

جمهوری اسلامی ایران
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



گروه مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تهیه غشاهای پلیمری آلیاژی جداساز دی اکسید کربن/نیتروژن

توسط:

آبتین عبادی عموقین

استاد راهنما:

دکتر عبدالرضا مقدسی

استاد مشاور:

دکتر علی کارگری

دانشگاه اراک

شهریور ۱۳۸۸

فصل اول

مقدمه

۱-۱ فرآیندهای جداسازی غشایی و اهمیت آن

امروزه در بسیاری از علوم و صنایع، فرآیندهای جداسازی از اهمیت خاصی برخوردارند. زیرا مواد اولیه طبیعی ترکیبی از اجزای متفاوت بوده و برای استفاده از آنها در صنایع نیاز به جداسازی این اجزا می باشد

که مثال مهمی از این قبیل مواد، نفت خام می باشد. همچنین محصولات تولید شده از فرآیندهای شیمیایی غالباً نیازمند تفکیک و جداسازی هستند. این تفکیک علاوه بر افزایش کیفیت محصول تولیدی اهداف دیگری را دنبال می کند. مثلاً آلودگی های شدید آب و هوا که در کشورهای صنعتی رایج است، باعث تخریب محیط زیست می شود که نیازمند جداسازی این آلودگی ها از آب و هوا می باشد [۱].

یکی از روشهای جداسازی که بدون تغییر فاز انجام می شود فیلتراسیون است. در این روش، فرآیند جداسازی به وسیله فیلتر یا صافی صورت می گیرد. اصول این جداسازی بر اساس اندازه مواد می باشد. امروزه روشهای قدیمی جداسازی با فرآیندهای غشایی تکمیل تر شده اند. استفاده فراوان از فرآیندهای غشایی در صنایع پتروشیمی، نفت، صنایع غذایی، دارویی و زیست فناوری که در بسیاری از کاربردهای زیست محیطی کارایی دارند [۲]، نشانگر اهمیت فرآیندهای غشایی می باشد. از مزایای فرآیندهای غشایی می توان به موارد زیر اشاره کرد [۱،۳]:

- با توجه به اینکه در این روش برای عمل جداسازی نیازی به تغییر فاز وجود ندارد، از لحاظ مصرف انرژی مقرون به صرفه می باشد.
- به دلیل ضخامت کم غشاء فرآیند جداسازی غشایی سریعتر از سایر فرآیندهای جداسازی می باشد.
- محفظه هایی که غشاها در آنها قرار می گیرند، دارای حجم کم می باشند.
- جداسازی با غشاء معمولاً دارای بازده بالایی می باشد و همچنین بسیاری از جداسازی های را که با غشاء انجام می شود، نمی توان با هیچ روش دیگری انجام داد.
- قابلیت ترکیب شدن با سایر روشهای جداسازی، جهت افزایش بازده سیستم.
- هزینه طراحی سیستم های غشایی، بسیار پایین تر از سایر فرآیندهای جداسازی است.
- غشاها و مدول های غشایی را می توان به اشکال و اندازه های متفاوت ساخت. لذا این قابلیت وجود دارد که با توجه به نیاز سیستم، شکل هندسی غشاء و مدول و اندازه آنها را تغییر داد.
- در مواقعی که برای انجام جداسازی نیاز به استفاده از حلال باشد، میزان استفاده از آن در سیستم غشایی در مقایسه با سایر روش های جداسازی بسیار کمتر خواهد بود.

۲-۱ مفاهیم اولیه

طبق تعریف غشاء لایه ای نازک می باشد که می توان اجزا یک سیال را به طور انتخابی با آن جدا کرد. در جداسازی مواد در غشاها، عوامل زیادی دخالت دارند که مهمترین آنها جداسازی بر اساس اندازه های مولکولی است. در یک فرآیند غشایی عموماً دو فاز وجود دارد که غشاء آنها را از هم جدا و انتقال جرم بین آنها را کنترل می کند.

به جریانی از سیال که در سمت بالادست غشاء قرار دارد و برخی از اجزاء اصلی آن حذف شده است، جریان باقی مانده و جریان دیگری که در سمت پایین دست غشاء قرار دارد و غلظت این اجزا در آن زیاد شده است، به عنوان جریان ماده تراوشی مطرح می گردد. انتخاب جنس غشاء اولین مساله در طراحی هر فرآیند غشایی است. چگونگی کار غشاء توسط خواص فیزیکی و شیمیایی آن مشخص می شود. غشاها معمولاً از مواد مختلف آلی یا معدنی از قبیل پلیمر، سرامیک و فلز ساخته می شوند.

۳-۱ تاریخچه استفاده از غشاء

حدود ۱۵۰ سال از تاریخچه استفاده از غشاء می گذرد. در اوایل قرن نوزدهم، دانشمندانی در زمینه غشاء فعالیت های خود را آغاز کرده اند. میشل در سال ۱۸۳۱، عبور چند گاز را از میان بالن های لاستیکی طبیعی بررسی کرد. به طور همزمان، فیک درباره انتقال گاز از غشای نیترات سلولز تحقیق و قوانین مشهوری در زمینه نفوذ ارائه داد. در سال ۱۸۶۶، گراهام نفوذ ناسن را در جداسازی گاز با استفاده از لاستیک های طبیعی مطرح کرد. پس از این، کاربرد غشاها روز به روز افزایش پیدا کرد تا در سال ۱۹۲۰ از غشاها در کارهای آزمایشگاهی باکتری شناسی بهره گیری شد. اما هنوز مشکل اولیه پابرجا بود، یعنی ناکافی بودن شار و انتخاب پذیری غشاها، مانع از استفاده صنعتی آنها شد. استفاده از غشاها در مقیاس بزرگ به صورت فرآیندهای اسمز معکوس و اولترافیلتراسیون هنگامی عملی گردید که غشاهای نامتقارن ساخته شد. در سالهای اولیه دهه ۱۹۶۰، لوئب و سوریرجان، موفق به ساخت غشاهای نامتقارن اسمز معکوس از جنس سلولز استات شدند [۱]. پس از زمان کوتاهی، میشلز، غشاء نامتقارن دیگری برای فرآیند اولترافیلتراسیون و

