



مهندسی شیمی - جداسازی و پدیده های انتقال
پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی (پدیده های انتقال)

ساخت و تعیین مشخصات غشای نانو کامپوزیت PS/TiO_2 و مطالعه خواص گاز تراوایی آن

نگارش :

الهام حاج هاشمی

اساتید راهنما :

جناب آقای دکتر مجید پاکیزه

جناب آقای دکتر محمدرضا امیدخواه

بهمن ۱۳۸۹

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

پاس و ستایش و منقبت خدای را سزا است که سطر تعالی انسان را با خاک بندگی

سرشت و آیه های علم و بینش و ایمان را در لاله لای باورش تقریر نمود.

سپاس‌گزاری

با سپاس فراوان از راهنمایی‌ها و کمک‌های شایان استاد راهنمای ارجمندم، جناب آقای دکتر مجید پاکیزه که همواره در مسیر پر التهاب این تحقیق، بنده حقیر را مورد ملاحظت خویش قرار داده، همچنین از زحمات جناب آقای دکتر محمد رضا امید خواه، عضو هیات علمی دانشگاه تربیت مدرس، که در انجام مراحل مختلف این پایان‌نامه صمیمانه مرا یاری فرمودند نهایت تشکر را دارم. و همچنین از همیاری و همفکری‌های جناب آقایان مهندس امیر نژاد مقدم، فرهاد مقدم و علی اکبر منصوری کمال تشکر و قدرانی می‌گردد. و در آخر از تمامی دانشجویان آزمایشگاه بازیافت انرژی، دانشگاه تربیت مدرس و همه کسانی که مرا در انجام این پایان‌نامه مساعدت نمودند نهایت تشکر و قدرانی را دارم.

چکیده

در این تحقیق، اثر افزایش نانو ذرات TiO_2 بر تراوایی، انتخاب پذیری و ساختار غشا پلی سولفون مورد بررسی قرار گرفته است. از خواص نانوذرات TiO_2 میتوان به قابلیت توزیع یکنواخت و تمایل کمتر به تشکیل توده اشاره کرد. پلیمر استفاده شده در ساخت غشا شبکه ترکیبی پلی سولفون می باشد. توزیع یکنواخت نانوذرات از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار بر عملکرد و مورفولوژی غشا شبکه ترکیبی است. توزیع نانوذرات TiO_2 و توده های تشکیل شده در شبکه پلیمر با آنالیزهای دستگاهی SEM و TEM بررسی شده است. تغییرات مورفولوژی و ساختار شبکه پلیمر در اثر افزایش نانوذرات TiO_2 توسط SEM افزایش فاصله زنجیرهای پلیمر، توده های نانوذرات در شبکه و تشکیل حفرات را نشان داده است. همچنین توسط روش حرارتی ثقلی (TGA)، گرما سنجی دیفرانسیلی (DSC) میزان حلال باقی مانده در شبکه پلیمر و تغییرات حرارتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. و پیوندهای موجود در غشاهای ساخته شده با روش طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز ($FTIR$) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

نتایج حاصل از ارزیابی غشاها نشان داد که اضافه کردن نانوذرات TiO_2 به ساختار غشای پلیمری غالباً سبب افزایش تخلخل بیشتر غشا و در نهایت افزایش تراوایی غشا شبکه ترکیبی برای گازهای هیدروژن، متان و دی اکسید کربن می گردد. برای نمونه در غشاهای ۱۵٪ وزنی پلیمر تراوایی غشای حاوی ۱۰٪ نانوذره نسبت به گازهای متان و دی اکسید کربن به ترتیب ۲۰۰٪ و ۴۰۰٪ رشد داشته است، که ناشی از کاهش تراکم زنجیرهای پلیمری و وجود حفراتی که در ساختار شبکه ای غشا ایجاد شده است.

واژگان کلیدی: غشاهای نانو کامپوزیتی، غشاهای شبکه ترکیبی، نانو ذرات TiO_2 ، جداسازی گاز

