

جداسازی گازها توسط غشاهای پلیمری

مرتضی صادقی، مهدی پورافشاری چنار و سید عباس موسوی
شرکت پارسیان پویا پلیمر، مرکز رشد فناوری پلیمر، پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران

۱- مقدمه

جداسازی مخلوط‌های گازی می‌توانند از طریق غشاهای پلیمری بسیار نازک با ساختار شیمیایی و ساختارهای فیزیکی متفاوت جدا شوند. گراهام اولین فردی بود که در سال ۱۸۵۰ این فرآیند را با غنی‌سازی اکسیژن هوا به وسیله عبور هوا از یک غشاء پلیمری (از جنس لاستیک طبیعی) نشان داد. این کشف موجب کاربردهای فراوان این روش جداسازی در قرن بعدی گردید. اولین مورد کاربرد غشاء در مقیاس صنعتی جداسازی گازها در فرآیند نفوذ گاز برای جداسازی ایزوتوپ‌های اورانیم بود. این فرآیند در ایالات متحده آمریکا و در دهه ۱۹۴۰ انجام پذیرفت. توسعه غشاهای نامتقارن با توانایی عبوردهی بالا و غشاهای پلیمری مرکب برای تصفیه آب توسط لوئب و سوریراجان در دهه ۱۹۶۰ و دیگر محققان در سال‌های بعد، حضور این غشاهای را در صنعت جداسازی ممکن ساخت. توسعه و کاهش قیمت جداسازی گازها توسط غشاء ادامه یافت تا اینکه در انتهای دهه ۱۹۷۰ به صورت تجاری وارد صنعت شد. اولین واحد صنعتی جداسازی از طریق غشاء در مقیاس صنعتی توسط شرکت مونسانتو در سال ۱۹۷۷ برای بازیافت هیدروژن از گاز طبیعی نصب شد. فرآیندهای جداسازی توسط غشاء دارای مزیت‌های قابل توجهی شامل موارد ذیل می‌باشد:

- ۱- انرژی مصرفی و در برخی موارد سرمایه‌گذاری اولیه کمتر از روش‌های معمول جداسازی برای کاربردهای صنعتی می‌باشد.
- ۲- تجهیزات فرآیندی مورد نیاز (مدول جداکننده) بسیار ساده، کم حجم و همچنین دارای انعطاف‌پذیری در نحوه عملکرد و کنترل ساده است.

۳- تجهیزات این سیستم‌ها مدولار می‌باشد و به راحتی در مقیاس بزرگ‌تر و یا در ظرفیت کمتر تولید منطبق خواهد شد. وجود مزیت‌های فوق و همچنین پیشرفت‌های صورت پذیرفته و مورد انتظار در این زمینه موجب شده است که تحقیقات گسترده‌ای در زمینه توسعه و گسترش مواد پلیمری مختلف جهت بهینه‌سازی روش جداسازی غشائی و همچنین توسعه روش‌های نوین برای ساخت غشاهایی با کارایی بالا صورت پذیرد [۱-۴].

۲- انواع فرآیندهای غشائی

به منظور شناخت کلی از جداسازی‌های عملی توسط فرآیندهای غشائی مهمترین این فرآیندها و کاربردهای جداسازی آنها در جدول ۱ ارائه شده‌اند. برخی خصوصیات این فرآیندها نیز در این جدول ارائه شده‌اند. در ذیل توضیحات مختصری از این فرآیندها و کاربردهای جداسازی آنها آورده شده است.

۱-۲- الکترودیالیز: الکترودیالیز فرآیند غشائی است که در آن یک میدان الکتریکی عمود بر غشاهای گزینش یون اعمال می‌گردد. از این فرآیند در نمک زدایی از آب شور، پیش‌غلیظ کردن آب دریا برای تولید نمک، بازیافت اسید لاکتیک از پساب‌های کارخانجات لبنیاتی و... استفاده می‌کنند.

۲-۲- دیالیز: در دیالیز اجزاء حل شده با جرم ملکولی پایین‌تر به علت اختلاف غلظت در محلول‌های موجود در دو طرف غشاء از غشاء عبور می‌کنند. از این عمل در امراض کلیوی، بازیافت سود از پساب‌های شامل سلولز از واحدهای تولید الیاف ابریشم مصنوعی و حذف الکل از آبجو استفاده می‌گردد.

فرآیند غشائی	توانایی جداسازی برای	نیروی محرکه فراهم شده به وسیله	جزء ترجیحاً تراوش کننده
الکترودیالیز	محلول‌های آبی	میدان الکتریکی	ماده حل شونده (یون‌ها)
دیالیز	محلول‌های آبی	اختلاف غلظت	ماده حل شونده (یون‌ها)
اسمز	محلول‌های آبی	اختلاف غلظت	حلال
اسمز معکوس	محلول‌های آبی با جرم ملکولی کم محلول‌های آلی - آبی	اختلاف فشار (۱۰۰ بار)	حلال
اولترافیلتراسیون	محلول‌های درشت ملکول، امولسیون	اختلاف فشار (۱۰ بار)	حلال
نانوفیلتراسیون	تمام موارد بیان شده در مورد فرآیندهای اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون	اختلاف فشار (۱۵ بار)	حلال
میکروفیلتراسیون	سوسپانسیون‌ها، امولسیون‌ها	اختلاف فشار (۵ بار)	فاز پیوسته
تراوش گاز	مخلوط‌های گازی، مخلوط‌های گاز - بخار آب	اختلاف فشار (۸۰ بار)	جزء ترجیحاً تراوش کننده
تراوش تبخیری	مخلوط‌های آلی مخلوط‌های آلی - آبی	قسمت خروجی غشاء: نسبت فشار جزئی به فشار اشباع	جزء ترجیحاً تراوش کننده

