشانی پالایشگاه گاز سرخون و قشم
۳ - کارشناس ارشد مکانیک و کارشناس ارشد مهندسی عمومی و اجرای طرح ها پالایشگاه گاز سرخون و قشم

www.Koureh.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کوره عبارت است از واحدی که در آن گرمای حاصل از احتراق سوخت درون یک محفظه عایق به سیال فرآیند که در لوله‌ها قرار دارد انتقال می‌یابد.

این لوله‌ها معمولا در امتداد دیواره‌ها و سقف محفظه احتراق قرار دارند. مهم ترین نقش کوره های حرارتی تأمین حرارت معین برای سیال فرایند در درجه حرارت های بالا می باشد. اندازه کوره بر حسب ظرفیت جذب حرارت تعیین می شود. محدوده بار حرارتی کوره ها وسیع است. بار حرارتی کوره ها معمولاً بین۱۰۰۰Btu/h-۵ می باشد. کاربرد کوره ها در صنعت زیاد است.

به طور کلی یک کوره از قسمت های زیر تشکیل شده است.

- بدنه کوره
- تیوپ ها یا لوله های داخل کوره
- دودکش
- مشعل ها و سوخت
- تجهیزات جانبی

بدنه کوره

بدنه یا دیواره ی خارجی کوره ها را عمدتاً از ورقه ی استیل ۳/۴ اینچ و کف آن را از ورقه ۱/۴ اینچی می سازند.

در طراحی ها عموماً اتلاف حرارتی از بدنه کوره حدود ۲ درصد منظور می شود. نوع و ضخامت عایقکاری باید طوری در نظر گرفته شود که دمای سطح خارجی کوره ها بیش از ۸۲ درجه سانتیگراد نگردد. اصولاً عایقکاری و عایقهای بکار رفته در کوره ها از نظر سرویس دهی مناسب خود عمر معینی دارند و به مرور زمان ساختمان کریستالی آنها تغییر یافته و ضخامت آنها کم شده و این تغییرات ساختمانی سبب تغییر ضریب انتقال حرارت اتلاف و انرژی به بیرون خواهد بود.

تیوبها یا لوله های داخل کوره ها

معمولاً انتقال حرارت کوره ها متشکل از دو بخش Convection (جابجایی) و تشعشع است که ظرفیت گرمایی آنها از نظر درصدی باید تقریباً به نسبت ۳۰ و ۷۰ درصد بین این دو بخش تقسیم گردد. سطح موثر انتقال حرارت نیز بر اساس شارژ حرارتی بر حسب Btu/hr ft2بیان شده و در طراحی ها برای هر کوره رقم خاص و معینی است.

دودکش

طراحی دودکشها عموماً به گونه ایست که قطر آن باید طوری در نظر گرفته شود که در شرایط دمای عملیاتی سرعت دود در آن ۳۰Ft/Sec شود، MASS VELOCTY 1500 1b/hr.Ft2(البته زباله سوزها از این قانون مستثنی بوده و در آن ها تا ۵۰ فوت در ثانیه نیز مجاز است)[۱] به علاوه ارتفاع دودکش ها خود تابع فاکتورهای زیست محیطی بسته به نوع مکش طبیعی یا اجباری بودن آن از ۰/۱ اینچ آب به بالا در نظر گرفته می شود. مسلم است که افزایش بی رویه دود و گازهای سوخته شده به هر عنوان اعم از ازدیاد ظرفیت کوره و یا تنظیم نبودن وضع کوره و افزایش دمای دودکش ناشی از بالا بودن عواملی همچون هوای اضافی، تنظیم نبودن شعله مشعل ها، پدیدی بعد از احتراق و یا تشکیل رسوب در سطوح داخلی و خارجی تیوبهای قسمت CONDECTION (قسمت جابجایی در کوره) سبب اتلاف حرارت و افت بازدهی کوره خواهد بود.

