فیلترهای غشایی

فیلترهای غشایی، دسته ای از انواع غشاهای میکرومتخلخل هستند که کاربرد بسیار گسترده ای در کشاورزی، آزمایشگاه های شیمی، بیوتکنولوژی، مهندسی و نانوفناوری، محیط زیست، صنایع معدنی، مانیتورینگ هوا، آنالیز آب، صنایع غذایی، حوزه های پزشکی به ویژه پزشکی قانونی (در تشخیص هویت و ژنومیک)، غربالگری و تشخیص مولکولی، میکروالکترونیک و صنایع نساجی، میکروبیولوژی، کروماتوگرافی، صنایع دارویی و تحقیقات پیش بالینی، و علوم زیستی دارند.

این نوع غشاها (که در فیلتراسیون مایعات و گازها و برای جدلسازی ذرات معلق و میکروارگانیزم ها از انواع سیالات کاربرد دارند) معمولا دایره ای شکل بوده و قطر آنها بسته به نوع کاربردشان در محدوده ۰,۴ تا ۵۰ میلی متر و اندازه متوسط منافذ آنها در محدوده ۰,۰۲ تا ۵ میکرومتر متغیر است.

فیلترهای غشایی را می توان از موادی همچون نایلون (NYLON)، پلی اتر سولفون (PES)، پلی تترافلئورواتیلن (PTFE)، استات سلولز، گلس فایبر(Glass Fiber)، پلی وینیلیدن دی فلوراید (PVDF)، پلی پروپیلن (PP)، مخلوط سلولز استرها (MCE) و حتی مواد معدنی همچون سرامیک ها ساخت.

از میان انواع فیلترهای غشایی، غشاهای MCE یا mixed cellulose ester کاربردهای گسترده ای در میکروفیلتراسیون محلول های آبی و انواع حلال ها (غیر خورنده) دارند؛ چرا که این نوع غشاها (که از ترکیب استات و نیترات سلولز ساخته شده اند) علاوه بر رنگ سفید و سطح کاملا صاف و یکنواخت، نسبتاً ارزان اند؛ آبدوست و از نظر بیولوژیکی کاملا خنثی هستند (یعنی مواد بیولوژیکی را پس از عبور از غشا آلوده نمی کنند)، تراوائی بالایی دارند، دارای چسبندگی پروتئین کم بوده و در گستره نسبتا وسیعی از pH می توان از آنها استفاده کرد. در زیر موارد کاربرد فیلترهای غشایی MCE آمده است:

- محیط های کشت سلولی
- تعیین و شمارش میکروارگانیزم ها
- هضم اسیدی
- آزمایش فلزات سنگین
- استریل کردن محلول های زیستی و آزمایشگاهی
- فیلتراسیون انواع حلال ها
- زلال کردن و جداسازی انواع ذرات معلق و میکروارگانیزم ها از محلول های آبی
- تهیه محلول های HPLC

فیلترهای غشایی تخت ساخته شده در شرکت تراوا فرایند افراز (تراوافا) از جنس MCE بوده و هم اکنون در دو اندازه منافذ ۰,۲۲ و ۰,۴۵ میکرومتر در ابعاد مختلف در دسترس است. خواص فیلترهای غشایی MCE تولید شده در شرکت تراوافا در جدول زیر آمده است:

ویژگی غشاهای MCE با اندازه منافذ ۰,۴۵ میکرومتر

نوع آزمایش	حباب هوا $(psia)$	فلاکس عبور دهی هوا در شرایط محیط $(l/cm^2.min)$	فلاکس عبور دهی آب خالص در شرایط محیط $(ml/cm^2.min)$	تخلخل کلی غشا $(\%)$
نتیجه آزمایش	۳۵-۳۳	۵,۱-۴,۶	۵۱-۴۹	۷۹

ویژگی غشاهای MCE با اندازه منافذ ۰,۲۲ میکرومتر

نوع آزمایش	حباب هوا $(psia)$	فلاکس عبور دهی هوا در شرایط محیط $(l/cm^2.min)$	فلاکس عبور دهی آب خالص در شرایط محیط $(ml/cm^2.min)$	تخلخل کلی غشا $(\%)$
نتیجه آزمایش	۶۲	۲,۱	۱۳,۸	۷۵

