بسم الله الرحمن الرحیم

بسمه تعالی

تاییدیه اعضای هیات داوران حاضر در جلسه دفاع از پایان نامه

خانم ساحل یارعلی پایان نامه ۹ واحدی خود را با عنوان: بررسی تاثیر نوع و غلظت عامل شبکه ساز و حامل برعملکرد و پایداری غشا انتقال تسهیل یافته جهت جداسازی CO_2 از CH_4در تاریخ ۱۳۹۰/۰۳/۲۲ ارائه کردند.

اعضای هیات داوران نسخه نهایی این پایان نامه را از نظر فرم ومحتوا تاییدوپذیرش آنرا برای تکمیل درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی پیشنهاد می کنند.

عضو هیات داوران	نام و نام خانوادگی	رتبه علمی	امضا
استاد راهنمای اول	دکتر محمد رضا امید خواه	دانشیار	
استاد مشاور	دکتر رضا یگانی	استادیار	
استاد ناظر	دکترعبد الصمد زرین قلم	دانشیار	
استاد ناظر	دکتر سیدنظام الدین اشرفی زاده	دانشیار	
مدیر گروه (یا نماینده گروه تخصصی)	دکتر عبد الصمد زرین قلم	دانشیار	

این نسخه به عنوان نسخه نهایی پایان نامه/رساله مورد تایید است.

امضای استاد راهنما:

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 **ساحل یارعلی** در رشته **مهندسی شیمی** است که در سال **۱۳۹۰** در دانشکده **مهندسی شیمی** دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی **جناب آقای دکتر محمدرضا امیدخواه** و مشاوره **جناب آقای دکتر رضا یگانی** 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 رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت‌مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می‌تواندخسارت 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 شده‌نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب **ساحل یارعلی** دانشجوی رشته **مهندسی شیمی** مقطع **کارشناسی ارشد** تعهد فوق وضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: **ساحل یارعلی**

تاریخ و امضا:

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 تاریخ۸۷/۴/۱ 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 **ساحل یارعلی** دانشجوی رشته **مهندسی شیمی** ورودی سال تحصیلی **۱۳۸۷** مقطع **کارشناسی ارشد** دانشکده **مهندسی شیمی** متعهد می شوم کلِیه 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: ۹۰/۵/۱۳

دانشگاه تربیت مدرّس
دانشکده مهندسی شیمی

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد

مهندسی شیمی-طراحی فرآیند

بررسی تاثیر نوع و غلظت عامل شبکه ساز و حامل بر عملکرد و پایداری غشا انتقال تسهیل یافته جهت جداسازی CO_2 از CH_4

نگارنده:

ساحل یارعلی

استاد راهنما:

دکتر محمدرضا امیدخواه نسرین

استاد مشاور:

دکتر رضا یگانی

بهار 1390

تقدیم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی شان از کلمه ایثار و از خودگذشتی

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبان است

به پاس قلب های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می گراید

و به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به دو ستاره همیشه پرفروغ زندگی ام، پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم .

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 محمدرضا امیدخواه که با راهنمایی های ارزنده خود اینجانب را در این مسیر یاری فرمودند. در ادامه با تاسی بر آیه ی و شاورهم فی الامر از استاد مشاورم جناب آقای دکتر رضا یگانی سپاسگزارم. و نامشان را نوری می کنم بر صفحه ی آغازین این اثر.

از کلیه دوستانم در آزمایشگاه ۴۵۱ که بی شک حضورشان امید بخش و گفتگوهایشان مایه دلگرمی ام بود، قدردانی می کنم.

و اما یادمان نرود که رنگ دریا هر چند آبی است و بزرگ ولی این رنگ همه اش سایه ی آسمان است و آسمان مرا، پدر، مادر، برادر و خواهر عزیزم در بر گرفته اند تا مرا به افتخار یاد کنند و تمام رنگم سایه ی آنهاست و هیچ کس بی سایه نیست.

باشد که به مدد آن مهربانترین، این مهربانان را قدردان باشم.

