



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال هفتم، شماره‌ی ۲۶
بهار ۱۳۹۵، صفحات ۲۳-۱۹

شبیه‌سازی واحد GTL جهت بازیابی گازهای دورریز فلرینگ پالایشگاه‌ها

مریم جعفری

گروه مهندسی شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

هادی سلطانی

گروه مهندسی شیمی، واحد اهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اهر، ایران

h-soltani@iau-ahar.ac.ir

چکیده

در طی فرآیندهای پالایش مقدار زیادی گاز و مواد سوختی بدون استفاده مستقیماً و از طریق فلر وارد اتمسفر می‌شود. گازهای فلر سرمایه کشور به شمار می‌رود و اگر از هدر رفتن آن جلوگیری نشود، علاوه بر این که انرژی را هدر داده‌ایم به آلوده شدن هوای کشور نیز دامن زده‌ایم و از این رو ضرورت توجه به ارتقا و بهینه‌سازی سیستم‌های فلرینگ مهم قلمداد می‌شود. تاکنون روش‌ها و ایده‌های مختلفی برای کم کردن و بازیابی گازهای فرستاده شده به فلر ارائه داده شده که در اصل بیش‌تر به کاستن از تولید گازهای ارسالی منجر شده است اما می‌توان با طراحی بخش‌های هدفمند، گازهای ارسالی به فلر را به محصولات مهم و با ارزش اقتصادی بالا تبدیل کرد. در این مقاله با استفاده از نرم افزار Hysys به شبیه‌سازی و ارزیابی اقتصادی فرآیند جی تی ال برای جریان گازی با دبی ۸/۱۷۶ میلیون فوت مکعب اختصاص داده شده است که نتیجه حاصله معادل با ۱۱۶ بشکه جی تی ال در روز می‌باشد.

کلید واژه: گازهای فلر، بهینه‌سازی، ارزش اقتصادی، فرآیند جی تی ال، نرم‌افزار Hysys.

مقدمه

با توجه به حجم قابل توجه گازهای همراه که به طور عمده در تاسیسات نفت و گاز به دلایل متعددی از جمله عدم وجود سیستم جمع‌آوری گاز، اقتصادی نبودن جمع‌آوری ناشی از پراکندگی و دور دست بودن میادین و یا کم بودن مقدار گاز تولیدی، کیفیت گاز تولیدی و عدم امکان مصرف گاز توسط مشترکین سوزاننده می‌شوند، می‌توان جهت جلوگیری از هدررفت سرمایه‌های کشور و در عین حال کنترل آلاینده‌های زیست‌محیطی و اثرات جبران ناپذیر و بلند مدت آن‌ها به ویژه انتشار گازهای گلخانه‌ای تدابیر مناسبی اندیشید. یکی از این روش‌ها اعمال روش‌های بازیابی گاز فلر به جای سوزاندن و تبدیل آن به فرآورده‌های با ارزش همانند فرآورده‌های میان تقطیر و میعانات گازی است [۵-۱]. این امر علاوه بر جنبه‌های زیست‌محیطی از نقطه نظر اقتصادی و اهمیت تامین انرژی کشور دارای ارزش تعیین‌کننده‌ای می‌باشد. این را هم باید در نظر بگیریم که کشور ایران یکی از ثروتمندترین کشورهای جهان از لحاظ منابع طبیعی زیرزمینی می‌باشد. بنابراین ما نباید فقط از سیاست‌های حمایتی در بخش انرژی در کشور استقبال کنیم چون این امر باعث اتلاف منابع انرژی کشور می‌شود که در دراز مدت برای کشور زیان‌آور است. به خاطر همین امر در زمان کنونی بهینه‌سازی و مدیریت مصرف انرژی نه تنها مهم شده است بلکه به یک ضرورت تبدیل شده است که با استفاده از روش‌های نوین و به‌صرفه مانند تکنولوژی GTL (Gas-To-Liquid) می‌توان گام‌های موثری در این زمینه برداشت [۲]. در این فرآیند تغییر حالت گاز طبیعی از فازگازی شکل به فرآورده‌هایی در فاز مایع منجر به آزادسازی مقادیر قابل توجهی انرژی می‌شود. از طرف دیگر جریان‌های متعدد گرم و سرد در این فرآیند دارای اختلاف درجه حرارت قابل توجهی است. بنابراین فرآیند GTL به شدت انرژی‌زاست و توانایی تولید مقادیر قابل توجهی انرژی مازاد بر نیاز خود را دارد و حتی امکان تاسیس نیروگاه برق در کنار آن وجود دارد، به عبارت دیگر واحد GTL نه تنها

