دانشگاه تربیت مدرس
دانشکده مهندسی شیمی

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

آقای اسحاق وکیلی پایان نامه ۶ واحدی خود را با عنوان **تاثیر ترکیب درصد آمیزه بر ریزساختار، مورفولوژی و عبور پذیری گاز آمیزه های پلی یورتان/ پلی لوریل لاکتام-بلاک-پلی- تتراهیدروفوران** در تاریخ ۱۳۹۱/۱۲/۱ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم و محتوا تایید کرده، پذیرش آنرا برای اخذ درجه کارشناسی ارشد پلیمر پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنما	دکتر محمد علی سمسار زاده	استاد	
استاد ناظر	دکتر علیرضا شریف	استادیار	
استاد ناظر	دکتر مهدی عبداللهی	استادیار	
استاد ناظر	دکتر جلال برزین	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر مهدی عبداللهی	استادیار	

آیین‌نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهشهای علمی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه: با عنایت به سیاست‌های پژوهشی و فناوری دانشگاه در راستای تحقق عدالت و کرامت انسانها که لازمه شکوفایی علمی و فنی است و رعایت حقوق مادی و معنوی دانشگاه و پژوهشگران، لازم است اعضای هیأت علمی، دانشجویان، دانش‌آموختگان و دیگر همکاران طرح، در مورد نتایج پژوهشهای علمی که تحت عناوین پایان‌نامه، رساله و طرحهای تحقیقاتی با هماهنگی دانشگاه انجام شده است، موارد زیر را رعایت نمایند:

ماده ۱- حق نشر و تکثیر پایان نامه/ رساله و درآمدهای حاصل از آنها متعلق به دانشگاه می باشد ولی حقوق معنوی پدید آورندگان محفوظ خواهد بود.

ماده ۲- انتشار مقاله یا مقالات مستخرج از پایان‌نامه/ رساله به صورت چاپ در نشریات علمی و یا ارائه در مجامع علمی باید به نام دانشگاه بوده و با تایید استاد راهنمای اصلی، یکی از اساتید راهنما، مشاور و یا دانشجو مسئول مکاتبات مقاله باشد. ولی مسئولیت علمی مقاله مستخرج از پایان نامه و رساله به عهده اساتید راهنما و دانشجو می باشد.

تبصره: در مقالاتی که پس از دانش‌آموختگی بصورت ترکیبی از اطلاعات جدید و نتایج حاصل از پایان‌نامه/ رساله نیز منتشر می‌شود نیز باید نام دانشگاه درج شود.

ماده ۳- انتشار کتاب، نرم افزار و یا آثار ویژه (اثری هنری مانند فیلم، عکس، نقاشی و نمایشنامه) حاصل از نتایج پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرحهای تحقیقاتی کلیه واحدهای دانشگاه اعم از دانشکده ها، مراکز تحقیقاتی، پژوهشکده ها، پارک علم و فناوری و دیگر واحدها باید با مجوز کتبی صادره از معاونت پژوهشی دانشگاه و براساس آئین نامه های مصوب انجام شود.

ماده ۴- ثبت اختراع و تدوین دانش فنی و یا ارائه یافته ها در جشنواره‌های ملی، منطقه‌ای و بین‌المللی که حاصل نتایج مستخرج از پایان‌نامه/ رساله و تمامی طرح‌های تحقیقاتی دانشگاه باید با هماهنگی استاد راهنما یا مجری طرح از طریق معاونت پژوهشی دانشگاه انجام گیرد.

ماده ۵- این آیین‌نامه در ۵ ماده و یک تبصره در تاریخ ۸۷/۴/۱ در شورای پژوهشی و در تاریخ ۸۷/۴/۲۳ در هیأت رئیسه دانشگاه به تایید رسید و در جلسه مورخ ۸۷/۷/۱۵ شورای دانشگاه به تصویب رسیده و از تاریخ تصویب در شورای دانشگاه لازم‌الاجرا است.

