دانشکده مهندسی، پردیس بین الملل

گروه مهندسی شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد

عنوان

مدل سازی و شبیه سازی رنگ زدایی از پساب رنگی با استفاده از تماس دهنده غشایی

استاد راهنما

جناب آقای دکتر موسوی

نگارش

سید علی موسوی نژاد مقدم

۱۳۹۲

این پژوهش را به وطن عزیز و همیشه سربلندم

ایران اسلامی

تقدیم می دارم

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از استاد گران قدرم جناب آقای دکتر موسوی که چه در دوران تحصیل در مقطع کارشناسی و چه در مقطع کارشناسی ارشد از راهنماییها و علم و دانش ایشان بهره ها بردم کمال تشکر را دارم. همچنین جا دارد از کلیه اساتید محترم گروه مهندسی شیمی که در مقطع ارشد، دانشجوی آنها بوده و با کمال بزرگواری، همکاری خود را با تحصیل حین اشتغال بنده از خود نشان داده اند قدردانی نمایم.

لازم به تاکید است که راهنماییهای جناب آقای مهندس بنازاده در زمینه شبیه سازی با نرم افزار، به حق کلید حل بسیاری از دشواری های مسیر به انجام رسیدن این پژوهش بوده است.

در انتها از خانواده عزیزم و به خصوص همسرم که علاوه بر تحمل سختی های دوری حاصل از کار و اشتغال، با همراهی و تشویق خود زمینه ارتقاء سطح علمی و دانش را بر اینجانب هموار نمودند از صمیم قلب تشکر و قدردانی می نمایم.

چکیده

هدف از انجام این پژوهش، مدلسازی و شبیه سازی رنگ زدایی پساب رنگی با استفاده از اوزوناسیون در تماس دهنده غشایی می باشد. بدین منظور، در ابتدا به مدل سازی رفتار نفوذ اوزون درون الیاف توخالی غشاء تماس دهنده با توجه به حرکت متقابل آن در برابر محلول رنگی در مدول و نیز واکنش اوزون با ماده رنگی جهت حذف رنگ پرداختیم. در مرحله بعد شبیه سازی مدل مذکور برای سه ماده رنگی Acid Blue 113, Direct Red23 و Reactive Red 120 برای دو غشاء PVDF و PTFE انجام شد که این امر با تقسیم هندسه فرآیند به سه بخش پوسته ، غشاء و لوله و ورود اطلاعات لازم مربوط به مشخصات هر ناحیه و شرایط مرزی، با استفاده از نرم افزار شبیه سازی COMSOL Multiphysics صورت پذیرفت. از آنجا که می بایست صحت مدلسازی و شبیه سازی صورت گرفته تایید شود، اثر تغییر پارامترهای مختلفی نظیر سرعت فاز گاز درون پوسته، سرعت محلول رنگی درون لوله و تغییرات دما، مورد بررسی قرار گرفت.

بر اساس نتایج مشاهده شده، مطابق تئوری با افزایش سرعت سیال سمت لوله و نیز افزایش دمای عملیاتی، شاهد افزایش فلاکس اوزون خواهیم بود هر چند چنانکه انتظار می رفت افزایش کم سرعت سیال سمت پوسته نیز تاثیر چندانی بر فلاکس اوزون نداشت و در اکثر موارد انطباق نسبتاً مطلوبی میان داده های تجربی و شبیه سازی مشاهده گردید. همچنین بر طبق نتایج شبیه سازی، کارایی بهتری برای غشاء PVDF نسبت به غشاء PTFE جهت رنگ زدایی مشاهده شد که می توان آن را مربوط به بالاتر بودن ضریب تخلخل غشاء PVDF نسبت به غشاء PTFE دانست.