نیز بارر، غشاهای پلیمری به منظور جداسازی گازها را ساختند. در دهه هفتاد، استفاده از غشاها به صنایع لبنی نیز کشیده شد. در این دهه از لحاظ علمی نگاه ویژه ای به غشاها گردید، به طوری که مقالات فراوانی در این زمینه منتشر و نیاز به وجود مجله ای در این زمینه در جهان احساس شد. مجله علوم غشاها (Journal of Membrane science) در سال ۱۹۷۳ منتشر گردید.

استفاده روز افزون غشاها در صنایع در دهه ۱۹۸۰ دیده می شود. فرآیند تبخیر به وسیله غشاء در این سالها ابداع گردید و در مقیاس بزرگ به کار گرفته شد. این کار توسط جن نیل در اروپا انجام شد. در دهه ۱۹۹۰ در سه قاره آمریکا، اروپا و آسیا (آسیای شرقی به خصوص ژاپن) استفاده از غشاها رونق می گیرد. در این میان استفاده از غشاهای پلیمری نیز رونق فراوان یافته است. در حال حاضر از مواد پلیمری به طور گسترده ای در ساخت غشاها استفاده می شود. **جدول (۱-۱)** مسیر زمانی جداسازی گاز با غشاهای پلیمری را نشان می دهد.

جدول ۱-۱: گام های مهم در جداسازی گاز با غشاهای پلیمری [۳]

سال	دانشمند	توسعه و پیشبرد
۱۸۲۹	گراهام	اولین آزمایش ثابت شده در انتقال گازها و بخارها از غشاهای پلیمری
۱۸۵۵	فیک	توصیف کمی انتقال مواد از لایه های مرزی
۱۸۶۶	گراهام	ثابت مفاهیم عبور گازها با توجه به «مکانیسم انحلال-نفوذ»
۱۹۰۷	بن چلد	تشریح رابطه بین خواص فیزیکی (مانند: نقطه حباب، کشش سطحی، شعاع حفره) و عملکرد غشاء؛ توسعه مفهوم مهم توزیع اندازه حفره
۱۹۳۰	کارپلاس	توسعه تکنیک ساخت غشاهای نیتروسولوز و صنعتی کردن این غشای متخلخل
۱۹۶۰	-	توسعه دانش مدرن غشاها و در دسترس قرار گرفتن روابط بین ساختار و عملکرد غشاهای جداساز گاز؛ غشاهای موجود عموماً غیر انتخاب پذیر، دارای شار کم و گران بودند
۱۹۷۰	-	وارد رقابت صنعتی شدن غشاهای جداساز گاز (بعد از کشف لوئب و سوریراجان در مورد غشاهای نامتقارن با شار بالا) در برخی فرآیندها نظیر جداسازی هیدروژن از جریان محصول آمونیاک، جداسازی CO ₂ از جریان گازها

همان طور که در **جدول (۲-۱)** مشخص شده است، فرآیند جداسازی غشایی گازها، فرآیندی نو و در حال توسعه است. همچنین استفاده صنعتی از این فرآیند در حال افزایش است.

جدول ۲-۱: وضعیت فرآیندهای غشایی صنعتی [۴]

رده بندی	فرآیند	وضعیت
توسعه یافته	میکروفیلتراسیون اولترافیلتراسیون اسمز معکوس الکترودیالیز	این دسته فرآیندها دارای واحدهای عملیاتی کاملاً تثبیت شده اند. در حال حاضر ظرفیت های جدید مهمی برای این دسته به نظر نمی رسد.
در حال توسعه	جداسازی گاز تراوش تبخیری انتقال تسهیل یافته تماس دهنده های غشایی پیزودیالیز	تعدادی از این واحدها ساخته شده اند. اندازه تجاری و شمار کاربردها در حال گسترش می باشد. قبل از صنعتی شدن در مقیاس بزرگ، مشکلات اصلی باقی مانده باید رفع شوند.
کاربردهای درمانی غشاهای	کلیه مصنوعی ریه (شش) مصنوعی رهایش کنترل شده دارو	این فرآیندها کاملاً تثبیت شده اند. در حال حاضر تمرکز تحقیقات، بر ارتقاء کارایی به طور مثال بهبود زیست سازگارپذیری معطوف می باشد.

۴-۱ معرفی موضوع

غشاهای پلیمری بنا به دلایل فرآیندی و اقتصادی استفاده روز افزونی را دارا هستند و همچنین فرآیند جداسازی گاز با غشاء یک فرآیند در حال توسعه می باشد. بنابراین جداسازی گاز با غشای پلیمری (تهیه غشای پلیمری جدید با هدف جداسازی دی اکسیدکربن/نیتروژن) منظور نظر این تحقیق می باشد.

¹ to-be-developed

در فصل اول این تحقیق به معرفی موضوع جداسازی گاز با استفاده از غشای پلیمری و اهمیت آن پرداخته شده است. مرور بر جداسازی دی اکسیدکربن/نیتروژن با غشاهای پلیمری در فصل دوم آورده شده است. همچنین در این فصل پلیمرهای مورد استفاده در این پروژه نیز معرفی شده اند. در فصل سوم نحوه تهیه این غشاها به طور کامل آورده شده است. همچنین دستگاه آزمایشگاهی مورد استفاده در آزمون غشاء به طور کامل شرح داده شده است. در فصل چهارم نتایج آزمایشگاهی و بحث بر روی آن ارائه و سرانجام در فصل پنجم پیشنهاداتی جهت کارهای آتی آورده شده است.