از منظر انرژی خودکفاست بلکه می‌تواند تولیدکننده نیز باشد. یکی از عواملی که تاکنون مانع از گسترش فن‌آوری GTL شده است، قیمت تمام شده محصولات آن است که امکان رقابت با دیگر محصولات پالایشگاهی را نداشته است. قابل ذکر است که با پیشرفت‌هایی که اخیراً در این صنعت صورت گرفته، هزینه سرمایه‌گذاری اولیه این واحدها کاهش یافته است و انتظار می‌رود با توجه به روند رشد تقاضا برای محصولات نفتی و افزایش قیمت آن، این مشکل نیز برطرف گردد. البته در مورد بازارهای داخلی باید توجه کرد که با روند رو به رشد تقاضای محصولات پالایشگاهی در داخل کشور و نیز نیاز به واردات این محصولات در کشور، اجرای طرح‌هایی از این دست می‌تواند مانع خروج ارز از کشور شود. در نهایت این که فناوری GTL از دو جنبه در مباحث بهینه‌سازی انرژی مهم جلوه می‌کند. نخست آن که این فناوری در زمینه حامل‌های انرژی می‌باشد. ماده اولیه آن گاز طبیعی و محصولات آن نیز سوخت‌های مایع است. اهمیت دیگر مربوط به فرآیندهای داخلی و جریان‌های سرد و گرم موجود در آن است [۶-۳].

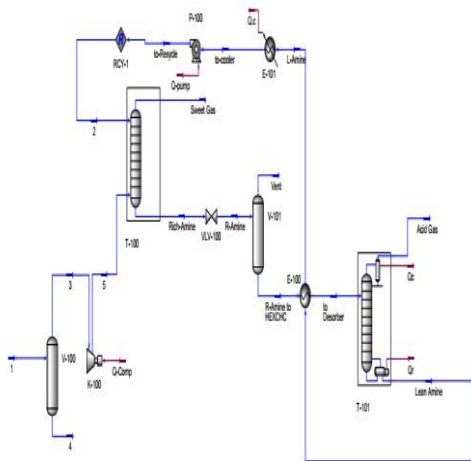
فرآیند GTL به طور خلاصه شامل سه مرحله است:

۱- تولید گاز سنتز (Synthesis Gas): در این مرحله با استفاده از روش‌های موجود هم‌چون تغییر مولکولی با بخار (Steam Reforming)، اکسیداسیون جزئی (Partial Oxidation)، ریفورمینگ خودگرمایی (Auto Thermal Reforming) متان و اکسیژن ترکیب شده و گاز سنتز درست می‌شود. در واقع، گاز سنتز ترکیبی از هیدروژن و اکسیدکربن است ($\text{CO} + \text{H}_2$) که معمولاً حاوی مقادیر کمی از بخار آب و دی‌اکسیدکربن نیز می‌باشد.

۲- تولید هیدروکربن‌های خطی: در این مرحله گاز سنتز تحت فشار اتمسفر، در درجه حرارت ۱۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و در مجاورت کاتالیزورهای فلزی چون آهن، کبالت، نیکل، رتینیوم (Ruthenium) و یارودیوم (Rhodium) به صورت هیدروکربن‌های خطی در می‌آید، که البته علاوه