جدول ۱: فرآیندهای غشائی و خصوصیات آنها [۱۶]

۲-۳- اسمز و اسمز معکوس: اسمز یک پدیده طبیعی است که در آن به علت بزرگ بودن پتانسیل شیمیایی حلال در محلول رقیق نسبت به محلول غلیظ، حلال موجود در محلول رقیق از درون غشاء عبور کرده و به سمت محلول غلیظ موجود در طرف دیگر غشاء می‌رود و این عمل تا رسیدن به تعادل ادامه می‌یابد. در هنگام تعادل، اختلاف سطحی بین دو محلول ایجاد می‌گردد که به فشار اسمزی معروف است. اگر فشار بیشتری از فشار اسمزی به محلول غلیظ وارد گردد، پتانسیل شیمیایی حلال در محلول غلیظ نسبت به پتانسیل شیمیایی حلال در محلول رقیق افزایش می‌یابد و حلال از سمت محلول غلیظ به سمت محلول رقیق می‌رود. این پدیده به اسمز معکوس معروف است. مهمترین کاربرد اسمز معکوس در شیرین سازی آب است.

۲-۴- نانوفیلتراسیون: فرآیند غشائی نوینی است که خواص جداسازی آن بین فرآیندهای اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون است.

۲-۵- اولترافیلتراسیون: این فرآیند بسیار شبیه به فرآیند اسمز معکوس می‌باشد. مهمترین استفاده از این فرآیند در صنایع غذایی می‌باشد.

۲-۶- میکروفیلتراسیون: فرآیندی است که مواد کلوئیدی خیلی ریز در حد میکرون را از مایعات و گازها می‌تواند جدا کند. غشاهای جدیدترین فرآیند معمولاً به شکل موئین و لوله‌ای هستند. ۲-۷- تراوش تبخیری: در این فرآیند غشائی برخلاف دیگر فرآیندهای غشائی تغییر فاز صورت می‌گیرد. در این فرآیند از کاهش فعالیت (کاهش فشار جزئی) در قسمت خروجی غشاء برای انتقال اجزاء و جداسازی اجزاء استفاده می‌شود. در حال حاضر مهمترین کاربرد صنعتی این فرآیند آب‌زدایی از الکل‌هایی مانند اتانول و ایزوپروپانول می‌باشد.

۲-۸- تراوش گاز یا جداسازی گاز توسط غشاء: اساس فرآیند تراوش گاز بر اختلاف میزان جذب گازها در ماده غشاء و نفوذ و جریان آنها از درون غشاء استوار است. نظر به اینکه این فرآیند در این مقاله مورد توجه قرار گرفته است؛ لذا در ادامه اطلاعات بیشتری از این فرآیند ارائه خواهد شد.

۳- غشاهای پلیمری مورد استفاده در جداسازی گازها: پلیمرهای آلی مواد غالب برای غشاهای جداسازی گاز هستند. غشاهایی که به طور گسترده در جداسازی گازها از آنها

Gas/Gas Separation Systems		
$H_2/N_2, H_2/CH_4$	~200 Units	Glassy Membranes
O_2/N_2	~10,000 Units	
CO_2/CH_4	~200 Units	
Gas/Vapor Separation Systems		
VOC/Air	~100 Units	Rubbery Membranes
Hydrocarbon/ $N_2, Hydrocarbon/CH_4$		

جدول ۲: فرآیندهای نصب شده تجاری برای تصفیه گاز

Polymer	Permeability at 30 °C (Barrer)					Ideal selectivity $\alpha(CO_2/CH_4)$
	H2	N2	O2	CH4	CO2	
Cellulose Acetate	2.63	0.21	0.59	0.21	6.3	30
Ethyl Cellulose	87	8.4	26.5	19	26.5	1.4
Polycarbonate (Brominated)		0.18	1.36	0.13	4.23	33
Polydimethylsiloxane	550	250	500	800	2700	3.4
Polyimide (Matrimide)	28.1	0.32	2.13	0.25	10.7	43
Polymethylpentylene	125	6.7	27	14.9	84.6	5.7
Polyphenylene oxide	113	3.81	16.8	11	75.8	6.9
Polysulfone	14	0.25	1.4	0.25	5.6	22