www.Koureh.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مشعل و سوخت

نقش کیفیت نوع سوخت و نوع مشعل ها در بازدهی کوره ها و تاثیر آن بر آلاینده های زیست محیطی خصوصا" مسئله انتشار گازهای آلاینده و مضر NOXبسیار حائز اهمیت است .بطور کلی برای مشعل های معمولی هوای اضافی لازم جهت احتراق گاز ۱۰ تا ۱۵ درصد و برای احتراق نفت کوره ۲۵ تا ۳۰ درصد طراحی میگردد که تأثیر بسزایی در بازدهی کوره و سوخت مصرفی دارد و در آن به حداقل رسانده شده است. اصولاً مشعل ها بایدطوری انتخاب شوند که با فضای هندسی کوره تناسب داشته باشند.

عامل اصلی انتقال حرارت مکانیزم تشعشع می باشد. در صورت توجیه اقتصادی، درون یک بخش مجزا،حرارت گازهای خروجی حاصل از احتراق بصورت جابجایی به لوله ها منتقل می گردد. در صنایع نفت کوره با اسامی مختلفی از قبیل «process heater» و «furnace» و «direct – fired heater» و «tubestill heater» اطلاق می شود. [۳]

تجهیزات جانبی

مهمترین تجهیزات جانبی مورد استفاده در کوره ها را عموماً دوده زداها SOOT PLOWERS و آنالایزرهای اندازه گیری دی اکسیدکربن تشکیل می دهند.

ساید تجهیزات جانبی همچون پیشگرمکن های هوا و لوازم بازیافت حرارتی از دودکشها دمنده ها – شیرها – دریچه ها می باشد.

کاربرد کوره ها در صنعت

در صنایع نفت، کوره ها کاربرد متعددی دارند. در این جا شش مورد را بررسی می نماییم:

- ریبویلر ستون های تقطیر
- پیش گرمکن خوراک ستون تقطیر
- پیش گرمکن خوراک راکتورها
- گرم کردن سیال تک فازی – چند جزئی
- گرم کردن سیال چند فازی – چندجزئی
- راکتورهای اشتعالی

سوخت و احتراق در کوره ها

احتراق قدیمی ترین فن آوری بشر است که بیش از یک میلیون سال است استفاده می شود. در حال حاضر حدود % ۹۰ پشتیبانی انرژی سراسر جهان مانند حمل و نقل ، تولید انرژی الکتریکی و گرمایش به وسیله احتراق انجام می شود. هر ماده ای را که بتواند بسوزد و انرژی آزاد کند سوخت می گویند بیشتر سوخت های شناخته شده عمدتاً از هیدروژن و کربن تشکیل می شوند و آنها را سوخت های هیدروکربنی می گویند و فرمول کلی CnHm نشان می دهند. سوخت های هیدروکربنی در تمام حالت ها وجود دارند زغال سنگ – بنزین – گاز طبیعی نمونه هایی از بین سوخت ها هستند. [۴]

واکنش شیمیایی را که طی آن سوخت اکسید می شود و مقدار زیادی انرژی آزاد می شود احتراق می گویند. هوا اکسید کننده ای است که بیشترین استفاده را در فرایندهای احتراق دارد. زیرا مجانی است و به سهولت در دسترس است. اکسیژن خالص به عنوان اکسید کننده فقط در موارد خاصی مانند برش کاری – جوش کاری که در آنها نمی توان از هوا استفاده کرد به کار می رود. هوای خشک از ۲۰/۹% اکسیژن و ۷۸/۱% نیتروژن ۰/۹% آرگون و مقادیر کمی دی کسیدکربن هلیوم نئون و هیدروژن تشکیل شده است. در تحلیل فرایندهای احتراق آرگون موجود در هوا به صورت نیتروژن بررسی می شود. و گازهایی

www.SID.ir

Archive of SID

که مقدار آنها ناچیز است در نظر گرفته نمی شوند. از این رو هوای خشک را بر مبنای تعداد مولی می توان به صورت ۲۱ % اکسیژن ۷۹ % نیتروژن تقریب زد. [۵]

