

# مطالعه حلال‌های فیزیکی مورد استفاده در فرایندهای حذف گازهای اسیدی از جریان‌های گازی

سید علی طاهری<sup>۱\*</sup>، آفرین زارعی<sup>۲</sup>، کاظم کاشفی<sup>۱</sup>، نادیا حسن زاده<sup>۳</sup>

۱- پژوهشکده گاز، پژوهشگاه صنعت نفت

۲- گروه مهندسی شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۳- مرکز ایده پردازان جوان، پژوهشگاه صنعت نفت

Taherisa@ripi.ir

afarin.zarei@gmail.com

Kashefik@ripi.ir

nana\_hasanzadeh@yahoo.com

## چکیده

امروزه حذف گازهای اسیدی از جریان‌های گازی با استفاده از حلال‌های فیزیکی بسیار مورد توجه قرار گرفته است. تا به حال هشت فرایند با استفاده از هفت حلال فیزیکی شناخته شده است که در این مطالعه به بررسی فنی-اقتصادی فرایندهای حلال‌های فیزیکی توسعه داده شده، مزایا و معایب و نوع کاربرد هر فرایند برای گرفتن گازهای اسیدی از یک جریان گازی پرداخته شده است. فرایندهای تجاری شده حلال‌های فیزیکی در سرتاسر جهان نیز مورد بررسی قرار گرفته است. در انتها نتیجه گیری می‌شود که حلال‌های فیزیکی برای فرایندهای با فشار عملیاتی بالا و غلظت بالای گازهای اسیدی مناسب هستند و در مقایسه با حلال‌های شیمیایی انرژی کمتری مصرف می‌کنند و تخریب کمتری دارند.

کلمات کلیدی: گاز گلخانه‌ای، گاز اسیدی، آلودگی هوا، گرفتن، حلال فیزیکی.

## ۱- مقدمه

با افزایش تولید دی‌اکسید کربن نگرانی‌های مجامع بین‌المللی در مورد گرم شدن کره زمین رو به افزایش است. نتایج مطالعات اخیر آژانس بین‌المللی انرژی<sup>۱</sup> نشان می‌دهد بدون اعمال سیاست‌های بازدارنده، نقش زغال سنگ و سایر سوخت‌های فسیلی در تأمین انرژی مورد نیاز بشر افزایش خواهد یافت [۱]. از سوی دیگر کشورهای جهان می‌توانند با به کارگیری تکنولوژی‌های ذخیره و نگهداری CO<sub>2</sub> (CCS)<sup>۲</sup> همچنان از این منابع ارزشمند انرژی استفاده کنند، در حالی که انتشار گازهای گلخانه‌ای و به خصوص دی‌اکسید کربن را کاهش می‌دهند. در مورد سولفید هیدروژن نیز اقدامات بسیار جدی در سطح بین‌المللی انجام گرفته است تا میزان انتشارات این ماده سمی و خطرناک را

به حداقل برساند.

گازهای اسیدی عموماً به ترکیبات گوگردی و دی‌اکسید کربن موجود در جریان گازی اطلاق می‌شود. بخشی از این مواد در فرایند تولید مواد شیمیایی و به عنوان محصول جانبی تولید می‌شوند، در حالی که بیشتر تولید گازهای اسیدی ناشی از سوزاندن سوخت‌های فسیلی در فرایند تولید برق است. گاز طبیعی نیز به عنوان یکی از منابع اصلی این گازها به شمار می‌رود که قبل از مصرف خانگی و یا صنعتی به منظور انتقال از طریق خط لوله باید از این مواد عاری شود.