فهرست مطالب

عنوان.....	صفحه.....
فصل ۱: جداسازی مخلوط های گازی.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۲-۱- روش های مختلف جداسازی.....	۲
۱-۲-۱- جذب.....	۲
۲-۲-۱- جذب سطحی.....	۳
۳-۲-۱- جداسازی برودتی.....	۳
۴-۲-۱- جداسازی غشایی.....	۴
فصل ۲: غشا و فرآیندهای غشایی.....	۵
۱-۲- مقدمه.....	۶
۲-۲- تعریف غشا.....	۶
۳-۲- تاریخچه غشاها.....	۷
۴-۲- تقسیم بندی غشاها.....	۱۰
۱-۴-۲- غشاهای متقارن.....	۱۰
۱-۴-۲-۱- غشاهای میکرومتخلخل.....	۱۱
۲-۴-۲-۱-۲- غشاهای چگال (نامتخلخل).....	۱۲
۳-۴-۲-۱-۲- غشاهای دارای بار الکتریکی.....	۱۲
۲-۴-۲- نامتقارن.....	۱۳
۵-۲- غشاهای بنیادی.....	۱۴
۶-۲- غشاهای پلیمری (آلی).....	۱۵
۷-۲- ماژول های غشایی.....	۱۵
۱-۷-۲- ماژول صفحه‌ای.....	۱۶
۲-۷-۲- ماژول لوله‌ای.....	۱۸
۳-۷-۲- ماژول پیچشی.....	۲۰
۴-۷-۲- ماژول الیاف تو خالی.....	۲۳
۵-۷-۲- ماژول ارتعاشی - چرخشی.....	۲۵
۸-۲- انتخاب نوع ماژول.....	۲۶

۲۷	فصل ۳: غشاهای پلیمری و تئوری های انتقال
۲۸	۱-۳- مقدمه
۲۸	۲-۳- غشاهای پلیمری
۲۹	۳-۳- مکانیسم های انتقال در غشاهای پلیمری
۳۰	۱-۳-۳- مدل انحلال - نفوذ
۳۲	۴-۳- انتقال گاز در پلیمرهای لاستیکی و شیشه ای
۳۶	۵-۳- غشاهای شبکه ترکیبی
۳۷	۱-۵-۳- خواص تراوایی غشاهای شبکه ترکیبی
۳۹	۲-۵-۳- مفهوم غشاهای شبکه ترکیبی
۴۱	۳-۵-۳- غشاهای شبکه ترکیبی چگال و تخت
۴۲	۴-۵-۳- فصل مشترک پلیمر-نانوذرات
۴۴	۵-۵-۳- فاکتورهای تاثیر گذار بر ساخت و عملکرد غشاهای شبکه ترکیبی
۴۵	فصل ۴: غشاهای شبکه ترکیبی و مروری بر مطالعات گذشته
۴۶	۱-۴- مقدمه
۴۶	۲-۴- ویژگی ها و مزایای غشاهای نانوکامپوزیتی
۴۷	۳-۴- انواع غشاهای نانوکامپوزیتی با توجه به ساختار
۴۸	۴-۴- روشهای ساخت غشاهای نانوکامپوزیتی
۴۸	۱-۴-۴- اختلاط محلولی
۴۹	۲-۴-۴- پلیمریزاسیون درجا
۴۹	۳-۴-۴- سل - ژل
۵۲	۵-۴- خواص جداسازی گاز غشاهای نانو کامپوزیت
۵۳	۶-۴- مروری بر تحقیقات انجام شده زمینه غشاهای نانوکامپوزیت
۵۹	۷-۴- مکانیسم های انتقال گاز در غشاهای نانوکامپوزیتی
۵۹	۱-۷-۴- مدل ماکسول
۶۰	۲-۷-۴- مکانیزم افزایش حجم آزاد
۶۱	۳-۷-۴- مکانیزم افزایش انحلال پذیری
۶۱	۴-۷-۴- فرضیه نانوشکاف
۶۳	فصل ۵: مواد، تجهیزات و روش های آزمایشگاهی
۶۴	۱-۵- مقدمه

