



## بررسی نقش واحدهای پاکسازی گاز پسماند در کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی به

### کمک شبیه‌سازی

حمید رضا مهدی پور

پژوهشگاه صنعت نفت

سیده هاجر یوسفیان

پژوهنده پژوهشگاه صنعت نفت

حامد نادری

پژوهنده پژوهشگاه صنعت نفت

محمود بیات

عضو هیئت علمی وزارت علوم، تحقیقات و فن آوری و رئیس پژوهشکده مهندسی توسعه و فناوری تجهیزات

هومن جواهری زاده

عضو هیئت علمی وزارت علوم، تحقیقات و فن آوری

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۱۴

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۲۲

### چکیده

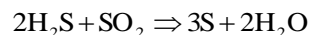
به منظور جلوگیری از آلودگی محیط زیست و همچنین تولید گوگرد، گازهای اسیدی خروجی از پالایشگاه‌های نفت و گاز در واحد بازیافت گوگرد تبدیل به گوگرد می‌گردد. اما میزان تبدیل این گازهای آلوده‌کننده به گوگرد به سختی از ۹۷ درصد تجاوز می‌کند که این امر منجر به افزایش بیش از حد گاز دی اکسید گوگرد ارسالی به مشعل و در نتیجه آلودگی بسیار بالا در اطراف پالایشگاه‌ها می‌گردد. از این رو، با سختگیرانه‌تر شدن قوانین زیست‌محیطی، لازم است برای بالا بردن راندمان چاره‌ای اندیشیده شود. واحدهای پاکسازی گاز پسماند با حذف بخش عمده‌ای از گاز اسیدی باقیمانده خروجی از واحد بازیافت گوگرد، امکان دستیابی به راندمان کلی بالای ۹۹ درصد را فراهم می‌نمایند. در این مقاله فناوری‌های مطرح پاکسازی گاز پسماند مورد بررسی قرار می‌گیرد. همچنین به کمک نتایج حاصله از شبیه‌سازی با استفاده از شبیه‌ساز Promax، نقش در نظر گرفتن یک واحد پاکسازی گاز پسماند در کاهش آلاینده‌های زیست‌محیطی بررسی خواهد گردید.

واژه‌های کلیدی: بازیافت گوگرد، پاکسازی گاز پسماند، شبیه‌سازی



(۲)

حدود ۶۰ درصد از  $\text{SO}_2$  حاصل از واکنش ۲، طبق واکنش زیر با گاز  $\text{H}_2\text{S}$  واکنش داده و به گوگرد عنصری تبدیل می‌گردد.

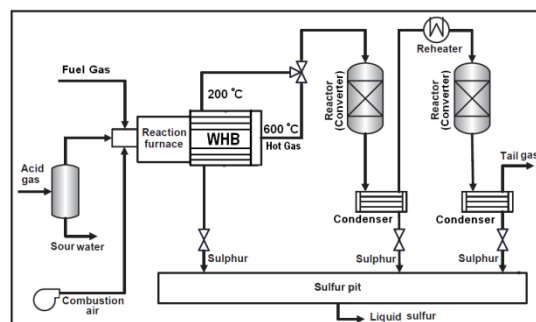


(۳)

پس از کوره واکنشی، دیگ بخار WHB قرار دارد که با سرمایه‌های محصولات گازی حرارت را بازیافت می‌نماید (Nasato et al. 1994) و گوگرد تولید شده در کوره را پس از میعان از جریان گاز جدا می‌کند. گاز خنک خروجی از WHB پس از گرم شدن در بازگرمکن، به مرحله دوم که کاتالیستی است وارد می‌شود. در این مرحله  $\text{SO}_2$  و  $\text{H}_2\text{S}$  واکنش نداده در مجاورت کاتالیست آلومینا در راکتور بستر ثابت طبق رابطه ۳ واکنش می‌دهند و تبدیل به گوگرد عنصری و آب می‌گردد (Elsner et al. 1994). دستیابی به درصد تبدیل بالا برای واکنش گرمازا و تعادلی فوق مستلزم عملیات در دمای پایین است، اما اگر دما پایین باشد سرعت واکنش نیز کاهش می‌یابد. بنابراین استفاده از کاتالیست ضروری است. حتی با این شرایط، دستیابی به بازده بالا احتیاج به واکنش چند مرحله‌ای با سردسازی میانی و چگالش دارد (Elsner et al. 1994).