«اینجانب اسحاق وکیلی دانشجوی رشته مهندسی پلیمر ورودی سال تحصیلی۱۳۸۹ مقطع کارشناسی ارشد دانشکده مهندسی شیمی متعهد می شوم کلیه نکات مندرج در آئین نامه حق مالکیت مادی و معنوی در مورد نتایج پژوهش های علمی دانشگاه تربیت مدرس را در انتشار یافته های علمی مستخرج از پایان نامه / رساله تحصیلی خود رعایت نمایم. در صورت تخلف از مفاد آئین نامه فوق الاشعار به دانشگاه وکالت و نمایندگی می دهم که از طرف اینجانب نسبت به لغو امتیاز اختراع بنام بنده و یا هر گونه امتیاز دیگر و تغییر آن به نام دانشگاه اقدام نماید. ضمناً نسبت به جبران فوری ضرر و زیان حاصله بر اساس برآورد دانشگاه اقدام خواهم نمود و بدینوسیله حق هر گونه اعتراض را از خود سلب نمودم»

امضا:.....

تاریخ: ۹۱/۱۲/۱۰

آیین نامه چاپ پایان‌نامه (رساله)های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه،دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله)ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد/ رساله دکتری نگارنده در رشته مهندسی پلیمر است که در سال ۱۳۹۱ در دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر محمد علی سمسارزاده از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه‌های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت‌چاپ) را به «دفتر نشر آثارعلمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می‌تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر درمعرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده را به عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می‌دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب اسحاق وکیلی دانشجوی رشته مهندسی پلیمر مقطع کارشناسی ارشد تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی:
اسحاق وکیلی
تاریخ و امضا:

۹۱/۱۲/۱

دانشگاه تربیت مدرّس

دانشکده مهندسی شیمی

پایان نامه دوره‌ی کارشناسی ارشد

رشته مهندسی پلیمریزاسیون

تاثیر ترکیب درصد آمیزه بر ریزساختار، مورفولوژی و عبورپذیری گاز آمیزه‌های پلی‌یورتان/ پلی‌لوریل‌لاکتام- بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران

نگارنده

اسحاق وکیلی

استاد راهنما

دکتر محمدعلی سمسارزاده

اسفند ۱۳۹۱

تقدیم به:

پدر و مادر گرانقدرم

برادر و خواهران عزیزم

و همه کسانی که **شعله** اندیشه و امید را در زندگانیم برافروختند

سپاسگزاری

سپاس و یاد خدای را که جان در کفش هم چو قطره‌ای است و حکمت این همه خلق در دست تدبیرش.

بعد از فراغت از یاد خداوندگار، از زمینیان یاد می کنیم که نامشان مایه ی آرام دل و موجب دلگرمی است.

سرآغاز این سپاس تقدیم به استاد ارجمندم **جناب آقای دکتر محمد علی سمسارزاده** که با راهنمایی های ارزنده خود اینجانب را در این مسیر

یاری فرمودند و نامشان را نورانی میکنم بر صفحه آغازین این اثر.

در ادامه از بزرگواران **جناب آقای دکتر برزین**، **جناب آقای دکتر عبدالهی** و جناب **آقای دکتر شریف** که قبول زحمت فرمودند و این

اثر را با سعه صدر مطالعه و داوری نمودند، بی نهایت سپاسگزارم.

همچنین از آقای **مهندس فردی**، **آقای مهندس کتال**، **آقای مهندس فرامرزی**، **آقای مهندس یوسف زاده** و در نهایت از دوست

عزیزم **آقای دکتر قلعی** که بی شک حضورشان امید بخش و کمک هایشان مایه دلگرمی ام بود کمال قدردانی را دارم.

و در پایان از **جناب آقای دکتر شجاع الساداتی** که در امکانات آزمایشگاهی خویش، ما را سهیم فرمودند قدردانی و تشکر می نمایم.