چکیده

در این تحقیق، غشاهای انتقال تسهیل یافته، شامل حامل دی اتانول آمین (DEA) در شبکه پلی-وینیل الکل (PVA) جهت جداسازی CO_2 از CH_4 از مخلوط گازی شامل 10 vol% CO_2 و 90 vol% CH_4 مورد بررسی قرار گرفته است. اثر غلظت حامل، نوع عامل شبکه‌ساز و غلظت آن بر روی خواص انتقال غشا، شامل تراوش CO_2، تراوش CH_4 و گزینش‌پذیری CO_2/CH_4 بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد، در غشا PVA خالص با افزایش غلظت DEA تراوش و گزینش‌پذیری ابتدا افزایش و سپس کاهش یافته است، و در 20 wt% از حامل DEA بالاترین تراوش CO_2 و گزینش‌پذیری را داشته است. همچنین اثر غلظت دو عامل شبکه ساز گلوتارالدئید و فرمالدئید در این غلظت بهینه مورد بررسی قرار گرفته و با نتایج غشا PVA بدون عامل شبکه ساز مقایسه شده است. جهت تایید ایجاد اتصالات عرضی، آنالیز طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR) بر روی غشاها انجام شد. نتایج حاصل از این آنالیز و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) غشاها ارائه شده است. نتایج تراوایی غشاها نشان می‌دهد، که غشاهای با عامل شبکه ساز گزینش‌پذیری بالاتر و تراوش پایین‌تری نسبت به غشاهای PVA خالص دارند. بطوریکه، با به کار بردن عامل شبکه‌ساز گزینش‌پذیری غشا در حدود 35% در بهترین حالت افزایش یافته، در حالیکه تراوش CO_2 در حدود 25% کاهش یافته است. همچنین با افزایش غلظت عوامل شبکه ساز، تراوش CO_2 و گزینش‌پذیری CO_2/CH_4 کاهش می‌یابد. PVA با عامل شبکه ساز گلوتارالدئید گزینش‌پذیری بالاتری نسبت به غشا PVA با عامل شبکه ساز فرمالدئید داشته است. تست پایداری عملکرد روی غلظت بهینه گلوتارالدئید (نسبت وزنی GA/PVA= 0/01) به مدت 30 ساعت انجام شده و پایداری قابل قبولی مشاهده شده است.

کلید واژه: غشا انتقال تسهیل یافته، حامل، جداسازی گازی، عامل شبکه ساز.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست علایم و نشانه‌ها ..... ه