جهت دستیابی به حداکثر تبدیل در راکتورهای کاتالیستی، گوگرد تشکیل شده در مراحل مختلف فرآیند کلاوس تبدیل به مایع شده و بازیابی می‌گردد. گوگرد بازیابی نشده، به شکل عنصری یا به شکل ترکیبات  $\text{H}_2\text{S}$ ،  $\text{COS}$  و  $\text{CS}_2$  در زباله سوز گاز پسماند<sup>۲</sup> می‌سوزد و به  $\text{SO}_2$  تبدیل و به اتمسفر ارسال می‌گردد (Nasato et al. 1994).

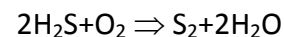
فرآیند کلاوس در حال تبدیل شدن به پرمصرف‌ترین فن‌آوری تبدیل سولفید هیدروژن به گوگرد عنصری است (ZareNezhad, 2009). وظیفه این فرآیند تولید گوگرد عنصری از سولفید هیدروژن و یا به صورت کلی‌تر از محصول جانبی فرآیندهای شیرین‌سازی گاز در پالایشگاه‌ها و یا مجتمع‌های شیمیایی و سیستم‌های فرآورش گاز است (Signor et al. 2010). فرآیند کلاوس شامل یک کوره واکنش، یک دیگ بخار بازیافت حرارت<sup>۱</sup> (WHB) و یک سری تبدیل‌کننده کاتالیستی و کندانسور می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱- فرآیند کلاوس

واکنش‌های بی‌شماری در کوره واکنش رخ می‌دهد که پژوهشگران مختلف مهمترین آنها را ذکر کرده‌اند (Clark et al. 2001; Hawboldt et al. 1999; Monnery et al. 2001).

واکنش کلی فرآیند کلاوس به صورت زیر است:



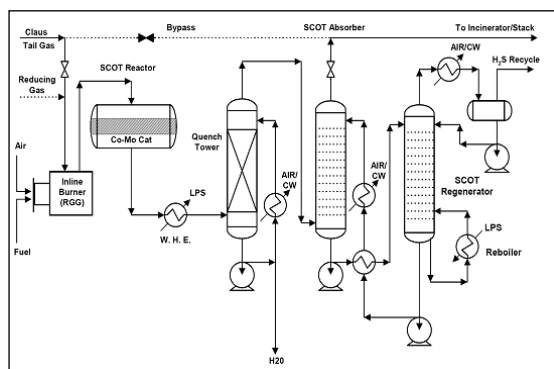
(۱)

در گام نخست، یک سوم سولفید هیدروژن ورودی به کوره‌ای که در ابتدای فرآیند قرار دارد به  $\text{SO}_2$  اکسید می‌شود. واکنش اصلی اکسیداسیون به صورت زیر است:

<sup>2</sup> Tail gas incinerator

<sup>1</sup> Waste heat boiler

آمین (روش SCOT) را نشان می‌دهد (Nadhir et al. 2001; Van den Braud et al. 2002).