بنابراین هر مول اکسیژن که وارد محفظه احتراق می شود $\frac{0.79}{0.21} = 3.76$ مول نیتروژن همراه است.

$$1\ Kmol\ \ 02+3.76\ Kmol\ \ N2 \rightarrow 4.76\ \ \ Kmol\ Air \quad (1)$$

در دمای معمولی احتراق، نیتروژن به صورت گاز خنثی عمل می کند و با سایر عناصر شیمیایی واکنش نمی دهد. اما وجود نیتروژن بر بازده فرایند احتراق خیلی تأثیر دارد زیرا نیتروژن معمولاً با مقدار زیاد و دمای کم وارد محفظه احتراقمی‌شود و با جذب قسمت بزرگی از انرژی شیمیایی آزاد شده در احتراق با دمای خیلی بیشتر خارج می شود. ولی در دماهای خیلی زیاد مانند دماهای موجود در کوره های صنعتی کسر کوچکی از نیتروژن با اکسیژن واکنش می دهد و گازهای خطرناکی مانند NOXرا تشکیل می دهد.

فرایند احتراق ایده ال را که سوخت در طی آن با هوای نظری به طور کاملمی سوزد احتراق استوکیومتری یا احتراق نظری آن سوخت می گویند.

فرایند احتراق نظری استوکیومتری متان به صورت زیر است:

$$CH4+2(02+3.76N2) \rightarrow CO2+2H2O+7.52N2 \quad (2)$$

در این فرایند گازهای احتراق فاقد متان نسوخته OH-Co-H2-Cیا O_2 آزاد است.

در فرایندهای احتراق واقعی هوای مورد استفاده معمولاً بیشتر از مقدار استوکیومتری است تاشانس احتراق کامل افزایش یابد یا دمای محفظه احتراق کنترل شود. مقدار هوای افزون بر مقدار استوکیومتری را هوای مازاد می گویند. مقدار هوای مازاد معمولاً بر حسب هوای استوکیومتری به صورت درصد هوای مازاد یا درصد هوای نظری بیان می شود. [۵]

با کامل گرفتن فرایند احتراق و با معلوم بودن مقادیر دقیق سوخت و هوای مصرفی پیش بینی ترکیب گازهای احتراق نسبتاً آسان است. در این حالت تمام آنچه که باید انجام دهیم این است که موازنه جرم را برای هر یک از عناصری که در معادله احتراق ظاهر می شوند به کاربریم و احتیاجی به هیچ گونه اندازه گیری نداریم. در فرایند واقعی این کار چندان هم ساده نیست. زیرا فرایندهای احتراق واقعی حتی با وجود هوای مازاد به دشواری کامل می شوند. بنابراین صرفاً بر مبنای موازنه جرم نمی توان ترکیب گازهای احتراق را تعیین کرد.زیرا به علت بالا بودن دمای محصولات احتراق در بعضی مصرف کننده های مثل کوره ها باعث تشکیل اجزای دیگری من جمله آلایندهای خطرناک NOX می گردد. بنابراین تنها راهی که داریم این است که مقدار هر یک از اجزاء گازهای احتراق را مستقیماً اندازه گیری کنیم.

آلودگی محیط بواسطه کوره ها

سه عامل اصلی در کورهها باعث آلودگی محیط زیست می گردد که از انتشار آن ها باید جلوگیری به عمل آید. این سه عامل عبارتند از:

- ذرات و خاکستر حاصل از احتراق
- اکسیدهای گوگرد (SO_2 ، SO_3 یا Sox)
- اکسیدهای ازت (No ، NO2 یا NOx)

هر یک از این عوامل باید بطور مجزا بررسی و طرق جلوگیری از انتشار آن ها ارائه گردد:

www.SID.ir

Archive of SID

انتشار ذرات و خاکستر

سوخت های نفتی معمولا خاکستر زیادی تولید نمی کنند. ولی سوخت های باقیمانده ی تقطیر در اثر احتراق تا اندازه ای ایجاد خاکستر می نمایند. خاکستر از مخلوطی از ترکیبات غیر آلی حاوی اکسیدهای سیلیس، آلومینیوم و آهن هیدروژن مایع همچنین اکسیدهای کلسیم و منیزیم تشکیل شده است. برخی از ترکیبات خاکستر تبدیل به اکسیدهای فرعی (مثلاً Sio_2 به Sio) می گردند. در دمای احتراق ، این مواد فرار بوده و هنگامی که گازهای حاصل از احتراق به نواحی سردتر (بخش جابجایی) منتقل می شونددوباره اکسید شده و تبدیل به ذرات بسیار کوچک (کمتر از میکرون) می گردند.