واژگان کلیدی: مدل سازی،شبیه سازی، تماس دهنده غشایی، اوزوناسیون، رنگ زدایی

فهرست مطالب

فصل اول، آشنایی با تماس دهنده های غشایی گاز-مایع ۱

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲-طبقه‌بندی غشاء ۳

۱-۲-۱-طبیعت غشاء ۳

۱-۲-۲- ساختار غشاء ٤

۱-۲-۳- ساختمان ٥

۱-۲-٤- عملکرد ٥

۱-۳- مزایای تماس دهنده غشایی ٦

۱-٤-برخی معایب تماس دهنده غشایی ۸

۱-٥-ارائه تئوری (مدل مقاومت های سری) ۹

فصل دوم، کلیاتی درباره پسابهای صنعتی و اکسایش و رنگ زدایی آنها ۱۲

۲-۱-مقدمه ۱۳

۲-۲-روشهای اکسیداسیون پیشرفته ۱٤

۲-۲-۱-فرآیندهای فنتون ۱٥

۲-۲-۲-فرآیندهای فنتون تسهیل یافته با نور ۱٥

۲-۲-۳-اکسیداسیون فتوکاتالیتیک ۱٦

۲-۲-٤-اوزون-پرتو فرابنفش ۱۷

۲-۲-٥-پرتو فرابنفش - پراکسید هیدروژن ۱۷

۲-۲-٦-اوزوناسیون ۱۸

فصل سوم، مروری بر منابع علمی مرتبط با پژوهش ۲۰
۳-۱-مقدمه ۲۱
۳-۲- دینامیک سیالات محاسباتی در تماس دهنده های غشایی گاز – مایع ۲۱
۳-۳- دینامیک سیالات محاسباتی در سایر انواع تماس دهنده های غشایی ۲۵
فصل چهارم، مدل سازی و شبیه سازی ۲۹
٤-۱-مقدمه ۳۰
٤-۲-مدلسازی ۳۲
٤-۲-۱-موازنه مواد ۳۲
٤-۲-۲-معادلات سمت لوله ۳۳
٤-۲-۳-معادلات سمت غشاء ۳٤
٤-۲-٤-معادلات سمت پوسته ۳۵
٤-۲-۵-مکانیسم واکنش ۳٦
٤-۳-شبیه سازی در نرم افزار COMSOL و بدست آوردن پارامترهای مورد نیاز ۳۷
٤-۳-۱-ورود معادلات هر ناحیه از فیبر ۳۷
٤-۳-۲-ترسیم هندسه فرآیند ۳۹
٤-۳-۳-ورود اطلاعات ومشخصات کلی هر ناحیه ٤۰
٤-۳-٤-ورود اطلاعات مربوط به شرایط مرزی ٤۲
٤-۳-۵-ثوابت مورد نیاز (Constants) ٤۵
٤-۳-٦-تاثیر دما بر فرآیند ٤۷
٤-۳-۷-ثابت سرعت واکنش ٤۷
٤-٤-مش بندی ٤۸

فصل پنجم، نتایج و بحث ٤٩
٥-١-مقدمه ٥٠
٥-٢-استقلال از مش ٥١
٥-٣-بررسی تاثیر تغییرات سرعت مایع بر فلاکس اوزون با توجه به طیف رنگی ٥١
٥-٤-بررسی تاثیر تغییرات سرعت سیال سمت لوله بر فلاکس اوزون (PVDF) ٥٥
٥-٥-بررسی تاثیر تغییرات سرعت سیال سمت پوسته بر فلاکس اوزون ٥٨
٥-٦-بررسی تاثیر تغییرات دما بر فلاکس اوزون ٦١
٥-٧-بررسی تاثیر تغییرات سرعت سیال سمت لوله بر فلاکس اوزون در غشاء PTFE ٦٣
٥-٨-مقایسه ای بین عملکرد غشاهای PVDF و PTFE ٦٤
فصل ششم، نتیجه گیری و پیشنهادات ٦٦
٦-١-نتیجه گیری ٦٧
٦-٢-پیشنهادات ٧٠
منابع و مآخذ ٧١

فهرست جداول

جدول٤-١-مشخصات مدول غشای الیاف توخالی بکار رفته در فرآیند ٣١

جدول٤-٢-مقایسه ای بین ضرایب انتقال جرم دو غشای PVDF و PTFE در دمای ٢٨ درجه ... ٣١