شکل ۲- نمای شماتیک روش جذب با حلال آمین

### فرآیند سولفرین

فرآیند سولفرین مهم‌ترین فرآیند از فرآیندهای زیر نقطه شبنم گوگرد از نوع خشک می‌باشد. این فرآیند در سال ۱۹۶۸ توسط شرکت‌های Lurgi و SNPA ارائه و در سال ۱۹۷۰ اولین واحد آن با ظرفیت خوراک ۱۰۰۰ تن در روز راه‌اندازی شد. امروزه بیش از ۵۰ واحد صنعتی با این فرآیند در سراسر دنیا در حال کار می‌باشد و بالاترین ظرفیت موجود آن در حدود ۲۲۰۰ تن در روز است. کاتالیست مورد استفاده در آن، ابتدا کربن فعال بود که به تدریج آلومینای فعال جایگزین آن گردید. در این فرآیند،  $H_2S$  و  $SO_2$  موجود در گاز پسماند در دمای زیر دمای شبنم گوگرد و در بسترهای کاتالیستی به گوگرد تبدیل می‌شوند. آلومینای فعال، هم نقش کاتالیست و هم جاذب را ایفا می‌کند. علت انتخاب آلومینا به دلیل ظرفیت بالای جذب گوگرد و سهولت دفع گوگرد جذب شده است. در دو راکتور سولفرین به تناوب عملیات جذب و احیاء انجام می‌شود. زمان تغییر از یک بستر به بستر دیگر<sup>۸</sup> متناسب با ظرفیت نگاهداشت گوگرد توسط کاتالیست تنظیم می‌گردد. بعد از جذب کامل گوگرد توسط کاتالیست در بستر جذب، این بستر به بستر دفع تغییر نقش می‌دهد. در بستر دفع، گاز گرم بی‌اثر توسط

<sup>۸</sup> Switching

برای افزایش بازبافت و کاهش آلودگی زیست‌محیطی، از فرآیندهای تصفیه گاز پسماند قبل از زباله‌سوز استفاده می‌شود (Nasato et al. 1994). در این مرحله، تلاش می‌شود تا گاز خروجی از کلاوس تحت فرآوری بیشتری قرار گیرد و تا حد ممکن ترکیبات گوگردی آن گرفته شود. فرآیندهای متعددی برای پاکسازی گاز پسماند ارایه و مورد استفاده قرار گرفته‌است. از جمله مهم‌ترین این فرآیندها می‌توان به فرآیندهای جذب با حلال آمین (نظیر فرآیند SCOT تحت لیسانس شرکت Shell)، فرآیندهای زیر نقطه شبنم گوگرد از نوع خشک<sup>۳</sup> (نظیر فرآیند سولفرین<sup>۴</sup> تحت لیسانس شرکت Lurgi)، فرآیندهای زیر نقطه شبنم گوگرد از نوع مرطوب<sup>۵</sup> (نظیر فرآیند کلاوس پُل<sup>۶</sup> تحت لیسانس IFP) و فرآیندهای احیاء مایع<sup>۷</sup> (نظیر فرآیند سولفرین که در پژوهشگاه صنعت نفت بومی‌سازی شده‌است) اشاره کرد. از بین این روش‌ها، دو مورد اول دارای عمومیت بیشتری بوده و تعداد بیشتری از آن صنعتی شده است (هندبوک G.P.S.A.). در بخش بعدی با جزئیات بیشتری به معرفی هر یک از فرآیندهای فوق پرداخته خواهد شد.

### فرآیندهای پاکسازی گاز پسماند (TGT)

#### روش SCOT

در روش آمین، ترکیبات گوگردی خروجی واحد کلاوس در راکتور هیدروژناسیون به  $H_2S$  تبدیل و سپس با استفاده از حلال آمین در برج تماس‌دهنده جذب و پس از آن در برج عاری‌ساز، دفع و استحصال می‌گردد. جریان غنی از  $H_2S$  دوباره به ابتدای واحد کلاوس باز گردانده و تبدیل به گوگرد می‌شود. شکل ۲، نمایی شماتیک از روش جذب با حلال