به طور کلی روش‌های گرفتن گازهای اسیدی را به دو روش فیزیکی و شیمیایی می‌توان تقسیم کرد. مهمترین عامل اقتصادی بودن فرایند جذب شیمیایی برای جداسازی گازهای اسیدی از گازهای احتراق، پایین بودن فشار بخار گازهای اسیدی (۰/۰۳ تا ۰/۱۵ اتمسفر) است [۱]. با گذشت زمان

1. International Energy Agency (IEA)  
2. Carbon Capture and Storage





محققین پی بردند که برای جداسازی دی اکسیدکربن می توان از روش پیش احتراق استفاده کرد. بدین ترتیب که قبل از احتراق سوخت، گازهای اسیدی از گاز سنتز<sup>۱</sup> جدا می شوند. غلظت بالای گازهای اسیدی در گاز سنتز گزینه های دیگری را برای جداسازی این مواد مانند حلال های فیزیکی ملزوم می کند. در فشار های پایین ظرفیت جذب حلال های فیزیکی پایین است، اما در فشارهای بالا حلال های فیزیکی ظرفیت جذب بالایی دارند و می توانند یکی از گزینه های محتمل برای استفاده در فرایند جداسازی باشند [۲-۳].

به دلیل حلالیت پایین  $H_2S$  و  $CO_2$  در آب، تلاش های اولیه برای استفاده از آب به عنوان حلال فیزیکی موفقیت چندانی نداشتند. اولین فرایند تجاری با استفاده از یک حلال فیزیکی (متانول)، فرایند رکتیسول<sup>۲</sup> بود، که برای تصفیه ی گاز سنتز و جداسازی سایر ناخالصی ها علاوه بر  $H_2S$  و  $CO_2$  و تولید گاز محتوی تنها چند ppm از  $H_2S$  و  $CO_2$  طراحی شده بود. این فرایند در دماهای خیلی پایین (۱۰۰ درجه فارنهایت) عمل می کند، و در مقایسه با سایر فرایندهای حلال فیزیکی، پیچیده تر است [۴]. تمایل به استفاده از فرایندهای حلال فیزیکی در دهه ی ۱۹۶۰، با معرفی فرایند حلال فلور<sup>۳</sup>، سلکسول<sup>۴</sup> و چند فرایند دیگر شتاب بیشتری گرفت. اخیراً، دسته ی دیگری از فرایندها با استفاده از جاذب ترکیبی<sup>۵</sup>، شامل حلال فیزیکی و شیمیایی، مورد توجه قرار گرفته و به صورت تجاری در آمده است [۴].

در این مطالعه فرایندهای فیزیکی گرفتن گازهای اسیدی از یک جریان گازی که به صورت تحقیقاتی و یا تجاری توسعه یافته است، مورد بررسی قرار می گیرد. با نگاهی کلی به فرایند جذب گازهای اسیدی با استفاده از حلال های فیزیکی، مزایا و معایب این فرایندها در مقایسه با فرایندهای جذب شیمیایی و نوع کاربرد هر فرایند شرح داده می شود.

## ۲- کلیاتی در مورد فرایندهای جداسازی با استفاده از حلال فیزیکی

ساده ترین فرایند حلال فیزیکی شامل احیاء حلال به وسیله ی فلش در محیط اتمسفری یا خلأ و یا به وسیله دفع با گاز خالص انجام می شود. این فرایند، گاز تصفیه شده ای را تولید می کند که مقادیری از گاز اسیدی را با خود به همراه دارد. در صورتی که مقدار  $H_2S$  در گاز خروجی ناچیز باشد و یا

وجود نداشته باشد، و غلظت  $CO_2$  نیز بین ۲ تا ۳ درصد تغییر کند، طراحی فرایند عملی است. در صورتی که مقادیر بالای  $H_2S$  در گاز خروجی موجود باشد، علاوه بر عملیات فوق استفاده از احیاء حرارتی نیز برای رسیدن به ترکیب درصد مطلوب از گاز خروجی ضروری است [۵]. گرمای مورد نیاز برای فرایند حلال فیزیکی در مقایسه با حلال شیمیایی مانند آمین بسیار کمتر است که این به دلیل ناچیز بودن گرمای دفع حلال های فیزیکی است. نرخ گردش حلال به خصوص هنگامی که فشار جزئی دی اکسیدکربن بالا باشد، نیز در این حالت پایین است [۶].

حلال های فیزیکی اصولاً برای جداسازی  $CO_2$  از هیدروژن خام و گازهای سنتز آمونیاک تولید شده به وسیله ی اکسیداسیون جزئی یا رفرمینگ بخار و یا برای جداسازی گازهای اسیدی از گاز طبیعی مورد استفاده قرار می گیرند.