جدول٤-٣- مقادیر و ثوابت مورد نیاز برای استفاده در شبیه سازی ٤٦

جدول٤-٤- روند تغییرات ثابت هنری با دما در فرآیند ٤٧

فهرست شکل ها

شکل ۱-۱- نمایی شماتیک از یک تماس دهنده غشایی الیاف توخالی ۸

شکل ۱-۲- شماتیکی از تماس دهنده های غشایی و مقاومتهای سری در آن ۱۰

شکل ۲-۱- شماتیکی از سیستم فرآیند اوزوناسیون در تماس دهنده غشایی ۱۸

شکل ٤-۱-شماتیک فیبر توخالی مورد نظر در مدل ۳۲

شکل ٤-۲-صفحه Model Navigator در نرم افزار ۳۸

شکل ٤-۳- صفحه Axes/Grid settings در نرم افزار ۳۹

شکل ٤-٤-نمای کلی هندسه فرآیند در نرم افزار ٤۰

شکل ٤-٥- صفحه subdomain setting در نرم افزار ٤۰

شکل ٤-٦- صفحه Boundary setting در نرم افزار ٤۲

شکل ٤-۷- نمایی از مرزهای سیستم در شبیه سازی ٤۳

شکل ٤-۸- صفحه ورود ثوابت در نرم افزار (Constants) ٤٥

شکل ٤-۹- مش بندی سیستم فرآیندی مورد نظر ٤۸

شکل ٥-۱- صفحه مربوط به تنظیمات مشاهده نمودارها در نرم افزار ٥۰

شکل ٥-۲-نتایج مربوط به آزمایش استقلال از مش ٥۱

شکل ٥-۳- توزیع غلظت اوزون سمت پوسته غشاء PVDF ٥۲

شکل ٥-٤- توزیع غلظت اوزون درون غشاء PVDF ٥۳

شکل ٥-٥-توزیع غلظت اوزون سمت لوله ٥٤

شکل ٥-٦- توزیع غلظت ماده رنگی در لوله ٥٤

شکل ٥-۷- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب سرعت سیال سمت لوله برای رنگ AB113 ٥٦

شکل ٥-۸- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب سرعت سیال سمت لوله برای رنگ DR 23 ٥٦

شکل ۵-۹- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب سرعت سیال سمت لوله برای رنگ RR120 ۵۷

شکل ۵-۱۰- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب سرعت سیال سمت لوله برای آب خالص ...۵۸

شکل ۵-۱۱- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب سرعت سیال سمت پوسته

برای رنگ AB113 ..... ۵۹

شکل ۵-۱۲- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب سرعت سیال سمت پوسته

برای رنگ DR 23 .....۵۹

شکل ۵-۱۳- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب سرعت سیال سمت پوسته برای آب خالص ۶۰

شکل ۵-۱٤- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب تغییرات دما برای AB 113 ..... ۶۱

شکل ۵-۱۵- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب تغییرات دما برای DR 23 ..... ۶۲

شکل ۵-۱٦- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب تغییرات دما برای آب خالص ۶۲

شکل ۵-۱۷- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب سرعت سیال سمت لوله

برای DR 23 (PTFE) ۶۳

شکل ۵-۱۸- مقایسه داده های تجربی و شبیه سازی شار اوزون بر حسب سرعت سیال سمت لوله

برای آب خالص (PTFE) ٦٤

شکل ۵-۱۹- مقایسه داده های شبیه سازی شار اوزون دو غشاء بر حسب سرعت سیال سمت لوله (DR 23) ۶۵

شکل ۵-۲۰- مقایسه داده های شبیه سازی شار اوزون دو غشاء بر حسب سرعت سیال سمت لوله (آب خالص) ... ۶۵

پیش گفتار

از تکنولوژی تماس دهنده های غشایی امروزه در موارد متعددی نظیر تصفیه فاضلاب، داروسازی، تخمیر، تولید نیمه هادی، استخراج پروتئین و غیره استفاده می شود. تماس دهنده غشایی وسیله ایست که دستیابی به انتقال جرم گاز – مایع یا مایع – مایع را بدون پراکندگی یک فاز در داخل فاز دیگر فراهم می کند.