چکیده

در این تحقیق غشاهای آمیزه‌ای پلی‌یورتان سنتز شده بر مبنای تولوئن‌دی‌ایزوسیانات، پلی‌تترامتیلن گلایکول و پلی‌دی متیل سیلوکسان به همراه پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران با روش تبخیر حلال تهیه شدند. پلی‌یورتان سنتز شده و غشاهای آمیزه‌ای (پلی‌یورتان/ پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران) توسط دستگاه‌های طیف سنج مادون قرمز با تبدیل فوریه(FTIR)، گرماسنج روبشی‌تفاضلی(DSC) و میکروسکوپ الکترونی و پویشی(SEM) مورد شناسایی قرار گرفتند. خواص عبورپذیری گاز غشاهای آمیزه‌ای را توسط گازهای اکسیژن، نیتروژن، متان، دی‌اکسید کربن و هلیوم مورد بررسی قرار داده شد و عبورپذیری گازهای نام برده با خواص پلیمرها ارتباط داده شد. مقایسه نتایج میزان عبورپذیری غشای پلی‌یورتان خالص و غشاهای آمیزه‌ای نشان داد که این غشاها نسبت به گاز دی‌اکسیدکربن بالاترین میزان عبورپذیری را دارند و نسبت به گازهای مورد آزمایش دیگر دارای کمترین میزان عبور پذیری هستند که در نتیجه این غشاها دارای بالاترین میزان انتخاب‌پذیری ایده‌آل CO_2/N_2 و CO_2/CH_4 هستند. غشای آمیزهای با ۲۰٪ وزنی از پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران دارای بیشترین عبورپذیری نسبت به گاز دی‌اکسید کربن (≈۱۰۵ بارر) بود. در میان غشاهای آمیزه ای با ۵-۲۰٪ وزنی از پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران افزایش میزان انتخاب‌پذیری جفت گازهای CO_2/CH_4 تا حدود ۱۰ و CO_2/N_2 تا حدود ۵۲ مشاهده شد. داده‌های تجربی عبورپذیری غشاهای آمیزه‌ای با داده های عبورپذیری محاسبه شده بر اساس مدل لگاریتمی افزایشی بهبود یافته مقایسه شد.

کلیدواژه‌ها: جداسازی گاز، غشا، پلی‌یورتان، پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران.

فهرست مطالب

فصل ۱ مقدمه ۱

فصل دوم نظری ۵

۲-۱ مقدمه ۵

۲-۲ انواع غشا ۸

۲-۲-۱ غشاهای متقارن ۱۰

۲-۲-۱-۱ غشاهای متخلخل ۱۰

۲-۲-۱-۲ غشاهای متراکم ۱۰

۲-۲-۱-۳ غشاهای باردار الکتریکی ۱۱

۲-۲-۲ غشای نامتقارن ۱۱

۲-۲-۳ غشای فلزی ۱۲

۲-۲-۴ غشاهای سرامیکی و زئولیتی ۱۳

۲-۲-۵ غشاهای پلیمری ۱٤

۲-۲-۵-۱ تاثیر خواص فیزیکی و شیمیایی بر خواص انتقال غشاهای پلیمری ۱٦

۲-۳ عملکرد غشاهای جداسازی ۲٦

۲-۴ مفاهیم بنیادین غشاهای جداکننده گاز ۲۸

۲-۵ عوامل موثر در عبور پذیری گازها از غشا ۳٦

۲-۵-۱ اثر دما ۳٦

۲-۵-۲ اثر فشار ۳۷

۲-۵-۳ اثر نرم کنندگی: ۳۷

۲-۵-۳ اثرنوع گاز ۳۸

۲-۶ ساخت غشاهای پلیمری ۳۹
۲-۶-۱ روش تبخیر حلال ۳۹
۲-۷ پلی یورتان ٤٠
۲-۷-۱ مونومرهای سازنده پلی‌یورتان ٤٠
۲-۷-۲ ایزوسیانات ٤١
۲-۷-۳ پلی‌ال‌ها ٤٢
۲-۷-۴ عامل بسط زنجیر ٤٤
۲-۷-۵ کاتالیزور ٤٥
۲-۸ الاستومرهای پلی‌یورتان ٤٦
۲-۸-۱ روش تک مرحله‌ای ٤٦
۲-۸-۲ روش پیش پلیمر ٤٧
۲-۹ بررسی رابطه ساختار غشای پلی‌یورتان با ویژگی‌های عبورپذیری آن ٤٧
۲-۱۰ کاربردهای پلی لوریل‌لاکتام-بلاک-تتراهیدروفوران ٥٣
۲-۱۱ غشاهای آمیزه‌ای پلی‌یورتان و پلیمرهای شیشه‌ای ٥٤
فصل سوم مواد و روش های آزمایشگاهی ٥٦
۳-۱ مقدمه ٥٦
۳-۲ مواد ٥٦
۳-۲-۱ تولوئن دی ایزوسیانات ٥٦
۳-۲-۲ پلی‌تترامتیلن‌گلایکول ٥٦
۳-۲-۳ پلی‌دی‌متیل‌سیلوکسان ٥٦
۳-۲-۴ ۱و۴- بوتان‌دی‌ال ٥٦