<sup>۳</sup> Dry Subdewpoint Processes

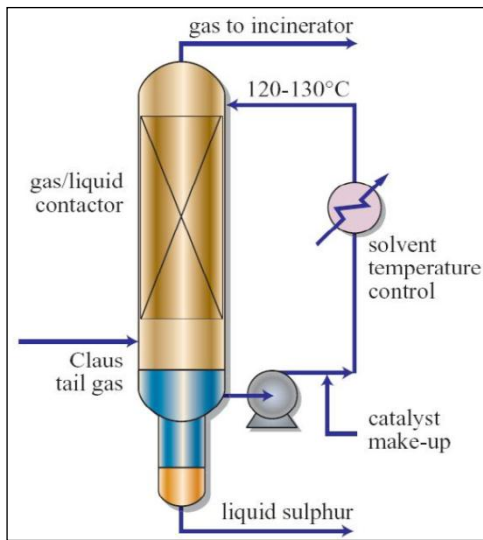
<sup>۴</sup> Sulfreen

<sup>۵</sup> Wet Subdewpoint Processes

<sup>۶</sup> Clauspol

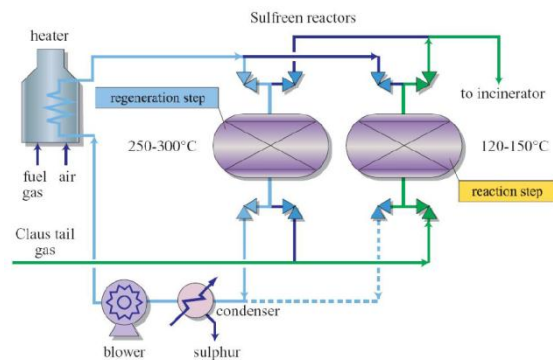
<sup>۷</sup> Liquid Redux

می‌شود و طبق واکنش ۳ و در حضور کاتالیست، گوگرد تشکیل می‌گردد و محصول گوگرد از انتهای برج خارج می‌شود. کاتالیست و محلول فاقد گوگرد نیز به ابتدای برج باز گردانده می‌شوند. در این فرآیند، برج با تزریق بخار در دمایی بالاتر از دمای جامد شدن، پایدار مانده تا بازده افزایش یابد. در مراجع بازده این روش بالای ۹۹/۳٪ ذکر شده است (Goar and Sames, 2001). روند شماتیک فرآیند کلاوس پُل در شکل ۴ نشان داده شده است.



شکل ۴- روند شماتیک فرآیند کلاوس پُل

دمنده وارد می‌شود و باعث تبخیر گوگردهای جذب شده و خروج آنها از راکتور به سمت کندانسور می‌گردد. بعد از تکمیل فرآیند دفع، دمای بستر کاهش یافته، این بار به عنوان بستر جذب در مسیر قرار می‌گیرد. متناوب بودن عملیات جذب و دفع در بسترهای سولفرین، از این فرآیند یک فرآیند نیمه‌پیوسته چرخه‌ای<sup>۹</sup> ساخته است. مهمترین مشکل محتمل این فرآیند مشکلات ناشی از نگاهداشت و تعمیر مکانیکی مربوط به دمنده فرآیند دفع و شیرهای تغییر بستر گاز است که با انتخاب مواد اولیه مناسب قابل کنترل است. عنوان شده است که بسته به  $\text{SO}_2$  و  $\text{H}_2\text{S}$  موجود در گاز پسماند، با استفاده از سولفرین می‌توان به بازده ۹۹٪ رسید. شکل ۳، نمایی شماتیک از فرآیند سولفرین را نشان می‌دهد (Willing and Lindner, 1994).