فصل دوم

مروری بر جداسازی دی اکسید کربن/نیتروژن با استفاده از غشاهای پلیمری

دخالت بشر در طبیعت موجب تغییرات سریعی در آب و هوای کره زمین شده است. این مطلب به قدری به سرعت اتفاق افتاده که اکنون یکی از بزرگترین مشکلات و مسائل اساسی در علوم زیست محیطی شده است. اساسی ترین موضوع در این زمینه نشر گازهای گلخانه ای است که عامل اصلی گرم شدن زمین می باشد. اگر قوانین پیش گیرانه ای در زمینه کنترل نشر این گازها تا سال ۲۱۰۰ میلادی وضع نشود، پیش بینی می شود دمای زمین سالانه چیزی در حدود $1/4^{\circ}\text{C}$ تا $5/8^{\circ}\text{C}$ افزایش یابد [۵].

این تغییرات تدریجی دما باعث ایجاد موارد منفی زیادی می باشد که شامل بالا آمدن آب دریاها، تغییرات وسیع در اکوسیستم (طبیعت) و کاهش در تنوع و بازدهی محصولات کشاورزی است.

همان طور که گفته شد، آلودگی هوا یکی از مسائل اساسی بشر در قرن بیستم می باشد. اما آلودگی هوا چیست؟ با توجه به گسترش شهرها و افزایش منابع آلاینده هوا، هوای اغلب شهرهای بزرگ و صنعتی آلوده می باشد و با توجه به خطراتی که این آلودگی برای سلامت افراد ساکن در مناطق آلوده دارد، شناخت و آگاهی نسبت به جوانب مختلف این مساله امری ضروری است و به نظر می رسد دولت‌ها در این زمینه باید تصمیمی اساسی و کاربردی اتخاذ تا سلامت محیط و جامعه را تضمین کنند.

انواع متعددی از آلاینده ها در اثر فعالیتهای طبیعی و مصنوعی بشر که در زمین انجام می گیرد، وارد اتمسفر می گردند. بنابراین به طور کلی آلودگی هوا به معنی حضور یک ماده خارجی در هواست. **جدول** (۱-۲) و (۲-۲) ترکیب شیمیایی هوای تمیز و آلوده و مقایسه بین آنها را نشان می دهد.

جدول ۱-۲: ترکیب شیمیایی هوای خشک اتمسفر تمیز [۶]

ماده	غلظت بر حسب درصد حجمی	غلظت بر حسب ppm
نیتروژن	۷۸/۰۹	۷۸۰۹۰۰
اکسیژن	۲۰/۹۵	۲۰۹۵۰۰
آرگون	۰/۹۳	۹۳۰۰
دی‌اکسید کربن	۰/۰۳۲	۳۲۰
نئون	۰/۰۰۱۸	۱۸
هلیوم	۰/۰۰۰۵۲	۵/۲
متان	-----	۱/۲

کریپتون	-----	۰/۵
هیدروژن	-----	۰/۵
گزنون	-----	۰/۰۸
دی‌اکسید نیتروژن	-----	۰/۰۲
ازن و غیره	-----	۰/۰۴ تا ۰/۰۱

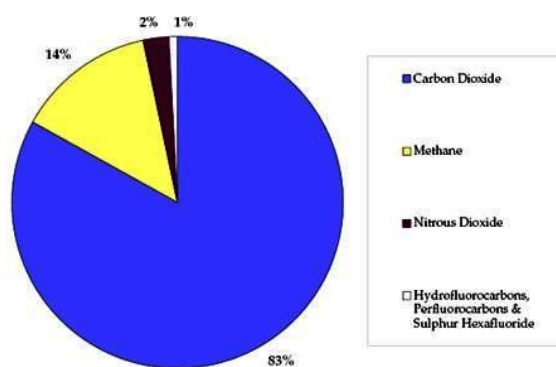
جدول ۲-۲: مقایسه ترکیب هوای تمیز و آلوده [۶]

آلاینده	هوای تمیز (ppm)	هوای آلوده (ppm)
SO ₂	۰/۰۰۱ - ۰/۰۱	۰/۰۲۰۲
CO ₂	۳۱۰-۳۳۰	۳۵۰-۷۰۰
CO	> ۱	۵-۲۰۰
NO _x	۰۰/۰۰۱-۰/۰۱	۰/۰۱-۰/۵
HC	۱	۱-۲۰
ذرات (µg/m)	۱۰-۲۰	۷۰-۷۰۰

۲-۲ دی‌اکسیدکربن، آلوده کننده ترین گاز گلخانه ای

همان طور که مشخص است، گازهای گلخانه ای اثر مستقیم بر آلودگی هوا و تغییرات محیط زیستی دارند.

نسبت آلودگی گازهای گلخانه ای مهم در شکل (۱-۲) مشخص می باشد.

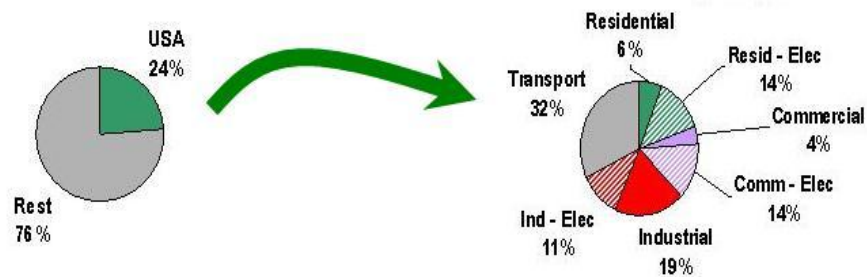


شکل ۱-۲: منابع اصلی آلودگی هوای جهان [۷]

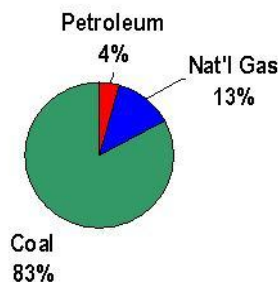
همان طور که مشخص است بیشترین نقش در میان این آلاینده ها، متوجه گاز دی‌اکسیدکربن می باشد.