1 Barrer = $10^{-10} \text{ cm}^3 \text{ cm}(\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{cmHg})$

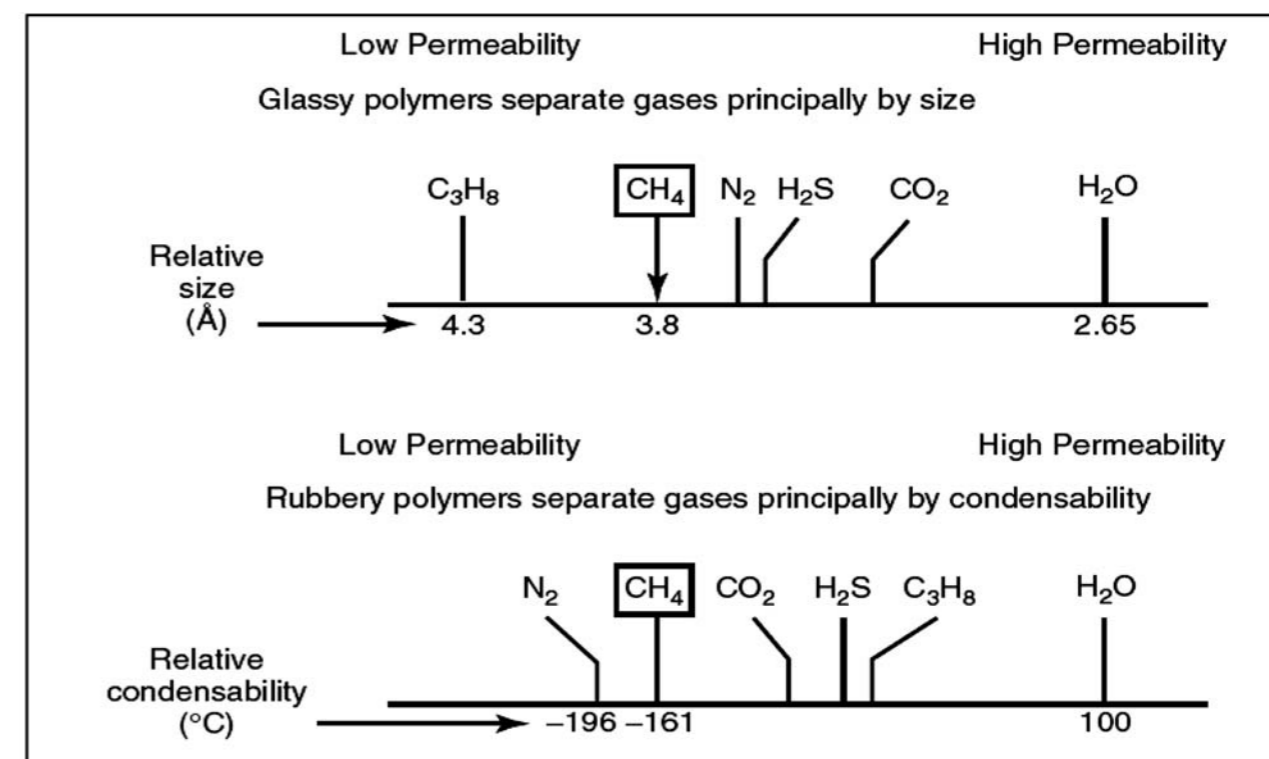
جدول ۳: تراوش پذیری گازها در پلیمرهای کاربردی

۴- ساخت غشاء پلیمری
 ضخامت ممکن، حضور داشته باشد. روش معمول جهت ساخت غشاءهای پلیمری جداسازی گازها، روش جدائی فازی می باشد [۱۷-۱۵]. جدائی فازی فرآیندی است که پلیمر از یک طریق کنترل شده از حالت مایع به جامد تغییر می یابد. فرآیند جامدسازی اکثراً با عبور از حالت تک مایع به دو مایع مجزا آغاز می شود. در یک مرحله خاص در خلال فرایند جدایش یکی از فازهای مایع (فاز شامل پلیمر با غلظت بیشتر) جامد می شود که ماتریس جامد را تشکیل خواهد داد. با کنترل مرحله ابتدائی انتقال فاز، مورفولوژی غشاء که شامل متخلخل یا نامتخلخل بودن است، کنترل می شود. جدائی فازی در هنگام تشکیل غشاء در سیستم شامل پلیمر، حلال می تواند از طریق

غشاءهای مورد استفاده در حوزه جداسازی گازها، از طریق مکانیسم انحلال-نفوذ عمل جداسازی را بر روی گازها انجام می دهند. در مکانیسم انحلال-نفوذ مولکول گاز در یک وجه غشاء حل شده و از طریق نفوذ عرض غشاء راطی می کند و در وجه دیگر غشاء دفع می گردد. بنابراین حضور یک لایه چگال انتخاب پذیر در این نوع غشاءها لازم می باشد. از سوئی دیگر به علت سرعت کم نفوذ گاز در بستر پلیمر، ضخامت زیاد این لایه انتخاب پذیر موجب افزایش مقاومت در مقابل عبور گاز خواهد شد و به دنبال آن دبی گاز عبوری از غشاء کاهش خواهد یافت. از این رو لازم است که ساختار غشاء به گونه ای بوجود آید که این لایه انتخاب پذیر با کمترین