ذرات خاکستر را می توان توسط سیکلون ها[1] ، صافی های الکترواستاتیکی[2]، برج های پاششی[3] و اسکرابرها[4] از گازهای حاصل از احتراق تفکیک نمود. این دستگاه ها فوق العاده گران بوده و فقط در کشورهایی بکار می روند که قوانین صریح برای جلوگیری از آلودگی محیط زیست وجود دارد.

معمولاً ذرات خیلی ریز قابل تنفسی (کوچکتر از ۱۰ میکرون) که نسبتاً کسر کوچکی از ذرات تشکیل می دهند، تفکیک مشکل تری در سیستم های جداکننده دارند.

انتشار اکسیدهای گوگرد

اکسیداسیون ترکیبات گوگردی برش های نفتی، تحت شرایط احتراق باعث تشکیل so_2 شده و مقدار کمی نیز در ترکیبات خاکستر ظاهر خواهد شد. هنگام عبور گازهای حاصل از احتراق درون کوره، مقداری از گاز SO_2(۱ تا ۲٪) در مجاورت ترکیبات و انادیم با اکسیژن اتمی ترکیب شده و به SO_3 تبدیل می گردد. ترکیبات و انادیم معمولا در خاکستر روی سطوح حرارتی قرار داشته و اکسیژن اتمی در دماهای بالا تشکیل میگردد.

SO_3 باعث افزایش نقطه شبنم اسیدی شده لذا باید دمای گازها بیشتر از دمای نقطه شبنم اسیدی اختیار گردد، زیرا میعان SO_3به شدت، میزان خوردگی پیش گرمکن هوا [1]را افزایش می دهد. افزودن موادی از قبیل اکسید منیزیم به سوخت باعث ترکیب مجدد اکسیژن اتمی شده و از میزان تشکیل SO_3 حاصل از SO_2 کاسته می گردد. مقدار SO_2 در گازهای حاصل از احتراق، معیار میزان آلودگی هوا می باشد. به کمک مواد جاذب از انتشار SO_2 می توان جلوگیری نمود. ولی از نقطه نظر اقتصادی مخارج تجهیزات لازم زیاد بوده و نصب آن ها معمولاً مقرونبه صرفه نمی باشد. یکی از روش های موجود ترزیق ترکیبات کلسیم به گلویی مشعل (در مشعل های چند مرحله ای) یا به بالای کوره است.

انتشار اکسیدهای ازت

از میان هفت اکسید نیتروژن شناخته شده موجود در هوای محیط، اکسید نیتریک (NO) و دی اکسید نیتروژن (NO_2) از آلوده کننده های مهم هوا به شمار می روند. دی اکسید نیتروژن گازی است مرئی با رنگ قهوه ای مایل به زرد یا قهوه ای مایل به قرمز که طی فرایندهای پیچیده اتمسفر به ذرات معلق نیترات (NO_3) تبدیل می شود. به علاوه دی اکسید نیتروژن نیز همچون اکسید نیتریک یکی از آلاینده های اصلی مه دود است. این گاز در شهرها به علت فعالیتهای انسانی از غلظت بالایی برخوردار است. احتراق سوختها در دمای بالا سبب تولید این آلاینده می شود. این دو گاز اثر مستقیم بر آلودگی هوا ندارند

www.Koureh.ir

www.SID.ir

Archive of SID

بلکه درصورتیکه با هوای مرطوب تر کیب شوند ، این گازها با هوای مرطوب تولید اسید سیتریک می نمایند که در این حالت موجب پوسیدگی شدید فلزات می شوند. از طرفی چنانچه غلظت NO_2و حدود ۰/۲۵ ppm برسد قابلیت دید را به میزان قابل توجهی کاهش خواهد داد.