نشر جهانی گاز گلخانه ای دی‌اکسیدکربن و همچنین نقش منابع فسیلی در تولید جهانی دی‌اکسیدکربن

در شکل های (۲-۲) و (۳-۲) قابل مشاهده می باشد:

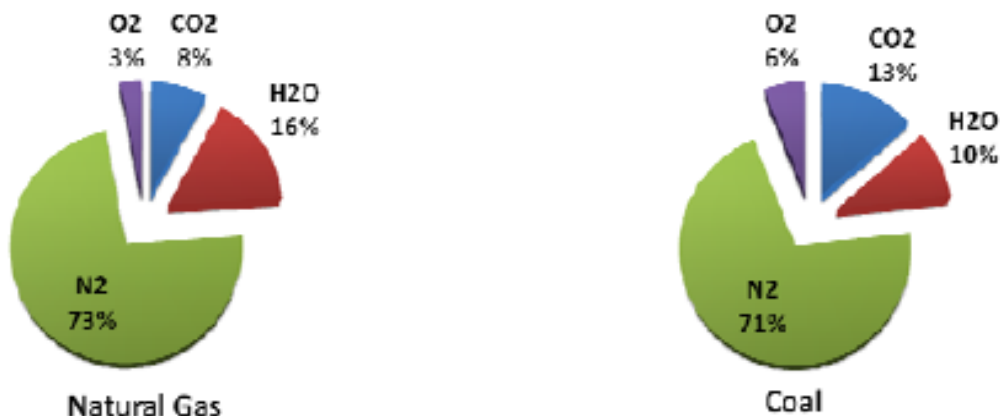


شکل ۲-۲: تولید جهانی گاز گلخانه ای دی اکسیدکربن [۸]



شکل ۳-۲: نقش منابع فسیلی در تولید جهانی دی اکسیدکربن [۸]

همانطور که از شکل (۲-۲) مشخص است، کشورهای صنعتی نقش عمده ای در تولید گاز گلخانه ای دی اکسیدکربن دارند به نحوی که کشور ایالات متحده آمریکا به تنهایی ۲۴٪ انتشار جهانی این گاز را به عهده دارد. انتشار گازهای گلخانه ای عموماً به وسیله صنایع انجام می شود. در این باره، سوخت های فسیلی (زغال سنگ، نفت و گاز طبیعی) که سهم عمده ای در قسمت تجاری مصرف انرژی دارند، از منابع اصلی آلودگی گازهای گلخانه ای هستند [۹]. گازهای حاصل از دودکش های صنایع که در اثر مصرف سوخت های فسیلی تولید شده اند شامل گازهای نیتروژن، اکسیژن، بخار آب، دی اکسیدکربن، دی اکسید گوگرد و اکسیدهای نیتروژن دار و مقادیر کمی اسید کلریدریک هستند [۱۰]. شکل (۲-۴) نشان دهنده ترکیب درصدهای این گازها بر اساس نوع سوخت فسیلی در گاز خروجی دودکشها می باشد.



شکل ۲-۴: ترکیب درصد اجزاء تشکیل دهنده گاز دودکش ها بر اساس نوع خوراک نیروگاه [۱۰،۱۱]

از شکل (۲-۴) باید به این نکته اشاره نمود که بیشترین سهم گاز خروجی دودکشها را نیتروژن و سپس دی اکسیدکربن داراست و با توجه به اینکه گاز دی اکسیدکربن اثرات مهمی از نظر آلودگی گلخانه ای دارد، توجه ما به جداسازی این گاز از گاز خروجی دودکش هاست.

۲-۳ روش های کنترل نشر و جمع آوری دی اکسیدکربن

کنترل نشر گازهای گلخانه ای (دی اکسیدکربن) به چند طریق امکان پذیر می باشد [۱۲]:

- استفاده از انرژی های نو (انرژی خورشیدی) و توسعه بهره وری مصرف انرژی
- استفاده از سوخت های غیر فسیلی (نظیر سوخت هسته ای)
- توسعه مدیریت خاک
- کاهش تولید دی اکسیدکربن و جداسازی جهت جلوگیری از نشر بیشتر آن

روشهای صنعتی مرسوم جمع آوری دی اکسیدکربن در جدول (۲-۳) ذکر شده است.

جدول ۲-۳: روشهای صنعتی مرسوم جمع آوری دی اکسیدکربن [۸]

روش	روش جداسازی	عامل جداکننده
جذب فیزیکی	حلالیت انتخابی	مایع
جذب شیمیایی	واکنش انتخابی	مایع واکنش دهنده

جذب سطحی جامد	بسته به نوع جامد	جذب سطحی
غشاء	اختلاف فشار	تراوش گاز

گاز خروجی دودکش‌ها دارای شرایط خاصی است. فشار پایین (فشار دی اکسیدکربن در حدود ۱/۵-۱ psi)، دمای نسبتاً بالا ($400-800^{\circ}\text{C}$)، محتوی بودن اکسیژن (۲-۵٪) و سایر ترکیبات نظیر اکسیدهای نیتروژن دار، جیوه، دی اکسید گوگرد و سایر ترکیبات و ذرات سولفور دار، جداسازی دی اکسیدکربن را از آن مشکل می‌کند.