فیلترهای سرسرنگی

برای استفاده از همه انواع غشاها در مقیاس آزمایشگاهی، نیمه صنعتی و صنعتی لازم است غشا در یک محفظه مخصوص قرار گرفته و خوراک با آن در تماس قرار گیرد. به محفظه ای که غشا را نگاه داشته و امکان تماس خوراک با آن (ودر نتیجه جداسازی اجزای خوراک) را فراهم می آورد، ماژول غشایی گویند. ماژول‌های غشایی که برای غشاهای تخت در مقیاس آزمایشگاهی استفاده می شوند معمولا ماژول های انتها بسته (dead end) و جریان عرضی (cross flow) هستند که نوع اول آن امروزه در قالب ماژول های سرسرنگی (مشابه شکل زیر) طراحی و برای استفاده انواع فیلترهای غشایی مورد استفاده قرار می گیرند که به شدت رواج یافته اند.

در این ماژول ها، غشا (فیلترهای غشایی) در یک محفظه دوار قرار گرفته و جریان خوراک به شکل عمود بر سطح غشا تحت فشار (فشاری معادل ۲ تا ۱۰ بار که توسط سرنگ های معمولی ۱ تا ۲۰ میلی متری اعمال می شوند) از یک سمت به محفظه وارد و پس از گذشتن از غشا از طرف دیگر محفظه، به شکل جریان تراویده (خوراک تصفیه شده) خارج می شود که این عملیات بسته به ابعاد منافذ غشا سبب جداسازی اجزای نامطلوب خوراک (مثلا ویروس ها، باکتری ها، پروتئین ها و ...) یا پاکسازی کامل خوراک، زلال سازی، و پیش تصفیه آن خواهد شد.

فیلترهای سرسرنگی طراحی شده در شرکت تراوفا دارای قطر ۴۷ میلی متر و دارای دو نوع غشای MCE با اندازه منافذ ۰,۲ و ۰,۴۵ میکرومتر است که در صورت تقاضا سایر اندازه های مورد نیاز قابل طراحی و ارائه است. این نوع غشا در موارد زیر کاربرد دارد.

- تهیه نمونه محلول های HPLC
- فیلتراسیون حلال ها و محلول های آلی
- استریلیزاسیون انواع محلول ها
- سنجش زیستی
- زلال سازی محلول های بافری و محلول های آبی
- آنالیزهای میکروبی و میکروبیولوژیکی
- آنالیز و جداسازی ذرات جامد از محلول ها

دستگاه الکترودیالیز معکوس (RED)

فرایند الکترودیالیز معکوس (RED) تکنولوژی اصلی برای حصول انرژی گرادیان شوری است. قلب فرایند الکترودیالیز نیز محفظه الکترودیالیزمعکوس است که از تعداد معینی سلول تشکیل می‌شود که به صورت متناوب درون محفظه قرار گرفته‌اند. هر سلول در الکترودیالیزمعکوس، به ترتیب، دارای یک غشای تبادل کاتیون، یک فاصله انداز، جریان خوراک شور، غشای تبادل آنیون، فاصله انداز و جریان خوراک لب‌شور است و تعداد سلول های یک محفظه در شرایط آزمایشگاهی از ۱ تا ۳۰ سلول متغیر است.

در فرایند الکترودیالیز معکوس یون‌های مثبت (کاتیون) موجود در جریان شور با نفوذ از غشای تبادل کاتیون به جریان لب‌شور وارد می‌شوند و در یک طرف محفظه پتانسیل مثبت ایجاد می‌کنند. از طرف دیگر یون‌های منفی (آنیون) موجود در جریان شور با عبور از غشای تبادل آنیون وارد جریان لب‌شور شده و در طرف دیگر محفظه پتانسیل منفی ایجاد می‌کنند. جریان یونی سلول‌ها طی واکنش‌های اکسیداسیون-احیا (redox) در مجاورت الکترودها به جریان الکترونی خارجی تبدیل می‌شوند که در صورتیکه یک مدار خارجی به الکترودهای انتهایی محفظه متصل شود، انرژی الکتریکی حاصل می‌تواند از مدار خارج شود.

سامانه الکترودیالیز معکوس طراحی شده در شرکت تراوافرایند افراز از اجزای زیر تشکیل شده است:

- محفظه الکترودیالیزمعکوس (شامل غشاهای تبادل یونی، فاصله دهنده ها، و الکترودها)
- مخازن آب لب‌شور و آب شور و مخزن حاوی محلول الکترولیت
- پمپ های دیافراگمی
- فلومترها
- فشارسنج ها
- شیرهای سوزنی

محلول الکترولیت مناسب برای این دستگاه از نوع محلول $FeCl_2/FeCl_3$ می‌باشد.