در انواع اکسیدهای نیتروژن، NO_2 و N_2O تاثیر مخرب بیشتری روی اتمسفر دارند. در کوره ها عموما NO تولید می شود که در هوا واکنش داده و به تدریج به NO_2تبدیل می شود [۶] مجموع NO و NO_2، Noxنامیده می شود. تشکیل NOXدر کوره های صنعتی مسئله پیچیده ای است که از پارامترهای موثر در تشکیل NOX ناشی می شود[۷]کوره ها چون تحت شرایط پر اکسیژن کار می کنند، شرایط برای تولید Nox فوری فراهم نبوده و به این دلیل که سوخت های گازی حاوی نیتروژن نیستند Noxسوخت نیز تشکیل نمی شود و اغلب Noxحرارتی تولید می شود [۴] در رابطه ۱ واکنش های تشکیل NO زلدوویچ مشاهده می شود.

$$O + N2 \longrightarrow NO + N \quad (3)$$
$$N + O2 \longrightarrow NO + N \quad (4)$$
$$N + OH \longrightarrow NO + H \quad (5)$$

این واکنش ها به عنوان واکنش های تشکیل NO حرارتی نیز نامیده می شوند، زیرا واکنش اول به علت پیوند سه گانه قوی در مولکول N2 دارای انرژی فعال سازی بسیار بالا است،

اکسیدهای ازت به دو طریق تشکیل می شوند:

- ترکیب ازت هوا با اکسیژن در دمای بالا
- ترکیب پیوندهای ازت در سوخت با اکسیژن هوا

سوخت های گازی معمولاً حاوی ازت نسیتند.(مگر گازهایی که در فرآیندهای پالایشگاه با آمونیاک مخلوط شده باشند.)

پیوندهای ازت سوخت را می توان به روش هیدروژناسیون کاهش داد. این روش بسیار پرخرج است. تشکیل NOxحاصل از ازت در دمای زیاد توسط واکنش های زنجیری زلدوویچ ۷ توجیه می گردد:

$$O2+M \rightarrow 2O+M \quad (6)$$
$$O+N2 \rightarrow NO+N \quad (7)$$
$$O2+N \rightarrow NO+O \quad (8)$$
$$OH+N \rightarrow NO+OH \quad (9)$$

M مولکول واسطه ای می باشد.

واکنش تشکیل NO به شدت به دما وابسته است. زیرا معادله ی ۴ به انرژی زیادی احتیاج دارد. بنابراین در دماهای بالا NO ایجاد شده که اگر گازها سرد شوند. NO از نظر تعادل ترمودینامیکی ناپایدار شده و به اجزای اولیه اش تجزیه می گردد. البته مقداری از آن نیز به آرامی تبدیل به NO_2 می شود. (NO_2 غالباً 5% اکسیدهای ازت را تشکیل می دهد). NO خروجی از دودکش در اثر نور خورشید به سرعت تبدیل به NO_2می گردد. NO_2 بسیار سمی بوده لذا معیار آلودگی محیط زیست می باشد. اکسیدهای ازت همچنین با لایه ی ازن و هیدروکربن های موجود در جو زمین وارد واکنش شده و تشکیل غبار فتوشیمیایی می دهد. بتازگی اکسید ازت دیگری (NO_2) نیز شناخته شده که تأثیر آن بر لایه ازن جو تحت بررسی است. چون تشکیل NOناشی از هوا، به دما و غلظت اکسیژن بستگی دارد. جهت جلوگیری از انتشار آن می توان دو روش اعمال نمود.روش اول کاهش دمای شعله (توسط چرخش گازهای حاصل از احتراق یا تزریق بخار آب) بوده و روش دوم کاهش غلظت اکسیژن(توسط کم کردن هوای اضافی یا تأمین هوای احتراق بطریق مرحله ای) تقلیل می یابد.