فهرست جدول‌ها ..... ز

فهرست شکل‌ها ..... ح

فصل 1 مقدمه 1

1-1- مقدمه 1

فصل 2 غشاهای انتقال تسهیل یافته 8

2-1- مقدمه 8

2-2- مکانیسم‌های کلی انتقال در غشاها 9

2-2-1- نفوذ نادسن 9

2-2-2- مکانیسم غربال مولکولی 9

2-2-3- نفوذ سطحی 10

2-3- نفوذ مولکولی 10

2-4- چگالش مویین 10

2-4-1- مکانیسم انحلال-نفوذ 11

2-5- مدل انحلال-نفوذ و معادلات تراوایی 11

2-6- غشاهای انتقال تسهیل یافته 14

2-7- مکانیسم انتقال در غشاهای انتقال تسهیل یافته 14

2-8- انرژی پیوند در غشاهای انتقال تسهیل یافته 16

2-9- خصوصیات غشا انتقال تسهیل یافته 16

2-10- تقسیم‌بندی حامل‌ها 18
2-10-1- حامل‌های متحرک 18
2-10-2- حامل‌های ثابت 19
2-11- خواص حامل‌ها 19
2-11-1- واکنش پذیری و تشکیل پیوند 20
2-11-2- حلالیت و پایداری در فاز غشا 21
2-12- فاکتور تسهیل 22
2-13- انواع غشاهای انتقال تسهیل یافته 23
2-13-1- غشاهای مایع 23
2-13-1-1- غشاهای مایع بدون پایه 23
2-13-1-2- غشاهای مایع با پایه 24
2-13-2- غشاهای تبادل یونی 25
2-13-3- غشاهای حامل ثابت 25
2-14- انواع پایه 26
2-15- پایداری غشاهای انتقال تسهیل یافته 26
2-16- پارامترهای موثر در عملکرد غشاهای انتقال تسهیل یافته 27
2-16-1- اثر تورم آب در ژل پلیمری 27
2-16-2- غلظت بهینه حامل 28
2-16-3- دما و فشار عملیاتی 28
2-16-4- ضخامت غشا 28
2-16-5- تست‌های پایداری طولانی مدت غشا 29
2-16-6- تراوایی مخلوط گازها 29
2-16-7- تأثیر نوع و غلظت عامل شبکه ساز 29
فصل 3 مروری بر مطالعات گذشته 31

3-1- مقدمه 31
3-2- مروری بر مطالعات انجام شده در زمینه غشاهای انتقال تسهیل یافته جهت جداسازی CO_2 33
3-2-1- غشاهای بدون عامل شبکه ساز 33
3-2-2- غشاهای با عامل شبکه ساز 39
3-3- عملکرد غشاهای انتقال تسهیل یافته 43
فصل 4 مواد و روش‌ها 44
4-1- مواد 44
4-1-1- پلیمر 44
4-1-2- حامل 44
4-1-3- عوامل شبکه ساز 45
4-1-3-1- گلوتارالدئید 45
4-1-3-2- فرمالدئید 45
4-1-3-3- هیدروکسید پتاسیم 45
4-1-4- پایه 46
4-2- انتخاب مواد 47
4-3- روش‌ها 51
4-3-1- ساخت غشا 51
4-3-1-1- ساخت غشا با استفاده از عامل شبکه ساز گلوتارالدئید 51
4-3-1-2- ساخت غشا با استفاده از عامل شبکه ساز فرمالدئید 51
4-4- طراحی آزمایش 53
4-5- سامانه اندازه‌گیری تراوایی 53
4-5-1- کارکرد و تجهیزات مورد نیاز در سامانه فشار ثابت-حجم متغیر 54
4-6- آزمایشات تراوایی 58
4-7- آنالیزهای دستگاهی 60

4-7-1- میکروسکوپ الکترونی روبشی 60
4-7-2- آنالیز طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR)..... 60
فصل 5 نتایج و بحث 61
5-1- مقدمه 61
5-2- آنالیز دستگاهی FT-IR..... 61
5-3- تصاویر SEM غشاها..... 64
5-4- اثر حامل..... 67
5-5- اثر عامل شبکه ساز..... 70
5-5-1- گلوتارالدئید..... 70
5-5-2- فرمالدئید 74
5-5-3- تست پایداری..... 76
فصل 6 نتیجه‌گیری نهایی و پیشنهادات 79
6-1- نتیجه‌گیری نهایی 79
6-2- پیشنهادات برای مطالعات آینده..... 79
6-2-1- پیشنهادات مربوط به سامانه اندازه‌گیری تراوایی..... 80
6-2-2- پیشنهادات مربوط به متغیرهای ساختاری و عملیاتی غشا..... 81
فهرست مراجع 83
واژه نامه فارسی به انگلیسی 87
واژه نامه انگلیسی به فارسی 90

فهرست علایم و نشانه‌ها

عنوان	بعد	علامت اختصاری
سطح موثر غشا	cm^2	A
غلظت	mol/cm^3	C
غلظت بدون بعد		$\bar{C}$
ضریب نفوذ	cm^2/s	D
فاکتور تسهیل		F
تراوش	$cm^3(STP)/cm^2.s.cmHg$	J
ثابت سرعت واکنش رفت	$cm^3/mol.s$	k_f
ثابت سرعت واکنش برگشت	$1/s$	k_r
ثابت تعادلی	cm^3/mol	K
ضخامت غشا	cm	l
شار	$cm^3(STP)/cm^2.s$	N
فشار بخار جزء نفوذ کننده	$cmHg$	p
فشار جریان بالا دستی	$cmHg$	p_1
فشار جریان پایین دستی	$cmHg$	p_2
ثابت تراوایی	$cm^3(STP).cm/cm^2.s.cmHg$	P
ثابت حلالیت		S
زمان	s	t
دما	K	T