شکل ۳- نمای شماتیک فرآیند سولفرین

### فرآیند سولفرین

فرآیندهای احیاء مایع، امکان اکسیداسیون مستقیم  $\text{H}_2\text{S}$  را به گوگرد عنصری در دمای محیط، همراه با گزینش‌پذیری<sup>۱۰</sup> و میزان تبدیل<sup>۱۱</sup> نزدیک به ۱۰۰٪ فراهم می‌کنند. فرآیندهای احیاء معمولاً دارای انعطاف‌پذیری بالایی بوده و می‌توانند جهت فرآوری خوراک‌هایی متنوع، از گازهای با مقادیر بالای  $\text{H}_2\text{S}$  تا گازهای با مقادیر کم  $\text{H}_2\text{S}$

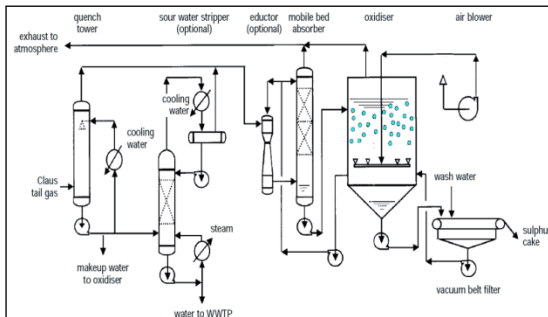
<sup>10</sup> Selectivity

<sup>11</sup> Conversion

### فرآیند کلاوس پُل

در فرآیندهای زیر نقطه شبنم گوگرد از نوع مرطوب نظیر کلاوس پُل (Barrère-Tricca, 2001)، خروجی کلاوس در راکتور کاتالیستی و تحت واکنش، به طور مستقیم به گوگرد تبدیل می‌شود. در این روش، گاز پسماند در یک برج آکنده کاتالیستی، در تماس ناهمسو با جریان حلال/کاتالیست قرار می‌گیرد.  $\text{SO}_2$  و  $\text{H}_2\text{S}$  جذب فاز مایع

<sup>9</sup> Cyclic



شکل ۵- چیدمان یک واحد احیاء مایع نمونه

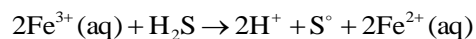
مطالعات انجام شده نشان می‌دهد فرآیند آمین بالاترین میزان بازده را بین فرآیندهای موجود دارا می‌باشد و قادر است میزان بازیافت را تا حدود ۹۹/۵٪ افزایش دهد. علاوه بر این، مشکلات زیست‌محیطی ناشی از تخلیه  $H_2S$  در جو را نیز کاملاً حذف می‌کند. بدین سبب در مطالعه حاضر به کمک شبیه‌ساز مناسب به بررسی این فرآیند پرداخته خواهد شد. به‌منظور شبیه‌سازی واحد آمین می‌توان از شبیه‌سازهایی همچون Aspen، Protreat و Promax استفاده کرد. شبیه‌سازی‌های انجام شده با نرم افزار Promax نتایج خوبی را در مورد این واحد ارائه کرده است. نرم افزار Promax در سال ۱۹۷۴ توسط شرکت BR&E<sup>۱۲</sup> برای شبیه‌سازی واحد تولید گوگرد توسعه یافته است. این نرم افزار آخرین ویرایش تحت ویندوز این کمپانی است که محیط گرافیکی تحت نرم‌افزار Visio دارد (کتابچه راهنمای نرم‌افزار Promax<sup>۱۳</sup>).

### شبیه‌سازی یک واحد نمونه صنعتی پاک‌سازی گاز

#### پسماند (TGT)

در این بخش به بررسی یک واحد نمونه پاک‌سازی گاز پسماند به روش SCOT پرداخت خواهد شد. فرآیند SCOT

مورد استفاده قرار گیرند. از جمله محدودیت‌های فرآیند احیاء مایع، هزینه‌های نسبتاً بالای مواد شیمیایی، کیفیت محصول گوگرد (خلوص گوگرد در آن کمتر از گوگرد حاصل از فرآیند کلاوس است) و در بعضی موارد عدم امکان تصفیه مستقیم گازهای فشار بالا می‌باشد (Le Strat, 2006). فرآیند بومی سولفیران بر پایه حذف انتخابی سولفید هیدروژن از مخلوط گازی و تبدیل آن به گوگرد عنصری بنا شده است و بدین صورت عمل می‌کند که محلول کاتالیست کیلات آهن پس از تماس با گاز، سولفید هیدروژن را مستقیماً به گوگرد تبدیل می‌نماید:



(۴)

کاتالیست کیلات آهن باید طوری ساخته شود که در شرایط محیطی مختلف و در محدوده‌های فشاری متنوع مقاوم باشد، محصولات فرعی تولید نکند و در نتیجه در شرایط عملیاتی پایدار باشد. به‌طور کلی این فرآیند برای شیرین‌سازی حجم‌های کم گاز مقرون به صرفه‌تر از فرآیندهای آمین است. همچنین در حذف گوگرد از حجم‌های نسبتاً زیاد گاز و مقادیر گوگرد نسبتاً کم (کمتر از پانزده تن در روز) هزینه این فرآیند کمتر خواهد بود. در مواردی که نسبت دی‌اکسید کربن به سولفید هیدروژن بالا باشد هم از این فرآیند برای حذف سولفید هیدروژن و تولید گاز غنی از دی‌اکسید کربن استفاده می‌گردد (خالد فرصت، ۱۳۸۹). شکل ۵، چیدمان یک واحد احیاء مایع نمونه را نشان می‌دهد (Nagi, 1997).

<sup>12</sup> Bryan Research and Engineering

<sup>13</sup> User Manual Promax Software

Molar Flow	55.84 Kmol/h
Composition (molar)	
H <sub>2</sub> S	97.9
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.35
H <sub>2</sub> O	1.75
NH <sub>3</sub>	0

جدول ۲- مشخصات خوراک گاز ترش ورودی به یک واحد متداول کلاوس پالایشگاهی

Property	Value
Temperature	90 °C
Pressure	1.8 bara
Molar Flow	3.22 Kmole/h
Composition (molar)	
H <sub>2</sub> S	56.53
CO <sub>2</sub>	0.03
H <sub>2</sub> O	21.79
NH <sub>3</sub>	21.65

نتایج حاصل از شبیه‌سازی واحد کلاوس با مشخصات ذکر شده، استحصال گوگردی به میزان ۴۲/۲۹ تن در روز را نشان می‌دهد. به این ترتیب، میزان بازیافت کلی گوگرد برای این واحد SRU برابر با ۹۷/۲۸ درصد خواهد بود. مشخصات گاز پسماند خروجی از این واحد در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳- مشخصات گاز پسماند خروجی از واحد کلاوس

توسط شرکت Shell توسعه یافت و همانگونه که در بخش قبل عنوان گردید، برای بهبود بازده بازیابی گوگرد در SRU مورد استفاده قرار گرفت. مطابق شکل ۲، جریان گاز پسماند خروجی از واحد کلاوس وارد راکتور هیدروژناسیون می‌شود که در آن تمام ترکیبات گوگردی، شامل COS، CS<sub>2</sub> و SO<sub>2</sub> به H<sub>2</sub>S احیاء می‌گردد. این جریان پس از کاهش دما در مبدل و برج خنک‌کننده، وارد برج جذب آمین می‌شود. جریان غنی از H<sub>2</sub>S از پایین این برج وارد برج احیاء می‌گردد. جریان آمین رقیق خروجی از پایین برج عاری‌ساز، مجدداً به برج جذب بازگردانده می‌شود و جریان بالایی که حاوی H<sub>2</sub>S بالایی است، به ابتدای SRU برمی‌گردد. در نهایت، گاز خروجی یا Off gas فرآیند SCOT که H<sub>2</sub>S ناچیزی دارد به کوره زباله‌سوز می‌رود و در آن به همراه گاز متان می‌سوزد. با تقریب مناسبی می‌توان گفت که تمامی گوگرد ورودی به SRU با افزودن فرآیند SCOT استحصال می‌گردد و آلودگی محیط زیست به حداقل می‌رسد (هندبوک (GPSA)). به منظور بررسی نقش واحد پاکسازی گاز پسماند در کاهش آلاینده‌های محیط زیست، یک واحد کلاوس پالایشگاهی متداول مد نظر قرار گرفت. واحدهای بازیافت گوگرد پالایشگاهی معمولاً دارای دو خوراک گاز اسیدی و گاز ترش می‌باشند که به ترتیب از واحد شیرین‌سازی با حلال آمین و واحد پاکسازی آب ترش استحصال می‌گردند. مشخصات گاز اسیدی و گاز ترش ورودی به این واحد، به ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات خوراک گاز اسیدی ورودی به یک واحد متداول کلاوس پالایشگاهی