۳-۲-۵ دی‌بوتیل‌تین‌دی‌لورات ۵۷
۳-۲-۶ پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران ۵۷
۳-۲-۷ ۱-بوتانول و ۱-پروپانول ۵۷
۳-۳ دستگاه‌ها ۵۸
۳-۳-۱ راکتور ساخت پلی‌یورتان ۵۸
۳-۳-۲ دستگاه طیف سنج مادون قرمز با تبدیل فوریه (FTIR) ۵۹
۳-۳-۳ دستگاه میکروسکوپ الکترونی و پویشی(SEM) ۵۹
۳-۳-۴ دستگاه گرماسنج روبشی تفاضلی (DSC) ۵۹
۳-۳-۵ دستگاه آزمون عبورپذیری گاز ۶۰
فصل۴ نتایج و بحث ۶۶
۴-۱ مقدمه ۶۶
۴-۲ روش ساخت پلی‌یورتان ۶۶
۴-۳ روش ساخت غشاهای پلی‌یورتان، پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران ۶۷
۴-۴ نتایج ساخت پلی‌یورتان ۶۸
۴-۵ نتایج ساخت غشا پلی‌یورتان ۷۰
۴-۵-۱ مشاهده‌ریز ساختار غشاهای تهیه شده ۷۰
۴-۵-۲ نتایج آزمون گرماسنجی روبشی تفاضلی ۷۲
۴-۵-۳ بررسی آزمایش گاز غشاهای ساخته شده ۷۴
۴-۵-۳-۱ عبور پذیری گاز در غشای پلی‌یورتان ۷۵
۴-۵-۳-۲ انتخاب‌پذیری در غشای پلی‌یورتان ۷۶

۴-۵-۳-۳ عبور پذیری گاز در غشاهای پلی‌یورتان/ پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدرو فوران با ترکیب درصدهای مختلف..... ۷۷
۴-۵-۳-۴ انتخاب‌پذیری گاز غشاهای پلی‌یورتان/ پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدرو فوران با ترکیب درصدهای مختلف..... ۸۲
۴-۵-۳-۵ پیش‌بینی میزان عبورپذیری غشاهای آمیزه‌ای پلی‌یورتان/پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی تتراهیدروفوران با در نظر گرفتن میزان بلورینگی ۸۶
۴-۵-۳-۶ بررسی کارایی غشاهای آمیزه‌ای پلی‌یورتان/پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران توسط نمودار رابسون ۹۱
فصل ۵ نتیجه‌گیری نهایی..... ۹۴
فصل ۶ پیشنهادات برای تحقیقات آتی..... ۹۷
منابع ۹۸

فهرست جدول‌ها

جدول۲-۱ ارتباط بین چگالی پلیمر، شارعبوری هلیوم و نسبت انتخاب‌پذیری هلیوم به متان.....۱۷

جدول۲-۲ عبورپذیری، نفوذپذیری و ضرایب حلالیت برای گاز دی‌اکسیدکربن و متان در پلیمرهای سیلیکونی.....۲۲

جدول ۲-۳ عبورپذیری، ضریب نفوذ و ضریب حلالیت گازهای نیتروژن، اکسیژن، وکربن‌دی‌اکسید و متان را در [۱-(تری‌متیل‌سایلیل)-۱-پروپین] و پلی‌دی‌متیل‌سیلوکسان.....۲۱

جدول ۲-۴ نیروهای محرکه در فرآیندهای مختلف جداسازی.....۲۷

جدول ۲-۵ مقادیر عبورپذیری اندازه‌گیری شده برای گاز خالص در دمای مشخص برای گسترهای از پلیمرها ۳۴