در برخی موارد، روش پرخرج تری اعمال می شود. در این روش گازهای حاصل از احتراق توسط تزریق NH_3 به N_2 و H_2Oتبدیل می گردند، جهت انجام این واکنش دمای گازها باید بین ۹۵۰ تا ۱۱۰۰ درجه سانتی گراد باشد. البته اگر از

www.SID.ir

Archive of SID

کاتالیزورهایی مانند اکسید فلزهای واسطه ای استفاده شود، دمای گازها ۴۰۰ تا ۵۰۰ درجه سانتی گراد خواهد بود. به جای آمونیاک می توان از اوره نیز استفاده نمود

اکسیدهای ازت به دو طریق مستقیم و غیر مستقیم بر سلامت انسان اثر می گذارند . اثر مستقیم آنها بستگی به نوع اکسید دارد زیرا NO2نزدیک به چهار برابر بیشتر از NO سمی است و در غلظت های مساوی با COاز آن زیان آورتر است . اثرات ثابت شده NO2 بر روی انسانها کاملا به اثر تنفسی محدود می شود که باعث پیامدهائی نظیر اختلال در بویائی ، بیحالی ، خستگی ، ناراحتی های حفره بینی ، اشکالات تنفسی ، تحریک گلو ، چشم ، ناراحتی های اعصاب ، گشادی مردمک چشم ، افزایش برونشیت حاد و تولید نیتروزامین .

دی‌اکسید نیتروژن که از هوا سنگینتر و در آب محلول است، در آب تشکیل اسید نیتریک و یا اسید نیترو و یا اکسید نیتریک (NO) می‌دهد. اسید نیتریک و اسید نیترو در اثر بارندگی به سطح زمین سقوط کرده ، یا با آمونیاک موجود در اتمسفر (NH_3) ترکیب شده آمونیم نیترات (NH_4NO_3) بوجود می‌آورد. در این مواقع $NO_۲$از اجزای غذایی گیاهان را تشکیل می‌دهد. $NO^۲$ یکی از اجزای غذایی گیاهان را تشکیل می‌دهد. $NO_۲$که در دامنه تشعشع فوق‌بنفش جاذب خوب انرژی به شمار می‌رود، در تولید آلاینده‌های ثانوی هوا از قبیل ازن O3 نقش مهمی دارد مقدار NOآزاد شده در اتمسفر به مراتب بیش از مقدار۲ NOآزاد شده است. NOدر فرآیندهای احتراقی با دمای زیاد و در اثر ترکیب نیتروژن و اکسیژن بوجود می‌آید. NOX موجود درسوخت ها برحسب ترکیب های نیتروژن در سوخت و NOXحرارتی تولید شده در اثر اکسایش N2در هوا در دمای بالا تولید می شود، در گازهای خروجی با دمای بالا، بخش اعظم NOXبه صورت NOوجود دارد.NOبه سرعت به هنگام آزاد شدن درهوا اکسایش می یابدهنگامی که اکسیدهای نیتروژن و هیدروکربن ها مخلوط شوند، در معرض تشعشعات فرابنفش نور خورشید قرار می گیرند و در یک واکنش فتوشیمیایی پیچیده شرکت کرده، اکسیدهای فتوشیمیایی(OX) را تولید می کنند. در حضور آب موجود در هوا ۲ NOتبدیل به HNO می شود.همچنین توده ای از نیترات، تولید شد ه و یا NO2 با نمک های فلزی NO برای ایجاد ذرات نیترات وارد واکنش می شوند .

علاوه بر کوره های صنعتی دیگر منابع مولدNOXشامل دیگهای بخار ذغال سنگ و نفت و تجهیزات آ نها، موتور اتومبیلها، کشتی ها، هواپیماها و سیستم های گرمایش با استفاده از سوخت های حیوانی می باشد . بنابراین محدودهٔ بسیار وسیعی از تجهیزات و ادوات مورد استفاده در فر آیند احتراق را شامل می شود. همچنین منابع خاصی از قبیل تجهیزات تولید اسید نیتریک و ترکیب های آن از قبیل نیترات سلولز و نیتروبنزن (Nitrobenzene) فرآیندهای مرتبط با رنگ ها، و تمیز کردن فلزات نیز جزء منابع مولد NOXمحسوب می شوند.