شبه سازی واحد شیرین سازی

این واحد شامل یک برج جذب و برج عریان سازی به انضمام مبدل‌های حرارتی و لوله‌های رابط و دستگاه‌های جدا کننده‌ی گاز ترش می‌باشد. در ابتدا گاز از پایین برج جذب وارد شده و آمین از بالای برج می‌ریزد. گازهای ترش توسط محلول آمین، جدا شده و گاز شیرین از بالای برج خارج می‌شود. آمین خروجی از برج جذب حاوی گازهای ترش می‌باشد که ابتدا وارد فلاش تانک شده و گازهای سبک جذب شده جدا می‌شود. سپس وارد مبدل حرارتی آمین- آمین می‌شود. آمینی که از برج عریان کننده خارج می‌شود دمایش بالاست و با آمین خروجی برج جذب تبادل حرارت کرده ضمن سرد کردن، خود نیز مقداری حرارت جذب می‌کند و بعد از آن وارد برج عریان سازی می‌شود و گازهای ترش و بخار آب خارج می‌شود. قسمت اعظم بخار آب در کندانسور تبدیل به آب شده و به عنوان مایع برگشتی به برج برمی‌گردد. آمین احیا شده پس از گذشتن از مبدل آمین- آمین توسط کولر تا دمای حدود ۱۰۰ درجه فارنهایت سرد می‌شود. اگر درجه حرارت آمین از این حد بیش‌تر باشد قدرت جذب گازهای اسیدی در آمین کم می‌شود [۸].



شکل ۱: مراحل گوگردزدایی

بر آن بخار آب و مونواکسید کربن نیز در این مرحله تولید می‌شود.

۳- مرحله پالایش و بهبود کیفیت هیدروکربن‌های خطی: در این مرحله، با استفاده از فرآیندهای مشابه پالایش نفت خام هم‌چون هیدروکراکینگ، ایزومراسیون، ریفورمینگ کاتالیزوری و آلکیلاسیون (Alkylation)، محصولاتتی چون گازوئیل (Gasoil)، نفتا (Naphtha)، نفت سفید (Kerosene) و فرآورده‌های ویژه (Special Products) هم‌چون روانکارها و پارافین حاصل می‌شود [۴].

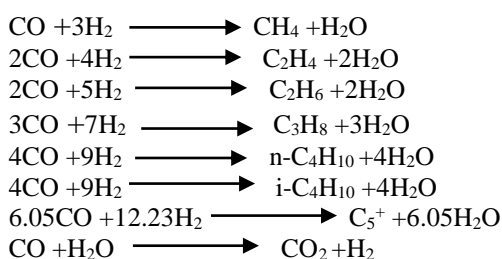
در فرآیندهای رایج GTL موجود در سطح جهان معمولاً ۵۰٪ تا ۷۵٪ از ترکیبات هر بشکه گازوئیل، ۴۰٪ تا ۱۵٪ نفتا یا نفت سفید و ۱۰٪ باقی مانده LPG و فرآورده‌های ویژه چون پارافین و روان‌کارها است [۴]. ذکر این مطلب لازم به نظر می‌رسد که فرآورده‌های نهایی به‌دست آمده از این فرآیند اکثراً معادل فرآورده‌های نفتی حاصل از برج تقطیر پالایشگاه‌های نفت خام است که در دامنه C₁₀ تا C₂₀ قرار دارند و اصطلاحاً به آن‌ها فرآورده‌های میان تقطیری گفته می‌شود، از همین روی بعضاً واژه Gas to liquid با استفاده از روش فیشر-تروپش را تبدیل گاز به فرآورده‌های میان تقطیری می‌گویند [۷]. اگر تکنولوژی جی تی ال از لحاظ قیمت بهینه باشد باید قیمت سرمایه‌گذاری اولیه و عملیات را در هر مرحله کاهش داد.

بخش تجربی

واحد GTL

اولین گام جمع‌آوری کلیه گازهای دورریز می‌باشد که به‌عنوان جریان گاز خوراک ورودی به واحد جی تی ال پالایشگاه مورد استفاده قرار می‌گیرد. گازهای دور ریز ابتدا باید قبل از ورود به ریفورمر و تبدیل شدن به جی تی ال به واحد شیرین سازی وارد شوند زیرا گازهای گوگردی باعث آسیب دیدن کاتالیست‌ها و راکتورها و تجهیزات می‌شوند.

