

بررسی اتلاف انرژی، بهای هدر رفت گاز و اثرات زیست محیطی ناشی از فرایند احتراق در فلرها

نادر علی یاری* کارشناس مهندسی شیمی^۱ n.aliyari@gmail.com
غلام یعقوبی جعفر بیگلو کارشناس ارشد مهندسی کامپیوتر^۲ yaghoobi@mail.yu.ac.ir

چکیده

فلرها در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی جهت دفع گازهای زائد و همچنین به منظور حفظ ایمنی کارکنان و تجهیزات موجود در شرایط عادی و بحرانی استفاده می شوند. در این نوشتار دو دیدگاه در مورد فلرها از اهمیت خاصی برخوردارند. دیدگاه اول هدررفت سرمایه ملی از طریق این فلرها است، زیرا که گازهایی با ارزش اقتصادی قابل توجه در این فلرها سوزانده می شوند. میزان گازهای سوزانده شده، اتلاف انرژی و همچنین هدر رفت اقتصادی تعیین شده برای چند فلر در میداین پارس جنوبی مبین اهمیت این موضوع است. دیدگاه دوم در مورد فلرها اثرات زیست محیطی جبران ناپذیر حاصل از فرایند احتراق در فلرهاست. در این راستا شبیه سازی های لازم بر مبنای اطلاعات حاصله از سه فلر یاد شده صورت گرفته و فاکتورهای تاثیر گذار بر حجم آلاینده ها مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به دو دیدگاه فوق بهبود شرایط عملکرد سیستمهای فلر غیر قابل اجتناب می باشد.

واژه های کلیدی: فلر، گاز، اتلاف انرژی، اقتصاد، آلاینده، محیط زیست

مقدمه

در صنایع شیمیایی به خصوص نفت و گاز، گازهایی تولید می شوند که رها شدن آنها در محیط باعث بروز خطراتی برای سلامتی انسانها و محیط زیست می شود که به منظور کاهش این خطرات چنین گازهایی در تجهیزاتی چون فلرها یا زباله سوزها سوزانده میشوند. پرداختن به موضوع فلرها از دو جهت دارای اهمیت می باشد: اول آنکه گازهای ارسالی به فلرها، گازهای با ارزش اقتصادی قابل توجهی هستند و نکته دوم تاثیرات مخرب زیست محیطی ناشی از احتراق گازهای مذکور است. کشور ایران با داشتن مخازن عظیم نفت و گاز و همچنین تاسیسات گسترده مقادیر قابل توجهی از گازهای با ارزش را در فلرها به گازهای مخرب برای محیط زیست تبدیل می نماید. اگر چه اقدامات گسترده ای در سالهای اخیر باهدف کاهش تلفات این سرمایه ملی در کشور به عمل آمده است اما هنوز ضرورت ارایه راهکارهای مناسب در این زمینه وجود داشته، تا از فلرها به عنوان یک سوپاپ اطمینان فقط در شرایط اضطراری استفاده به عمل آید. واژه بهبود شرایط فلرها به کلیه راهکارهایی اطلاق می شود که منجر به کاهش حجم گازهای ارسالی، کاهش نیاز به سرویس های جانبی نظیر بخار، افزایش عمر مفید تجهیزات و یا بهبود شرایط احتراق در سیستم فلرها خواهد کردید. [۱]

تلفن: ۰۹۳۶۷۶۵۶۱۳۸، ۰۷۱۲۶۲۲۶۸۷۶

^۱ - فارس- فیروزآباد-خیابان یاسر-کوچه دوم بعد از دبیرستان اندیشه
^۲ - یاسوج- دانشگاه یاسوج- دانشکده علوم-گروه ریاضی

۱- فلر^۳

فلرها برای حفاظت از تجهیزات و شاغلین موجود در کارخانه و دور نمودن گازهای مضر از محیط صنعتی طراحی شده اند. در واقع فلریک وسیله ای ایمنی است که کارخانه را از عواقب گازهای مازاد نجات میدهد. این گازهای مازاد که به دلایل متعددی در کارخانه تولید می شوند می توانند عوامل انفجار باشند. گازهای فلر هنگامی تولید میشوند که فرایندها عملکرد کاملی نداشته باشند. عملکرد نامناسب می تواند در نتیجه کمبود سرویسهای جانبی نظیر برق یا بخار و یا به دلیل فعالیتهای تعمیر و نگهداری در کارخانه باشد. فلرها حجم بسیار زیادی از گاز را در مدت کوتاهی بسوی اتمسفر رها میسازند. این امر زمینه را برای ایجاد اغتشاشات جوی فراهم میسازد. از طرفی بدلیل عدم وجود زمان کافی در فرایند احتراق، گازهای نسوخته زیادی از فلر وارد محیط میشود. نامشخص بودن راندمان فلرها از جمله مهم ترین مشکلات میباشد و تحقیقات انجام شده تا به حال نشان میدهد حجم ترکیبات بالقوه سمی آزاد شده از احتراق ناقص، بسیار بیش از حد انتظار است. فلرها از جمله در ایجاد مشکلات زیست محیطی مانند نابودی منابع، ایجاد گرمایش جهانی و باران های اسیدی نقش قابل توجهی دارند [۲]