معرفی کوره های صنعتی پالایشگاه گاز سرخون و قشم

در پالایشگاه گاز سرخون و قشم به منظور گرمایش و جداسازی ترکیبات مفیدگاز استخراج شده از چاه های نفت در یکی از واحدها از دو کوره صنعتی استوانه ای با مشخصات فیزیکی مشابه استفاده می گردد که این مشخصات به این شرح می باشندکوره هابا قطر داخلی حدود 3.6 m و ارتفاع 35.4mاز سطح زمین و دارای دو بخش تابشی و جابجایی می باشد. پوشش داخلی کوره ها از جنس Light weight Insulating concrete با ضخامت 203 mmمی باشد.

قطر داخلی دودکش 0.935 mو ارتفاع آن 22.37 mمی باشد. کوره شامل ۳ مشعل است که در کف کوره قرار دارند ودر شرایط نرمال هر کدام 1.47MW گرما تولید می کنند.

سیال فرایند با دبی 14.3375kg/sو تحت فشار و دمای به ترتیب 1690kpa , 236^{o} c وارد کوره شده و با جذب حرارت با فشار ودمای 1270kpa و 290^{o}c خارج می شود. سوخت مورد نیاز مشعل های کوره گاز طبیعی fuel gas با

www.SID.ir

Archive of SID

15%هوای مازاد برای احتراق می باشد. ارزش حرارتی آندر حالت LHVبرابر 47 می باشد و در اثر سوختن آن با هوای مازاد 4.474MW گرما تولید می شود که مقدار 3.647 MWآن توسط سیال فرایند جذب شده و بقیه تلف می شود. دمای گازهای خروجی از دودکش ^{o}c 340و دارای دبی 4.5 kg/sمی باشد.[۸] که این گازها با شرایط ذکر شده می توانند در تولید NOX حرارتی و آلودگی محیط زیست بسیار موثر باشند .به منظور جلوگیری از تولید NOXحرارتی و کاهش آلاینده های زیست محیطی توسط این کوره ها روشهای متعددی مورد بررسی قرار گرفت .بهترین راه جهت جلوگیری از تولید NOX حرارتی کاهش دمای دودکش و کاهش دبی گاز های خروجی از دودکش می باشد . به این منظور باید به طریقی گازهای خروجی از دودکش کوره ها سردگردند [۲].برای سرمایش این گازها بهترین راهکار بازیافت حرارتی می باشد چون با بازیافت حرارتی علاوه برکاهش دمای گازهای دودکش جلوگیری از تولید آلاینده های مضر می گردد واز این انرژی گرمایی باز یافت شده (تقریبا 970 kw)میتوان در جاهای دیگر استفاده نمود که تاثیر زیادی در بهینه سازی مصرف سوختهای فسیلی نیز دارد .با توجه به شرایط اقلیمی منطقه و شرایط کوره ها بهترین راه استفاده از این انرژی گرمایش هوای احتراق می باشد که به وسیله نصب یک رکوپراتور در دودکش کوره قابل اجرا می باشد .با اجرای این روش به اهداف زیر خواهیم رسید:

- کاهش دمای گازهای خروجیدودکش از ^{o}c 340 به ^{o}c 150(دمای نقطه شبنم اسید سولفوریک)
- کاهش در تولید NOX حرارتی
- کاهش در آلاینده های زیست محیطی
- کاهش هوای اضافی احتراق
- صرفه جویی در مصرف سوخت های فسیلی
- افزایش راندمان کوره
- افزایش سرعت احتراق
- جلوگیری از احتراق ناقص
- استفاده از دمای شعله بیشتر