۶۴	۲-۵- تهیه آزمایشگاهی غشاها.....
۶۴	۱-۲-۵- مواد اولیه.....
۶۵	۲-۲-۵- تجهیزات لازم برای ساخت غشا.....
۶۸	۳-۲-۵- ساخت غشاهای پلیمری خالص و شبکه ترکیبی.....
۶۸	۱-۳-۲-۵- ساخت غشای پلی سولفون خالص.....
۶۸	۲-۳-۲-۵- ساخت غشاهای شبکه ترکیبی psf / TiO_2
۷۱	۳-۵- آنالیزهای دستگاهی.....
۷۱	۱-۳-۵- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM).....
۷۲	۲-۳-۵- میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM).....
۷۳	۳-۳-۵- آنالیز حرارتی وزن سنجی (TGA).....
۷۴	۴-۳-۵- آنالیز گرماسنجی دیفرانسیلی (DSC).....
۷۴	۵-۳-۵- آنالیز طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR).....
۷۵	۳-۵-۶- نتایج و بحث.....
۷۵	۳-۵-۶-۱- نتایج ارزیابی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی.....
۸۱	۳-۵-۶-۲- نتایج ارزیابی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی عبوری.....
۸۲	۳-۵-۶-۳- نتایج تست حرارتی ثقلی و گرماسنجی دیفرانسیلی.....
۸۶	۳-۵-۶-۴- نتایج آنالیز طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز.....
۸۸	فصل ۶: طراحی و ساخت سیستم اندازه گیری تراوایی
۸۹	۱-۶- مقدمه.....
۹۱	۲-۶- طراحی سامانه آزمایشگاهی اندازه گیری تراوایی.....
۹۱	۱-۲-۶- کارکرد و تجهیزات مورد نیاز در سامانه حجم ثابت - فشار متغیر.....
۹۲	۱-۱-۲-۶- سل تراوایی.....
۹۵	۲-۱-۲-۶- مخزن حجم ثابت.....
۹۵	۳-۱-۲-۶- کنترل کننده دبی جرمی.....
۹۷	۴-۱-۲-۶- لوله ها و اتصالات.....
۹۷	۵-۱-۲-۶- پمپ خلاء.....
۹۷	۲-۲-۶- آزمایش تراوش پذیری.....
۹۸	۱-۲-۲-۶- آزمایش تراوایی گاز خالص.....
۱۰۰	۲-۲-۲-۶- آزمایش تراوایی مخلوطهای گازی.....

۱۰۰	.....	۳-۲-۶- اندازه گیری تراوایی سیستم فشار ثابت - حجم متغیر
۱۰۱	.....	۱-۳-۲-۶- آزمایش تراوایی غشاء
۱۰۲	.....	۴-۲-۶- مقایسه سیستم های تراوایی حجم ثابت و فشار ثابت
۱۰۳	.....	۳-۶- ساخت و نصب اجزاء سامانه
۱۰۸	.....	فصل ۷: ارزیابی عملیاتی غشاها
۱۰۹	.....	۱-۷- مقدمه
۱۰۹	.....	۲-۷- اندازه گیری تراوایی
۱۱۰	.....	۱-۲-۷- نتایج تراوایی
۱۱۹	.....	۳-۷- نتیجه گیری و پیشنهادها
۱۱۹	.....	۱-۳-۷- نتیجه گیری
۱۲۰	.....	۲-۳-۷- پیشنهادها برای مطالعات آینده
۱۲۲	.....	مراجع

فهرست شکل‌ها

عنوان.....	صفحه
شکل (۱-۲) طرح شماتیکی از چگونگی عملکرد غشا.....	۷
شکل (۲-۲) شماتیکی از انواع اصلی غشا.....	۱۱
شکل (۳-۲) سطح مقطع یک غشای نامتقارن.....	۱۳
شکل (۴-۲) ماژول غشایی صفحه و قاب	۱۷
شکل (۵-۲) ماژول صفحه و قاب- اسمز معکوس	۱۸
شکل (۶-۲) غشا با ماژول لوله‌های-اولترافیلتراسیون.....	۱۹
شکل (۷-۲) ماژول لوله‌های با ۳۰ تیوب- اولترافیلتراسیون.....	۱۹
شکل (۸-۲) ماژول پیچشی.....	۲۰
شکل (۹-۲) برش عرضی ماژول پیچشی.....	۲۱
شکل (۱۰-۲) ماژول پیچشی- چند پوسته.....	۲۱
شکل (۱۱-۲) ظرف تحت فشار- شامل ۲ ماژول.....	۲۲
شکل (۱۲-۲) دو نوع پیکربندی در ماژول‌های الیاف توخالی.....	۲۴
شکل (۱۳-۲) ماژول ارتعاشی- چرخشی.....	۲۵
شکل (۱-۳) مکانیسم های انتقال در غشاءهای پلیمری متخلخل و غیر متخلخل.....	۲۹
شکل (۲-۳) مراحل مختلف مکانیسم انحلال- نفوذ.....	۳۰
شکل (۳-۳) تاثیر نوع پلیمر بر تغییرات شدت نفوذپذیری نسبت به اندازه مولکول.....	۳۴
شکل (۴-۳) تغییرات ضریب جذب مولکولهای مختلف در پلیمرهای لاستیکی.....	۳۵
شکل (۵-۳) فرآیند تراوش پذیری در یک غشاء ترکیبی زئولیت- پلیمر.....	۳۸
شکل (۶-۳) رابطه بین گزینش پذیری و تراوایی توسط روبسون.....	۴۰
شکل (۷-۳) طرحی از غشای شبکه ترکیبی.....	۴۱
شکل (۸-۳) حالت های مختلف مورفولوژی نانو ساختاری غشاهای شبکه ترکیبی.....	۴۳
شکل (۱-۴) تصویر انواع مختلف غشاهای نانوکامپوزیتی پلیمری- معدنی.....	۴۷
شکل (۲-۴) مسیرهای ممکن واکنش سل- ژل برای یک نمونه آلکوکسی سیلان.....	۵۱
شکل (۳-۴) میکروگرافهای SEM از سطح مقطع غشاء PTMSP.....	۵۲