در بیان برخی از مزایای استفاده از تماس دهنده های غشایی در مقایسه با روش های مرسوم می توان به عدم وجود طغیان در دبی های زیاد، جلوگیری از نبود محصول خروجی در دبی های کم، عدم وجود امولسیون، عدم نیاز به اختلاف چگالی بین مایعات موجود و ایجاد سطح تماس زیاد اشاره کرد.

موارد یاد شده باعث شده است تا در سالهای اخیر گرایش به انجام برخی جداسازی ها بوسیله تماس دهنده های غشایی افزایش یابد، همچنین با در دسترس قرارگرفتن نرم افزارهای تخصصی شبیه سازی و بخصوص بهره گیری از دینامیک سیالات محاسباتی CFD [1] در سالیان اخیر به شبیه سازی این فرآیند ها در محیط های نرم افزاری نیز پرداخته می شود.

یکی از موارد استفاده از این تکنولوژی که در سالیان اخیر بدان توجه شده و اساس این پژوهش نیز بر آن قرار گرفته است، کاربردهای زیست محیطی آن و از جمله رنگ زدایی پسابهای رنگی است.

در برخی صنایع، حجم زیادی از پساب ها حاوی ترکیباتی نظیر رنگها با مقادیر مختلف تولید می شود. روشهای تصفیه مرسوم هر چند در پایین آوردن سطح برخی آلاینده های زیست محیطی مفیدند و لیکن در رنگ زدایی تاثیر زیادی ندارند. یک راه حل این مشکل، تصفیه آن از طریق اکسیداسیون شیمیایی با استفاده از گازهایی مثل کلر و اوزون است. برای این منظور سطح تماس پساب با گاز برای انجام تصفیه مطلوب باید زیاد باشد. از آنجاییکه از مهمترین مزایای تماس دهنده های غشایی سطح تماس بسیار زیاد آنهاست، لذا این فرآیند مورد توجه قرار گرفته است.

[1] -Computational fluid dynamics

هدف اصلی در تحقیق پیش رو مدلسازی و شبیه سازی این فرآیند برای کاهش ترکیبات رنگی یا رنگ زدایی پساب با گاز اوزون بوده و در این راستا از نرم افزار تخصصی COMSOL Multiphysics استفاده شده است.

چنانکه می دانیم برای تحقق استانداردهای زیست محیطی می بایست رنگ زدایی از پساب ها انجام گیرد و قبل از هر اقدام، به مدلسازی و شبیه سازی آن نیاز است چرا که برای ساخت یک سیستم فرآیندی در ابتدا می بایست آن را مدل سازی و شبیه سازی نمود تا ارزیابی اولیه ای از عملکرد سیستم داشته باشیم. تاکنون چنین مدل سازی و شبیه سازی با استفاده از نرم افزارهای تخصصی برای رنگ زدایی از پسابهای رنگی انجام نشده است. لذا شبیه سازی فرآیند تماس دهنده غشایی در این مورد خاص، بوسیله دینامیک سیالات محاسباتی جنبه نو بودن تحقیق است. بطوریکه در پژوهش حاضر با کمک نرم افزار COMSOL که از نرم افزارهای تخصصی در زمینه شبیه سازی فرآیندهای شیمیایی است، اقدام به شبیه سازی فرآیند و سپس مقایسه بین داده های بدست آمده و داده های تجربی نمودیم.

در این راستا در فصل اول با ارائه مطالبی به بیان عملکرد کلی و آشنایی با تماس دهنده های غشایی پرداخته و در فصل دوم نیز مطالبی در قالب آشنایی با سیستم ها و واکنشهای رنگ زدایی پساب های صنعتی آمده است.

در فصل سوم، منابع علمی مرتبط با تحقیق و در حقیقت پیشینه ی شبیه سازی های صورت گرفته برای تماس دهنده های غشایی ارائه می شود.

فصل چهارم به نحوه مدل سازی فرآیند و نیز نحوه ورود اطلاعات به نرم افزار و دریافت پاسخهای مطلوب اختصاص یافته است. در فصل پنجم نیز نتایج حاصل از شبیه سازی و میزان انطباق آن با داده های تجربی مورد بحث و بررسی قرار گرفته و در نهایت فصل ششم به نتیجه گیری کلی و پیشنهادات اختصاص یافته است.

