شناخت و ساخت پالایشگاه ملی

آبزدایی گازطبیعی

(قسمت سوم)

Twister - Vortex - Membrane

اویل ایندستری
Oilindustry.ir
CLICK HERE

بخشی از گزارش پروژه مطالعاتی آب‌زدایی از گازطبیعی
معاونت فناوری و مهندسی شرکت سپانیر[1]

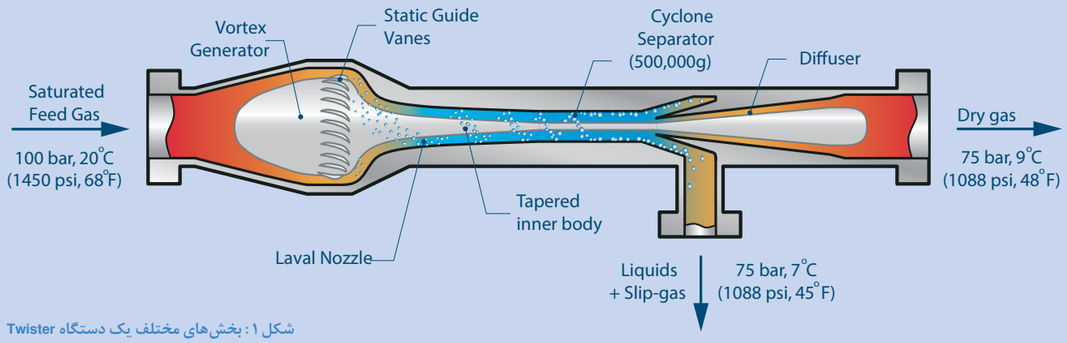
در شماره‌های قبل مقاله آب‌زدایی، مفاهیم کلی و آب‌زدایی به وسیله جاذب‌های مایع و نمک بررسی شد. در این شماره و در ادامه معرفی روش‌های آب‌زدایی به بررسی آب‌زدایی به وسیله Twister, Vortex tube و غشا پرداخته می‌شود. روش‌های مورد بحث شماره جاری نسبت به روش‌های معرفی شده قبلی، جدیدتر و دارای کاربرد متفاوت‌تری می‌باشند. این روش‌ها به ویژه تویستر و ورتکس مناسب جداسازی به صورت توده‌ای می‌باشند و نمی‌توانند نقطه شبنم آبی را به میزان مورد نظر برای گازفروش تنظیم نمایند. از طرف دیگر در این روش‌ها از تجهیزات متحرک و چرخشی (Rotary) کمتر استفاده شده است و در نتیجه به نگهداری و تعمیرات بسیار کمتری نیاز دارند و انرژی کمتری نیز برای بهره‌برداری از آن لازم می‌باشد. همچنین مساحت مورد نیاز برای نصب به نسبت ظرفیت آب‌زدایی آنها، کمتر از سایر روش‌ها می‌باشد و در نتیجه این روش‌ها مناسب استفاده در سکوهای فراساحل می‌باشند.

۱ Twister™

به دنبال بدست آوردن سرمایه فکری یک فناوری که مبتنی بر جداسازی با سرعت فراصوت (Supersonic velocity) از شرکت Stork bv بود، شرکت شل در سال ۱۹۹۹/۲۰۰۰ میلادی ضمن سرمایه گذاری، امکان آزمایش این فناوری را در تعدادی از تاسیسات نفت و گاز خود ایجاد نمود. مرحله دوم توسعه این فناوری به توسعه آن در طی سال ۲۰۰۵میلادی و آزمایش موفق آن در سال ۲۰۰۶ میلادی در تاسیسات LNG فراساحل B11 در کشور مالزی و همچنین سرمایه گذاری Lime Rock Partners علاوه بر سرمایه گذاری شرکت شل برمی گردد. در تاسیسات اشاره شده ۱۲ دستگاه از تجهیز جداساز فراصوات با ظرفیت ۶۰۰MMscf/d نصب شده است و تا کنون بدون مشکل و با بیش از ۹۸٪ دسترس‌پذیری درحال کار می‌باشند.