Property	Value
Temperature	41 °C
Pressure	1.8 bara

جدول ۴- مشخصات گاز پسماند خروجی از واحد TGT

Property	Value
Temperature	40.1 °C
Pressure	1.07 bara
Molar Flow	135 Kmole/h
Composition (mole%)	
H <sub>2</sub> S	0.01
SO <sub>2</sub>	0
CO <sub>2</sub>	1.9
N <sub>2</sub>	88.65
H <sub>2</sub>	2.9
H <sub>2</sub> O	6.53

Property	Value
Temperature	130 °C
Pressure	1.32 bara
Molar Flow	176 Kmole/h
Composition (mole%)	
H <sub>2</sub> S	0.55
SO <sub>2</sub>	0.28
H <sub>2</sub>	1.77
H <sub>2</sub> O	37.39
N <sub>2</sub>	59.79
CO	0.03
CO <sub>2</sub>	0.19

همانگونه که در این جدول ملاحظه می‌گردد، مقادیر گاز SO<sub>2</sub> و H<sub>2</sub>S موجود در این جریان گازی به میزان قابل توجهی کاهش یافته است. همچنین نتایج حاصله نشان می‌دهد که میزان SO<sub>2</sub> موجود در گاز خروجی از دودکش که به اتمسفر تخلیه می‌شود، در حالت استفاده از واحد TGT به ۱۲۷ ppm کاهش یافته است. این مقدار قوانین زیست محیطی را به خوبی پوشش می‌دهد و از بروز مشکلات آلاینده‌گی ناشی از نشر گاز SO<sub>2</sub> جلوگیری می‌کند.

### بحث و نتیجه‌گیری

به منظور جلوگیری از آلودگی محیط زیست و همچنین تولید گوگرد، گازهای اسیدی خروجی از پالایشگاه‌های نفت و گاز در واحد بازیافت گوگرد تبدیل به گوگرد می‌گردد.

گاز پسماند خروجی از واحد کلاوس در این حالت به کوره زباله‌سوز می‌رود و به همراه متان می‌سوزد و به اتمسفر فرستاده می‌شود. بررسی انجام شده در این حالت نشان می‌دهد گاز خروجی از دودکش دارای بیش از ۱۷۰۰ ppm گاز SO<sub>2</sub> است که از لحاظ زیست محیطی مقداری غیرقابل قبول محسوب می‌گردد.

در مرحله بعدی، از یک واحد TGT از نوع SCOT برای پاکسازی گاز پسماند خروجی از واحد کلاوس استفاده گردید. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داد که میزان استحصال گوگرد با افزایش به ۹۹/۹۳ درصد، به ۴۳/۴۴ تن در روز رسیده است. جدول ۴ مشخصات گاز خروجی از واحد TGT که به کوره زباله‌سوز می‌رود را نشان می‌دهد.

5- Elsner, M. P., Menge, M., Müller, C., Agar, D. W., 2003, The Claus process: teaching an old dog new tricks, *Catalysis Today* 79: 487-494.

6- Hawboldt, K. A.; Monnery, W. D.; Svrcek, W. Y., 1999, New Experimental Data and Kinetic Rate Expression for H<sub>2</sub>S Cracking and Re-Association. *Chem. Eng. Sci.* 55: 957-966.

7- Goar, G., Sames, J., 1983, "Tail gas clean up processes", 33th gas conditioning Conference, Norman, Oklahoma, March.