فصل اول

آشنایی با تماس دهنده های

غشایی گاز-مایع

۱-۱-مقدمه

به صورت مرسوم عملیات تماس بین فاز های گاز-مایع یا مایع-مایع در برخی از انواع ستونها و برجها، نظیر مخلوط شونده-ته نشین کننده [۲] انجام می شود. اغلب، مهمترین مشکل در طراحی و عملکرد این وسایل، حداکثر نمودن نرخ انتقال جرم است که تنها با حداکثر نمودن سطح تماس میسر است.

در مورد ستونهای پر شده (آکنده) قبل از اینکه سیال وارد بستر آکنده شود نیازمند انتخاب مناسبی از آکنه هایی با جنس و خاصیت توزیع خاص جهت یکنواختی توزیع سیال هستیم. در مورد وسایل و تجهیزاتی نیز که در داخل ستونها استفاده می شود، مساله اصلی، حداقل نمودن اندازه حبابها و قطرات و از طرفی حداکثر نمودن تعداد آنهاست.

به همین سبب این ستونهای تماس دهنده سیال-سیال برای دهه های متمادی وظیفه انجام فرآیندهایی از این قبیل را بر عهده داشته اند. اما اصلی ترین عیب این سیستم ها، وابسته بودن دو سیال برای تماس مستقیم است که گاه منجر به بروز مشکلاتی نظیر امولسیون، کف سازی، طغیان و... می شود.

یک تکنولوژی جایگزین برای غلبه بر این عیب که علاوه بر حل مشکلات فوق، سطح تماس بسیار زیادی را بدون نیاز به تماس مستقیم دو سیال ایجاد می کند، تماس از طریق غشاهایی متخلخل است.

یک قالب مناسب نیز مانند فیبرهای توخالی یا صفحات تخت ، می تواند برای این منظور استفاده شود تا دو سیال بر خلاف جهت یکدیگر جریان یافته و زمینه تماس سیال-سیال در دو سمت یک حفره غشایی فراهم شود. انتقال جرم نیز از طریق نفوذ از سطح تماس انجام می پذیرد.

البته باید گفت که در اغلب فرآیندهای غشایی، انتخاب پذیری برای جداسازی و در نتیجه تاثیر روی ضریب جداسازی وجود ندارد؛ بنابراین برخلاف کاربردهای رایج غشایی مانند میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون و اسمز معکوس که گرادیان فشار، عامل و نیرو محرکه است، در اینجا اختلاف غلظت بعنوان نیروی محرکه اصلی ایفای نقش می کند.

[2] -Mixer-Settler

در واقع یک افت فشار خیلی کم در طول غشاء برای اطمینان از باقی ماندن تماس سیال–سیال در دهانه حفرات غشاء کافی است[۵].

قبل از ورود تخصصی تر به بحث چگونگی عملکرد این نوع از غشاء و نیز مزایا و معایب آن، لازم است نگاهی اجمالی به انوع و نیز تقسیم بندی کلی غشاها داشته باشیم.

۱-۲-طبقه‌بندی غشاء

غشاها را می توان از چهار منظر کلی طبیعت ، ساختار ، ساختمان و عملکرد طبقه بندی نمود.

۱-۲-۱-طبیعت غشاء

از نظر طبیعت غشاها، می‌توان آنها را به دو بخش تقسیم کرد:

۱- غشاهای طبیعی

۲- غشاهای سنتزی

غشاهای طبیعی غشاهایی هستند که در طبیعت وجود دارند؛ مانند سلول بدن موجودات زنده.