گازهای متنوعی از فرایند فلر آزاد میشوند. علت دود کردن فلرها آن است که فرایند احتراق در آن ها بخوبی انجام نگرفته و یا به عبارت دیگر احتراق ناقص بوده است. یکی از عوامل ایجاد دود در فلرها ارسال حجم زیاد گاز (بیش از ظرفیت طراحی) به آنهاست. راندمان احتراق برای فلری که بخوبی طراحی شده باشد معمولاً بالای ۹۰٪ و گاهی بیش از ۹۸٪ است. تحقیقات جدید نشان می دهد که بازده می تواند به میزان قابل توجهی پایین تر از حد ذکر شده باشد، بازده تخمینی می تواند تا میزان ۶۰٪ پایین باشد. محصولات احتراق ناقص عبارتند از:

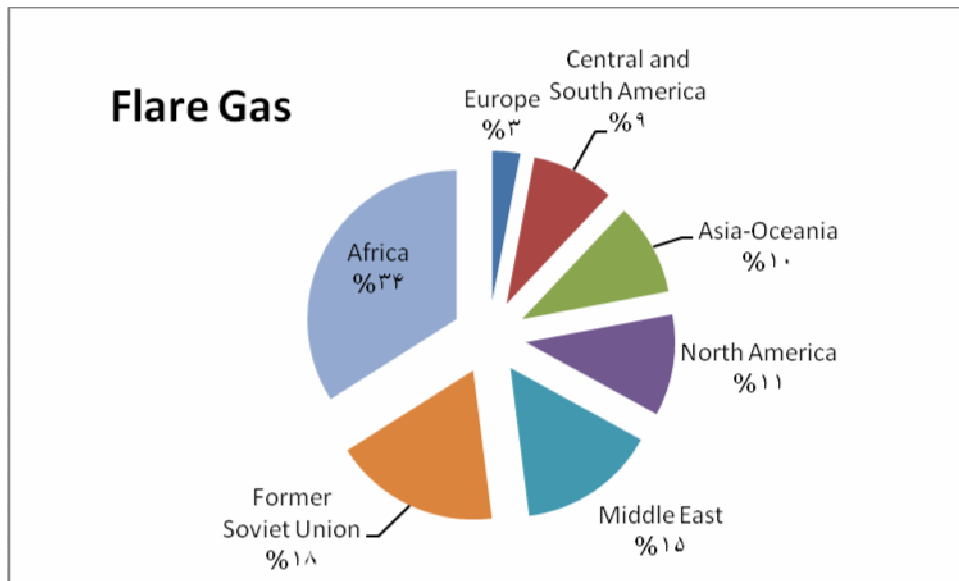
- مونوکسید کربن (CO)، دی اکسید کربن، هیدروکربنهای نسوخته، خاکستر یا دوده
- ترکیبات گوگردی نظیر دی اکسید گوگرد، سولفید هیدروژن، دی سولفید کربن، سولفید کربنیل
- ترکیبات آلی فرار (VOC) همانند بنزن و تولوئن
- ترکیبات آلی دیگر نظیر پلی اروماتیک ها (PAH)
- جیوه، اکسید های نیتروژن، آرسنیک، کروم، متان ...