از آنجا که جداسازی دی اکسیدکربن در فشارهای بالا به نحو مطلوبی انجام می پذیرد، جریان خروجی از رفرمر<sup>۶</sup> نیز به منظور دستیابی به فشار مورد نظر - همانند گاز خروجی از فرایند سنتز آمونیاک یا هیدروکراکینگ - باید پس از فشرده سازی وارد واحد بازیافت  $CO_2$  شود. در این شرایط، وزن مولکولی جریان گازی حاوی مقادیر زیادی از دی اکسیدکربن، بالاست و بنابراین استفاده از کمپرسورهای سانتریفوژ ارزان برای فشرده سازی جریان گاز کافی است.

حلالیت هیدروژن سولفید نسبت به دی اکسیدکربن در اکثر حلال های آلی، به طور قابل ملاحظه ای بیشتر است و امکان حذف انتخابی  $H_2S$  به منظور دستیابی به خلوص بالا، وجود دارد [۵]. این خصوصیت به ویژه در حالتی که نسبت  $CO_2$  به  $H_2S$  در گاز ورودی آنقدر زیاد است که گاز اسیدی خروجی نمی تواند در فرایند بازیافت سولفور کلاوس<sup>۸</sup> مورد استفاده قرار گیرد، اهمیت زیادی پیدا می کند. با حذف تقریباً تمام هیدروژن سولفید و تنها بخشی از دی اکسیدکربن، گاز اسیدی خارج شده می تواند در فرایند کلاوس مورد استفاده قرار گیرد.

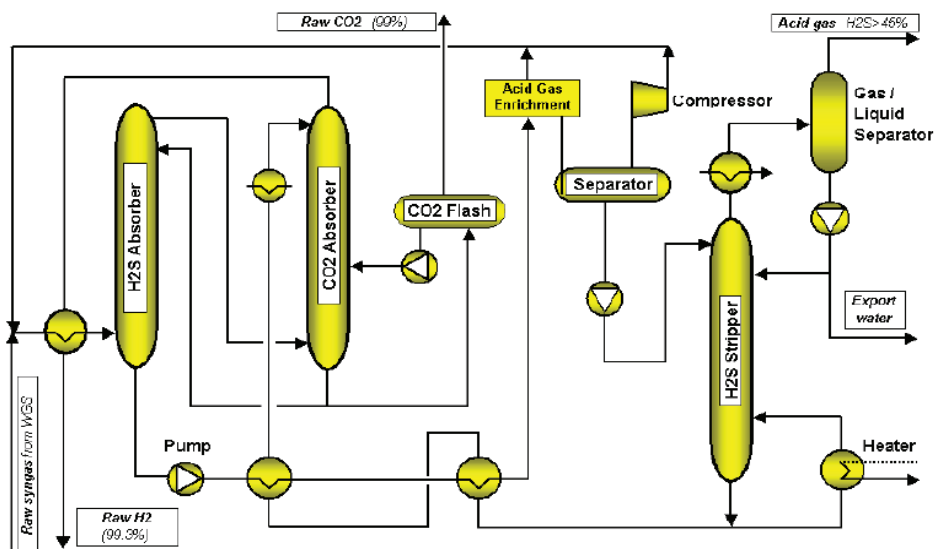
سایر ناخالصی ها مانند کربونیل سولفید، کربن دی سولفید و مرکاپتان ها، که به مقدار ناچیزی در جریان گازی وجود دارند، تقریباً در تمامی حلال های آلی انحلال پذیرند و همراه با سایر گازهای اسیدی و به آسانی جدا می شوند. حلالیت هیدروکربن ها در حلال های آلی، با افزایش وزن مولکولی هیدروکربن ها افزایش می یابد. در نتیجه، هیدروکربن های