این فناوری توسط شرکت Twister BV هلند که تحت حمایت شل می‌باشد، توسعه داده می‌شود و تحت عنوان Twister™ ارائه می‌شود. بعد از نمونه Pilot نصب شده در هلند و نمونه نصب شده در تاسیسات فراساحل کشور مالزی، در سال ۲۰۰۹ میلادی از این فناوری در تاسیسات خشکی Okoloma نیجریه به ظرفیت ۱۲۰MMscf/d به منظور آب‌زدایی و تنظیم نقطه شبنم هیدروکربنی استفاده شد. این تاسیسات تامین کننده سوخت نیروگاه گازی Afam می‌باشند. در سال ۲۰۰۷ میلادی با مشارکت شرکت پتروبراس برزیل، نصب تجهیزات این فناوری در تاسیسات زیرآبی (Sea bed) به عنوان Pilot آغاز شد و این تاسیسات در سال ۲۰۰۹ میلادی راه‌اندازی گردید. همچنین در سال ۲۰۱۰ میلادی تاسیسات خشکی Ecopetrol کشور کلمبیا با ظرفیت ۶۵MMscf/d با استفاده از این فناوری راه‌اندازی شد. علاوه بر کشورهای اشاره شده، در حال حاضر مراحل طراحی، ساخت یا بهره‌برداری از واحدهای Twister در کشورهای نروژ، هلند و اندونزی نیز در حال انجام می‌باشد. همچنین در کشور مالزی طراحی جایگزینی یک واحد Twister به جای یک واحد TEG در حال انجام می‌باشد.

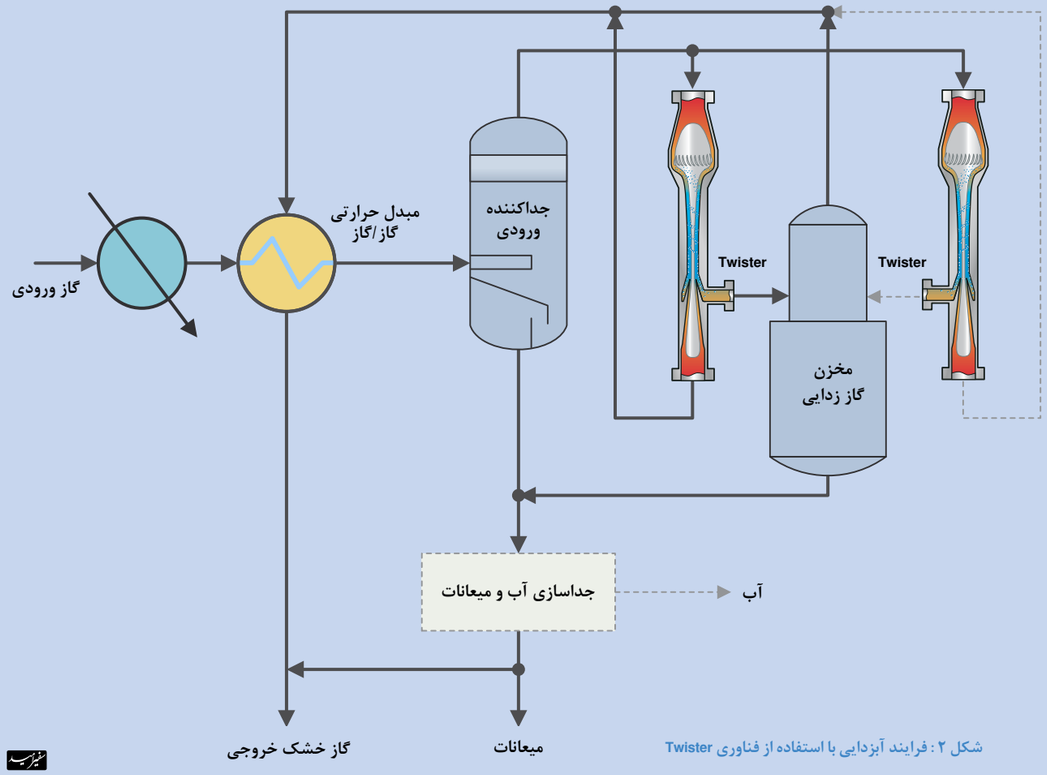
از فناوری اشاره شده می توان برای جداسازی آب، جداسازی توده‌ای گازهای اسیدی، جداسازی مایعات گازی و همچنین جلوگیری از تشکیل هیدرات استفاده نمود. این روش نیازی به استفاده از موادشیمیایی به عنوان کاتالیست، جاذب یا حلال ندارد و از طرف دیگر هیچ گونه انتشار گاز سمی یا آلاینده‌ای نیز در بر ندارد. این تجهیز هیچ بخش متحرکی ندارد و درنتیجه علاوه بر اینکه از هزینه