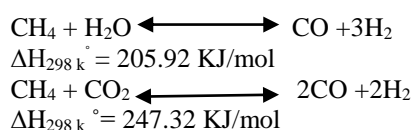
و مایع خنک‌کننده در داخل پوسته جریان داشته باشد می‌تواند کمک مؤثری در بالا بردن میزان تبدیل نهایی داشته باشد. نکته قابل توجه در شبیه‌سازی راکتور فیش-تروپش تعریف کامل کلیه واکنش‌های امکان‌پذیر در داخل راکتور است. مجموع واکنش‌های تعریف‌شده برای کلیه اجزاء به شرح زیر است:



به‌منظور جداسازی اجزاء سبک و سنگین محصولات فیش-تروپش جداکننده سه فازی تعبیه شده است. محصولات پس از عبور از خنک‌کننده E-۱۰۲ به جداکننده ۱۰۰-۷ می‌روند. به کمک این جداکننده محصولات سنگین مانند نرمال پنتان و اولفین‌ها جدا می‌شوند که برای پالایش و تولید بنزین و غیره به پالایشگاه فرستاده می‌شوند و محصول اصلی را تشکیل می‌دهند. آب در شاخه شماره ۱۶ (که این آب به‌عنوان آب مورد نیاز برای اکسیداسیون گاز طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد) و در نهایت محصولات سبک هم‌چون متان-اتان-پروپان-مونواکسید کربن و هیدروژن به‌عنوان محصولات نهایی در شاخه شماره ۱۳ جدا شده است. بخشی از جریان ۱۳ به صورت (off gas) از فرآیند خارج شده (شاخه ۱۸) و بخش دیگری از آن به‌عنوان جریان برگشتی برای مخلوط شدن با گاز سنتز برگشت داده می‌شود [۸].

شبیه‌سازی واحد GTL

با توجه به این که تهیه اکسیژن به‌منظور اکسیداسیون گاز طبیعی روشی هزینه‌بر است و با در نظر گرفتن این مطلب که آب به‌عنوان یکی از محصولات جانبی اکثر فرآیندهای پالایشگاه و به‌ویژه فرآیند فیش-تروپش می‌باشد اکسیداسیون گاز طبیعی به کمک آب به دلیل در دسترس بودن آب انتخاب می‌شود. یک راکتور تبدیلی با تعریف واکنش اکسیداسیون انتخاب می‌شود.

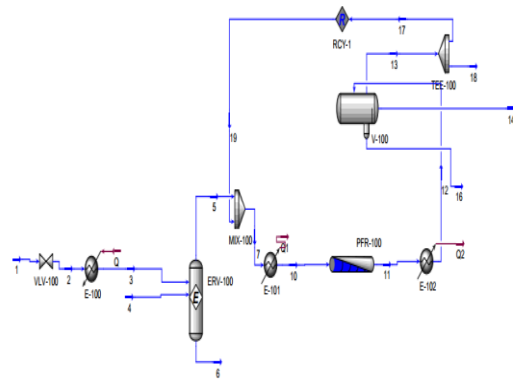


اکسیداسیون گاز طبیعی فرآیندی گرماگیر است که با تزریق جریان گرمایی مناسب علاوه بر تنظیم دمای جریان خروجی راکتور میزان تبدیل نهایی نیز افزایش پیدا می‌کند. همان‌طور که در شکل (۵-۲) نشان داده شده است، گاز خروجی از واحد شیرین‌سازی (Sweet Gas) پس از رسیدن به دما و فشار مورد نیاز راکتور ریفرمینگ وارد راکتور ۱۰۰-ERV شده و سپس محصولات از راکتور خارج می‌شوند. بخش عمده جریان خروجی از راکتور (گاز سنتز) شامل مونواکسید کربن و هیدروژن است (جریان ۵). این جریان به همراه جریان برگشتی از مرحله نهایی وارد یک مخلوط‌کن شده جریان خروجی به‌عنوان خوراک اصلی راکتور فیش-تروپش ۱۰۰-PFR مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرآیند فیش-تروپش فرآیندی گرمازا است. به همین جهت هرچه دمای خوراک راکتور فیش-تروپش کاهش پیدا کند میزان تبدیل نهایی در راکتور افزایش پیدا می‌کند. به همین منظور قبل از ورود خوراک راکتور فیش-تروپش به داخل راکتور از خنک‌کننده E-۱۰۱ عبور می‌کند تا دمای خوراک به میزان مناسب برای ورود به داخل راکتور و انجام واکنش مهیا گردد. همان‌طور که اشاره شد به دلیل گرمازا بودن واکنش فیش-تروپش کاهش دما به‌عنوان یک پارامتر تعیین‌کننده در میزان تبدیل نهایی به حساب می‌آید به همین منظور استفاده از یک راکتور پوسته-لوله به‌نحوی که گاز سنتز در داخل لوله