در جذب فیزیکی، دی اکسیدکربن بدون انجام واکنش در حلال حل می‌شود. احیاء را می‌توان با اختلاف فشار و دمای بالا انجام داد. در حالت بهینه مصرف انرژی این مورد کمتر از جذب شیمیایی است. مشهورترین جذب کننده‌های مورد استفاده در جذب فیزیکی متانول، تری-N-بوتیل فسفات، پروپیلن کربنات و N-متیل-پروپیلن می‌باشند.

در جذب شیمیایی حل دی اکسیدکربن در حلال همراه با واکنش شیمیایی است. احیاء کردن دی اکسیدکربن با تغییر در دمای حلال و گاهی با تغییرات فشار انجام می‌شود. حلال‌های معروف در این روش، حلال‌های آمین دار مثل MEA و DEA و ...، آلکالی هیدروکسی‌ها یا کربنات‌ها مثل کربنات سدیم و کربنات پتاسیم می‌باشد. در فرآیند آمین واکنش دی اکسیدکربن جهت تشکیل ترکیبات کربن است. فرآیندهای صنعتی زیادی به این روش در حال کارند. این روش بازده بالایی دارد، اما محدودیت این روش این است که در جاهایی که اکسیژن کمی داریم مورد استفاده قرار می‌گیرد و مصرف انرژی نسبتاً بالایی دارد [۸].

۲-۴ جداسازی غشایی به عنوان روشی مقرون به صرفه

جداسازی غشایی یک فرآیند جدید می‌باشد که به علت هزینه پایین آن امروزه مورد توجه صنایع قرار گرفته است. به هنگام استفاده از فرآیند جداسازی غشایی در احتراق سوخت‌های فسیلی دو دیدگاه متفاوت باید مد نظر گرفته شود:

۱) جداسازی هوا از خوراک ورودی به قسمت احتراق.

۲) جداسازی دی اکسیدکربن از نیتروژن در خروجی دودکش های قسمت احتراق (post combustion)

(situation) [۱۳]

جداسازی گاز دی اکسیدکربن از نیتروژن در منطقه بعد از احتراق با چالش های گوناگونی روبروست:

- استفاده از یک سیستم جداسازی غشایی تک مرحله ای، نمی تواند هدف جداسازی دی اکسیدکربن تا غلظت بالا (بیشتر از ۹۵٪) را برآورده کند، زیرا ترکیب درصد و فشار دی اکسیدکربن در گاز خروجی دودکش پایین است.

- با توجه به اینکه تراوایی و گزینش پذیری غشای مورد استفاده باید دارای یک ارتباط منطقی باشد، بدین شکل که یک گزینش پذیری بالا به همراه تراوایی مناسب مد نظر می باشد، استفاده از سیستم های چند مرحله ای جداسازی غشایی توصیه می شود.

- اما امروزه مسئله مهم بهینه سازی در مصرف انرژی می باشد. مقایسه بین فرآیندهای تک مرحله ای و چند مرحله ای جداسازی غشایی، نشانگر مصرف انرژی بالاتر در سیستم چند مرحله ای است [۱۴].

بنابراین سیستم غشایی تک مرحله ای پیشنهاد بهتری برای جداسازی گاز دی اکسیدکربن می باشد. البته همان طور که گفته شد با خالص سازی سوخت قسمت احتراق، ترکیب درصد بالاتری از دی اکسیدکربن در گاز خروجی دودکش ها ایجاد کرده و بازده کاری فرآیند تک مرحله ای را بالا خواهد برد.

لازم به ذکر است دی اکسیدکربن جداسازی شده را می توان در فرآیندهای دیگر نظیر تزریق گاز چاه های نفت برای ازدیاد برداشت و همچنین تصفیه در خطوط لوله های گاز طبیعی استفاده کرد [۱۵،۱۱].

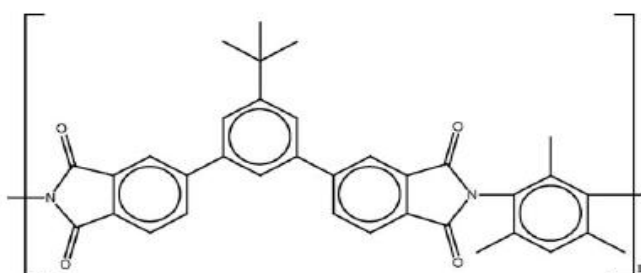
۲-۵ تاریخچه جداسازی دی اکسیدکربن-نیتروژن

تحقیقات اخیر جهت بالا بردن بازده جداسازی در فرآیندهای غشایی در غشاهای متفاوت پلیمری انجام گرفته است. از پلیمرهای مورد استفاده در جداسازی دی اکسیدکربن-نیتروژن می توان به ترکیبات پلی ایمیدها، پلی سولفونها، پلی کربناتها، پلی آریلیت ها، پلی پیرولون ها، پلی آمیدها، پلی اتر ایمیدها، پلی اتیلن اکساید، پلی فنیلن اکساید و ... اشاره کرد [۱۶].