جدول ۲- ۶ قطر سینتیکی و دمای میعان پذیری گازها.....۳۸

جدول ۲-۷ عبورپذیری و انتخاب‌پذیری ایده‌ال غشاهای پلی‌یورتان ۵۰

جدول ۴ -۱ چگالی و خواص حرارتی پلی‌یورتان و غشاهای آمیزه‌ای پلی‌یورتان/پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی-تتراهیدروفوران بدست آمده از منحنی‌های گرماسنجی روبشی تفاضلی ۷۴

جدول ۴-۲ مقادیر عبورپذیری غشای پلی‌یورتان ۷۶

جدول ۴-۳ مقادیر انتخاب پذیری غشای پلی‌یورتان ۷۷

جدول ۴-۴ مقادیر عبورپذیری غشای PU5 .....۷۸

جدول ۴-۵ مقادیر عبورپذیری غشای PU10 ..... ۷۸

جدول ۴-۶ مقادیر عبورپذیری غشای PU15 .....۷۹

جدول ۴-۷ مقادیر عبورپذیری غشای PU20..... ۷۹

جدول ۴-۸ مقادیر عبورپذیری غشاهای آمیزه‌ای گاز هلیوم در فشارهای مختلف.....۸۱

جدول ۴-۹ قطر سینتیکی و دمای میعان پذیری گازها و داده های عبورپذیری برای پلیمر دوجزیی پلی‌لوریل لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدرو فوران ۸۱
جدول ۴-۱۰ مقادیر انتخاب پذیری غشایPU5 ..... ۸۳
جدول۴-۱۱ مقادیر انتخاب پذیری غشایPU10 ..... ۸۳
جدول۴-۱۲ مقادیر انتخاب پذیری غشایPU15 ..... ۸۴
جدول۴-۱۳ مقادیر انتخاب پذیری غشایPU20 ..... ۸۴
جدول۴-۱۴ مقادیر انتخاب پذیری هلیوم به متان برای غشاهای آمیزه‌ای در فشار۴ بار..... ۸۲

فهرست شکل‌ها

شکل ۲-۱ شکل های کلی انواع غشاهای اصلی ۹

شکل ۲- ۲ تکنیک ابداع شده توسط هنیس و تریبودی برای بستن نقص‌های غشای پلی سولفون ۱۵

شکل ۲- ۳ غشای کامپوزیتی دولایه، شامل یک لایه نازک از مواد پلیمری انتخاب‌پذیر و یک لایه متخلخل محافظ ۱۶

شکل ۲- ۴ ارتباط بین چگالی و شار عبوری هلیوم برای پلیمرهای بیان شده در جدول ۲-۱ ..... ۱۸

شکل ۲- ۵ ارتباط بین پارامتر حلالیت چند پلیمر شیشه‌ای و فاکتور جداسازی گاز دی‌اکسیدکربن از متان .. ۱۹

شکل ۲- ۶ رابطه دمای انتقال شیشه‌ای پلیمرهای سیلیکونی با گروه‌های استخلافی مختلف با عبورپذیری اکسیژن ۲۱

شکل ۲- ۷ انتقال جرم از میان یک غشا ۲۷

شکل ۲- ۸ مکانسیم عبور گازها از طریق غشاهای متخلخل و متراکم ۲۸

شکل ۲- ۹ ضریب نفوذ گازهای مختلف تابعی از حجم مولی واندروالس از الاستیک طبیعی و پلی‌ونیل استات ۳۱

شکل ۲- ۱۰ ضریب جذب گازهای مختلف تابعی از حجم مولی واندروالس ازلاستیک طبیعی و پلی‌ونیل استات ۳۲

شکل ۲- ۱۱ عبورپذیری گازهای مختلف تابعی ازحجم مولی واندروالس از پلیمرهای شیشه‌ای و الاستومری. ۳۳

شکل ۲- ۱۲ اختلاف انتخاب‌پذیری اندازه‌گیری شده گاز خالص کربن‌دی‌اکسید و مخلوط گازها توسط غشای سلولزاستات ۳۵