- شکل (۴-۴) افزایش گاز تراوایی غشاهای نانوکامپوزیت سیلیکا/ پلی سولفون برای گازهای با سایز ملکولی مختلف و در $35^{\circ}C$ ۵۶
- شکل (۵-۴) افزایش نفوذپذیری N_2 در PMP به صورت تابعی از مقدار پراکن در $25^{\circ}C$ و فشار خوراک 50 psig ۶۰
- شکل (۶-۴) تصویر نوشکافها در غشاهای نانوکامپوزیت silica..... ۶۲
- شکل (۱-۵) ساختار ملکولی پلی سولفون..... ۶۴
- شکل (۲-۵) تیغه مخصوص ریخته گری..... ۶۶
- شکل (۳-۵) دستگاه فراصوت مورد استفاده در این تحقیق..... ۶۷
- شکل (۴-۵) نمایی از آون مورد استفاده در این تحقیق..... ۶۸
- شکل (۵-۵) تصویر فیلم پلیمری کشیده شده بر روی شیشه..... ۶۹
- شکل (۶-۵) غشاهای خالص و شبکه ترکیبی تهیه شده..... ۷۰
- شکل (۷-۵) میکروسکوپ الکترونی مورد استفاده در تحقیق حاضر..... ۷۲
- شکل (۸-۵) دستگاه آنالیز حرارتی مورد استفاده در تحقیق حاضر..... ۷۴
- شکل (۹-۵) تصاویر SEM غشای پلی سولفون خالص..... ۷۶
- شکل (۱۰-۵) تصاویر SEM ، سطح و سطح مقطع غشاهای حاوی ۳٪ و ۵٪ حجمی TiO_2 ۷۷
- شکل (۱۱-۵) تصاویر SEM غشای حاوی ۸٪ حجمی TiO_2 در بزرگنمایی های مختلف..... ۷۸
- شکل (۱۲-۵) تصاویر SEM ، سطح و سطح مقطع غشاهای حاوی ۱۰٪ و ۱۳٪ حجمی TiO_2 ۷۹
- شکل (۱۳-۵) تصاویر SEM غشای حاوی ۱۵٪ حجمی TiO_2 در بزرگنمایی های مختلف..... ۸۰
- شکل (۱۴-۵) تصویر TEM غشای شبکه پلیمری حاوی ۵٪ حجمی TiO_2 ۸۱
- شکل (۱۵-۵) تصویر TEM غشای شبکه پلیمری حاوی ۱۵٪ حجمی TiO_2 ۸۲
- شکل (۱۷-۵) آنالیز حرارتی نمونه غشا شبکه ترکیبی حاوی ۵٪ حجمی نانوذره..... ۸۳
- شکل (۱۸-۵) آنالیز حرارتی نمونه غشا شبکه ترکیبی حاوی ۱۰٪ حجمی نانوذره..... ۸۴
- شکل (۱۹-۵) آنالیز حرارتی نمونه غشا شبکه ترکیبی حاوی ۱۵٪ حجمی نانوذره..... ۸۴
- شکل (۲۰-۵) آنالیز حرارتی ثقلی (TGA) غشاهای شبکه پلیمری حاوی مقادیر مختلف TiO_2 ۸۵
- شکل (۲۱-۵) آنالیز FTIR غشای پلی سولفون خالص..... ۸۶
- شکل (۱-۶) شماتیک سل تراوایی..... ۹۳
- شکل (۲-۶) شماتیک سل تراوایی..... ۹۴
- شکل (۳-۶) سطح مقطع فیلم پلیمری پوششدهی شده توسط فویل آلومینیومی..... ۹۴
- شکل (۴-۶) شیر کنترل MFC..... ۹۶