استفاده می شود به دو گروه شامل پلیمرهای شیشه ای و پلیمرهای لاستیکی تقسیم می شوند. غشاهای شیشه ای عمدتاً از پلیمرهایی ساخته می شوند که در زیر دمای انتقال شیشه ای شان کار می کنند. در حالت شیشه ای پلیمرها سخت و شکننده هستند و در این حالت تحرکات سگمنتی و جابجایی مولکولی حداقل و سرعت نفوذ ملکول های بزرگ کم می باشد. این پلیمرها غالباً گازها را بر مبنای اختلاف اندازه ملکولی شان از هم جدا می کنند و ملکول های کوچکتر و متراکم تر دارای تراوش پذیری بالائی هستند. از طرف دیگر غشاهای لاستیکی از پلیمرهایی ساخته می شوند که در بالای دمای انتقال شیشه ای شان کار می کنند. این غشاهای نرم و بسیار انعطاف پذیر هستند. جداسازی گازها در این غشاهای بر مبنای اختلاف انحلال پذیری اجزاء در غشاء صورت می گیرد. عمدتاً اجزائی که میعان پذیریشان بیشتر باشد (مانند هیدروکربن های سنگین) تمایل دارند که به آسانی و به سهولت در این غشاهای لاستیکی حل شده و در نتیجه سریع تر تراوش یابند. شکل ۱ نشان دهنده اختلاف سرعت های تراوش پذیری گازهای رایج در غشاهای شیشه ای و لاستیکی می باشد. جدول ۲ نیز نشان دهنده کاربرد صنعتی از این دو گروه از غشاهای پلیمری می باشد. در طول دو دهه گذشته پلیمرهای جدیدی نیز برای جداسازی گازها توسعه یافته اند که در مقالات متعددی شرح داده شده اند. بزرگترین گروه از این پلیمرها پلی ایمیدها هستند. بر خلاف تلاش های انجام شده فقط چیزی کمتر از ۱۰ پلیمر هستند که در صنایع جداسازی گاز به صورت تجاری از آنها استفاده می شود. تراوش پذیری گازها در پلیمرهایی که دارای اهمیت عملی برای جداسازی گاز هستند در جدول ۳ آمده است [۱۷-۱].

استفاده می شود به دو گروه شامل پلیمرهای شیشه ای و پلیمرهای لاستیکی تقسیم می شوند. غشاهای شیشه ای عمدتاً از پلیمرهایی ساخته می شوند که در زیر دمای انتقال شیشه ای شان کار می کنند. در حالت شیشه ای پلیمرها سخت و شکننده هستند و در این حالت تحرکات سگمنتی و جابجایی مولکولی حداقل و سرعت نفوذ ملکول های بزرگ کم می باشد. این پلیمرها غالباً گازها را بر مبنای اختلاف اندازه ملکولی شان از هم جدا می کنند و ملکول های کوچکتر و متراکم تر دارای تراوش پذیری بالائی هستند. از طرف دیگر غشاهای لاستیکی از پلیمرهایی ساخته می شوند که در بالای دمای انتقال شیشه ای شان کار می کنند. این غشاهای نرم و بسیار انعطاف پذیر هستند. جداسازی گازها در این غشاهای بر مبنای اختلاف انحلال پذیری اجزاء در غشاء صورت می گیرد. عمدتاً اجزائی که میعان پذیریشان بیشتر باشد (مانند



شکل ۱: مقایسه تراوش پذیری نسبی گازها در غشاهای شیشه ای و لاستیکی

اکسیژن-نیتروژن در حال حاضر به کار برده می شود. از میان پلیمرهای سیلیکونی، پلی دی متیل سیلوگزان (PDMS) از پلیمرهایی است که تحقیقات زیادی بر روی آن انجام می گیرد [۱۴-۱۲].

پلیمرهایی مانند پلی ایمیدها، پلی سولفون ها، پلی فنیلن اکسید و غشاهای استات سلولوز از مهم ترین پلیمرها در جداسازی گاز هستند [۱۱-۱]. در زمینه غشاهای لاستیکی نیز پلی اورتان تراوش پذیری بالائی دارد و در جداسازی

(a) تغییر در درجه حرارت

(b) تبخیر حلال

(c) افزوده شدن غیر حلال در حلال مرحله سرد شدن، انجام پذیرد.

ساخت غشا از طریق فرایند جدائی فازی به سه گروه تقسیم بندی می شود [۱۷]:

(۱) ریخته گری خشک / جدائی فازی مرطوب

(۲) ریخته گری خشک / جدائی فازی خشک

(۳) ریخته گری خشک / جدائی فازی مرطوب - خشک

تقسیم بندی اصلی شامل فرایند ریخته گری خشک می باشد. تفاوت آن مربوط به این است که غشاء ریسیده شده آیا مستقیماً وارد حمام انعقاد می گردد یا اینکه از یک فاصله عبور خواهد کرد. این امر به علت تبخیر حلال در فاصله عبور از هوا و تغلیظ پلیمر در سطح مشترک هوا/ محلول و نهایتاً تشکیل لایه پوسته ای، مورد علاقه می باشد. اکثر غشاهای مورد استفاده در جداسازی گازها از روش جدائی فازی مرطوب- خشک تولید می گردند.

۵- شکل و هندسه غشا و مدول های مورد استفاده در جداسازی گازها:

اصولاً، غشاءها در دو شکل زیر تولید می شوند:

۱- تخت (flat) ۲- لوله ای (tubular)

غشاءهای لوله ای براساس اختلاف ابعادی به انواع زیر تقسیم می شوند [۱۶]:

غشا الیاف توخالی (قطر کمتر از ۰/۵ میلیمتر)

غشا موئین (قطر الیاف بین ۰/۵ تا ۵ میلیمتر)

غشا لوله ای (قطر الیاف بزرگتر از ۵ میلیمتر)

ابعاد غشاءهای نوع سوم (لوله ای) آنقدر بزرگ است که احتیاج به یک نگهدارنده دارد در صورتیکه غشاهای الیاف توخالی و غشاهای موئین احتیاج به نگهدارنده ندارند. غشاءهای الیاف توخالی و موئین می توانند از طریق سه روش مختلف زیر تهیه شوند:

۱- ریسندگی مرطوب (یا ریسندگی خشک- مرطوب)

۲- ریسندگی مذاب

۳- ریسندگی خشک

غشاءهای تخت به صورت مدول قاب و صفحه ای و مدول حلزونی کاربرد دارند و حال آنه غشاءهای الیاف توخالی به صورت مدول الیاف توخالی مورد استفاده می باشند.