در این دستگاه می توان تعداد سلول های موجود در محفظه الکترودیالیز معکوس را از ۱ تا ۳۰ سلول تغییر و اثر تعداد سلول ها بر عملکرد سامانه را بررسی کرد.

همچنین دبی حجمی جریانهای خوراک و محلول الکترودی یک عامل مهم موثر بر عملکرد سامانه الکترودیالیز معکوس اعم از مقاومت داخلی، ولتاژ مدار باز و چگالی‌توان تولیدی است. این سامانه به قسمی طراحی شده است که می توان با تغییر دبی جریان برگشتی مقدار دبی خوراک ها و محلول الکترولیت ورودی به محفظه را تغییر و ضمن اندازه گیری آنها با فلومترهای دقیق تعبیه شده روی دستگاه؛ تاثیر دبی جریان ها بر عملکرد سامانه را بررسی کرد.

مشخصات کامل دستگاه الکترودیالیز معکوس و شرح عملکرد آن در وبسایت شرکت (www.taravafa.com) ارائه شده است.

دستگاه اندازه گیری فشار حباب هوا

آزمون نقطه حباب معمولا برای یافتن قطر محدودکننده بزرگترین حفره موجود در غشاهای متخلخل مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون حفرات غشا از بالادست به پایین دست غشا دارای شکل و ساختار یکسانی نیستند، منظور از قطر محدود کننده بزرگترین حفره (maximum limiting pore diameter)، قطر دایره ای است که سطح آن با سطح کوچکترین بخش حفره برابر باشد.

آین آزمون می تواند برای غشاهایی با بزرگترین حفرات بین ۰,۱ تا ۱۵ میکرومتر استفاده شود. بنابراین با توجه به اینکه اندازه منافذ غشاهای میکروفیلتراسیون بین ۰,۱ تا ۱۰ میکرومتر است؛ این آزمون عموما برای تعیین قطر بزرگترین منافذ غشاهای میکروفیلتراسیون (یا فیلترهای غشایی) کاربرد دارد.

در این آزمون ابتدا غشا توسط آب (یا میعانات نفتی، اتانول، روغن های معدنی، فرئون) تر شده و سپس در ماژول غشایی در معرض تماس با یک گاز قرار می گیرد. در بالای ماژول مقداری از سیال ترکنندهٔ اولیه غشا (معمولا آب یا میعانات نفتی و ....) قرار دارد. با افزایش تدریجی فشار گاز در پایین دست غشا، در یک فشار معین اولین حباب های پیوسته گاز از بزرگترین منفذ غشا عبور کرده و از پایین دست غشا خارج شده و ستون مایع روی پایین دست غشا را طی می کند. این فشار **فشار نقطه حباب** نام دارد. به بیان دیگر **فشاری که در آن جریان پیوسته ای از حباب های گاز در این آزمون ظاهر می شود را فشار نقطه حباب می گویند.**

موارد استفاده از آزمون فشار نقطه حباب به شرح زیر است:

۱) تعیین اندازه بزرگترین حفره در غشاها و فیلترها

۲) مقایسه اندازه بزرگترین حفره در فیلترهای غشایی مختلف

۳) تعیین تاثیر فرایندهای مختلفی همچون فیلتراسیون، پوشش دهی، اتوکلاو کردن بر روی بزرگترین حفره در یک غشا

۴) تعیین عیوب غشایی، درزبندی های نامناسب و یا نشتی های سامانه های غشایی

مشخصات کامل دستگاه اندازه گیری فشار حباب هوا و شرح عملکرد آن در وبسایت شرکت (www.taravafa.com) ارائه شده است.