- شکل (۵-۶) شماتیک تغییرات فشار مخزن نسبت به زمان و محاسبه زمان تاخیر..... ۹۹
- شکل (۶-۶) سامانه اندازه گیری طراحی شده در حالت حجم ثابت..... ۱۰۳
- شکل (۷-۶) سامانه اندازه گیری تراوایی..... ۱۰۵
- شکل (۸-۶) نماهای مختلف سل تراوایی ساخته شده..... ۱۰۶
- شکل (۹-۶) هیدروژن ژنراتور مورد استفاده در این تحقیق..... ۱۰۶
- شکل (۱۰-۶) سنسور فشار و دستگاه تنظیم کننده فشار پشتی..... ۱۰۷
- شکل (۱۱-۶) شیرهای سه راهی و سیلندرهای مورد استفاده برای آزمایشهای تراوایی..... ۱۰۷
- شکل (۱-۷) تغییرات تراوایی گازهای متان، دی اکسید کربن و هیدروژن نسبت به کسر حجمی نانوذرات TiO_2 در فشار ۱/۵ بار..... ۱۱۱
- شکل (۲-۷) نتایج تراوایی گازهای متان، دی اکسید کربن و هیدروژن نسبت به کسر حجمی نانوذرات TiO_2 در فشار ۱/۵ بار..... ۱۱۱
- شکل (۳-۷) تغییرات تراوایی گازهای متان، دی اکسید کربن و هیدروژن نسبت به کسر حجمی نانوذرات TiO_2 در فشار ۲/۵ بار..... ۱۱۲
- شکل (۴-۷) نتایج تراوایی گازهای متان، دی اکسید کربن و هیدروژن نسبت به کسر حجمی نانوذرات TiO_2 در فشار ۲/۵ بار..... ۱۱۲
- شکل (۵-۷) نتایج تراوایی گازهای متان، دی اکسید کربن و هیدروژن نسبت به کسر حجمی نانوذرات TiO_2 در فشار ۱/۵ بار..... ۱۱۶
- شکل (۶-۷) نتایج تراوایی گازهای متان، دی اکسید کربن و هیدروژن نسبت به کسر حجمی نانوذرات TiO_2 در فشار ۲/۵ بار..... ۱۱۷

فهرست جداول

عنوان.....	صفحه
جدول (۱-۲) سطح غشا و تعداد پوسته‌های موجود در غشای صنعتی پیچشی با طول ۴۰ اینچ.....	۲۲
جدول (۱-۳) مواد پلیمری مورد استفاده در غشاهای جداسازی گازها.....	۲۹
جدول (۲-۳) تراوش‌پذیری و گزینش‌پذیری گازهای مختلف در لاستیک سیلیکون و پلی کربنات.....	۳۶
جدول (۱-۴) خواص گاز تراوایی غشای نانوکامپوزیت سیلیکا/پلی سولفون بر اساس تابعی از محتوای سیلیکا در $35^{\circ}C$	۵۵
جدول (۲-۴) تراوایی غشای نانوکامپوزیت های PI/TiO_2 و پلی ایمید با مقادیر مختلف TiO_2	۵۷
جدول (۳-۴) تراوایی غشای نانوکامپوزیت PI/TiO_2 با مقدار TiO_2 ۲۵wt% با شرایط مختلف دمایی.....	۵۷
جدول (۴-۴) تخلخل غشای هیبریدی PS/TiO_2 با مقادیر مختلف TiO_2	۵۸
جدول (۱-۷) خصوصیات ملکولی گازهای آزمایش شده.....	۱۱۰
جدول (۲-۷) تغییرات نسبی تراوایی گازها بصورت تابعی از کسر حجمی نانوذرات در فشار ۱/۵ بار.....	۱۱۳
جدول (۳-۷) تغییرات نسبی تراوایی گازها بصورت تابعی از کسر حجمی نانوذرات در فشار ۲/۵ بار.....	۱۱۵
جدول (۴-۷) داده های گزینش پذیری ایده آل گازهای مختلف در دمای $35^{\circ}C$ و فشار ۲/۵ بار.....	۱۱۵
جدول (۵-۷) تراوایی غشاهای شبکه ترکیبی به ازای کسرهای حجمی از نانوذرات در فشار ۱/۵ بار.....	۱۱۶
جدول (۶-۷) تراوایی غشاهای شبکه ترکیبی به ازای کسرهای حجمی از نانوذرات در فشار ۲/۵ بار.....	۱۱۷
جدول (۷-۷) داده های گزینش پذیری ایده آل گازهای مختلف در دمای $35^{\circ}C$ و فشار ۲/۵ بار.....	۱۱۹

فصل ۱

جداسازی مخلوط های گازی

۱-۱- مقدمه

واحد جداسازی مخلوط های گازی، یکی از قسمت های اصلی و پرهزینه هر واحد صنعتی است، بطوریکه انتخاب و طراحی یک واحد جداسازی مناسب نظر اقتصادی و فرآیندی می تواند منجر به کاهش هزینه های سرمایه گذاری و عملیاتی و همچنین افزایش بازده کاری یک واحد صنعتی بشود.