غشاهای سنتزی به روشهای مصنوعی ساخته می‌شوند. این غشاها به دو گروه تقسیم می‌شوند، گروه اول غشاهای آلی هستند که معمولاً از پلیمرها ساخته می‌شوند و خود شامل دو گروه غشاهای متخلخل و غشاهای غیرمتخلخل هستند که غشاهای غیرمتخلخل برای جداسازی گاز ـ مایع و جداسازی گاز ـ گاز مورد استفاده قرار می‌گیرد.گروه دوم یعنی غشاهای معدنی نیز به ٤ گروه عمده تقسیم می‌شوند:

۱-غشاهای سرامیکی

۲- غشاهای فلزی

۳- غشاهای زئولیت

٤- غشاهای شیشه‌ای

ویژگی مهم غشاهای معدنی پایداری شیمیایی و حرارتی بیشتر آنها نسبت به غشاهای آلی است. غشاهای فلزی از پودر فلزاتی مانند تنگستن، مولیبدن، فولاد ضد زنگ و ... ساخته می‌شوند. غشاهای سرامیکی ترکیبی از یک فلز با یک غیرفلز است. این فلز می‌تواند آلومینیوم، تیتانیوم، سیلیسیوم و زیرکونیوم و ... باشد. غیرفلز نیز می‌تواند اکسیژن، نیتروژن، کربن و ... باشد، یعنی غشاهای سرامیکی، اکسید، نیترید یا کربید یک فلز هستند. از دیگر مزایای غشاهای معدنی می‌توان به تحمل فشارهای عملیاتی بالا، طول عمر زیاد، سهولت تمیز کردن و مقاومت مکانیکی بالا اشاره کرد.

۱-۲-۲- ساختار غشاء

بر این اساس غشاها به دو دسته متخلخل[۳] و غشاهای غیرمتخلخل[٤] تفکیک می‌شوند. غشاهای سوراخ دار غشاهایی هستند با سوراخ‌های ثابت که برای فرآیند میکروفیلتراسیون قطر سوراخ‌های آنها بین 1-10 µm و برای اولترافیلتراسیون بین 2-100 nm می‌باشند.

گزینش‌پذیری این غشاها غالباً براساس ابعاد سوراخها بیان می‌شود، اما انتخاب مواد سازنده غشاء به عوامل دیگری هم بستگی دارد که از جمله این عوامل می‌توان به جذب، استحکام شیمیایی و سهولت تمیز کردن غشاء اشاره کرد.

انتخاب مواد پلیمری علاوه بر این که به شار عبوری از غشاء و گزینش پذیری بستگی دارد به خواص شیمیایی و حرارتی ماده هم وابسته است. در برخی فرآیندهای جداسازی مانند میکروفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون مشکلی که روی می‌دهد گرفتگی غشاء است.

کاربرد غشاهای بدون سوراخ در فرآیندهای جداسازی گازی و تراوش تبخیری[۵] می‌باشد. برای چنین فرآیندهایی از کامپوزیت‌ها و غشاهای نامتقارن هم استفاده می شود.

ویژگی غشاهای بدون سوراخ این است که نفوذپذیری و گزینش‌پذیری از خواص ذاتی آنهاست و روال کار در این نوع غشاها بدین صورت است که مواد در غشاء حل شده و سپس نفوذ می‌کنند. برخلاف غشاهای

[3] - Porous Membrane
[4] - Nonporous Membrane
[5] - pervaporation

سوراخ دار که مواد بدون حل شدن و براساس خواص فیزیکی و شیمیایی مولکولها از یکدیگر جدا می‌شوند. برای ساخت این غشاها دامنه وسیعی از پلیمرها وجود دارد و می‌توان از پلیمرهای لاستیکی تا پلیمرهای شیشه‌ای گزینش کرد .

۱-۲-۳- ساختمان

تقسیم‌بندی دیگر غشاها براساس ساختمان غشاها صورت می‌گیرد. این تقسیم‌بندی از این جهت دارای اهمیت است که ساختمان غشاء، مکانیسم جداسازی و کاربرد غشاء را تعیین می‌کند. بر این اساس غشاها به دو گروه متقارن[6] و غشاهای غیرمتقارن[7] تقسیم‌بندی می‌کنند. ضخامت این غشاها چه متخلخل و چه غیرمتخلخل در دامنه 10-200 mm قرار دارد. مقاومت انتقال جرم در اثر ضخامت کل غشاء به وجود می‌آید، هر چه ضخامت کمتر باشد نرخ نفوذپذیری بیشتر می‌شود. غشاهای نامتقارن دو لایه دارند، یکی فوقانی است که ضخامتی در حدود 1-5 mm دارد و این لایه بر روی لایه‌ای دیگر به ضخامت 50-150 mm که لایه تحتانی خوانده می‌شود، نصب می‌گردد .