مدول قاب و صفحه ای در مورد تراوش تبخیری بسیار موثر می باشد ولی دو مدول الیاف توخالی و حلزونی به خاطر نسبت سطح به حجم بالاتری که دارند در جداسازی گازی بیشتر مورد توجه قرار گرفته اند. مدول الیاف توخالی بیشترین کاربرد را در جداسازی گازها دارد. شکل ۲ نمایی شماتیک از این مدول را نشان می دهد. معمولاً خوراک در این مدول با سطح بیرونی الیاف تماس می یابد و قسمتی از آن از دیواره می گذرد و وارد قسمت توخالی الیاف می شود و به بیرون از مدول جریان می یابد. قسمت خوراک فشار بالا از قسمت جریان تراوش یافته فشار پایین توسط مجموعه ای از این الیاف جدا می شود. در کاربردهای فشار بالا، خوراک بدین دلیل وارد پوسته می شود که تحمل الیاف در مقابل فشردگی بیشتر از کشیدگی یا انبساط است و همچنین اگر یکی از الیاف معیوب باشد فشار جریان باعث بسته شدن آن شده و باعث تقریباً ثابت ماندن عملکرد مدول خواهد شد.

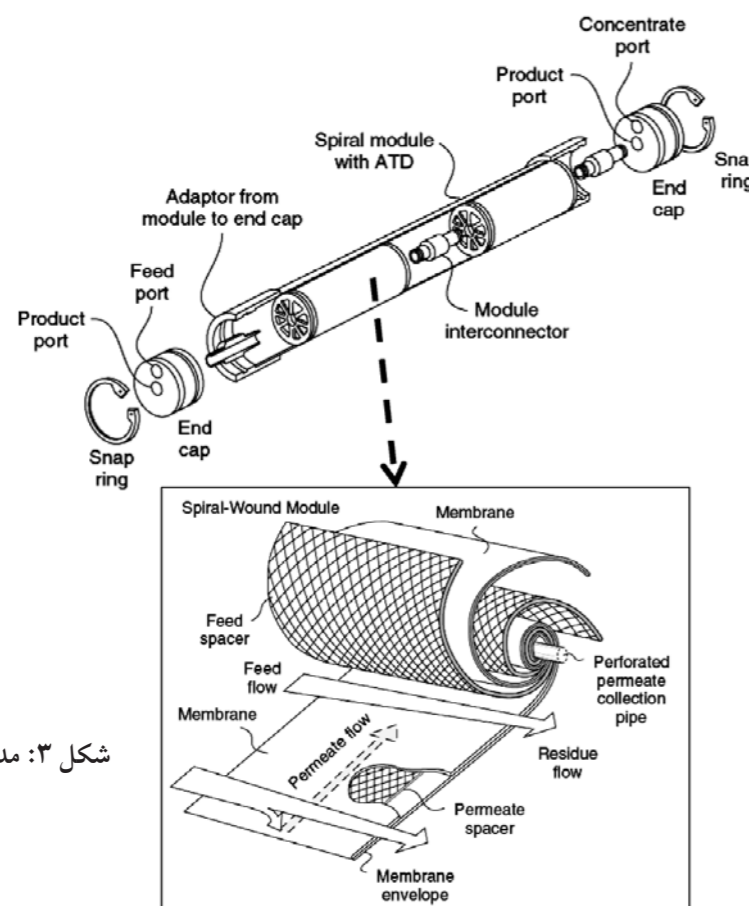
حلزونی و الیاف توخالی به ترتیب ۳۰ الی ۵۰۰، ۲۰۰ الی ۸۰۰ و ۵۰۰ الی ۹۰۰۰ متر مربع بر متر مکعب گزارش شده است.

عواملی نظیر نسبت سطح به حجم خیلی زیاد و همچنین توانائی تحمل فشار بالا منجر به گسترش و پیشتازی غشاهای الیاف توخالی در جداسازی گازها شده است.

در مدول حلزونی، دو غشاء و یا بیشتر به دور لوله جمع آوری سیال عبوری از غشاء پیچیده

می شوند. بین غشاهای نیز لایه ای جهت ایجاد فاصله قرار داده می شود. شکل ۳ یک مدول حلزونی را نشان می دهد.

نسبت سطح به حجم برای سه مدول قاب و صفحه ای،



شکل ۳: مدول حلزونی

۶- کاربرد غشاهای پلیمری در جداسازی گازها:

فن آوری غشائی شامل برتری هایی نظیر کاهش مصرف انرژی است. علاوه بر آن، این فرایند دارای مزایایی نظیر سهولت افزایش تولید به علت مدولار بودن سیستم ها، کم حجم و کم وزن بودن، ایمنی محیط زیست و انعطاف پذیری بسیار زیاد در جریان های مختلف، فشارها و ترکیبات مختلف گاز می باشد. پیشرفت در رفع معایب فنی این فرایند و بویژه ساخت غشاهای مناسب باعث شده است که این فرایند هر روز کاربرد بیشتری پیدا نماید. کاربردهای جداسازی غشائی برای جداسازی گازها عبارتند از:

۱-۶- فراورش گاز طبیعی:

در اغلب منابع گاز طبیعی خام همراه با CH₄ ترکیبات دیگری من جمله CO₂، H₂S و H₂O موجود است که می بایست به علل زیر از ترکیب خارج گردند:

۱- افزایش ارزش حرارتی گاز طبیعی

۲- کاهش خوردگی در خلال انتقال و توزیع آن

۳- جلوگیری از آلودگی جوی SO₂ که از احتراق H₂S در گاز طبیعی بوجود خواهد آمد.