دمای تبدیل شیشه‌ای	K	T_g
دبی حجمی گاز	cm^3/s	V
مختصات فاصله اندازه‌گیری شده		x
جزء مولی جزء i در جریان خوراک		x_i
جزء مولی جزء i در جریان تراوا		y_i
مختصات در جهت انتقال		z
طول بدون بعد		$\bar{z}$

حروف یونانی

فاکتور جداسازی (گزینش‌پذیری)	α

زیرنویس

CO_2	A
CH_4	B
شرایط تعادلی	eq

بالانویس

در جریان خوراک، z=0	0
در جریان تراوا، z=L	L

فهرست جدول‌ها

عنوان **صفحه**

جدول 3-1 عوامل شبکه ساز به‌کار رفته در غشاهای انتقال تسهیل یافته 42

جدول 3-2 مقایسه عملکرد غشاهای انتقال تسهیل یافته 43

جدول 4-1 مشخصات پایه PVDF 46

جدول 5-1 اثر غلظت حامل بر تراوش و گزینش‌پذیری غشا PVA 69

جدول 5-2 اثر غلظت عامل شبکه ساز(گلوتارالدئید) بر تراوش و گزینش پذیری در wt% 20 حامل 73

جدول 5-3 اثر غلظت عامل شبکه ساز(فرمالدئید) بر تراوش و گزینش پذیری در wt% 20 حامل 76

جدول 5-4 نتایج پایداری غشا GA/PVA= 0/01 در مدت زمان 30 ساعت 78

فهرست شکل‌ها

عنوان **صفحه**

شکل 1-1 مراحل توسعه فرآیندهای جداسازی غشایی 3

شکل 1-2 رابطه حدی بین تراوایی و گزینش‌پذیری 5

شکل 2-1 مکانیسم‌های انتقال برای جداسازی‌های گازی با استفاده از غشاها 11

شکل 2-2 شماتیکی از انتقال گاز از میان غشا 12

شکل 2-3 مکانیسم انتقال در غشا انتقال تسهیل یافته 15

شکل 2-4 نمودار شار در مقابل نیرو محرکه 15

شکل 2-5 رابطه بین تراوایی و نیرو محرکه 17

شکل 2-6 رابطه حدی بین تراوایی و گزینش پذیری 18

شکل 2-7 مکانیسم انتقال در حامل‌های ثابت و متحرک 19

شکل 2-8 انواع غشاهای مایع 25

شکل 2-9 نمایی از a) پایه میکرومتخلخل آبگریز b) پایه میکرو متخلخل آبدوست 26

شکل 3-1 سیر تاریخی غشاهای انتقال تسهیل یافته 32

شکل 3-2 دستگاه Teramoto برای انتقال تسهیل یافته CO_2 با استفاده از مدول غشایی موئینه برای حذف و غنی سازی CO_2 34