۱-۲-٤- عملکرد

غشاها از نظر عملکرد به دو دسته تقسیم‌بندی می‌شوند: غشاهای هیدروفیلیک[8] و غشاهای هیدروفوبیک[9].
غشاهای هیدروفیلیک: پلیمرهایی که قابلیت جذب بسیار بالای آب را دارند، پلیمرهای هیدروفیلیک نامیده می‌شوند که این خاصیت هیدروفیلیکی به گروههای موجود در زنجیر پلیمر بر می‌گردد که قادرند بر مولکولهای آب اثر بگذارند، آب در غشاهایی که با این پلیمرها ساخته شده‌اند بهتر نفوذ می‌کند و این غشاها بهترین گزینه برای مصارف آب زدایی می‌باشند. پلیمرهای یونی، پلی وینیل الکل، پلی اکریلید اسید و پلی وینیل پیرولیدین نمونه‌هایی از آن می‌باشند .

غشاهای هیدروفیلیک قابلیت بسیار زیادی برای متورم شدن دارند. متورم شدن پلیمرها باعث کاهش گزینش‌پذیری آنها نسبت به حالت خاص می‌گردد و در غشاهای متورم قابلیت نفوذ به حلالیت ترکیبات آلی افزایش می‌یابد .

[6] - Symmetric
[7] - Asymmetric
[8]- HydroPhilic
[9] -HydroPhobic

غشاهای هیدروفوبیک: پلیمرهایی که دافع آب می‌باشند هیدروفوبیک نامیده می‌شوند که پلی‌اتیلن، پلی پروپیلن، پلی وینیلیدین فلوراید و پلی تترافلئورواتیلن و ... نمونه‌هایی از آن می‌باشند. نکته مثبت این غشاها این است که پلیمرهای هیدروفوبیک مقاومت حرارتی و شیمیایی بالایی دارند و به این دلیل به عنوان یک ماده پایه انتخاب می‌شوند و سعی می‌شود که خاصیت جداسازی آن به وسیله اصلاحات شیمیایی بالا برود[۲۷].

۱-۳- مزایای تماس دهنده غشایی

مزایای تماس دهنده های غشایی نسبت به سایر برجها و ستونها و تجهیزات قدیمی رایج انتقال جرمی عبارتند از:

-سطح تماس مورد نیاز در شدت جریانهای کم یا زیاد سیال یکنواخت باقی می ماند چرا که دو سیال مستقل از یکدیگر هستند. این مساله در مواردی مفید است که به نسبت های خیلی زیاد یا خیلی کم حلال/خوراک نیاز است. این خاصیت زمانی مشخص تر است که با عملکرد برجها که در هنگام شدت جریان زیاد دچار طغیان [۱۰] و در شدت جریان کم دچار عدم بارگیری [۱۱] می شوند، مقایسه شود.

-پدیده امولسیون [۱۲] رخ نمی دهد چرا که پراکندگی دو سیال در یکدیگر را نداریم.

-بر خلاف تماس دهنده های سنتی، اختلاف دانسیته بین دو سیال نیاز نیست. تماس دهنده های غشایی می توانند با دو سیال دارای دانسیته نزدیک به هم یا تفاوت کامل در آن، کار کنند.

-افزایش اندازه در تماس دهنده غشایی، نسبتی مستقیم دارد. بدان معنی که از آنجا که تماس دهنده های غشایی عملکردی خطی دارند لذا افزایش اندازه آنها کاملاً قابل پیش بینی بوده و براحتی با اضافه نمودن

[10] -Flooding
[11] -Unloading
[12] -Emulsion

مدول [۱۳] های غشایی افزایش می یابد. تنها عوامل محدودیت در این زمینه می تواند تجهیزاتی مانند پمپهای انتقال و لوله کشی و از این قبیل باشد.

-مقیاس طراحی نیز بصورت فوق این اجازه را به واحدهای غشایی می دهد تا در محدوده وسیعی از ظرفیت عمل کنند. این کاهش یا افزایش ظرفیت می تواند به سادگی و با استفاده کمتر یا بیشتر از مدول ها محقق شود.