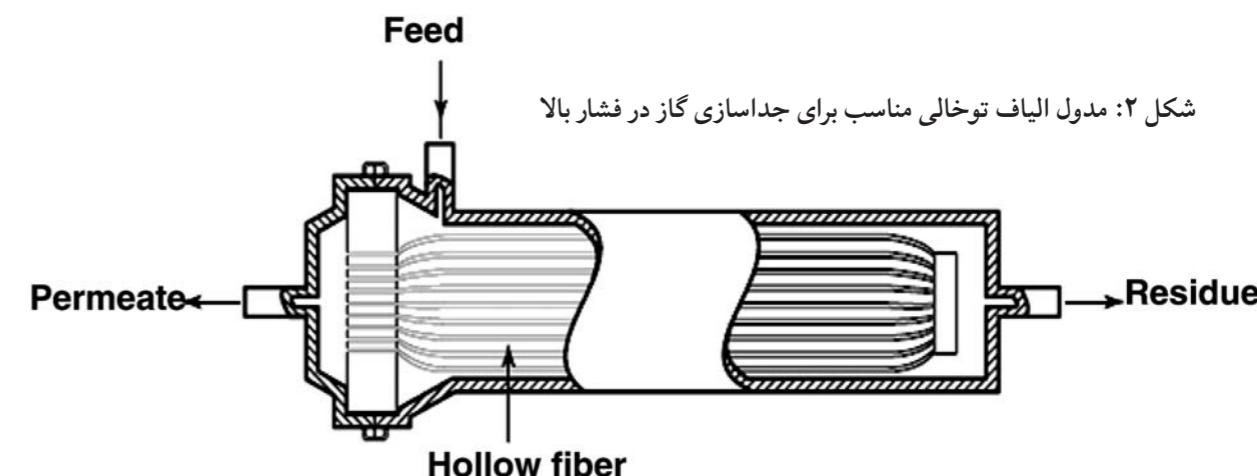
۴- جلوگیری از یخ زدگی آب در لوله های انتقال گاز طبیعی

یک روش موثر برای جداسازی گازهای اسیدی (CO₂ و H₂S) از گاز طبیعی، عبوردهی انتخاب پذیر این گازها از پلیمرهای نامتخلخل می باشد. به علت فشار بالای گاز طبیعی فرایند غشائی برای این منظور بسیار مناسب می باشد. کاربرد غشا در فراورش گاز طبیعی به عوامل زیر تقسیم می گردد:

۱-۱-۶- جداسازی گازهای اسیدی (دی اکسیدکربن و سولفید هیدروژن)

گازهای دی اکسیدکربن و سولفید موجود در گاز طبیعی باید به

شکل ۲: مدول الیاف توخالی مناسب برای جداسازی گاز در فشار بالا



مقدار استاندارد مجاز کاهش یابند (کمتر از ۲٪ مولی برای دی‌اکسیدکربن و کمتر از ۴ ppm برای سولفید هیدروژن). به اثبات رسیده است که غشاهای پلیمری موجود در حال حاضر می‌توانند به طور موفقیت‌آمیزی با دیگر تکنولوژی‌ها (عمدتاً جذب توسط آمین) در برخی از این کاربردها رقابت نمایند. غشاهای موجود می‌توانند ناخالصی‌های گاز طبیعی را تا حد خوبی کم کنند و آنها را به کمتر از ۲٪ مولی از دی‌اکسیدکربن برسانند.

۶-۱-۲- جداسازی بخار آب

آب‌گیری به وسیله غشاء در مقایسه با سایر روش‌های متداول مانند جذب شیمیایی، جذب سطحی و دیگر روش‌ها از مزایای زیادی برخوردار است. گاز طبیعی معمولاً دارای حدوداً ۰/۲٪ مولی بخار آب (۱۰۰ lb/MMSCF) می‌باشد که این مقدار به وسیله غشاء تا ۷ lb/MMSCF می‌تواند کاهش یابد. این روش می‌تواند بدون احتیاج به احیاء مجدد به طور پیوسته کار کند. از جهت مصرف انرژی بسیار مقرون به صرفه بوده و از جهت زیست محیطی نیز تا زمانی که آلودگی ثانویه‌ای داخل فرآیند نشود جالب توجه است.

۶-۱-۳- دفع هیدروکربن‌های سنگین توسط غشاء

بیشتر انواع گازهای طبیعی را می‌بایست به منظور کاهش هیدروکربن‌های سنگین‌تر از پروپان تحت فرایند قرار داد تا از میعان آنها در نقاط سرد جلوگیری شود. با دفع هیدروکربن‌های سنگین نقطه شبنم تا ۲۰- پایین می‌آید. در فرآیند غشائی گاز فشرده می‌شود و دمای آن به کمک یک سردساز به ۳۰ کاهش می‌یابد. بخشی از آب آن مایع شده و جدا می‌شوند. اکنون گاز خروجی از کمپرسور را از یک سطح غشائی عبور می‌دهند که باعث جداسازی می‌شود.