جداسازی مخلوط های گازی با هدف دستیابی به یک یا چند سازنده از مخلوط به فرم خالص انجام می گیرد که کاربردهای زیادی چه در مقیاس کوچک و چه در مقیاس بزرگ دارند. به علت تفاوت در خواص فیزیکی و شیمیایی اجزاء، جداسازی می تواند به روشهای مختلفی انجام شود [۱].

۱-۲- روش های مختلف جداسازی

چهار روش اصلی برای جداسازی گاز وجود دارند که عبارتند از: جذب، جذب سطحی، فرآیندهای برودتی و غشایی.

۱-۲-۱- جذب

جذب یک فرآیند فیزیکی می باشد که اغلب اوقات با واکنش شیمیایی بین گاز با یک حلال و یا چیزی شبیه به آن انجام می شود. انتقال گاز به درون فاز مایع با افزایش فشار بیشتر می شود. فرآیند جذب معمولا در زدایش انتخابی گاز اسیدی مانند CO_2 ، H_2S و SO_2 به کار گرفته می شود. در فرآیند جذب احتیاج به احیای مجدد حلال می باشد که برای حلال های فیزیکی با کاهش فشار محقق می شود و برای حلال های شیمیایی با بکارگیری نیروی محرکه گرمایی و روش های شیمیایی قابل دسترسی می باشد. از مزیت های این روش افت فشار ناچیز اجزاء گازی و تولید محصول تخلیص شده با فشار بالا است. از طرف دیگر در بیشتر موارد احیا مجدد حلال توسط محصول انجام می شود به طوری که میزان محصول خروجی و در نتیجه آن بازده فرآیند کاهش می یابد. همچنین، نیاز به انرژی حرارتی و حجم زیاد واحد جداسازی موجب توجه هرچه بیشتر شرکت های صنعتی به استفاده از فرآیندهای غشایی گردیده است [۱].

۱-۲-۲- جذب سطحی

فرآیند جذب سطحی از یک سطح جامد به عنوان جاذب استفاده می‌کند تا مانند حلال در فرآیند جذب، زدایش ترجیحی اجزاء صورت گیرد. اجزاء گازی بر روی سطح حفره‌دار جاذب قرار می‌گیرند. جاذب‌های سطحی محصول مورد استفاده در صنعت پالایش و پتروشیمی زئولیت‌ها، غربال‌های مولکولی کربنی، سلیکاژل و آلومینا هستند که به صورت بستر ثابت مورد استفاده قرار می‌گیرند. جذب سطحی یک فرآیند پایدار می‌باشد که اجزاء گازی بر روی بستر جاذب جذب شده و ظرفیت جاذب پر می‌شود. سپس باید به یکی از دو روش PSA و یا TSA احیای جاذب صورت پذیرد. روش TSA قدیمی‌تر است و با افزایش دما به انجام می‌رسد. افزایش دما در هنگام احیاء سبب می‌شود که تعادل گازی-جامد به نحوی جابجا می‌شود که فاز گاز آزاد گردد. PSA از کاهش فشار برای آزاد کردن جذب شونده از سطح جاذب استفاده می‌کند. TSA در شریین سازی گاز طبیعی و یا فرآیند خشک کردن گاز استفاده دارد و PSA در فرآیند بازیابی دی‌اکسید کربن، مونوکسید کربن، هیدروژن، متان، نیتروژن و سایر گازها و همچنین در خشک کردن هوا و جداسازی ایزوتوپ‌های هیدروژن استفاده دارد. از مزیت‌های این روش نیز می‌توان خلوص بسیار بالای اجزاء سبک (۹۹/۹۹٪ برای هیدروژن) اشاره کرد. با این وجود، بازیافت کم و نیاز به انرژی زیاد و همچنین هزینه‌های بالای فرآیندی از معایب اصلی این روش است. از دلایل اصلی بازیافت پایین این روش می‌توان به استفاده از جریان محصول تخلیص شده در احیاء مجدد جاذب اشاره کرد. این مورد در جداسازی و تخلیص گاز هیدروژن نمود بیشتری پیدا می‌کند [۲].