شکل ۱ : بخش‌های مختلف یک دستگاه Twister

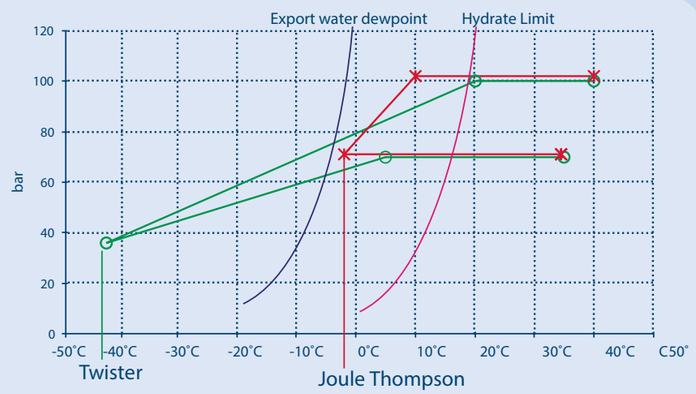
ساخت اولیه کمتری نسبت به سایر روش‌های معمول برخوردار است، هزینه تعمیرات و نگهداری آن نیز اندک می‌باشد و زمان ساخت، نصب و راه‌اندازی آن نیز کوتاه می‌باشد. این مشخصات به ویژه برای نصب در فراساحل بسیار ایده آل می‌باشند. تصویری از این تجهیز را در شکل۱ مشاهده می کنید.

سیال با فشار زیاد وارد این تجهیز شده و با سرعت فرا صوت از داخل Nozzle عبور می کند، در این حالت دما و فشار آن افت کرده و در اثر آن قطرات به هم می چسبند و قطرات بزرگتر تشکیل می شوند. سپس مخلوط دوفازی در برخورد با پره‌ها حرکت چرخشی پیدا می کنند و نیروی گریز از مرکز باعث جداسازی فازی می شود. فاز مایع و فاز گاز در پخش کننده (Diffuser) از هم جدا می شوند. مایعات به سمت دیواره رفته وگاز از وسط Twister خارج می شود. این تجهیز علیرغم شکل ساده و نداشتن هیچ قطعه و بخش متحرک، در عمل از سه فرایند فیزیکی شناخته شده، آیرودینامیک، ترمودینامیک و دینامیک سیالات برای جداسازی فازی استفاده می کند. تویستر دارای ترمودینامیکی شبیه توربواکسپندر در بخش‌های انبساط (Expansion)، چرخش و جداسازی مایعات (Cyclonic gas/Liquid separation) و فشرده‌سازی مجدد (Re-compression) می‌باشد. در حالیکه توربواکسپندر فشار کاهش یافته را به صورت توان به شفت منتقل می کند، Twister با تبدیل فشار به انرژی جنبشی باعث کاهش دما می شود، این کاهش دما در راستای کاهش نقطه شبنم خواهد بود.