۲- اتلاف انرژی:

آمار بانک جهانی نشان می دهد که سالیانه ۱۱۰ میلیارد متر مکعب از گازهای طبیعی در فلرها سوزانده یا مستقیماً به محیط تخلیه می شود. این میزان گاز تلف شده می تواند نیاز سالیانه سوخت آمریکای مرکزی و جنوبی یا آلمان و ایتالیا را فراهم سازد. در شکل (۱) می توان سهم قسمتهای مختلف جهان را از گازهای فلر یا تخلیه شده به محیط بر اساس آمارهای مذکور را مشاهده نمود. بطور تقریبی سه کشور نیجریه با ۱۶٪، روسیه با ۱۱٫۵٪ و ایران با ۱۰٪ از لحاظ مقادیر گازهای سوزانده شده در فلر یا تخلیه شده به محیط، در میان کشورهای جهان دارای رتبه های اول تا سوم می باشند. سهم کشورهای در حال توسعه از کل گازهای فلر شده در جهان بیش از ۸۵ درصد می باشد و دلیل این موضوع این است که این کشورها عمده ترین تولید کنندگان نفت و گاز جهان برای صادرات می باشند. با توجه به ارزش و اهمیت انرژی برای جامعه بشری می -

³ -Flare

توان استنباط کرد که تلفات انرژی در فلر از لحاظ اقتصادی بسیار حائز اهمیت است و کنترل و کاستن این تلفات می تواند منجر به کاهش نشر گازهای گلخانه ای و گرمایش زمین گردد. [۲]



شکل (۱) سهم قسمتهای مختلف جهان از گازهای فلر یا تخلیه شده به محیط [۲]

۳- انرژی آزاد شده از فلر:

مقدار انرژی که از طریق فلر آزاد شده یا تلف می شود وابسته به دبی جریان گاز و ارزش حرارتی گازهایی که به سمت فلر می آیند با استفاده از رابطه (۱) قابل محاسبه است [۳].

$$E = H \times q$$

E ≡ جریان انرژی (۱)

H ≡ ارزش حرارتی

q ≡ جریان جرمی یا حجمی

موازنه انرژی و ماکزیمم دمای شعله حاصل از احتراق گازها در فلر به عوامل زیر وابسته است:

ترکیب گاز به ویژه غلظت گازهای قابل اشتعال متان و هیدروژن، کامل بودن احتراق، مقدار هوا، میزان اتلاف انرژی (تشنشعی یا همرفتی)

ماکزیمم دمای شعله $T_{AF}(K)$ ممکن است با فرض اینکه تمام سوخت بطور کامل سوخته و هیچگونه اتلاف انرژی وجود نداشته باشد محاسبه می گردد. برای این منظور باید از موازنه انرژی برای فلر استفاده گردد. اگر فلر با ترکیب ورودی مشخص از گاز سیستمی برای موازنه انرژی در نظر گرفته شود، یک موازنه انرژی ساده برای این سیستم به صورت رابطه (۲) می باشد.

$$\dot{m}_F H_F = \dot{m} C_p (T_{A_F} - T_o) \quad (2)$$

$$\dot{m}_F = \left(\frac{kg}{s} \right) \quad \text{دبی جرمی سوخت}$$

$$\dot{m} = \left(\frac{kg}{s} \right) \quad \text{دبی کلی گاز و هوای احتراق}$$

$$H_F = \quad \text{ارزش حرارتی سوخت}$$

$$C_p = \left(\frac{kg}{kgk} \right) \quad \text{گرمای ویژه محصولات احتراق}$$

$$T_{A_F} = (K) \quad \text{حداکثر دمای شعله}$$

$$T_o = (K) \quad \text{دمای محیط}$$

برای ساده سازی محاسبات، گاز سوختنی و هوای احتراق در دمای محیط فرض می‌شوند، و گرمای ویژه محصولات احتراق مستقل از دما در نظر گرفته می‌شود. [۴]

۴- بررسی فرایند احتراق و آثار زیست محیطی ناشی از فلر:

فلرهای فعال در میادین نفت و گاز و یا موجود در عملیات پالایش بطور مستقیم تولید گاز گلخانه ای کرده که گرم شدن زمین نتیجه بدون شک آن می باشد. گازهای ارسالی به فلر در شرایط مختلف عملکرد آن باعث نشر گازهای مختلفی نظیر دوده، ترکیبات آلی فرار نسوخته منو اکسید کربن، گازهای اکسید نیتروژن، دی اکسید گوگرد و مرکاپتان ها می شوند.