۱-۲-۳- جداسازی برودتی

جداسازی برودتی یکی از فرآیندهای جداسازی‌ها دما پایین است که براساس اختلاف فراریت نسبی اجزاء خوراک عمل می‌کند. این فرآیند شامل یک مرحله تبخیر و یک مرحله میعان می‌باشد. اجزاء با نقطه جوش بالا در فاز مایع تغلیظ می‌شوند و به سمت بالای برج می‌روند. دمای پایین در این فرآیند به وسیله فشرده سازی جریان توسط یک سردساز مانند آب خنک و به دنبال آن سردسازی و انبساط ژول تامسون حاصل می‌گردد. محصول این فرآیند می‌تواند یکی از فازهای مایع و بخار حاصله از آن باشد. فرآیند برودتی در جداسازی گازهای اتمسفری از یکدیگر، متان از نیتروژن، اتان، اتیلن و در جداسازی هیدروژن استفاده

می‌شود. از مزیت‌های این روش بازیافت بالای محصولات، خلوص نسبتاً بالا و افت فشار کم اجزاء سبک است. از طرف دیگر، هزینه انرژی عملیاتی و سرمایه‌گذاری زیاد واحدهای برودتی نسبت به فرآیندهای غشایی بیشتر است. علاوه بر آن کاربرد این فرآیند به شرایط عملیاتی فشار پایین محدود است و انعطاف‌پذیری سیستم نسبت به تغییر شرایط خوراک پایین است [۳].

۱-۲-۴- جداسازی غشایی

در چند دهه اخیر استفاده از فرآیندهای غشایی در جداسازی و تخلیص محصولات واحدهای مختلف پالایشگاهی روند صعودی (روبه رشد) داشته است این فرآیند بر مبنای تراوش پذیری گاز انتقالی انجام می‌شود و در خیلی از کاربردها با سه فرآیند گفته شده در بالا رقابت می‌کند. از مزیت‌های این فرآیند ساده بودن، هزینه عملیاتی و انرژی و سرمایه‌گذاری پایین و حجم ناچیز واحد جداسازی در مقایسه با فرآیندهای ذکر شده در فوق می‌باشد به طوری که موجب توجه هرچه بیشتر کشورهای صنعتی به استفاده از این تکنولوژی در قسمت‌های مختلف واحدهای پالایشگاهی علی‌الخصوص واحدهای جداسازی محصولات گازی شده است [۴].

غشاهای پلیمری و معدنی هر یک مزیت‌های جداگانه هنگام استفاده در فرآیندهای جداسازی غشایی دارند. هزینه‌های بالای ساخت و همچنین مشکلات ساخت غشاهای معدنی در مقیاس‌های بزرگ منجر شده است که توجه به غشاهای پلیمری بیشتر از غشاهای معدنی باشد. عدم کارایی و بازده پایین غشاهای پلیمری در شرایط فرآیندی موجب گردید که از ذرات و مواد معدنی با اندازه‌های کوچک در شبکه پلیمری استفاده شود. در این نوع، غشاها که به غشاهای شبکه‌ای ترکیبی معروفند، به طور همزمان از خواص مناسب غشا پلیمری و غشاهای معدنی بهره گرفته می‌شود [۵]. فاز معدنی توزیع شده در شبکه پلیمر می‌تواند شامل ذرات معدنی از قبیل زئولیت، غربال‌های مولکولی همانند اکسیدهای فلزی تیتانیوم، منیزیم و سیلیکا باشد. تحقیقات نشان داده است که افزایش ذرات معدنی به شبکه پلیمر می‌تواند منجر به افزایش انتخاب پذیری یا تراوش پذیری و یا هر دو گردد. علاوه بر آن، ماهیت شکننده ذرات معدنی با توزیع در شبکه یک پلیمر انعطاف‌پذیر به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد [۶]. در فصل‌های آتی بطور مفصل به شرح انواع غشاها و معایب و مزایای آنها خواهیم پرداخت.

فصل ۲

غشا و فرآیندهای غشایی

۲-۱- مقدمه

در ۵۰ سال اخیر، پیشرفت‌هایی چشمگیری در زمینه ساخت و کاربردها غشاء در واحدهای صنعتی رخ داده است به طوری که امروزه از غشاءها در صنایع مختلف استفاده می‌شود [۳].