6. Reformer  
7. Selective removal  
8. Claus sulfur recovery

1. Syngas  
2. Rectisol  
3. Fluor  
4. Selexol  
5. Mixed absorbent

- سنگین‌تر از اتان، به مقدار زیادی در حلال حل شده، و در تانک‌های فلش، همراه با گاز اسیدی از حلال جدا می‌شوند. اگرچه طراحی‌های خاصی برای این حالت در نظر گرفته شده است، اما عموماً فرایندهای حلال فیزیکی برای پالایش جریان‌های حاوی مقادیر قابل توجهی از هیدروکربن‌های پنج کربنه و بیشتر اقتصادی نیستند. به دلیل حلالیت بالای ترکیبات آروماتیکی و تمایل بالای آنها به تجمع در حلال‌های فیزیکی، حتی در صورت وجود مقادیر کم از این مواد، جداسازی آنها از حلال به دلیل ایجاد مشکلات فرایندی ضروری است [۴].
- به طور کلی به منظور انتخاب فرایند مناسب از بین حلال‌های فیزیکی باید پارامترهای زیر را در نظر گرفت:
- ۱- کارایی فرایند در مورد خلوص گاز پالایش شده و ترکیب گاز اسیدی حاصل
  - ۲- اتلاف هیدروکربن‌های سبک و سنگین (یا سایر ترکیبات سنگین‌تر از اتان، به مقدار زیادی در حلال حل شده، و در تانک‌های فلش، همراه با گاز اسیدی از حلال جدا می‌شوند.
  - ۳- تجربه و مهارت مجری طرح جهت تطبیق فرایند با شرایط مورد نظر
  - ۴- توانایی و روش بکار رفته جهت حذف ناخالصی‌های احتمالی مانند  $\text{NH}_3$ ،  $\text{COS}$ ، هیدروکربن‌های آروماتیک و ...
  - ۵- مهارت در مقابله با خوردگی، کف‌کنندگی یا سایر مشکلات عملیاتی
  - ۶- هزینه تزریق اولیه حلال
  - ۷- هزینه تعویض حلال (که تابعی از دماهای عملیاتی، فشار بخار حلال، پایداری حلال و ناپایداری حلال است).
  - ۸- مقدار انرژی و در صورت لزوم میزان گاز جداکننده مصرفی
  - ۹- هزینه حق لیسانس فرایند
- در زیر نمودار جریانی فرایند یک حلال فیزیکی (سلکسول) برای جداسازی دی‌اکسیدکربن و سولفید هیدروژن از جریان گاز سنتز آمده است.

شکل ۱ نمودار جریانی فرایند سلکسول واحد آمونیاک فارملند - ترکیب درصد گاز ورودی  $\text{H}_2$  ۵۰٪ و  $\text{CO}_2$  ۴۰٪ است [۷]



### ۳- معرفی حلال‌های فیزیکی

اگرچه به نظر می‌رسد بسیاری از حلال‌های آلی برای استفاده به عنوان حلال فیزیکی مناسبند، اما تنها تعداد محدودی از آنها می‌توانند از لحاظ اقتصادی مطلوب باشند. حلال‌های مطلوب در مقایسه با آب، باید ظرفیت تعادلی بسیار بالاتری برای جذب گازهای اسیدی و ظرفیت کمی برای جذب گازهای اصلی جریان مانند هیدروژن و هیدروکربن‌ها داشته باشند. همچنین، این مواد باید ویسکوزیته پایینی داشته و بتوانند آب را به خوبی جذب کنند. آنها باید غیر خورنده، واکنش‌ناپذیر با تمام اجزاء موجود در گاز، در دسترس با قیمت مناسب و ترجیحاً در دمای محیط فشار بخار کمی داشته باشند.

فهرست کاملی از فرایندهای خالص سازی با استفاده از حلال فیزیکی به همراه حلال مورد استفاده در هر فرایند که در



گذشته یا اخیراً به صورت تجاری درآمده‌اند در جدول ۱ آورده شده است. در گذشته حلال‌های زیادی برای استفاده در فرایند خالص سازی گاز طبیعی مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، و بررسی‌ها برای یافتن حلال‌های مناسب برای این فرایند، همچنان ادامه دارد.