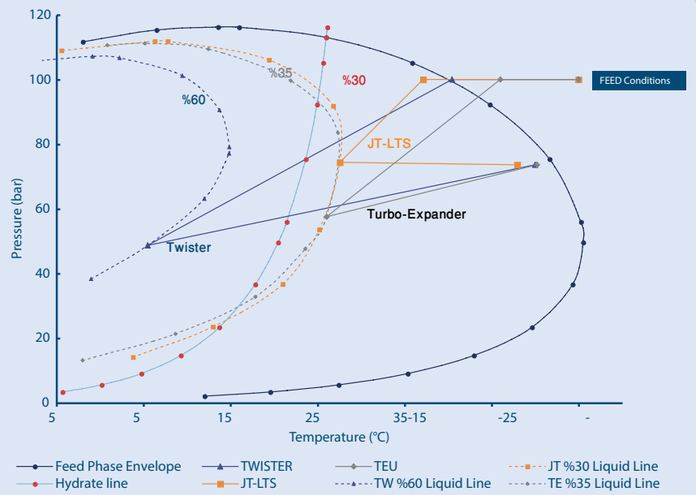


شکل ۲ : فرایند آبزدایی با استفاده از فناوری Twister

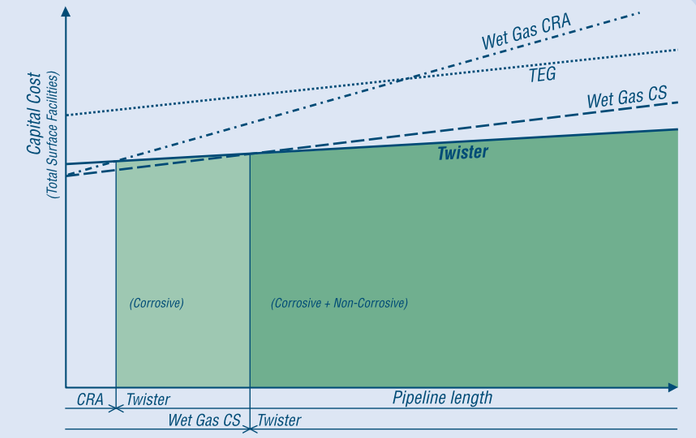
شکل ۳ مقایسه ترمودینامیک **Twister** و انبساط **J-T** را نشان می‌دهد. این مقایسه در شرایط خوراک مشابه، فشار **۱۰۰bar**، دمای **۴۰°C** و افت فشار به میزان ۳۰٪ انجام شده است. همانگونه که مشاهده می‌نمایید، **Twister** در نزدیکی انبساط ایزنتروپیک(**Isentropic**) دارای بازده بسیار خوب بوده و با ۳۰٪ افت فشار جریان سیال را به میزان **۶۰°C** سرد می‌کند. بازده فرایند با استفاده از یک مبدل **gas/gas** در ورودی فرایند بهینه شده و افزایش می‌یابد. همچنین انبساط **JT**، یک انبساط **Isnthalpic** نسبتاً کم بازده می‌باشد و به وسیله آن سرمایش محدودی با کاهش دما ایجاد می‌شود. در فرایند **JT** برای جلوگیری از تشکیل هیدرات باید از مواد شیمیایی نظیر **MEG** یا متانول استفاده شود. علاوه بر شکل اشاره شده، در شکل ۴ مقایسه میان فناوری **Twister** و توربواکسپندر را مشاهده می‌نمایید. همچنین شکل ۵ سرمایه‌گذاری برای آب‌زدایی با فناوری‌های مختلف را نشان داده و آنها را با فناوری **Twister** مقایسه می‌کند. این شکل نشان می‌دهد که تنها در بخش کمی در مقایسه انجام شده، فناوری‌های دیگر نظیر **TEG** نسبت به فناوری تویستر اقتصادی‌تر می‌باشند.



شکل ۳ : مقایسه ترمودینامیک Twister با انبساط از طریق ژول – تامسون



شکل ۴ : مقایسه میان فناوری **Twister** و توربواکسپندر



شکل ۵ : مقایسه هزینه سرمایه‌گذاری در طرح‌های مختلف فراساحل

۱» مزیت‌ها

این تجهیز از جهات مختلف دارای مزیت‌هایی می‌باشد. این مزایا عبارتند از:

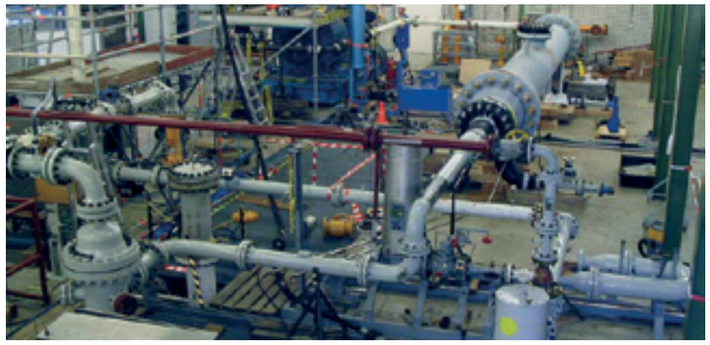
اندازه و وزن: **Twister** نسبت به فرایندهای مشابه از اندازه و وزن بسیار کمتری برخوردار می‌باشد. به عنوان مثال یک دستگاه طراحی شده برای **۳۵MMscf/d** و فشار **۱۰۰bar** تنها دو متر طول دارد. دلیل ابعاد کم این تجهیز کوتاه بودن زمان ماند سیال در **Twister** می‌باشد، زمان ماند در این تجهیز در حد میلی ثانیه می‌باشد، همچنین این موضوع باعث می‌شود هیدرات در داخل تجهیز شکل نگیرد.