در بسیاری از موارد، فرایندهای غشایی سریع‌تر و مؤثرتر از تکنیک‌های جداسازی معمولی می‌باشند. با وجود غشاءها، جداسازی معمولاً در دمای محیط انجام می‌شود، بنابراین جداسازی محلول‌های حساس به دما بدون هیچ تغییری شیمیایی انجام می‌پذیرد. اهمیت این موضوع در صنایع دارویی و بیوفناوری که محصولات حساس به دما هستند، مشخص می‌شود.

مهمترین عنصر تشکیل‌دهنده یک سیستم غشایی، غشا می‌باشد. برای دستیابی به اهمیت غشاها و فرایندهای موبوط به آن، بحثی کوتاه از تاریخچه و خصوصیات اساسی، و انواع ماژول‌های غشایی در ادامه آورده شده است [۴].

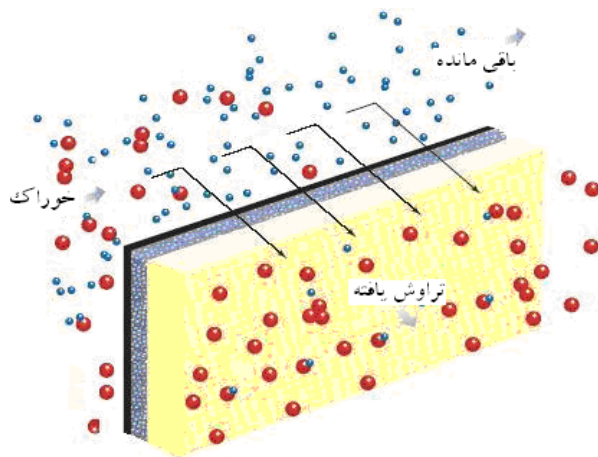
۲-۲- تعریف غشا

غشا مانعی است که دو فاز را جدا نموده و انتقال انواع اجزای شیمیایی را به نحو خاصی کنترل می‌نماید. در واقع غشا مانع جداکننده‌ای است که نرخ تراوش اجزای شیمیایی مجاور خود را تعدیل می‌کند [۴].

در یک فرایند غشایی عموماً دو فاز وجود دارد که به وسیله فاز سوم (غشا) به طور فیزیکی از یکدیگر جدا شده‌اند. فازها از مخلوطی از اجزا تشکیل شده‌اند که یکی از اجزای موجود در مخلوط بیش از سایرین انتقال می‌یابد. به عبارت دیگر غشا نسبت به یکی از اجزا انتخابگر و گزینش‌پذیر است. در این صورت انتقال آن جز از یک فاز به فاز دیگر توسط غشا انجام خواهد شد. به این ترتیب یکی از فازها غنی از آن جز و دیگری تهی از آن می‌گردد. این عملکرد را می‌توان در شکل (۲-۱) مشاهده نمود. بدین ترتیب جریان خوراک پس از تماس با غشا به دو جریان مجزا تقسیم می‌شود.

(۱) جریان تراوش یافته که جریانی است که از میان غشا عبور می‌کند.

۲) جریان دفع شده یا باقی مانده که جریانی است که از غشا عبور نکرده و از آن دفع می شود. یک غشا می تواند همگن یا ناهمگن، متقارن یا نامتقارن (از نظر ساختار)، جامد یا مایع، ممکن است خنثی و یا حامل بارهای منفی، مثبت و یا دو قطبی باشد [۷].



شکل (۱-۲) طرح شماتیکی از چگونگی عملکرد غشا

نیروی محرکه در فرآیندهای جداسازی غشایی براساس نوع مکانیسم انتقال متفاوت است. انتقال جرم در طول یک غشاء ممکن است به صورت نفوذ و یا جابجایی اتفاق بیفتد. جابجایی می تواند در اثر اختلاف پتانسیل الکتریکی، غلظت، فشار و یا دما انجام شود.

۳-۲- تاریخچه غشاها

با نگاهی به تاریخچه تحقیقات در زمینه غشا، ملاحظه می گردد که اولین پژوهش ها در این زمینه ، مربوط به بررسی شناخت دیواره سلول های موجودات زنده و عملکرد آنها توسط زیست شناسان و فیزیولوژیست ها بوده است ، زیرا دیواره این سلول ها ، غشای طبیعی پیچیده ای است که از نقش بسزایی در ادامه حیات موجودات زنده برخوردار می باشد.