از میان هفت حلال فیزیکی مورد استفاده در فرایندهای حلال فیزیکی، متانول، DMEPG، پروپیلن کربنات و NMP خواص مناسب‌تری را برای جذب گازهای اسیدی در فرایندهای مربوطه از خود نشان داده‌اند، از این رو فرایندهای

تجاری شده با استفاده از این حلال‌های فیزیکی کارایی بالاتری دارند. برخی از خواص این حلال‌ها در جدول ۲ آورده شده است. متانول دارای بیشترین فشاربخار است به همین علت دمای عملیاتی مورد نیاز این حلال بسیار پایین است. حلال NMP نسبت به DMPEG، PC و یا MPE دارای فشار بخار بیشتری است و برای کاهش اتلاف حلال از جریان گاز خروجی نیاز به واحد شستشو با آب می‌باشد. در حالی که فرایندهای Selexol، Fluor و Sepasolve MPE نیازی به واحد شستشو با آب ندارند.

جدول ۱ فرایندهای حلال فیزیکی

نام فرایند	حلال
فلور	پروپیلن کربنات (PC)
سلکسول	دی‌متیل‌اتر پلی‌اتیلن گلایکول (DMEPG)
سپاسولف <sup>۱</sup> MPE	متیل ایزوپروپیل اتر پلی‌اتیلن گلایکول (MPE)
پوریسول <sup>۲</sup>	N-متیل-۲-پیرولیدون (NMP)
رکتیسول	متانول
ایفیکسول <sup>۳</sup>	متانول
استاسلوان <sup>۴</sup>	تری‌بوتیل فسفات
متیل سیانو استات <sup>۵</sup>	متیل سیانو استات

حلال Selexol بالاترین ویسکوزیته را دارد و این مسئله در صورت کاهش دمای حلال تاثیر زیادی روی انتقال جرم و حرارت می‌گذارد. اگرچه دمای عملیاتی فرایند Selexol تا  $175^{\circ}\text{C}$  می‌تواند افزایش یابد، ولی برای حفظ پایداری حلال Fluor دمای عملیاتی ماکزیمم حدود  $65^{\circ}\text{C}$  است. در جدول ۳ خلالتی برخی ترکیبات مهم در این چهار حلال آمده است. داده‌های ارائه شده در دمای یکسان، برای سه حلال ظرفیت جذب یکسانی را برای  $\text{CO}_2$  نشان می‌دهد. در حالی که ظرفیت جذب Selexol و Purisol برای  $\text{H}_2\text{S}$

سه برابر حلال Flour است. به همین علت واضح است در مواردی که خوراک ورودی دارای مقادیر قابل توجه  $\text{H}_2\text{S}$  و یا مواردی که حذف انتخابی  $\text{H}_2\text{S}$  مد نظر می‌باشد، روش‌های Selexol و Purisol نسبت به روش Flour برتری دارد. اما زمانی که طراحی بر مبنای  $\text{CO}_2$  است مانند مواردی که میزان  $\text{H}_2\text{S}$  بسیار ناچیز باشد، فرایند Flour به علت جذب کمتر هیدروکربن‌ها از دو فرایند دیگر بهتر است. کارایی چهار فرایند اصلی حلال فیزیکی برای جداسازی دی‌اکسیدکربن در جدول ۴ به اختصار آورده شده است.

جدول ۲ اطلاعات مقایسه‌ای حلالها [۸]

حلال	DEPG	PC	NMP	MeOH
نام فرایند	Selexol	Fluor Solvent	Purisol	Rectisol
ویسکوزیته (cP) در ۲۵°C	۵/۸	۳	۱/۶۵	۰/۶
گرانروی ویژه (kg/m <sup>۳</sup> ) در ۲۵°C	۱۰۳۰	۱۱۹۵	۱۰۲۷	۷۸۵
وزن مولکولی	۲۸۰	۱۰۲	۹۹	۳۲
فشاربخار در °C (mmHg)	۰/۰۰۰۷۳	۰/۰۸۵	۰/۴۰	۱۲۵
نقطه انجماد (°C)	-۲۸	-۴۸	-۲۴	-۹۲
نقطه جوش (°C) در ۷۶۰ mmHg	۲۷۵	۲۴۰	۲۰۲	۶۵
هدایت گرمایی (Btu/hr.ft.°F)	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۰۹۵	۰/۱۲۲
بیشترین دمای عملیاتی (°C)	۱۷۵	۶۵	-	-
گرمای مخصوص در ۲۵	۰/۴۹	۰/۳۳۹	۰/۴۰	۰/۵۶۶
حلالیت CO <sub>۲</sub> (U.S. gal/ft <sup>۳</sup> ) در ۲۵°C	۰/۴۸۵	۰/۴۵۵	۰/۴۷۷	۰/۴۲۵