هزینه: از نظر اقتصادی واحدهای تویستر مقرون به صرفه می‌باشند. یک واحد **۱۰۰MMscf/d** تقریباً ۵ میلیون دلار قیمت دارد که ارزان‌تر از واحدهای مشابه غربال‌مولکولی یا **TEG** می‌باشد. همچنین واحدهای **Twister** نیاز به هیچ ماده شیمیایی به عنوان حلال یا جاذب ندارند. از سوی دیگر این واحدها نیازی به سوخت گازی، بخار یا الکتریسیته در بخش احیا ندارند، زیرا که اساساً در این فناوری بخش احیا وجود ندارد. جدای از موارد اشاره شده این تجهیز نیاز کمتری به تعمیر و نگهداری دارد، این موضوع هزینه‌های دوره بهره‌برداری را کاهش می‌دهد.

آلایندگی: در فرایند مبتنی بر **Twister** از یک طرف نیازی به استفاده از مواد شیمیایی نمی‌باشد و از طرف دیگر این فرایند نیاز به احیا ندارد و در نتیجه آلاینده‌هایی نظیر **BTEX**ها به جو منتشر نخواهند شد. همچنین به دلیل عدم وجود بخش‌های متحرک یا نیاز به گرمایش یا سرمایش به کمک عامل بیرونی، در این فرایند نیازی به مصرف انرژی یا سوخت گازی نمی‌باشد. عدم نیاز به تعمیرات و نگهداری منظم شبیه سایر واحدها نیز باعث کاهش آلایندگی محیط زیست می‌گردد.

» شرح فرایند

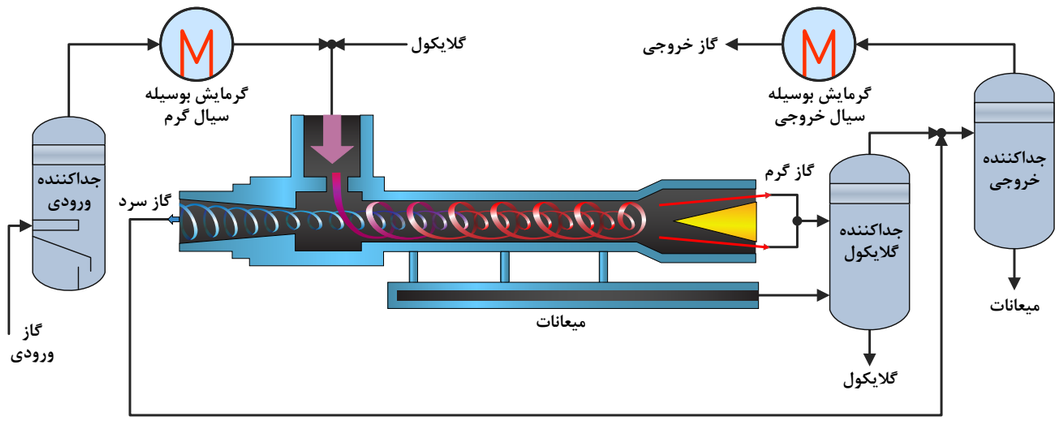
گاز خوراک ورودی در ابتدا به وسیله مبدل **Gas/Seawater** و مبدل **Gas/Gas** خنک شده و برای جداسازی آب آزاد و مایعات هیدروکربنی همراه، وارد جداکننده دوفازی می‌شود. پس از آن جریان گاز وارد **Twister** شده و بعد از انبساط **Isentropic** در اثر تفاوت ثقل، فازهای مایع و گاز از یکدیگر جدا می‌شوند. آب و مایعات هیدروکربنی وارد جداساز دوفازی سایکلونی شده و مایعات از پایین و گاز از بالای آن خارج می‌شود. در ادامه، آب و میعانات گازی در یک جدا ساز دوفازی از نوع **OWS[Oil Water Seperator]** از هم جدا می‌شوند. بخش اصلی میعانات گازی برای فروش یا استفاده در فرآورهای دیگر ارسال می‌شود. بخش کوچکی از میعانات خشک با جریان گاز خشک مخلوط می‌شود. گاز در انتهای **Twister** و پس از جداسازی برای کاهش سرعت و فشرده شدن وارد پخش کننده(**Diffuser**) می‌شود. در ادامه فرایند پس از عبور جریان گاز از مبدل حرارتی **Gas / Gas** در ورودی و انتقال بخشی از برودت خود به جریان گاز ورودی و همچنین مخلوط شدن آن با مقداری از میعانات گازی، گاز خشک آماده ارسال برای پالایش و فرآوری بیشتر برای فروش می‌شود.