۶-۲- کاربرد غشاء در پالایش گاز تولیدی در ازدیاد برداشت نفت

یکی از روش‌های ازدیاد برداشت نفت، تزریق دی‌اکسیدکربن به چاه‌های نفت است. دی‌اکسیدکربن باعث رانده شدن نفت باقی مانده از اطراف به سمت چاه می‌شود. در این عملیات به مقدار زیادی دی‌اکسیدکربن نیاز می‌باشد. متأسفانه گاز تولیدی همراه نفت به این دی‌اکسیدکربن آلوده می‌شود که قبل از استفاده باید پالایش شود.

هدف فرآیند غشائی در ازدیاد برداشت نفت، بازیابی دی‌اکسیدکربن و گاز طبیعی می‌باشد. حجم گاز تولید شده و میزان دی‌اکسیدکربن آن به تدریج افزایش می‌یابد که در نتیجه آن استفاده از فرآیندهای سنتی آمین دشوار می‌نماید. ماهیت مدولار غشاهای اجازه افزایش ظرفیت را خواهد داد و این انعطاف‌پذیری فرآیند غشائی در دیگر انواع فرآیندها مشاهده نمی‌شود.

۶-۳- کاربرد غشا در صنعت پتروشیمی

غشاهای جداسازی گاز به صورت گسترده‌ای در صنایع پتروشیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در ذیل پاره‌ای از این کاربردها ذکر گردیده است:

الف- جداسازی هیدروژن/مونواکسید کربن

گاز سنتز (syngas) مخلوطی از هیدروژن و مونواکسید کربن است که برای تولید مواد شیمیایی نظیر اتیلن، گلیکول، اسیدها و الکل‌های آروماتیک از آن استفاده می‌شود. با استفاده از غشاهای پلیمری هیدروژن از مونواکسید کربن جدا شده و به واحدهای تولید الکل ارسال می‌گردد.

ب- جداسازی هیدروژن/نیتروژن در واحد تولید آمونیاک از سیستم غشایی برای تنظیم نسبت هیدروژن/نیتروژن مورد نیاز در راکتور تولید آمونیاک استفاده می‌شود. همچنین توسط غشاهای پلیمری هیدروژن هدر رفته در جریان گاز تخلیه بازیافت می‌گردد. بازیافت گاز هیدروژن از جریان گاز تخلیه و ارسال مجدد آن به راکتور تولید آمونیاک، منجر به افزایش ۵ درصدی در تولید واحد آمونیاک می‌گردد.

ت- جداسازی هیدروژن/هیدروکربنها

مواردی که جداسازی هیدروژن از هیدروکربنها بوسیله غشا انجام می‌گیرد عبارتند از:

- کاربرد در تبدیل‌کننده‌ها (Reformer)

-تخلیه Hydrotreater

-تخلیه Hydrocracker

-تخلیه Catalytic Cracker

-فرآیند Butamer

ث- بازیافت مونومر در واحدهای تولید پلی‌اولفین

یکی از کاربردهای جالب توجه غشاهای جداسازی گاز در صنعت پتروشیمی، کاربرد این غشاهای بازیافت مونومر در تولید پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن و پلی‌وینیل‌کلراید می‌باشد. با استفاده از سیستم‌های غشائی در یک واحد معمول تولید پلی‌اتیلن سالانه ۳۰۱ میلیون دلار ارزش افزوده عاید واحد خواهد گشت.

ج- تولید نیتروژن به منظور ایجاد محیط بی‌اثر جهت حمل مواد قابل انفجار و مخازن ذخیره‌ی سوخت

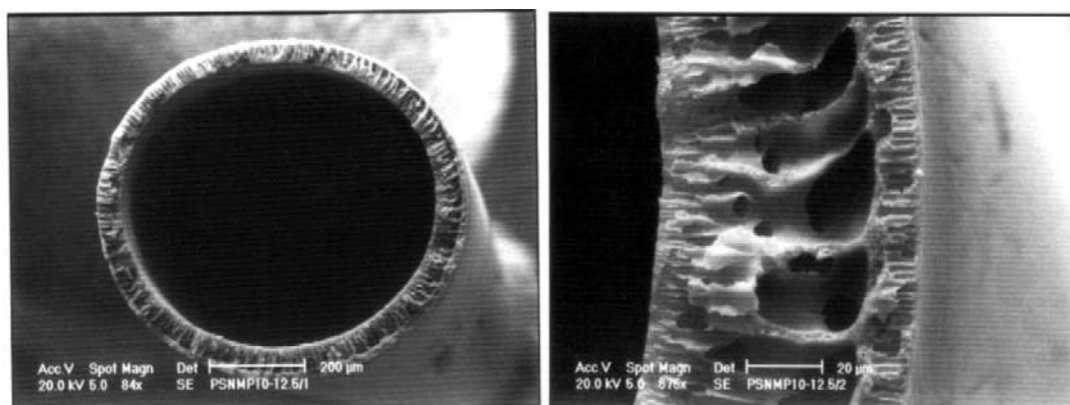
ح- تولید هوای خشک برای مصارف ابزار دقیق و ...

لازم به ذکر است که ۲ مورد اخیر کاربرد غشاهای جداسازی گازها، تولید نیتروژن و تولید هوای خشک، در گستره وسیعی از صنایع مختلف نفت، گاز و پتروشیمی مورد کاربرد می‌باشند. واحدهای کوچک و ارزان قیمت تولید نیتروژن و هوای خشک در محدوده وسیعی از کاربرد بی‌رقیب می‌باشند.