بحث و نتیجه گیری

افزایش آلایندگی محیط در اثر سوزاندن بیش از حد سوختهای فسیلی و اثرات مخرب انتشار گازهای گلخانه ای توسط کوره های صنعتی همچنین با توجه به تجدید ناپذیر بودن سوختهای فسیلی و افزایش روز افزون بهای سوخت موضوع بررسی در راندمان کوره و وضعیت و میزان گازهای حاصل از احتراق در کوره ها را نمایان تر می نماید.خروج محصولات حاصل از احتراق با دمای بسیار بالا از کوره ها علاوه بر افزایش گازهای گلخانه ای باعث تولید NOX حرارتی می گردد.استفاده بهینه از این انرژی گرمایی دمای گازهای خروجی از دودکش کاهش یافته و با کاهش دمای این گازها شرایط تولید NOXحرارتی به شدت افت می نماید که این موضوع علاوه بر جلوگیری از افزایش دمای محیط مقدار گازهای گلخانه ای را نیز به میزان چشم گیری کاهش می دهد .در این مقاله کوره های صنعتی پالایشگاه گاز سرخون و قشم به عنوان نمونه مورد بررسی قرار گرفت شده است .بهترین راهکاربا توجه به هزینه های اولیه و نگهداری و تعمیرات و شرایط اقلیمی منطقه به کار گرفتن مبدل حرارتی مناسب به منظور مبادله حرارتی بین گازهای داغ خروجی از دودکش و هوای لازم جهت احتراق می باشد.این مبدل حرارتی طراحی شده قابل نصب در دودکش کوره است و از نوع پوسته و لوله و با سیال از نوع گاز بوده که به نام تجاری رکوپراتور معروف می باشد با این عمل دمای گازهای خروجی از دودکش از دمای ^{O}C 340به ^{O}C 150رسیده و دمای هوای احتراق از ^{O}C25به ^{O}C 230می رسدو ودرصد هوای اضافی احتراق کاهش می بادکه شرایط تولید NOX حرارتی را بطور چشمگیری کاهش می دهد و علاوه بر آن سوخت کمتری لازم است تا هوای احتراق را تا دمای اشتعال سوخت گرم نماید.بنابراینبازیافت حرارتی از کوره های صنعتی روش علمی و بسیار مفیدی در جهت کاهش آلاینده های زیست محیطی خصوصا NOX حرارتی می باشد .که در کنار آن به بهینه سازی مصرف انرژی نیز کمک می کند .

www.Koureh.ir

www.SID.ir

Archive of SID

تقدیر و تشکر

این مقاله با حمایت و پشتیبانی مدیر عامل و کارکنان واحد پژوهش شرکت پالایش گاز سرخون و قشم اجرا شده است که از مساعدت و همکارای ایشان کمال تشکر را داریم .

منابع و مواخذ:

[1] H. C. Mith, J.E. Hardie, “Make heaters 92% efficient”, Hyd. Proc, May 1979, pp 139-144

[2] رضا مرندی – حسن آزاد منش -"بررسی تاثیرات روشهای بهینه سازی انرژی برگازهای آلاینده خروجی از دودکش " علوم وتکنولرژی محیط زیست- شماره ۲۹ – تابستان ۸۵

[3]طراحی کوره های صنعتی – حسن طوبی – دانشگاه صنعتی اصفهان

[4]Warnats,J., Mass,U., Dibble,R.W., ”COMBUSTION”,springer,2000

[5] YunusA.Cengel- Michael A.Boles" Thermodynamics An Engineering Approach "Third Edition

[6] Liuzzo,G., Verdone,N., Bravi,M., ”The Benefits of flue gas recirculation in waste incineration”, waste management27,2007,pp.106-116.

[7] Habib, M.A., Elshafei. M., Dajani, M.,”Influence of combustion parameters on NO_x production in an industrial boiler”.computers& fluids37,2008,pp.12-23

[8]:گزارش ممیزی انرژی پالایشگاه گاز سرخون و قشم ۱۳۹۰-۱۳۹۱

www.Koureh.ir

www.SID.ir