شکل 3-3 تصویری از پایداری غشا و تاثیر مرطوب کردن گاز روی عملکرد غشا 37

شکل 3-4 اثر اتصالات عرضی بر عملکرد غشا 40

شکل 3-5 تراوایی CO_2 و گزینش‌پذیری CO_2/H_2 در مقابل دما 41

شکل 3-6 نمایی از غشاهای فیبر تو خالی 42

شکل 4-1 ساختار شیمیایی پلی وینیل الکل 44

شکل 4-2 ساختار شیمیایی گلوتارالدئید 45

شکل 4-3 ساختار شیمیایی فرمالدئید 45
شکل 4-4 ساختار شیمیایی PVDF 46
شکل 4-5 مکانیسم واکنش CO_2 با حامل 49
شکل 4-6 مکانیسم واکنش بین PVA و گلوتارالدئید 50
شکل 4-7 مکانیسم واکنش بین PVA و فرمالدئید 50
شکل 4-8 تیغه فیلم کش ساخت غشا 52
شکل 4-9 نمونه‌ای از غشا کشیده شده بر روی پایه PVDF 52
شکل 4-10 سامانه اندازه‌گیری طراحی شده فشار ثابت 54
شکل 4-11 نمایی از مرطوب کننده گازی 56
شکل 4-12 سل تراوایی مورد استفاده در این آزمایش 57
شکل 4-13 سامانه آزمایشگاهی اندازه‌گیری تراوایی 58
شکل 5-1 طیف FT-IR مربوط به PVA خالص و PVA با عامل شبکه ساز گلوتارالدئید (نسبت به صورت نسبت وزنی می‌باشند.) 62
شکل 5-2 طیف FT-IR مربوط به غشاهای PVA (نسبت‌ها به صورت نسبت وزنی میباشد): (1)0/08 =Fr/PVA، (2)0/1 =Fr/PVA، (3)0/12 =Fr/PVA 63
شکل 5-3 تصاویر SEM غشا PVA خالص a) 10 wt% DEA (با دو بزرگنمایی) b) 20 wt% DEA c) 30 wt% DEA 65
شکل 5-4 تصاویر SEM غشاهای PVA با عامل شبکه ساز GA با نسبت‌های وزنی a)0.01= GA/PVA (با دو بزرگنمایی) b) GA/PVA=0/0125 c) GA/PVA=0/015 65
شکل 5-5 تصاویر SEM غشاهای PVA با عامل شبکه ساز Fr با نسبت‌های وزنی a) 0/08= Fr/PVA b) Fr/PVA= 0/1 (با دو بزرگنمایی) c) Fr/PVA=0/12 66
شکل 5-6 تصویر SEM از سطح غشا PVA 66
شکل 5-7 تراوش CO_2 به صورت تابعی از غلظت DEA در غشاهای PVA-DEA 67

شکل 5-8 تراوش CH_4 به صورت تابعی از غلظت DEA در غشاهای PVA-DEA 68
شکل 5-9 گزینش‌پذیری CO_2/CH_4 به صورت تابعی از غلظت DEA برای غشاهای PVA-DEA 68
شکل 5-10 تراوش CO_2 و CH_4 به صورت تابعی از نسبت وزنی GA/PVA در 20wt% غلظت DEA 72
شکل 5-11 گزینش‌پذیری CO_2/CH_4 به صورت تابعی از نسبت وزنی GA/DEA در 20 wt% غلظت DEA 72
شکل 5-12 تراوش CO_2 و CH_4 به صورت تابعی از نسبت وزنی GA/PVA در 20wt% غلظت DEA 75
شکل 5-13 گزینش‌پذیری CO_2/CH_4 به صورت تابعی از نسبت وزنی Fr/DEA در 20 wt% غلظت DEA 75
شکل 5-14 تراوش CO_2 و CH_4 به صورت تابعی از زمان (GA/PVA= 0/01) 77
شکل 5-15 گزینش‌پذیری CO_2/CH_4 به صورت تابعی از زمان (GA/PVA= 0/01) 77