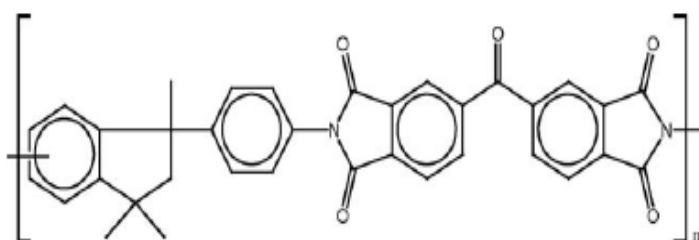
روش های متفاوتی جهت افزایش بازدهی ساختاری غشاها توسط کوروس و ماهاجان پیشنهاد شده است [۱۷]. تحقیقات اخیر بر روی جداسازی دی اکسیدکربن از گاز خروجی دودکش های نیروگاه توسط غشاها انجام شده است. هزینه جداسازی دی اکسیدکربن وابسته به پارامترهای متفاوتی می باشد که باید بر آنها چیره شد. برخی از این پارامترها، نظیر خنک کردن و فشرده کردن گاز دودکش ها قبل از عملیات جداسازی غشایی می باشد. روش های بسیاری برای بکارگیری غشاها جهت جلوگیری از نشر گازهای گلخانه ای وجود دارد. در اینجا هدف بررسی جداسازی گاز دی اکسیدکربن از مخلوط دی اکسیدکربن-نیتروژن خروجی از دودکش ها می باشد. کاراپلوچی و میلآتزو امکان استفاده غشاها برای جداسازی دی اکسیدکربن از دیدگاه مهندسی را چاپ کرده اند [۱۸]. این مقاله که از دیدگاه شیمیدانها نیز پذیرفته شده است، تراوش گاز را در غشاهای متفاوت در ساختارهای شیمیایی متفاوت بررسی کرده است. در این مقاله به غشاهای فیلمی متراکم (فشرده) توجه ویژه ای شده است. سایر ساختارهای غشایی نظیر الیاف توخالی و غشاهای مسطح نامتقارن نیز مورد بحث و بررسی قرار گرفته اند. غشاها در شرایط گاز خروجی دودکش ها دارای مشکلاتی هستند. دمای بالای گاز خروجی به سرعت غشاء را خراب می کند، لذا باید دمای آن سریعاً به زیر 100°C کاهش یابد. وایت و همکارانش اخیراً یک تحقیق در زمینه روش های جلوگیری از انتشار دی اکسیدکربن از منابع انتشار آن که شامل جداسازی و ذخیره این گاز به طور همزمان می باشد، انجام داده اند [۱۹]. بیکر معتقد است، فشرده سازی و خنک سازی و گاز خروجی دودکش های نیروگاه ها قبل از عملیات جداسازی غشایی نیازمند صرف انرژی بالایی است که این باعث کاهش بازده طراحی واحد جداسازی می شود [۲۰]. در این میان مدل مورد مطالعه غشاء پلیمری توربین گازی که توسط کاراپلوچی و میلآتزو ارائه شد، بسیار دلگرم کننده است [۱۸].

دانشمندان به این نتیجه رسیده اند که استفاده از غشاهای پلیمری (در چند مرحله) به همراه جداسازی اکسیژن از خوراک بسیار سودمند می باشد.

پلی ایمیدها دارای پایداری دمایی و شیمیایی بالایی هستند. همچنین تراوایی بالایی نسبت به گاز دی اکسیدکربن دارند [۲۲،۲۱]. کازاما و همکارانش، اخیراً امکان استفاده از غشاهای پلی ایمیدی کاردو جهت جداسازی دی اکسیدکربن از گاز خروجی دودکش ها را بررسی کرده اند [۲۳]. آنها به این نتیجه رسیدند که این نوع جداسازی دارای هزینه موثر پایینی نسبت به واحدهای جداسازی صنعتی آمین می باشد (البته بجز کارخانجات صنایع فولاد). ساختار شیمیایی پلی ایمیدهای معروف در شکل های (۲-۵) و (۲-۶) قابل مشاهده می باشد.



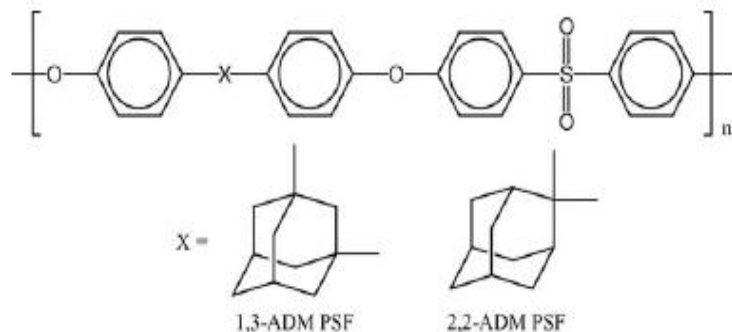
شکل ۲-۵: ساختار PI-TMMPA [۱۶]



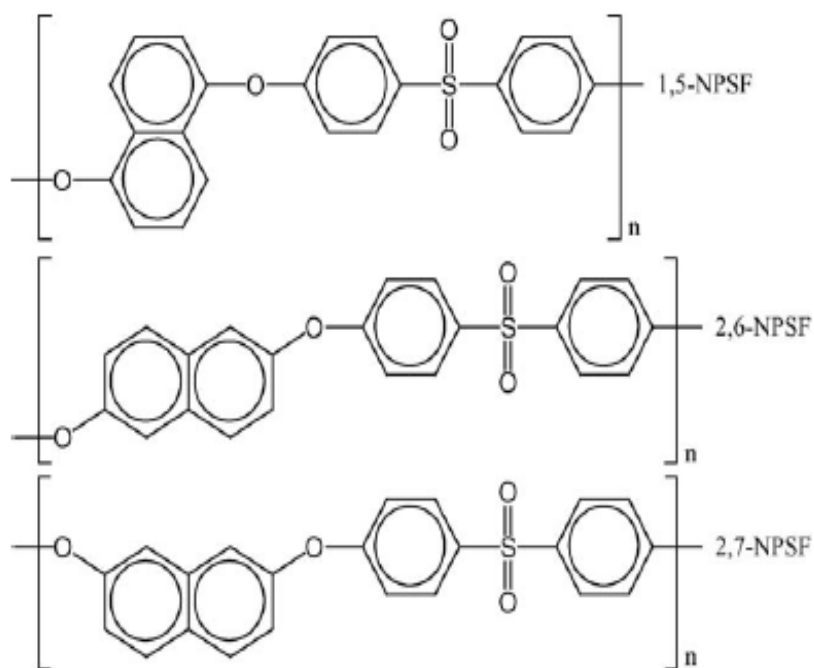
شکل ۲-۶: ساختار Matrimid 5218 [۱۶]