شکل ۲- ۱۳ گروه شیمیایی ایزوسیانات ۴۱

شکل ۲- ۱۴ ساختارهای همپار در یک ترکیب دی ایزوسیانات ۴۱

شکل ۲- ۱۵ ساختار شیمیایی ایزوسیانات های پر مصرف ۴۲

شکل ۲- ۱۶ ساختار مولکولی ۱و۴-بوتان دی ال ۴۵
شکل ۲- ۱۷ انتخاب‌پذیری گازهای دوجزئی CO_2/N_2، CO_2/CH_4 و O_2/N_2 در غشاهای پلی‌یورتانی ۵۲
شکل ۲- ۱۸ ساختار مولکولی پلی(لوریل‌لاکتام-بلاک-تتراهیدروفوران) ۵۳
شکل ۳- ۱ راکتور سنتز پلی‌یورتان ۵۸
شکل ۳- ۱ راکتور سنتز پلی‌یورتان ۵۸
شکل ۳- ۲ دستگاه آزمون عبورپذیری ۶۱
شکل ۳- ۳ محفظه آزمایش گاز غشا ۶۱
شکل ۳- ۴ محفظه آزمون عبورپذیری غشا ۶۲
شکل ۳- ۵ منحنی نتایج عبوردهی گاز از یک غشا پلیمری طبق روش زمان تأخیر ۶۴
شکل ۴-۱ فرایند دو مرحله ای سنتز پلی‌یورتان ۶۷
شکل ۴- ۲ طیف دستگاه طیف سنج مادون قرمز با ت فوریه مربوط به (الف)پلی یورتان سنتز شد (ب)پلی-یورتان/پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران(۱۰٪wt) (پ)پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران ۶۸
شکل ۴- ۳ تصاویر میکروسکوپ الکترونی و پویشی سطح مقطع غشاهای آمیزه‌ای پلی‌یورتان/ پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران با درصدهای وزنی(الف)(۰/۱۰۰)، (ب)(۵/۹۵)، (ج)(۱۰/۹۰)، (د)(۱۵/۸۵)، (ه)(۲۰/۸۰) ۷۱
شکل ۴- ۴ منحنی‌های گرماسنجی روبشی تفاضلی غشاهای آمیزه‌ای پلی‌یورتان/ پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی-تتراهیدروفوران با ترکیب درصد وزنی الف(۰/۱۰۰)، (ب)(۵/۹۵)، (ج)(۱۰/۹۰)، (د)(۱۵/۸۵)، (ه)(۲۰/۸۰)، (و) پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تترا هیدروفوران ۷۳
شکل ۴- ۵ نمونه محاسبات تغییر ارتفاع ستون آب نمونه پلی‌یورتان خالص با تغییر زمان برای گاز دی‌اکسید-کربن در فشار ۶ بار ۷۵

شکل ۴- ۶ نتایج عبور پذیری گاز نیتروژن در غشاهای شامل درصدهای مختلف از پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی-تتراهیدروفوران. نتایج مدل لگاریتمی افزایشی ، نتایج تجربی و نتایج مدل لگاریتمی تغییر یافته با اثر بلورینگی و γ=۱ ..... ۸۸

شکل ۴- ۷ نتایج عبور پذیری گاز اکسیژن در غشاهای شامل درصدهای مختلف از پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی-تتراهیدروفوران. نتایج مدل لگاریتمی افزایشی ، نتایج تجربی و نتایج مدل لگاریتمی تغییر یافته با اثر بلورینگی و γ=۱ ..... ۸۹

شکل ۴- ۸ نتایج عبور پذیری گاز متان در غشاهای شامل درصدهای مختلف از پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی-تتراهیدروفوران. نتایج مدل لگاریتمی افزایشی ، نتایج تجربی و نتایج مدل لگاریتمی تغییر یافته با اثر بلورینگی و γ=۱ ..... ۸۹

شکل ۴- ۹ نتایج عبور پذیری گاز هلیوم در غشاهای شامل درصدهای مختلف از پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تترا-هیدروفوران. نتایج مدل لگاریتمی افزایشی ، نتایج تجربی و نتایج مدل لگاریتمی تغییر یافته با اثر بلورینگی و γ=۱ ..... ۹۱

شکل ۴- ۱۰ نتایج عبور پذیری گاز دی‌اکسیدکربن در غشاهای شامل درصدهای مختلف از پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلیت‌تراهیدروفوران. نتایج مدل لگاریتمی افزایشی ، نتایج تجربی و نتایج مدل لگاریتمی تغییر یافته با اثر بلورینگی و γ=۱ ..... ۹۱