جدول ۳ اطلاعات مربوط به حلالیت گاز در حلال‌های

loxeleS, losiruP, lositceR و roulf نسبت به CO<sub>۲</sub> [۸]

حلالیت در ۲۵°C (برای رکتیسول در ۲۵°C -)				
اجزاء سازنده گاز	سلکسول	فلور	پوریسول	رکتیسول
هیدروژن	۰/۰۱۳	۰/۰۰۷۸	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۵۴
نیتروژن	۰/۰۲۰	۰/۰۰۸۴	-	۰/۰۱۲
اکسیژن	-	۰/۰۲۶	۰/۰۳۵	۰/۰۲۰
متان	۰/۰۶۶	۰/۰۳۸	۰/۰۷۲	۰/۰۵۱
اتان	۰/۴۲	۰/۱۷	۰/۳۸	۰/۴۲
اتیلن	۰/۴۷	۰/۳۵	۰/۵۵	۰/۴۶
دی‌اکسیدکربن	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
پروپان	۱/۰۱	۰/۵۱	۱/۰۷	۲/۳۵
n- بوتان	۲/۳۷	۱/۷۵	۳/۴۸	-
کربونیل سولفید	۲/۳۰	۱/۸۸	۲/۷۲	۳/۹۲
سولفید هیدروژن	۸/۸۲	۳/۲۹	۱۰/۲	۷/۰۶
n- هگزان	۱۱/۰	۱۳/۵	۴۲/۷	-
n- هپتان	۲۳/۷	۲۹/۲	۵۰/۰	-
آب	۷۳۰	۳۰۰	۴۰۰۰	-

کارایی چهار فرایند اصلی حلال فیزیکی برای جداسازی دی‌اکسیدکربن در جدول ۴ به اختصار آورده شده است.



جدول ۴ کارایی فرایندهای حلال فیزیکی برای حذف دی‌اکسیدکربن و ترکیبات گوگردی

نام فرایند	حذف CO <sub>2</sub>	حذف ترکیبات گوگردی	اتلاف هیدروکربن
فلور	بسیار مناسب	نامناسب	کم
سلکسول	بسیار مناسب	مناسب	متوسط
رکتیسول	بسیار مناسب	مناسب	زیاد
پوریسول	بسیار مناسب	بسیار مناسب	زیاد

جدول ۵ آخرین اطلاعات مربوط به فرایندهای حلال فیزیکی را ارائه می‌دهد. همانطور که ملاحظه می‌شود، لیسانس فرایندهای استاسلوان، سپاسولف و متیل سیانو استات در حال حاضر ارائه نمی‌شود. البته فرایندهای استاسلوان و متیل سیانو استات هیچ‌گاه به صورت تجاری درنیامده‌اند.

رکتیسول به عنوان پرکاربردترین فرایند حلال فیزیکی است که تا به حال بیش از ۱۰۰ واحد تجاری از این حلال عملیاتی شده است. فرایند ایفیکسول نیز از جدیدترین فرایندها است که طبق آخرین آمار موجود ۱۵ واحد تجاری از این حلال برای جداسازی دی‌اکسیدکربن استفاده کرده‌اند.

جدول ۵ اطلاعات تجاری فرایندهای حلال فیزیکی

نام فرایند	دارنده‌ی لیسانس فرایند	وضعیت ارائه‌ی لیسانس	تعداد واحدهای تجاری [6]
فلور	Fluor Daniel	ارائه می‌شود	۱۴
سلکسول	UOP	ارائه می‌شود	۵۷
سپاسولف MPE	Badische (BASF)	ارائه نمی‌شود	۴
پوریسول	Lurgi	ارائه می‌شود	۷
رکتیسول	Lurgi and Linde AG	ارائه می‌شود	>۱۰۰
ایفیکسول	Institut Français du Pétrole (IFP)	ارائه می‌شود	۱۵
استاسلوان	IFP/Uhde	ارائه نمی‌شود	صفر
متیل سیانو استات	Unocal	ارائه نمی‌شود	صفر

با آب است. مثلاً متانول و پوریسول نیاز به شستشو با آب دارند ولی سلکسول و فلور به دلیل فشار بخار پایین، نیازی به شستشو با آب ندارند.