شکل ۶ : کارگاه آزمایش Twister

۲ Vortex tube

در این تجهیز با افت فشار، گاز سرد می‌شود. اما این تجهیز می‌تواند همزمان جریان گازگرم و سرد تولید کند. در صورت مخلوط شدن جریان‌های گازی به صورت کلی این پدیده شبیه انبساط **J-T** می‌باشد. مبانی این پدیده در دهه ۱۹۴۰ میلادی تحت عنوان **Ranque-Hilsch tube** و برای تولید هوای سرد از جریان هوای فشرده شده توسعه یافت. در سال ۱۹۹۸ میلادی **Cockerill** این پدیده را به خوبی شرح داد. در سال ۲۰۰۵ میلادی **Lorey and Thomas** مبانی استفاده از این تجهیز را جهت استفاده برای پالایش گاز تشریح کرد. برای تنظیم نقطه شبنم و آب‌زدایی از یک **Vortex tube** و یک ظرف برای ذخیره مایع استفاده می‌شود. گاز از داخل چند نازل از یک طرف لوله **Vortex** وارد شده، منبسط می‌شود و به صورت مارپیچ و با سرعت نزدیک به سرعت صوت به سمت طرف دیگر لوله حرکت می‌کند. در طی مسیر جریان گاز گرم و سرد از هم جدا می‌شوند و جریان گاز سرد به مرکز لوله و جریان گاز گرم به طرف بدنه لوله حرکت می‌کنند. گاز گرم در نهایت از قسمت مخروطی آخر لوله خارج شده و جریان گاز سرد از انتها برگشته و به سمت ابتدای لوله آمده و از آنجا مشابه آنچه که در شکل ۷ مشاهده می‌نمایید از لوله خارج می‌شود. در جریان گاز سرد چگالش روی داده و به وسیله نیروی گریز از مرکز قطرات مایع به سمت دیواره لوله پرتاب می‌شوند. قطرات مایع در کف لوله جمع می‌شوند و از آنجا تخلیه می‌شوند. به صورت کلی این فرایند مشابه انبساط **J-T** به همراه یک **LTS[Low-Temperature Separator]** می‌باشد. در واقع این فرایند، انبساط و جداسازی را تجمیع کرده است. فشار کاری در داخل **tube** این تجهیز **۲۱۰psig**–**۳۶** می‌باشد و نسبت **Turndown** در این تجهیز ۱۵٪ برای هر **Tube** می‌باشد. میزان افت بهینه در این تجهیز ۳۵٪–۲۵٪ می‌باشد و به صورت معمول میزان مایع همراه گاز باید کمتر از ۱۰٪ وزنی باشد اما عملکرد با ۵٪ مایع مناسب‌تر می‌باشد. این تجهیز مناسب آب‌زدایی از جریان گاز ذخیره شده در زیرزمین می‌باشد. همانند تویستر این تجهیز نیز از مزیت سادگی و وزن و ابعاد کم برخوردار است. استفاده از این تجهیز برای **Turndown** محدود مناسب می‌باشد. این تجهیز زمانی که نیاز به فشرده‌سازی گاز نمی‌باشد، از ارزش بیشتری برخوردار است.