شکل ۴- ۱۱ نمودار رابسون انتخاب پذیری دی‌اکسیدکربن/ نیتروژن با تغییر عبورپذیری دی‌اکسیدکربن ۹۳

فصل ۱ مقدمه

فصل ۱ مقدمه

غشا[1] امروزه درصنایع شیمیایی جایگاه مهمی بدست آورده است و دارای کاربردهای فراوانی از جمله جداسازی گازها[2]، اسمز معکوس، دارورسانی، دیالیز و غیره می‌باشد. ویژگی اساسی غشاها کنترل نرخ عبورپذیری مواد شیمیایی از آن‌ها می‌باشد. غشاها با توجه به کاربردی که دارند هدف خاصی را دنبال می‌کنند، مثلا در مورد مسئله دارو رسانی، هدف متعادل کردن نرخ عبورپذیری دارو از مخزن به بدن است. در کاربردهای جداسازی، هدف این است که یک جزء از مخلوط، آزادانه از غشا عبور کند در حالی که از عبور سایر اجزاء جلوگیری می‌کند. در این تحقیق به یکی از مهمترین کاربردهای فرایندهای غشایی که جداسازی گازها است پرداخته‌ایم و ویژگی‌های آن‌ها را بررسی کرده‌ایم. بهبود عملکرد و افزایش راندمان غشا در موارد کاربردی آن‌ها تاثیر مستقیم بر اقتصاد فرایند خواهد داشت. لذا شناسایی عوامل تاثیرگذار بر ارتقا توانمندی غشا در جداسازی گاز از ضروریات دست‌یابی بر اهداف فوق است[۱].

فرآیند جداسازی دی اکسید کربن از گازهای هیدروکربنی و دیگر گازها به منظور غنی‌سازی و بهبود درصد خلوص هیدروکربن ها از اهمیت زیادی در صنایع نفت و پتروشیمی برخوردار است. در این موارد علاوه بر قدرت جداسازی غشا پلیمری، خواص مکانیکی غشا نیز حایز اهمیت است. در این صورت استفاده از موادی برای ساختن یک غشا دارای اولویت است که در تولید آن‌ها خواص مکانیکی به عنوان عاملی تعیین کننده قابل تنظیم و کنترل باشد. آمیزه‌ای پلیمری را می توان به عنوان یکی از این گونه مواد به منظور ساختن غشا پلیمری مورد استفاده قرار داد.

برای نیل به هدف ایجاد همزمان خواص مکانیکی و عبور پذیری پلی‌یورتان پلیمر مناسبی است. با توجه به حالت لاستیکی پلی یورتان در دمای محیط علاوه بر خواص مکانیکی مناسب، این پلیمر دارای عبور پذیری بالایی

[1] Membrane
[2] Gas Separation

است[۲]. از طرفی با استفاده از آمیزه نمودن پلی‌یورتان با کوپلیمر پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران می توان عبور پذیری پلی‌یورتان را نسبت به گازهای قطبی افزایش داد.

اهداف تحقیق

هدف از این تحقیق ساخت و بررسی غشای آمیزه‌ای پلی‌یورتان/ پلی‌لوریل‌لاکتام-بلاک-پلی‌تتراهیدروفوران به عنوان یک غشای پلیمری جدید در فرآیند جداسازی گاز، به منظور بررسی تاثیر افزایش گروهای قطبی بر جداسازی گاز کربن‌دی‌اکسید از سایر گازها می‌باشد. همچنین تاثیر بلورینگی بر خواص عبورپذیری این غشاها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

در این گزارش در فصل دوم مروری بر مفاهیم مورد استفاده در این گزارش و نیز تحقیقات انجام شده در ارتباط با غشاهای پلیمری و موارد استفاده در فرآیندهای جداسازی گاز مورد بحث قرار گرفته است. در فصل سوم مواد و ابزارهای مورد استفاده در انجام تحقیق ارائه گردیده است. در فصل چهارم نتایج به دست آمده از مراحل مختلف تحقیق مورد شرح و بررسی قرار گرفته است. در فصل پنجم نتایج کلی تحقیق بیان شده و در نهایت در فصل ششم پیشنهاداتی برای تحقیقات آینده مطرح می‌شود.