-امکان انجام عملیات بهداشتی و با رعایت خاصیت ضدعفونی یکی از مزایایی است که بخاطر آن می توان از تماس دهنده غشایی در فرآیندهای تخمیری استفاده نمود. برای مثال در هنگام تخمیر می توان مایعات خوراکی را از میان تماس دهنده غشایی چرخانده و مجدد آن را به تخمیر کننده بازگرداند، در حالیکه یک محلول استخراج شده مطلوب در سمت دیگر غشاء و بصورت متقابل در حال چرخش است. در این حالت محصول مطلوب بصورت متناوب جداسازی شده و به تدریج کیفیت محصول بهبود می یابد. چنانچه در این مورد از تماس دهنده های سنتی بجای تماس دهنده غشایی استفاده می شد، رعایت مسائل بهداشتی دشوار بود.

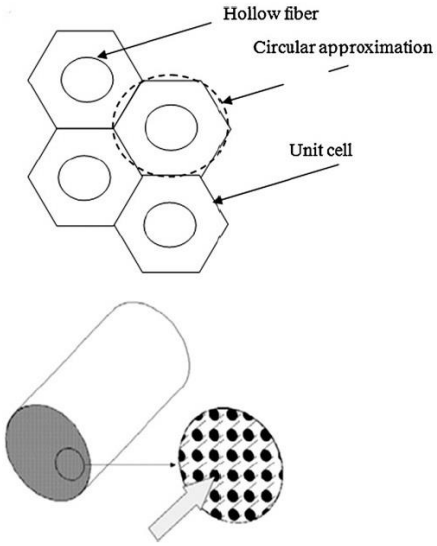
-تماس دهنده های غشایی می توانند بطور کلی برای افزایش میزان تبدیل در واکنشهای تعادلی مورد استفاده قرار گیرند. این مطلب بدین صورت است که محتویات راکتور از میان تماس دهنده و بر خلاف یک محلول استخراج شده مطلوب یا گاز دفع کننده، چرخانده شود که در نتیجه، محصول مطلوب جدا شده و واکنش تعادلی به طرف راست(سمت محصولات) تمایل پیدا می کند.

-سطح تماس دهنده غشایی معلوم و ثابت است. این موضوع به ما اجازه می دهد تا به سادگی و نسبت به سایر تماس دهنده های توزیع کننده فازی، عملکرد آن را پیش بینی کنیم. در بیانی دیگر تخمین میزان سطح تماس در تماس دهنده های رایج، بسیار سخت است چرا که اندازه قطرات و حبابهای توزیع شده به شرایط عملیاتی و ویژگهای سیال وابسته است که باعث می شود ضریب انتقال جرم و سطح تماس در محاسبات انتقال جرمی به هم گره بخورند.

[13] -Module

هرچند در ستونهای پر شده، سطح تماس در واحد حجم، تقریباً معلوم است ولی تخمین آنکه در حال حاضر چه بخشی از این سطح هنگام فرآیند درگیر است، مشکل می باشد.

-بطور قاطع و بر اساس اندازه گیری های صورت گرفته با تجهیزات پیشرفته، می توان از بازدهی بالاتر تماس دهنده های غشایی نسبت به تماس دهنده های رایج، سخن به میان آورد، همچنان که مثالهای متعددی در این زمینه بیان شد.



شکل۱-۱- نمایی شماتیک از یک تماس دهنده غشایی الیاف توخالی [۷]

۱-٤-برخی معایب تماس دهنده غشایی

-غشاها نوعی مقاومت را در برابر انتقال جرم از خود نشان می دهند که در فرآیند های رایج مشاهده نمی شود که مقاومت داخلی غشاء است. هر چند این مقاومت همیشه مهم نبوده و می توان قدمهایی را برای به حداقل رساندن آن برداشت.

-تماس دهنده های غشایی گاه ابزاری برای ایجاد جریان کنار گذر[14] در پوسته می شوند که در نتیجه، این مساله باعث کاهش بازدهی می شود. این موضوع اغلب در کار آزمایشگاهی مشکلی ایجاد نمی کند اما در

[14] -Bypass