۲- دمای عملیاتی؛ در دماهای بالا حلالیت گازهای اسیدی کمتر است در نتیجه نیاز به حلال بیشتری است پس نرخ مایع در حال گردش افزایش می‌یابد و هزینه‌های عملیاتی افزایش می‌یابد.

۳- حضور هیدروکربنهای سنگین در جریان گاز؛ اگر غلظت هیدروکربنهای سنگین زیاد باشد، حلال فیزیکی مناسب نیست زیرا حلالهای فیزیکی، هیدروکربنهای سنگین به

۴- نتیجه‌گیری  
باتوجه به مطالب گفته شده، فشار بخار حلال، دمای عملیاتی، مقدار هیدروکربن‌های سنگین و آب در خوراک، ویسکوزیته و واکنش‌پذیری حلال از جمله مهمترین پارامترهای تاثیرگذار بر طراحی فرایند جداسازی دی‌اکسیدکربن با استفاده از حلال فیزیکی هستند. اثر هر یک از این پارامترها بر فرایندهای اصلی حلال‌های فیزیکی به‌اختصار در زیر آمده است.

۱- فشاربخار حلال؛ اگر حلالی فشار بخار بالایی داشته باشد، اتلاف حلال زیاد است و برای بازیابی حلال نیاز به شستشو

خصوص پنتان را نیز جذب فیزیکی میکند. پس حلالی مناسب تر است که حلالیت هیدروکربنهای سنگین در آن کمتر است.

۴- جریان بازگشتی گاز؛ اگر حلالیت متان در حلال مورد نظر زیاد باشد، توان مصرفی کمپرسور برای بازگرداندن گاز فله شده به منظور محدود کردن اتلاف متان زیاد میشود.

۵- تجهیزات مورد نیاز؛ فرایند با متانول بیشترین تعداد تجهیزات را نیاز دارد ولی سایز مبدل ها و کمپرسورها بصورت قابل توجهی کوچکتر از تجهیزات مشابه در فرایند با دیگر حلال ها است. و به واسطه دمای پایین، کمترین توان تجهیزات و سرعت مایع در حال گردش را نیاز دارد. بار حرارتی کل مبدل برای PC بواسطه بار کم خنک کننده و اینکه به ریپولرو کندانسور نیازی نیست از بقیه حلالها کمتر است.

۶- اتلاف حلال؛ در کل درحلال های فیزیکی اتلاف حلال کم است، و هرچه فشار بخار حلال پایینتر باشد و حلالیت هیدروکربنهای سنگین در حلال کمتر باشد، اتلاف کمتر است و در نتیجه هزینه های مربوط به احیا حلال کمتر میشود. ویسکوزیته حلال؛ اگر ویسکوزیته حلال زیاد باشد، میزان انتقال حرارت و جرم کاهش یافته و نیاز به تعداد سینی و آکنه بیشتر است در نتیجه هزینه های عملیاتی افزایش می یابد. آب در گاز خوراک؛ گاز خوراک شامل آب است و مهمترین ایراد حضور آب هزینه های اضافی پمپاژ است.