شکل ۷ : فرایند آبزدایی با استفاده از فناوری Vortex

۳ غشا

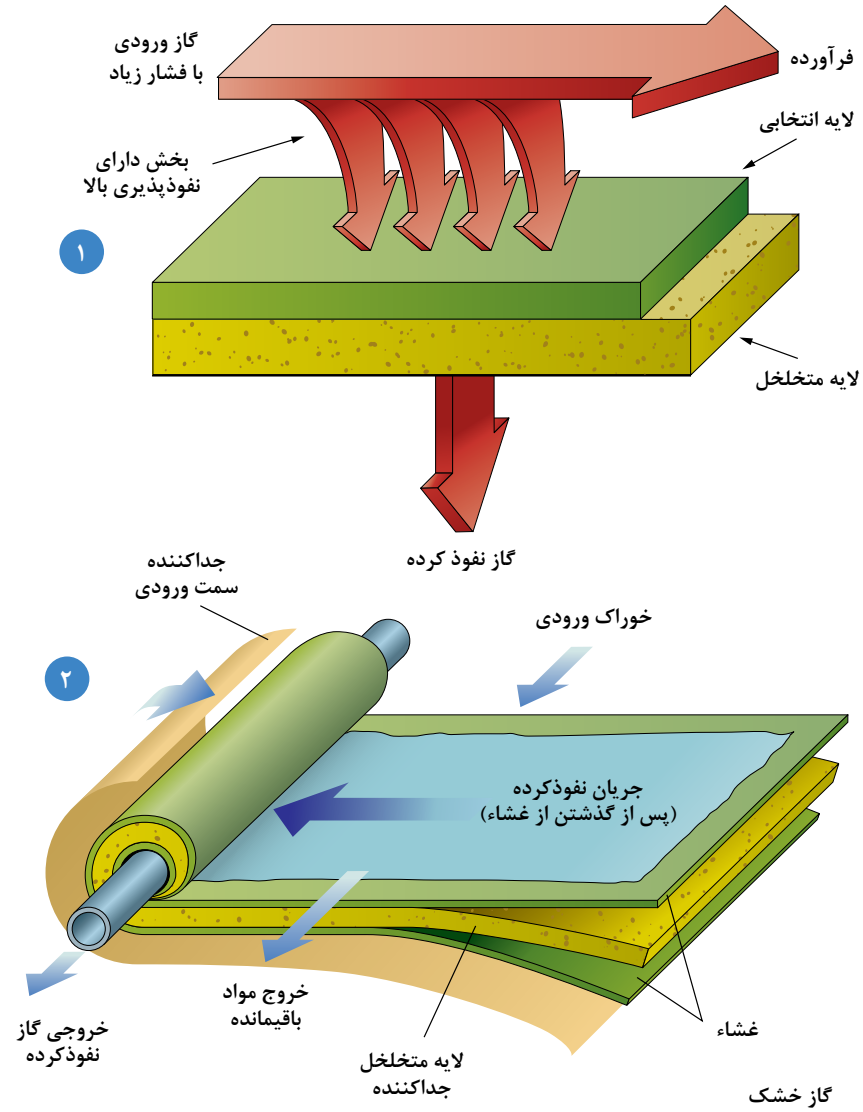
یک پیشنهاد جذاب برای آب‌زدایی از گاز طبیعی و رسانیدن مشخصات گاز قابل انتقال به وسیله خط لوله، استفاده از غشا(Membrane) می‌باشد. غشاها به صورت ذاتی ماژولار، سبک بوده و دارای نسبت Turndown بزرگ می‌باشند و همچنین نیاز به نگهداری و تعمیرات در آنها پایین می‌باشد. این مشخصات باعث شده که در شرایط مشابه، آب‌زدایی به وسیله غشا نسبت به آب‌زدایی به وسیله TEG قابل رقابت باشد، اما علیرغم این مزیت‌ها، غالباً غشا برای جداسازی کلی ذرات جامد و قطرات آب با اندازه بزرگتر از ۳ میکرون مناسب‌تر می‌باشد. دمای کار غشا باید حداقل ۱۰°C بالاتر از نقطه شبنم آب باشد، تا از میعان بخار آب در داخل غشا جلوگیری شود. این تجهیز می‌تواند در فشار ۵۰–۷۰barg با ۵۰۰–۲۰۰۰ppmv آب همراه جریان گاز به خوبی کار کند و جریان خروجی با فشار ۴۸–۶۸barg و میزان آب ۲۰–۱۰۰ppmv تولید نماید. میزان گاز نفوذکرده(Permeate) با فشار پایین[۰/۵–۴barg]، در غشا در حدود ۵–۳ درصد میزان گاز ورودی می‌باشد. فشار این جریان باید مجدد افزایش یابد یا در سیستم سوخت گازی فشار پایین مصرف شود. مطابق مطالعه انجام شده در سال ۲۰۰۳ میلادی توسط Bikin و همکارانش بر روی چند واحد تجاری نصب شده، مشخص شد که آب‌زدایی از گازطبیعی هنگامی که میزان جریان کمتر از ۱۰MMscfd باشد از نظر اقتصادی صرفه دارد. او همچنین ادعا کرد که غشا برای جریان گاز کمتر از ۵۶MMscfd در فراساحل نسبت به یک واحد آب‌زدایی از نوع TEG اقتصادی‌تر می‌باشد. قابل اطمینان بودن و سادگی غشا باعث شده که این فناوری برای آب‌زدایی در فراساحل و همچنین برای آب‌زدایی از گاز مخازن پراکنده و دورافتاده مناسب باشد. گاز کم فشار نفوذکرده در غشا در این موارد می‌تواند به مصارف سوختی برسد. از طرف دیگر این فناوری نسبت به فناوری آب‌زدایی به وسیله TEG دارای آلایندگی کمتری بوده و انتشار BTEX ندارد. علاوه بر آب‌زدایی، از غشاها به صورت گسترده برای تصفیه نیتروژن، هیدروژن، اکسیژن، آرگن و جداسازی یا تصفیه دی‌اکسیدکربن استفاده می‌شود.