8- Le Strat P.Y. et al., 2001, "New redox process successful in high pressure gas stream", *Oil & Gas Journal*, November, 26: 46-53.

9- Monnery, W. D., Hawboldt, K. A., Pollock, A. E. and Svrcek, W. Y., 2001, Ammonia Pyrolysis and Oxidation in the Claus Furnace, *Ind. Eng. Chem. Res.* 40, 144-151.

10- Nasato, L. V., Karan, K., Mehrotra, A. K., and Behie, L. A., 1994, Modeling Reaction Quench Times in the Waste Heat Boiler of a Claus Plant, *Ind. Eng. Chem. Res.* 33: 7-13.

11- Nadhir, A. Al-Baghli, Steven A. Pruess, Victor F. Yesavage, M. Sami Selim, 2001, A rate-based model for the design of gas absorbers for the removal of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S using aqueous solutions of MEA and DEA, *Fluid Phase Equilibria*, 185: 31-43.

12- Nagl, G., 1997, "Emerging Markets for Liquid Redox Sulphur." *SULPHUR '97 Conference*, Vienna, Austria.

واحدهای پاک‌سازی گاز پسماند با حذف بخش عمده‌ای از گاز اسیدی باقیمانده خروجی از واحد بازیافت گوگرد، امکان دستیابی به راندمان کلی بالای ۹۹ درصد را فراهم می‌نمایند. در این مقاله فناوری‌های مطرح پاک‌سازی گاز پسماند مورد بررسی قرار گرفت و از میان آنها، فرآیند SCOT به عنوان مناسب‌ترین گزینه معرفی شد. همچنین با استفاده از نتایج حاصل از شبیه‌ساز Promax، مشخص گردید که با به‌کارگیری یک واحد پاک‌سازی گاز پسماند از نوع SCOT می‌توان آلاینده‌های زیست محیطی را به میزان قابل قبول کاهش داد.

منابع

۱- خالد فرصت، م. سعدی، م. حسینی جناب، ج. صادق زاده اهری، ۱۳۸۹، بررسی تجربی و مدل سازی برج جذب سولفید هیدروژن در فرآیند سولفیران، پژوهش نفت، شماره ۶۲، صفحه ۵۲-۴۴.

2- Anonymous, 1987, Gas Processors Suppliers Association (GPSA). *Engineering Data Book*; GPSA Tulsa, Chapter 22.

3- Barrère-Tricca, C., Margotin, J.P. and Smith, D.H. 2001, "Thirty Years of Operating Experience with the Clauspol Process", *Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP*, Vol. 56, No. 2: 199-206, Éditions Technip

4- Clark, P. D., Dowling, N. I., Huang, M., 1997, Chemistry of the Claus Front-End Reaction Furnace. Hydrocarbon Reactions and the Formation and Destruction of CS<sub>2</sub>. *Proceedings of the Brimstone Sulfur Recovery Symposium*, Vail, CO, Sept: 23-26.



13- Signor, S., Manenti, F., Grottoli, M. G., Fabbri, P., and Pierucci, S., 2010, Sulfur Recovery Units: Adaptive Simulation and Model Validation on an Industrial Plant, *Ind. Eng. Chem. Res.* 49: 5714-5724.

14- User Manual Promax Software-Promax2.0, Bryan Research & Engineering, Inc. ([www.bre.com](http://www.bre.com))

Van den Brand, K., 2002, "Shell's Low Cost SCOT Process", Sulphur Recovery Symposium, Vail.

15- Willing, W., and T. Lindner, 1994, "Lurgi's TGT processes and new operational results from Sulfreen plants," presented at the SULPHUR'94 Conference, Tampa, Florida, Nov: 6-9.

16- ZareNezhad, B., 2009, An investigation on the most important influencing parameters regarding the selection of the proper catalysts for Claus SRU converters, *J. Ind. Eng. Chem.* 15: 143-147.