نشر گازهای مذکور سلامت انسان هایی که در محیط اطراف مشغول به کار هستند را به مخاطره می اندازد. سر و صدا، گرما، نور و ارتعاش از جمله اثرات ناخوشایند عملیات فلر می باشد. به این دلایل آنالیز و آگاهی از میزان و نوع گازهای خروجی از فلرها و منتشره به محیط از اهمیت بسیار بالایی برخوردار می باشد. در اینجا با بهره گیری از شبیه ساز HYSYS و مدل نمودن سه فلر در میادین پارس جنوبی سعی بر ارائه راهکاری برای آگاهی از خروجی فرایند احتراق در فلر و عوامل تاثیر گذار بر آن شده است. چون در نرم افزار HYSYS دستگاه فلر تعریف نشده است به همین دلیل جهت انجام واکنش های احتراق در فلر از راکتورهای تبدیلی^۴ استفاده می شود. [۵]

۴-۱ فرایند احتراق:

اگر احتراق در فلر کامل باشد فقط بخارات آب، دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد به عنوان محصولات احتراق خارج خواهند شد. در احتراق کامل اتمهای اکسیژن و مولکولهای سوخت به طور شیمیایی واکنش می

⁴- Conversion Reactor

دهند(اکسید می شوند). به طور واضح این زمانی است که اکسیژن کافی برای سوختن تمام واکنش دهنده های احتراق پذیر در جریان سوخت موجودباشد.

برای اطمینان از احتراق کامل سوخت ، فرایند احتراق در سطح های بالاتری از اکسیژن مورد نیاز جهت سوختن تئوری سوخت مطابق ضرایب استوکیومتری انجام می شود. این مقدار اضافی، اکسیژن اضافی، یا چون هوا استفاده می شود، هوای اضافی^۵ نامیده می شود . [۶]

اما واقعیت اینست که کنترل احتراق گازها در نوک فلر امکان پذیر نبوده، از اینرو غیر از ترکیب مذکور گازهای دیگری نیز تولید میشوند. در احتراق ناقص قسمتی از اجزا آلی فرار، بدون تغییر از فلر خارج گردیده و یا تبدیل به ترکیبات آلی دیگری می گردد. کامل بودن احتراق را عواملی نظیر دمای شعله، زمان اقامت در منطقه احتراق، شدت اختلاط اجزا جریان گاز و میزان اکسیژن موجود در احتراق تعیین می کند. دوده ، هیدروکربن های نسوخته نظیر منوکسید کربن، اکسید های نیتروژن، اکسیدهای گوگرد، سولفید هیدروژن و مرکابتان ها گازهای انتشار یافته حاصل از احتراق در فلر می باشند. میزان کمی نثر این گازها تابع راندمان احتراق فلر و راندمان فلر نیز وابستگی شدیدی به میزان اختلاط سوخت و هوا و همچنین دمای شعله دارد. راندمان فلر به عنوان یک شاخص فرایندی، عبارتست از نسبت هیدروکربن های سوخته شده در احتراق به کل جریان هیدروکربن های ارسالی به فلر. اگر تامین میزان اکسیژن برای احتراق با کمبود مواجه گردیده و یا ذرات کربن شرکت کننده در احتراق تا دمای پایین تر از اشتعال خنک شوند فلر دود غلیظی را به محیط آزاد می کند. بنابراین بسیار اهمیت دارد که دمای نقطه احتراق در مقدار واقعی آن نگه داشته شود.

از موارد یاد شده، و با در نظر گرفتن کمبود اطلاعات از میزان کامل بودن احتراق در فلر ها به سبب عدم آگاهی از میزان اکسیژن موجود در شعله جهت احتراق، دمای شعله و به دنبال آن درصد تبدیل واکنش احتراق کامل یا ناقص بررسی و آنالیز گاز های خروجی به عنوان تابعی از درصد تبدیل واکنش کامل و میزان هوای موجود ضروری می باشد.

۵ - نتایج اتلاف انرژی سه فلر در میادین پارس جنوبی:

۵-۱ فلر فشار بالا

سیستم فلر فشار بالا به منظور جمع آوری کلیه گازهای قابل احتراق و مایعاتی که در شرایط اضطراری تخلیه می شوند، عملکرد بد تجهیزات، راه اندازی و از سرویس خارج کردن، گازهای حاصل از عملیات احیا برجها، برای ارسال آنها به یک محل جهت احتراق ایمن یا فرستادن مجدد آنها به فرایند، جهت جلوگیری از آزاد شدن آنها به اتمسفر طراحی شده است. جهت تحلیل و بررسی این فلراگاهی از دبی و ترکیب گاز ورودی به فلر ضروری می باشد. برای این منظور باید در هدر اصلی جریان گازهای ارسالی به فلر از دبی سنج و آنالیزور گاز استفاده شود ولی این امر در این مقطع زمانی انجام نمی گردید، چون گازهایی که جهت سوختن در فلر استفاده می شوند از قسمت- های مختلف واحد بوده و هیچگونه اطلاعات دقیق نسبت به مقدار و ترکیبات گازها در دست نیست. مشخصات گاز (دبی، ترکیب) فلرینگ، حاصل از موازنه جرم در یک روز از ماه مرداد سال ۱۳۸۷ در جدول (۲) آمده است.