وجود ندارد. هم چنین محصولات جی تی ال برخلاف اشکال مختلف گاز به راحتی قابل انبار کردن و نگه داری می باشند.

منابع

- [۱] سامانه بازیافت گاز فلر، ۱۳۹۳، گروه نوآوری و توسعه فناوری های برق و انرژی.
- [۲] مردانی، ع؛ ناصر، الف؛ ۱۳۹۳، بررسی و شبیه سازی فرآیند جداسازی و بازیابی گازهای ارسالی به فلر جهت بهینه سازی مصرف انرژی در واحد آروماتیک پتروشیمی بندر امام خمینی، دومین همایش علمی مهندسی فرآیند، تهران، یکم خرداد.
- [۳] عمیدپور، م؛ پنجه شاهی، م.ح؛ شریعتی نیاسر، م؛ ۱۳۸۷، بهینه سازی انرژی در فرآیند تبدیل گاز طبیعی به سوخت های مایع، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دهم، شماره چهار.
- [۴] احمدخانی، ع.، جوان، الف.، ۱۳۸۲، بررسی اقتصادی فن آوری GTL، نشریه انرژی ایران، سال هشتم، شماره ۱۸.
- [5] www.laksel.com.sg/Why_the_Recovery_of_Flare_Gas.html.
- [6] Regan, T., 2005, GAS TO LIQUIDS The future is gas- how gas to-liquids technology becomes the reality that replaces oil, TRI-ZEN International to ZEN International to Institute of South East Asian studies Institute of South East Asian Studies 7.
- [7] Greene, DL., 1999, An Assessment Of Energy And Environmental Issues Related To The Use Of Gas-To-Liquid Fuels In Transportation, OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY.
- [8] M. R. Rahimpour et al., 2012, A comparative study of three different methods for flare gas recovery of Asaloooye Gas Refinery, Int. J. Natural Gas Science and Eng. 4: 17-28.



شکل ۲: مراحل واحد جی تی ال

یافته ها و بحث

با شبیه سازی های صورت گرفته با نرم افزار هایسیس برای جریان گازهای دور ریز قابل بازیابی با شرایط دمایی ۳۰/۲۷ درجه سانتی گراد، فشار ۸/۰۱۳ بار و دبی ۸/۱۷۶ میلیون فوت مکعب در روز میزان جی تی ال حاصل معادل با ۱۱۶ بشکه در روز به دست آمد که ارزش اقتصادی این میزان بشکه جی تی ال معادل با ۶۱۸۲ دلار است.

نتیجه گیری

تبدیل گاز به جی تی ال از این نظر که تولید سوختی پاک می کند و می تواند از نیاز کشور به واردات بنزین و سایر محصولات جی تی ال بکاهد و نیز با توجه به رشد روز افزون این صنعت می تواند حائز اهمیت باشد. هم چنین به دلیل توزیع مناسب شبکه گازی کشور و در دسترس بودن گاز طبیعی، اجرای این طرح در ایران از مزایای نسبی بالاتری برخوردار است. از بعد فناوری جی تی ال کاملاً شناخته شده و اثبات شده است و در عین حال صاحبان فناوری آن نیز از کشورهای مختلف جهان هستند به طوری که انحصار هیچ یک از فن آوری های مورد نیاز این صنعت یعنی تولید گاز سنتز، فن آوری فیشر-تروپیش و فرآیندهای پالایش نفت خام در انحصار یک کشور و یا یک کمپانی نبوده و از لحاظ امکان استفاده از این فناوری، محدودیت خاصی برای ایران