ساختار شیمیایی تعدادی از پلی سولفونها در شکل های (۲-۷) تا (۲-۱۲) قابل مشاهده می باشد. پلی سولفونها امروزه به طور گسترده در فرآیندهای جداسازی استفاده می شوند. زیرا بسیار کم هزینه هستند و کارایی بالایی دارند [۲۴]. کالدیس و همکارانش غشاهای پلی سولفون و پلی ایمید را در فشارهای بالای دی

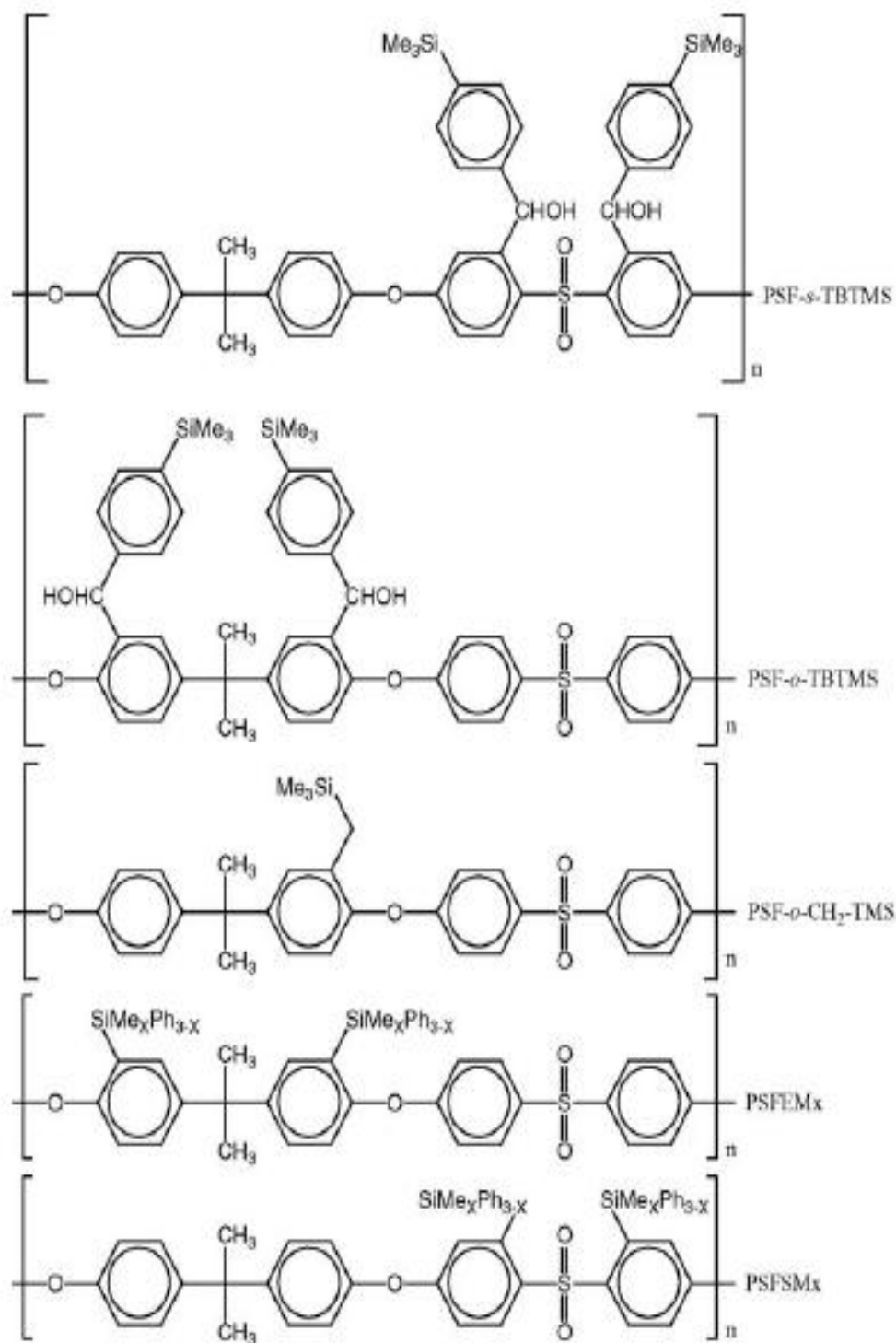
اکسیدکربن جهت جداسازی دی اکسیدکربن از نیتروژن، آزمودند [۲۵]. آنها نتایج خوبی در جهت افزایش تراوایی دی اکسیدکربن پیدا کردند، اما اشکال این بود که این خواص در طول زمان افت می کرد.