دستگاه اندازه گیری فلاکس مایعات در غشاهای تخت

در فرایندهای فیلتراسیون غشایی (همچون میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون و ...) برای اینکه میزان عبوردهی و درصد زدایش یک غشا اندازه گیری شود؛ لازم است تا خوراک (معمولا محلول های آبی) تحت فشار در تماس با سطح فعال غشا قرار گیرد. معمولا در شرایط آزمایشگاهی نحوه تماس خوراک با سطح فعال غشا از دو طریق انتها بسته (dead-end) و تماس عرضی (یا مماسی) انجام می شود. در نحوه تماس انتها بسته، خوراک به شکل عمود بر سطح و تحت فشار در تماس با بالادست غشا قرار گرفته و تراویده (permeate) از سمت دیگر غشا خارج می شود. در این نحوه تماس، باقیمانده (retentate) در نهایت روی سطح غشا باقی می ماند. در نحوه تماس رایج دوم (یعنی تماس عرضی) خوراک در بالادست غشا تحت فشار و به شکل مماس بر سطح فعال غشا از یک سمت غشا وارد و باقیمانده از سمت دیگر خارج می شود. در این نحوه تماس تراویده پس از گذشتن از غشا از پایین دست غشا خارج و جمع آوری می شود در حالیکه جریان باقیمانده برای تصفیه بهتر و بیشتر به ظرف خوراک بازمی گردد.

سامانه ای که هم اکنون در این شرکت برای اندازه گیری فلاکس عبوردهی مایعات طراحی شده است از نوع تخت انتها بسته بوده و برای مایعات کم ویسکوز و محلول های آبی مناسب است و با توجه به محدوده فشار عملیاتی اعمال شده توسط پمپ دیافراگمی روی سامانه می تواند در فرایندهای میکروفیلتراسیون و اولترافیلتراسیون مورد استفاده قرار گیرد.

شایان ذکر است این شرکت آمادگی دارد سامانه مذکور را برای فشارهای بالاتر در فرایندهای اولترافیلتراسیون و نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس (هم در شکل انتها بسته و هم در شکل تماس عرضی) بازطراحی و ارائه نماید.

مشخصات کامل دستگاه اندازه گیری فلاکس مایعات و شرح عملکرد آن در وبسایت شرکت (www.taravafa.com) ارائه شده است.

ستگاه اندازه گیری فلاکس مایعات در غشاهای الیاف میان تهی

غشاهای الیاف میان تهی نوعی از غشاهای لوله ای هستند که قطر آنها کمتر از ۰,۵ میلی متراست. از ویژگی های این نوع غشا می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- دارای قطر داخلی حدود ۴۲ میکرومتر (تا ۳۰۰ میکرومتر)، و ضخامت دیواره ۱۰ تا ۱۰۰ میکرومتر، طول تا حدود ۱,۲ متر و ضخامت لایه فعال حدود ۰,۱ تا ۱ میکرومتر هستند.
- این نوع غشا نسبت سطح به حجم (سطح ویژه) بسیار بالایی دارند.

برای برای اندازه‌گیری تراوائی غشاهای الیاف میان تهی از ماژول های الیاف میان تهی استفاده می شود. این ماژول های معمولا به دو شکل outside-in و inside-out طراحی می شوند. ماژول غشاهای الیاف میان تهی (که بیشتر برای جداسازی گازی و اسمز معکوس کاربرد دارند)، مشابه مبدل های پوسته -لوله در تجهیزات حرارتی می باشند که در آنها یا خوراک (Feed) تحت فشار به پوسته وارد شده و باقیمانده (Retentate) از سمت دیگر پوسته خارج می شود و تراویده (Permeate) از جداره غشاهای الیاف میان تهی درون پوسته عبور کرده و وارد بخش خالی الیاف شده و در یک سمت ماژول جمع می شود (outside-in) یا در نوع inside-out بر عکس خوراک وارد الیاف میان تهی داخل ماژول شده و تراویده تحت فشار از جداره غشاهای الیاف میان تهی گذشته و وارد پوسته شده و باقیمانده از سر دیگر الیاف خارج می شود.

سامانه اندازه گیری فلاکس مایعات در غشاهای الیاف میان تهی طراحی شده توسط شرکت تراوا فرایند از نظر جریان، از خارج به داخل (ouside-in) و از نظر نحوه تماس انتها بسته (Dead-end) می باشد.

مشخصات کامل دستگاه اندازه‌گیری فلاکس مایعات در غشاهای الیاف میان تهی و شرح عملکرد آن در وبسایت شرکت (www.taravafa.com) ارائه شده است.