ادامه دارد

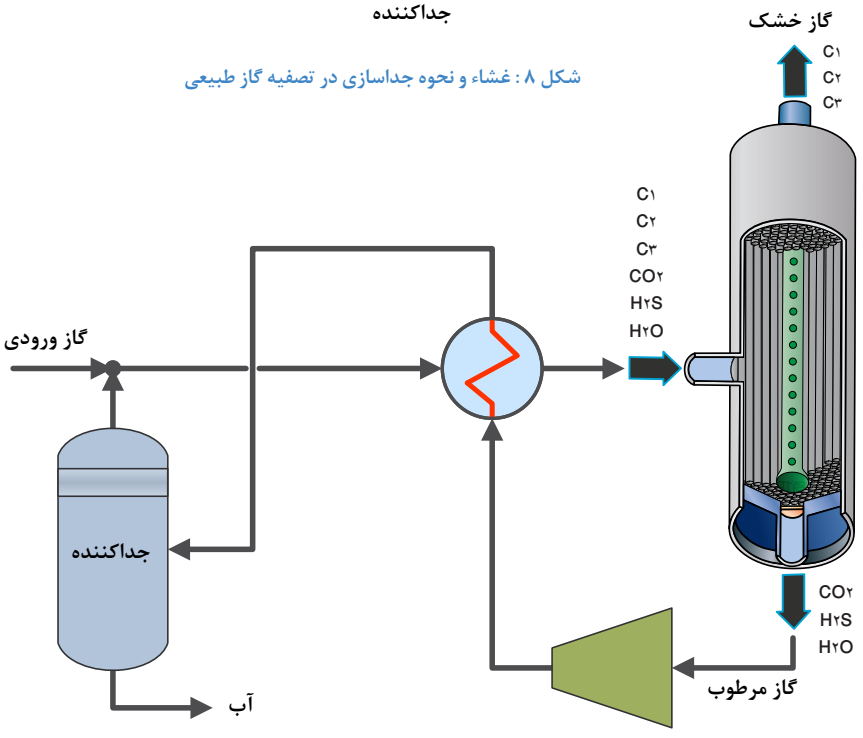
منابع

1- Gas Purification; Arthur Kohl, Richard Nielsen; 1997; Gulf Publishing Company; 'P: 1007-1010'
2- Engineering Databook by GPSA; 2004; 'Section 20'
3- www.twisterbv.com

مطالعه، تحقیق و تدوین:
مهندس امیراکبری، مهندس ا. شاهوردی
مهندس علی صفار



شکل ۸ : غشاء و نحوه جداسازی در تصفیه گاز طبیعی



شکل ۹ : فرایند آبزدایی با استفاده از فناوری غشاء