۷- واکنش پذیری حلال؛ در انتخاب حلال عدم واکنش پذیری حلال با اجزائی که در گاز خوراک هستند، مهم است. از عوامل دیگر می توان به اهداف پروژه، قیمت حلال، دسترسی به حلال و پایداری گرمایی است. از میان فرایندهای موجود، سلکسول و رکتیسول به عنوان پرکاربردترین فرایند جداسازی که امروزه نیز مورد توجه اند، شناخته می شوند. این فرایندها قابلیت جداسازی کلیه ترکیبات گوگردی را همراه با دی اکسیدکربن دارند که البته هریک با توجه به مشکلات فرایندی مربوط به خود، در دما و ترکیب درصد مشخصی از خوراک به کار می روند. فرایند حلال پوریسول نیز که توسط شرکت Lurgi برای رقابت با فرایند حلال سلکسول UOP ارائه شده است، پیشرفت قابل ملاحظه ای در سالهای اخیر داشته است، و می تواند به عنوان یکی از گزینه ها برای جداسازی دی اکسیدکربن در نظر گرفته شود. فشار بخار سلکسول پایین تر از پوریسول است درحالی که ویسکوزیته ی بالاتری دارد. این تفاوتها می تواند بر انتخاب هریک از این دو فرایند تاثیر گذار باشد. فرایند حلال فلور نیز بیشتر برای

جداسازی دی اکسیدکربن از جریان گازی حاوی مقادیر کمی هیدروژن سولفید به کار می رود. فرایند ایفیکسول نیز یکی از جدیدترین فرایندهای حلال فیزیکی است که همانند فرایند رکتیسول از حلال متانول استفاده می کند با این تفاوت که میزان جداسازی گازهای اسیدی با استفاده از این فرایند بیشتر از رکتیسول است. به طور کلی تمامی حلال های فیزیکی برای استفاده در فرایندهای جداسازی دی اکسیدکربن و به منظور حذف کلی CO<sub>2</sub> مناسبند [۸]. با داشتن ترکیب درصد، فشار کل و غلظت CO<sub>2</sub> در خوراک ورودی، و با در نظر گرفتن هریک از پارامترهای تاثیرگذار بر فرایندهای حلال فیزیکی می توان به درستی پربازده ترین و اقتصادی ترین فرایند را برای خوراک موجود انتخاب کرد.

#### مراجع:

- [1] IEA, "Prospects for CO<sub>2</sub> Capture and Storage," OECD/IEA, Paris 2004.
- [2] B. Burr and L. Lyddon, "Which physical solvent is best for acid gas removal?," Hydrocarbon Processing, pp. 43-50, January 2009.
- [3] H. Herzog, "Assessing the Feasibility of Capturing CO<sub>2</sub> from the Air," Massachusetts Institute of Technology 2003.
- [4] A. Kohl and R. Nielsen, Gas Purification, fifth ed.: Gulf Publishing Company, 1997.
- [5] S. A. Ebenezer, "REMOVAL OF CARBON DIOXIDE FROM NATURAL GAS FOR LNG PRODUCTION," Norwegian University of Science and Technology 2005.
- [6] SFA Pacific Worldwide Gasification Database," 2004.
- [7] P. Luby and M. R. Susta, "ZERO CARBON POWER GENERATION: IGCC AS THE PREMIUM OPTION," Powergen international, 2003.
- [8] B. Burr and L. Lyddon, "A COMPARISON OF PHYSICAL SOLVENTS FOR ACID GAS REMOVAL," Bryan Research & Engineering, Inc. 2008.



# Study of Physical Solvents Suitable for Acid Gas Removal Processes from Gas Streams

Sayyed Ali Taheri<sup>1</sup>, Afarin Zarei<sup>2</sup>, Kazem Kashefi<sup>1</sup>, Nadia Hasanzadeh<sup>3</sup>

1- Gas Institute, Research Institute of Petroleum Industry (RIPI)

2- Chemical Engineering Department, Tehran-North Branch, Islamic Azad University

3- Idea Center, Research Institute of Petroleum Industry (RIPI)

Taherisa@ripi.ir

afarin.zarei@gmail.com

Kashefik@ripi.ir

nana\_hasanzadeh@yahoo.com

## Abstract

Nowadays acid gas removal from gas streams using physical solvents is very common. Till now eight processes that use seven different physical solvents has been developed. In this study economic-technical investigation of physical solvent processes, advantages, disadvantages and application of every process for capture of acid gas from a gas stream has examined. Also commercialized processes all over the world have investigated. It was found that physical solvents are appropriate for high pressure and concentrated acid gas streams and they use less energy and have higher degradation time compared to chemical solvents.

**Keywords:** Greenhouse Gas, Acid Gas, Air Pollution, Capture, Physical Solvent.