فصل 1 مقدمه

1-1- مقدمه

از گازها به مقدار زیادی در صنایع کوچک و بزرگ استفاده می‌شود و از آنها به عنوان ماده اولیه برای تولید محدوده وسیعی از محصولات، کمک گرفته می‌شود. به دلیل کامل نبودن واکنش‌ها معمولاً مقادیری از خوراک اولیه در محصولات ظاهر می‌گردد و اقتصاد فرآیند ایجاب می‌کند که این گازهای اتلاف شده جدا گردند و دوباره مورد استفاده قرار گیرند. امروزه از فرآیندهای مختلفی نظیر جذب شیمیایی، جذب سطحی، تبرید[1] و فرآیندهای غشایی به منظور خالص‌سازی و بازیابی گازهای مختلف استفاده می‌شود. در این میان سهم واحدهای جذب شیمیایی توسط آمین‌ها، تقطیر و جذب سطحی نسبت به فرآیندهای غشایی چشمگیرتر است. با این وجود، هزینه‌های بالای فرآیندهای فوق، نظیر مصرف انرژی بالا، اتلاف حلال، هزینه‌های بالای سرمایه گذاری و عملیاتی، حجم بزرگ واحدهای جداسازی و مشکلات زیست محیطی ناشی از حلال موجب شده است که توجه به فرآیندهای جداسازی غشایی افزایش یابد. مصرف انرژی پایین، سادگی فرآیند، سازگاری مناسب آن با دیگر واحدهای جداسازی، هزینه‌های پایین سرمایه گذاری و عملیاتی از ویژگی‌های بارز فرآیندهای غشایی است[2،1].

بنابه تعریف، غشا لایه‌ای است نازک که می‌تواند اجزاء یک سیال را به طور انتخابی از آن جدا نماید. به عبارت دیگر غشا وسیله‌ای است که جداسازی مواد را عموماً بر اساس اندازه مولکولی آنها

[1] Cryogenic

ممکن می‌سازد. در این فرآیند علاوه بر اندازه، عوامل دیگری نیز دخالت دارند. در یک فرآیند غشایی عموماً دو فاز وجود دارد که به وسیله فاز سوم (غشا) به طور فیزیکی از یکدیگر جدا شده‌اند. قبل از اینکه غشاها برای جداسازی گاز به کار روند، تکنولوژی غشایی به مدت زیادی برای جداسازی مایعات و مخلوط های مایع-مایع بکار می رفت. دانش بدست آمده در طول این سال‌ها، به تدریج به سیستم‌های غشایی جداسازی گاز منتقل شد. این تبدیل موفق به علت توسعه در زمینه مواد پلیمری سنتزی بود. این مواد قابلیت خوبی برای جداسازی گاز از خود نشان می‌دهند. بنابراین، در دسترس بودن و ساده بودن فرآیند، منجر به تکامل تحقیقات از مقیاس آزمایشگاهی به کاربردهای تجاری شد. کاربردهای صنعتی حاصل شده به طور موفقیت آمیزی در مقابل فرایندهای جداسازی گازی موجود، مانند تقطیر برودتی و جذب سطحی رقابت می‌کند. از نظر تجاری، بیشتر جداسازی‌های انجام شده بوسیله غشا در بردارنده جداسازی اکسیژن و نیتروژن، بازیابی هیدروژن از مخلوط‌های با اجزاء بزرگتر از قبیل نیتروژن، متان و دی اکسیدکربن و حذف دی اکسیدکربن از مخلوط‌های گاز طبیعی می‌باشد. برای این جداسازی‌ها، غشاهایی با شارهای به اندازه کافی بالا و گزینش‌پذیری کافی توسعه داده شده‌اند[3،2].

در سال 1980 شرکت Permea (قسمتی از شرکت کنونی Air Product) اولین واحد غشایی جداسازی گازی را به منظور خالص‌سازی گاز هیدروژن ارائه داد. این فناوری اولین کاربرد صنعتی غشاهای جداسازی گازی در خالص‌سازی هیدروژن بود. این فناوری طی سال‌های بعد در جهت افزایش عملکرد و بازده واحد جداسازی توسعه یافت و ساخت غشاهای فیبر توخالی[1] در بازیابی هیدروژن از جریان‌های خروجی واحد آمونیاک، اولین نمونه غشاهای با بازده مطلوب و مناسب بود. این موفقیت به دست آمده در زمینه جداسازی مخلوط‌های گازی، موجب تشویق شرکت‌های Cynara، UOP و GMS در ساخت غشاهای سلولز استات و دیگر مواد پلیمری برای حذف دی-

[1] Hollow Fiber