دستگاه اندازه گیری تراوائی گازهای خالص

جداسازی گازی توسط غشا یکی از روش های مرسوم جداسازی است که امروزه مورد توجه محققین زیادی قرار گرفته و کاربردهای متوعی یافته است که از آن جمله می توان به جداسازی دی اکسید کربن یا هیدروژن از متان (در شیرین سازی گاز طبیعی)، جداسازی ایزوتوپ های اورانیم، تنظیم نسبت هیدروژن/مونوکسید کربن در گاز سنتز، جداسازی هوا و تولید اکسیژن و نیتروژن تغلیظ شده، بازیافت هلیم و باریافت متان از گاز زیستی (biogas) اشاره کرد.

برای جداسازی گازها می توان از غشاهای پلیمری، معدنی و آمیخته (ترکیب مواد معدنی در مواد پلیمری) استفاده کرد. غشاهای جداسازی گازی در گذشته متخلخل بوده اند ولی امروزه استفاده از غشاهای متخلخل به جز در موارد خاص دیگر رایج نبوده و تقریبا عموم غشاهای جداسازی گازی نامتخلخل (یا متراکم) اند.

غشاهای جداسازی گازی پلیمری و آمیخته در مقیاس آزمایشگاهی می توانند متقارن یا نامتقارن باشند و از نظر شکل می توانند مسطح یا به شکل الیاف میان تهی ساخته شوند که از میان این دو نوع غشا، غشاهای مسطح یا تخت بیشتر در آزمایشگاه های تحقیقاتی استفاده می شوند چرا که هم ساخت آنها ساده تر و ارزان تر است و هم ارزیابی خواص آنها در ماژول های غشایی تخت نیاز به تجهیزات پیچیده ای ندارد.

برای ارزیابی خواص غشاهای جداسازی گازی مسطح یا تخت در مقیاس آزمایشگاهی معمولا از دو نوع ماژول انتها بسته (dead end) و جریان عرضی (Tangential) استفاده می شود که ماژول سامانه اندازه گیری تراوائی گازهای خالص طراحی شده در شرکت تراوا فرایند افراز از نوع تخت انتها بسته است.

در این سامانه گاز تحت فشار در تماس با بالادست غشا قرار گرفته و تراویده (بخشی از گاز که ار غشا عبور کرده است) از بخش پایین دست غشا در ماژول غشایی خارج می شود. در این دستگاه دو نوع فلومتر برای اندازه گیری دبی تراویده تعبیه شده است که بسته به دبی و نوع تراویده می تواند وارد لوله حباب متر شده و یا وارد فلومتر جرمی (MFC=mass flow meter) گردد. اگر گاز مورد آزمایش هوا، نیتروژن یا اکسیژن و دبی گاز تراویده تا حداکثر ۲۰۰ میلی لیتر باشد استفاده از MFC توصیه می شود در غیراینصورت (به ویژه با در نظر گرفتن قیمت بسیار بالای MFC) بهتر است از لوله حباب متر استفاده شود. در فلومتر دوم (حباب متر) در اثر تماس تراویده با آب-صابون موجود در مخزن انتهایی لوله، یک حباب از گاز تراویده تشکیل و درون لوله مدرج حباب متر بالا می‌رود. با اندازه گیری سرعت حرکت حباب می‌توان دبی حجمی تراویده را اندازه‌گیری نمود. توسط این سامانه می توان تراوائی، تراوش (permeance) و انتخاب پذیری (selectivity) انواع غشاهای جداسازی گازی پلیمری در فشار مختلف را اندازه گیری و محاسبه کرد.

مشخصات کامل دستگاه اندازه‌گیری تراوائی گازهای خالص و شرح عملکرد آن در وبسایت شرکت (www.taravafa.com) ارائه شده است.

دستگاه اندازه گیری فلاکس هوا

مکانیزم عملکرد دستگاه اندازه‌گیری تراوائی هوا دقیقا همانند دستگاه اندازه گیری تراوائی گازهاست با این تفاوت که این دستگاه برای اندازه گیری تراوائی هوای عبوری از غشاهای میکرومتخلخل در فشارهای کم (0-35 psia) طراحی شده است. ماژول نگه دارنده غشا در این دستگاه نیز مسطح (تخت) دوار و مکانیزم جریان تماس جریان خوراک ورودی با غشا از نوع انتها بسته می باشد.

مشخصات کامل دستگاه اندازه‌گیری فلاکس هوا و شرح عملکرد آن در وبسایت شرکت (www.taravafa.com) ارائه شده است.