⁵- Excess Air

جدول (۲) - مشخصات گازورودی فلرفشار بالا

Quantity	MW (kg / kmol)	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Gas Composition (mol-%)	
۴۷۸۹۷ (kg / h) ۲۱۹۵ (kg mole / h)	۲۲.۳۲	۴۲	۱.۱۲۹	C ₃ H ₈	۱
				H ₂ O	۰.۰
				C ₄ H ₁₀	۰.۷۲
				CO ₂	۱۰.۴
				CO	۰.۰
				N ₂	۱۳.۸
				CH ₄	۶۹.۵
				C ₂ H ₆	۴.۵
				H ₂	۰.۰
				SO ₂	۰.۰
				H ₂ S	۰.۰۲۸۴

۱-۱-۵ محاسبه ارزش حرارتی :

$$H = \sum x_i H_i = 30350 \frac{kJ}{kg}$$

۲-۱-۵ محاسبه انرژی آزاد شده به محیط :

$$E = H \times q = 1.453674 \times 10^9 \frac{kJ}{h}$$

۳-۱-۵ محاسبه ماکزیمم دمای شعله:

$$\dot{m}_F H_F = \dot{m} C_p (T_{A_F} - T_o)$$

$$\dot{m} = 897424$$

$$T_{A_F} = 1935^\circ k$$

۴-۱-۵ برآورد بهای سوخت تلف شده در نتیجه ارسال به فلر:

با توجه به قیمت گاز طبیعی در معاملات روز سه شنبه بیست و هشتم اذر ۱۳۸۷ (نوزدهم دسامبر ۲۰۰۸)

برای هر میلیون Btu گاز طبیعی (از نظر ارزش حرارتی) حدود هفت دلار، بهای انرژی تلف شده در یک سال برای

فلر مذکور به صورت زیر تخمین زده می شود.

$$1.45 \times 10^9 \text{ kJ/h} \times (0.95 \text{ Btu/kJ}) \times (8760 \text{ h/yr}) \times (7\$/10^6 \text{ Btu}) = 844468300 \text{ \$/yr}$$

بنابراین سالانه معادل ۸۴ میلیون دلار (۸۷ میلیارد تومان) از طریق هدر رفت گاز در این فلر از دست داده شده

است. [۵]

۲-۵ فلر گاز ترش:

فلر گاز ترش برای اطمینان از سوختن گاز ترش که از کندانس درام مربوط به برج احیاء MDEA (متیل دی اتانول آمین)، خارج می‌گردد، تدارک دیده شده است. مشخصات گاز ورودی به این فلر در جدول (۳) آمده است.

جدول (۳) مشخصات ورودی فلر گاز ترش

Quantity	MW (kg / kmo)	Temperature (°C)	Pressure (bar)	LHV Kj/kg	Gas Composition (mol-%)	
۳۹۱۲۷ (kg / h)	۴۲.۳	۴۲	۱.۵	۳۲۱	CO ₂	۹۳.۱
					H ₂ O	۶
۹۲۵ (mole / h)					C ₂ H ₆	۰.۹
					C ₃ H ₈	۰.۰۱
					H ₂ S	۰.۰۳
					SO ₂	۰.۰
					N ₂	۰.۰

۳-۵ فلر تانک فشار پایین:

به منظور سوختن گازهایی که ممکن است از تانک ذخیره بوتان و پروپان سرد، در صورت عملکرد نادرست یا شرایط غیر نرمال آزاد شود، تانک فلر نصب شده است. بر این اساس مشخصات گاز ورودی به فلر، استخراج شده از داده‌های مربوط به این فلر در جدول (۴) آمده است.

جدول (۴) - مشخصات ورودی فلر تانک

Quantity	MW kg / kmol	Temperature (°C)	Pressure (bar)	LHV Kj/kg	Gas Composition (mol-%)	
۱۲۴۰۰ (kg / h)	۵۰.۳	-۲۰	۱.۱۲۴	۴۵۹۷۵	C ₃ H ₈	۵۲.۲
۲۴۶.۵ (kgmole / h)					C ₄ H ₁₀	۴۷.۸

نتایج محاسبات حاصل برای سه فلر یاد شده در جدول (۵) آمده است:

جدول (۵) - نتایج محاسبات برای سه فلر

فلر	ارزش حرارتی گاز فلرینگ (کیلو ژول بر کیلو گرم)	انرژی آزاد شده به محیط (کیلو ژول بر ساعت)	ماکزیمم دمای شعله (درجه کلوین)	بهای انرژی تلف شده در یک سال (دلار/تومان)
فشار بالا (HP)	۳۰۳۵۰	$۱,۴۵۴ \times ۱۰^۹$	۱۹۳۵	۸۴ میلیون (۸۷ میلیارد)
تانک فلر	۴۵۹۷۵	۵۷۰×۱۰^۶	۱۹۶۸	۳۳ میلیون (۳,۴ میلیارد)
فلر گاز ترش	۳۲۱	۱۲.۵×۱۰^۶	۶۴۲	۰,۷۳ میلیون (۷۵۳ میلیون)

۲-۶ بررسی نتایج حاصل از شبیه سازی فرایند احتراق و آنالیز گازهای خروجی در فلر

فشار بالا:

اجزای اصلی سیستم فلر در شبیه ساز عبارتند از:

جریان خوراک به فلر (سوخت)، دستگاه فلر، جریان هوا، جریان گاز خروجی از فلر

۱-۲-۶ جریان خوراک به فلر (سوخت):

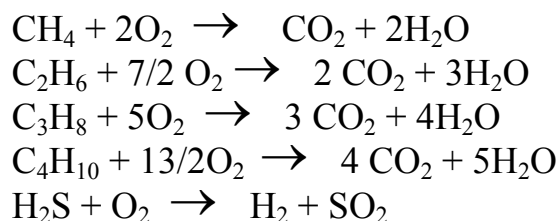
مشخصات این جریان در جدول (۲) آمده است.

۲-۲-۶ فلر:

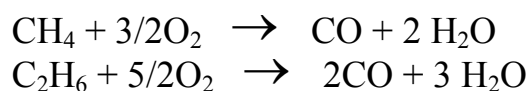
همانطور که اشاره شد برای دستگاه فلر از راکتور تبدیلی استفاده شده است. با توجه به مشخصات گاز ورودی

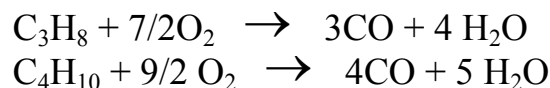
دو دسته واکنش اعم از واکنش احتراق کامل و ناقص که در زیر آورده شده است در این دستگاه وارد شده است.

واکنشهای کامل عبارتند از:



و واکنشهای ناقص عبارتند از:





درصد تبدیل بر اساس واکنشهای کامل برای پنج حالت ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۱۰۰ در نظر گرفته شده است.

۳-۲-۶ جریان هوا:

از جریان هوا با ۷۸،۷ درصد وزنی نیتروژن و ۲۱،۲ درصد وزنی اکسیژن در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد و فشار ۱ اتمسفر استفاده گردیده است. برای کلیه حالاتی که درصد تبدیل واکنش کامل تغییر گردیده است هوای لازم مطابق با بازده ۹۸ درصد و استوکیومتری واکنش های کامل و ناقص در نظر گرفته شده است. چون راندمان فلر وابستگی شدیدی با دمای شعله دارد و دمای شعله نیز تابعی از میزان اختلاط سوخت و هوا است دمای شعله برای مقادیر مختلفی که با کمبود یا هوای اضافی مواجه هستیم مورد بررسی قرار گرفته است.

۴-۲-۶ جریان گاز خروجی از فلر:

این جریان که نتایج احتراق حاصل از فلر را نشان می دهد مهمترین قسمت شبیه سازی بوده و اطلاعات مربوط به نوع، درصد و میزان گازهای خروجی حاصل از احتراق را ارائه می دهد. همانطور که اشاره گردید مشخصات این گازها برای درصدهای تبدیل مختلف واکنشهای کامل به دست آمده است. جدول (۷) مشخصات جریان گاز های خروجی را برای راندمان ۹۸ درصد، ۱۰۰ درصد تبدیل برای واکنشهای کامل و جدول (۸) برای درصد تبدیل ۶۰ درصد نشان می دهد.