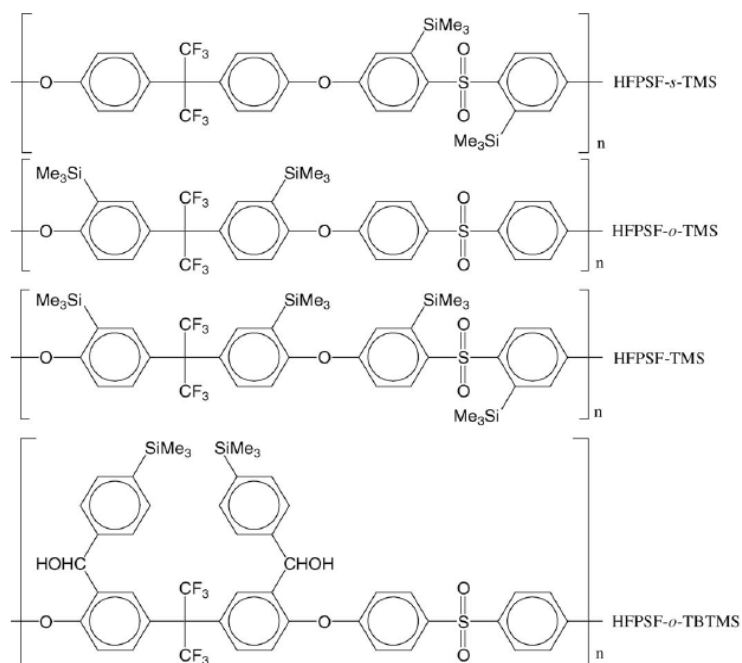
شکل ۲-۷: ساختار Adamantane-based polysulfone membranes [۱۶]



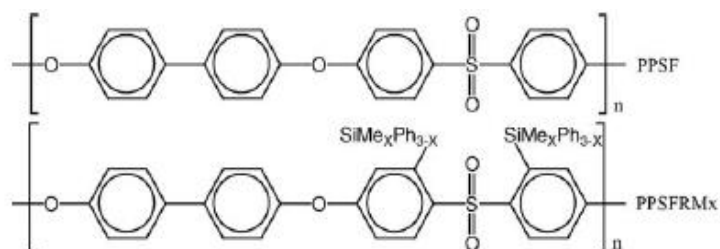
شکل ۲-۸: ساختار Naphthalene-based polysulfone membranes [۱۶]



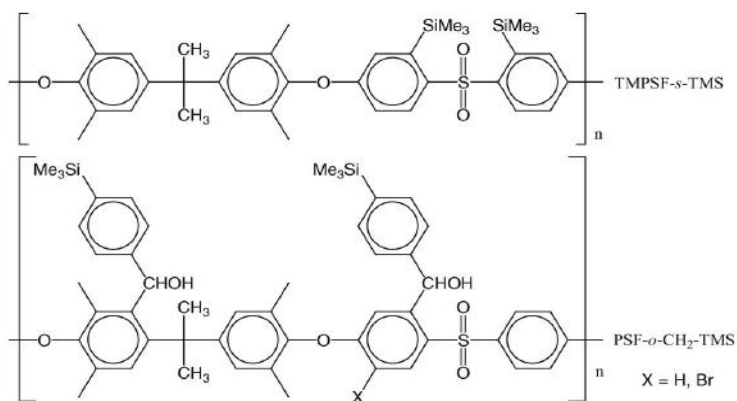
شکل ۲-۹: ساختار Novel polysulfones-based off PSF [۱۶]



شکل ۲-۱۰: ساختار Novel polysulfones-based off HFPSF [۱۶]



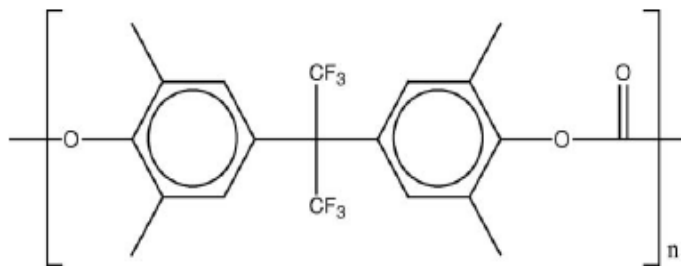
شکل ۲-۱۱: ساختار PPSF and novel polysulfones-based off PPSF [۱۶]



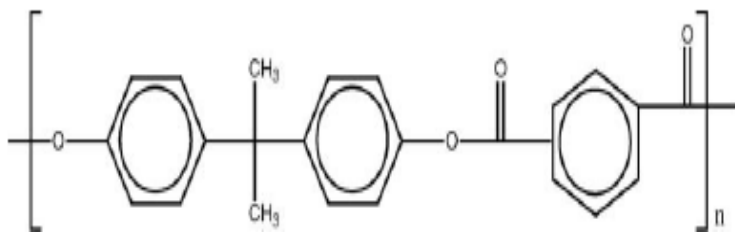
شکل ۲-۱۲: ساختار Novel polysulfones-based off TMPSF [۱۶]

پلی کربنات ها و پلی آریلیت ها به ترتیب دارای تراوایی در حدود کمتر از ۴۰ و ۲۵ بارر و گزینش پذیری در حدود ۱۵ تا ۲۵ می باشند [۱۶]. پلی پیرولون ها نیز مانند پلی ایمیدها دارای پایداری دمایی و شیمیایی

بالایی هستند. اما به مراتب از پلی آمیدها متراکم تر می باشند. ساختار شیمیایی پلی کربنات ها، پلی آریلیت ها و پلی پیرولون ها در شکل های (۲-۱۳) تا (۲-۱۵) مشاهده می شود. لیانگ و مارتین غشایی از N-متیل پیروول ساختند و به تراوایی ۲ GPU (Gas permeation unit) و گزینش پذیری نسبت به نیتروژن ۱۷/۶ رسیدند [۲۶].



شکل ۲-۱۳: ساختار TMHFPC [۱۶]



شکل ۲-۱۴: ساختار PA structures [۱۶]

پتروسون و پینمن یک غشای کامپوزیتی از پلی آمیدها ساختند که نشان دادند این غشا دارای تراوایی ۵۴ GPU و گزینش پذیری نسبت به نیتروژن ۲۴ می باشد [۲۷].