۶-۴- تولید غشاهای الیاف توخالی در ایران

چنانچه ذکر شد غشاهای پلیمری الیاف توخالی بهترین و موثرترین گونه غشاهای جداسازی گازها می‌باشند. به علت تکنولوژی خاص و پیچیدگی تولید این غشاهای، تکنولوژی تولید این محصولات جزء تکنولوژی‌های پیشرفته بوده و کشورهای محدودی نظیر آمریکا، ژاپن و چند کشور بزرگ اروپائی دارنده این تکنولوژی می‌باشند. کشور ایران به علت برخورداری از منابع سرشار نفت و گاز یکی از بازارهای جذاب و قابل توجه برای کاربرد غشاهای الیاف توخالی می‌باشد. پرواضح است که

دستیابی و بهره‌مندی از این تکنولوژی در کشور تحول قابل توجهی در صنعت نفت و گاز ایران ایجاد خواهد کرد. شرکت پارسیان پویا پلیمر، از شرکت‌های مستقر در مرکز رشد پلیمر، از اردیبهشت ماه سال ۱۳۸۳ فعالیت خود را بر ساخت غشاهای الیاف توخالی پلیمری شروع نمود و در شهریور ماه سال ۱۳۸۴ موفق به تولید غشا الیاف توخالی گردید. این شرکت امیدوار است که در نیمه اول سال ۱۳۸۶ اولین محصولات تجاری خود را به بازار ارائه دهد. شکل ۴ سطح مقطع الیاف تولیدی توسط این شرکت را نشان می‌دهد [۱۸].



شکل ۴: تصویر SEM از مقطع غشاء پلی‌سولفون در NMP تولید شده توسط شرکت پارسیان پویا پلیمر

1. S.A. Stern, Polymers for gas separations: the next decade, J. Membr. Sci. 94 (1994) 1-65
2. W.J. Koros, G.K. Fleming, Membrane-based gas separation, J. Membr. Sci. 83 (1993) 1-80
3. P. Pandey and R. S. Chauhan; Membranes for gas separation; Prog. Polym. Sci. 26 (2001) 853-893
4. R. W. Baker, Future Directions of Membrane Gas Separation Technology; Ind. Eng. Chem. Res. 2002, 41, 1393-1411.
5. S. Kazama, T. Teramoto and K. Haraya ; Carbon dioxide and nitrogen transport properties of bis(phenyl)fluorene-based cardo polymer membranes; J. Membr. Sci. 207 (2002) 91-104
6. L. White, T. A. Blinka, H. A. Kloezevski and I. Wang; Properties of polyimide gas separation membrane in natural gas streams; Journal of Membrane Science 103(1995) 73-82
- 7 Z.-K. Xu, M. Bohning, J. D. Schultze, G.-T. Li and J. Springer; Gas transport properties of poly(phenylene thioether imide)s; Polymer Vol.38 No.7 (1997) 1573-1580.
8. Z.-K. Xu, M. Bohning and J. Springer; Gas transport properties of highly fluorinated polyamideimides; Polymer Vol.38 No.3 (1997) 581-588
9. D. Ayala, A.E. Lozano, J. de Abajo, C. Garcí-a-Perez, J.G. de la Campa, K.-V. Peinemann, B.D. Freeman and R. Prabhakar; Gas separation properties of aromatic polyimides; J. Membr. Sci. 215 (2003) 61-73
10. J.D. Wind, D.R. Paul, W.J. Koros; Natural gas permeation in polyimide membranes; J. Membr. Sci. 228 (2004) 227-236
- 11- A.Y. Houde, B. Krishnakumar, S.G. Charati, S.A. Stern, Permeability of dense (homogeneous) cellulose acetate membranes to methane, carbon dioxide, and their mixtures at elevated pressures, J. Appl. Polym. Sci. 62 (1996) 2181-2192.
12. S.A. Stern, V.M. Shah, B.J. Hardy, Structure-permeability relationships in silicone polymers, J. Polym. Sci. Part B: Polym. Phys. 25 (1987) 1263-1298.
13. L. Abdellah, B. Boutevin, F. Guida-Pietrasanta and M. Smaïhi; Evaluation of photocrosslinkable fluorinated polydimethylsiloxanes as gas permeation membranes; J. Membr. Sci. 217 (2003) 295-298
14. U. Senthilkumar and B.S.R. Reddy; Structure-gas separation property relationships of non-ionic and cationic amino-hydroxy functionalized poly (dimethylsiloxane) membranes; J. Membr. Sci. 232 (2004) 73-83
- 15- Kesting R.E.? and Fritzsche A.K., Polymeric gas separation membranes, John Wiley & Son.? New York, 1993.
- 16- M. H. V. Mulder, Basic Principles of membrane Technology, Kluwer Academic Publisher, Netherland, 1996.
- 17- D. R. Paul and Y. Yampolski ; Polymeric gas separation membrane; 1994 by CRC press, Inc.
- 18- S. A. Mousavi, M. Pourafshari Chenar, M. Sadeghi, K. Vakhshoori, Spinning and Morphological Investigation of Polysulfone Hollow fiber membrane, Tenth Iranian national congress on Chemical Engineering, 4-5 Dec. 2005, Sistan and Balouchestan University, Zahedan, Iran

خبرنامه انجمن پلیمر ایران: گفتنی است طرح مذکور سال گذشته جایزه رتبه اول جشنواره جوان خوارزمی را به خود اختصاص داد. ما این موفقیت بزرگ علمی و فنی را به دست اندرکاران و مجریان این طرح تبریک می‌گوییم.