جدول (۷) مشخصات جریان گاز های خروجی راندمان ۹۸ درصد، ۱۰۰ درصد تبدیل

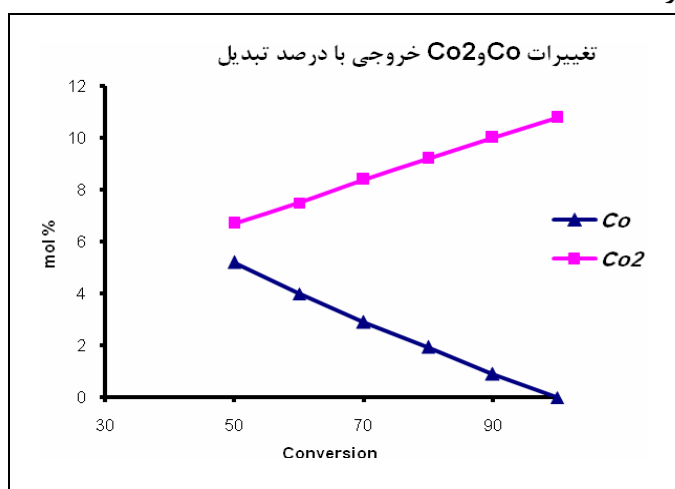
Quantity	MW (kg / kmol)	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Gas Composition (mol-%)	
۵۲۸۰۰۰ (kg / h)	۲۷،۹	۱۹۸۴	۱،۰۱۳	C ₃ H ₈	۰،۰۰۲۸
				H ₂ O	۱۸،۵
				C ₄ H ₁₀	۰،۰۰۱۹
				CO ₂	۱۰،۷
				CO	۰،۰
				N ₂	۷۰،۸
				CH ₄	۰،۱۸۶
				C ₂ H ₆	۰،۰۱۲
				H ₂	۰،۰۰۳۲
				SO ₂	۰،۰۰۳۲
				H ₂ S	۰،۰۰۰۱
۱۸۹۲۰۰ (kg mole / h)					

جدول (۸)- مشخصات جریان گاز های خروجی برای درصد تبدیل ۶۰

Quantity	MW (kg / kmol)	Temperature (°C)	Pressure (bar)	Gas Composition (mol-%)	
				Component	mol-%
۴۴۹۱۰ (kg / h) ۱۶۵۳۰ (kg mole / h)	۲۷۰۱۷	۱۸۴۳	۱۰۰۱۳	C ₃ H ₈	۰،۰۱۱۵
				H ₂ O	۱۹،۴
				C ₄ H ₁₀	۰،۰۰۸۳
				CO ₂	۷،۴
				CO	۴،۲
				N ₂	۶۸
				CH ₄	۰،۸
				C ₂ H ₆	۰،۰۵
				H ₂	۰،۰۰۰۴
				SO ₂	۰،۰۰۰۴
H ₂ S	۰،۰۰۳۴				

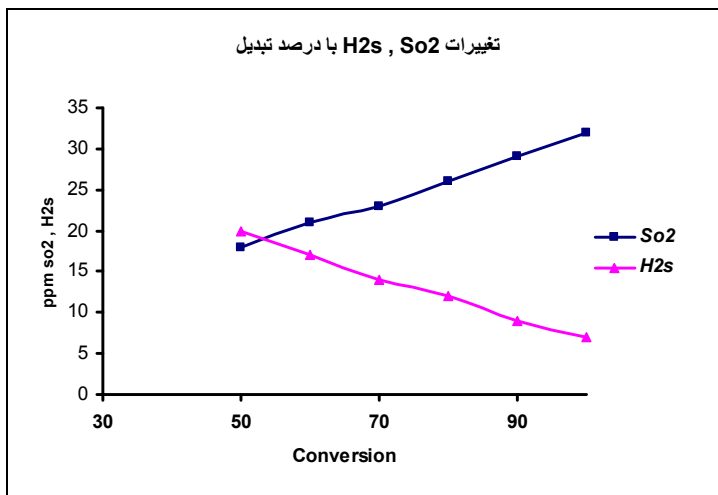
• تابعیت گازهای خروجی با میزان کامل بودن احتراق:

ترکیب و مقدار گازهای خروجی (CO₂، CO، H₂S و SO₂) به عنوان تابعی از درصد تبدیل واکنشهای احتراق در نمودارهای (۱) و (۲) آمده است. نمودار (۱) اهمیت کامل بودن واکنشهای احتراق را در کاهش انتشار میزان گاز CO در محیط روشن می سازد.



نمودار (۱)

نمودار (۲) کاهش میزان انتشار گاز H_2S با درصد کامل بودن واکنشهای احتراق را نشان می دهد. باید توجه داشت که با کاهش میزان گاز H_2S در اثر نزدیک شدن به احتراق کامل ناچاراً میزان انتشار گاز SO_2 در هوا افزایش می یابد. با توجه به خطرات زیانبار این دو گاز ضروری است، جهت کاهش میزان فلرینگ این گازها و انتشار آن به هوا راهکارهای مناسب اتخاذ گردد.

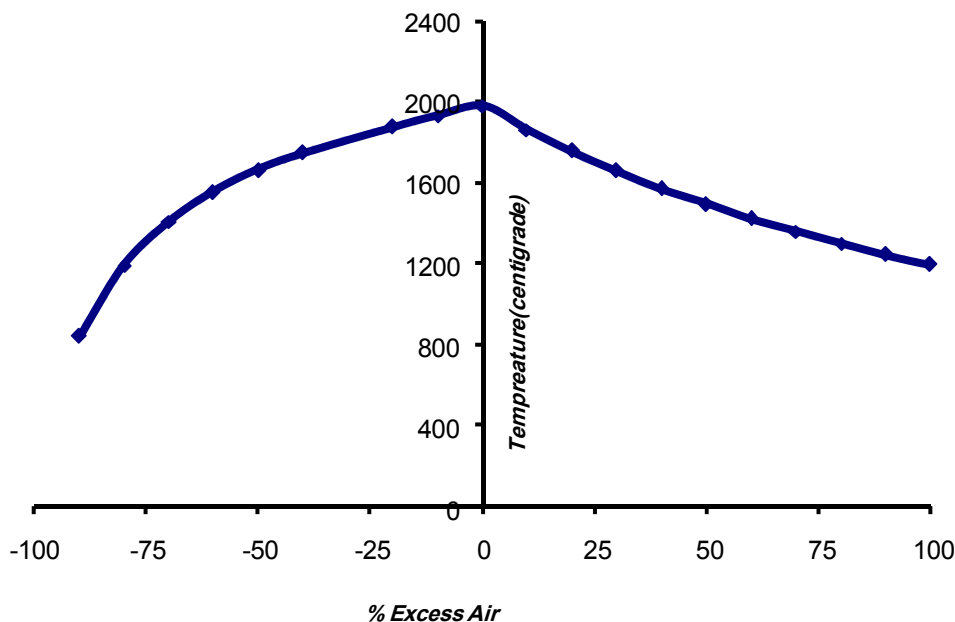


نمودار (۲)

• **تابعیت دمای شعله با میزان هوا:**

نمودار (۳) ارتباط دمای شعله با میزان اکسیژن موجود جهت احتراق را نشان می دهد.

تغییرات دمای شعله فلر فشار بالا با میزان هوا



نمودار (۳)

با توجه به نمودار فوق و اهمیت دمای شعله در راندمان فلر ها شایسته است که میزان اکسیژن مطابق با استوکیومتری واکنشهای احتراق در دسترس باشد که تامین این شرایط کار آسانی به نظر نمی رسد.

۷- نتیجه گیری:

- ۱- با توجه به جدول (۵) میزان اتلاف انرژی ، از طریق فلر ها حجم عظیمی را در بر گرفته و در این زمینه باید فکر اساسی جهت بازیافت، به کارگیری دوباره و کاهش گازهای فلرینگ انجام گیرد.
- ۲- با توجه به آثار مخرب زیست محیطی گازهای حاصل از احتراق در فلر، عوامل موثر نظیر اکسیژن اضافی، بخار آب، دمای شعله و غیره باید به گونه ای در نظر گرفته شود تا به احتراق کامل در فلر نزدیک شده و از میزان آلاینده‌گی ها کاسته شود.

منابع:

- 1- Shahini, M. 2007. Flare gas management, 1nd edition
- 2- Danmarks naturfredningsforening (DN) and South Durban Community Environmental Alliance(SDCEA). 2004. Flaring at oil refineries in south Durban and Denmark.
Website: www.dn.dk, <http://www.h-net.org/~esati/sdcea/images.html>
- 3- Mitchell, R. , Balzer, B. , Kizer, P. 2006. Energy metering at the flow measurement station, 918-338-4888 (Telephone), paul.kizer@us.abb.com
- 4- Rio House, Waterside Drive, Aztec West, Almondsbury, Bristol BS32 4UD. Environment agency. 2002. Guidance on landfill gas flaring
www.environment-agency.gov.uk
- 5- Hysys V3.2 [Build 5029] copyright@1995-2003 Aspen Technology Inc
- 6- <http://www.BourseNegar.com/>
- 7- David Hailey Ph.D. Flare gas measurement and recovery of fuel feed gas wit residual Oxygen calorimetry. Product Manager Cosa Instrument, 7125 North Loop East Houston, TX 77028