ساخت غشاهای نانوفیلتراسیونی سرامیکی چندلایه‌ای با استفاده از فناوری نانوکامپوزیتها

علی‌اکبر بابالو*[1]، مهرداد کوکبی[2]

۱. گروه مهندسی پلیمر، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی سهند

۲. ۲- گروه مهندسی پلیمر، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

a.babaluo@sut.ac.ir

نهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران

دانشگاه علم و صنعت ایران

۳-۵ آذر ماه ۱۳۸۳

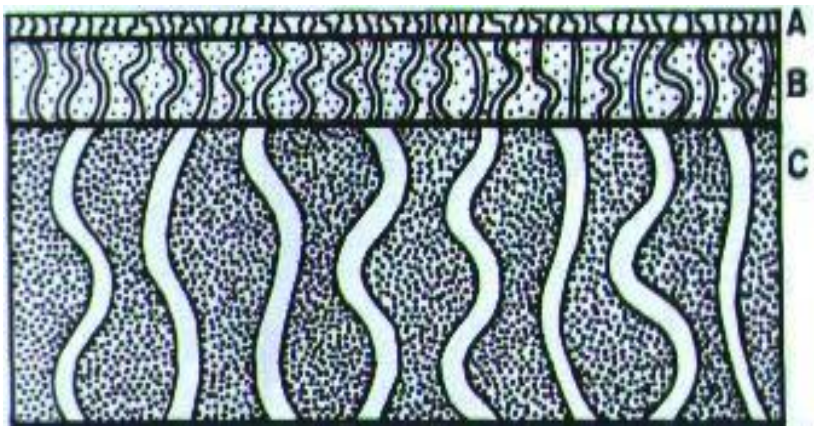
چکیده

با توجه به کاربردهای متعدد غشاهای نانوفیلتراسیونی از قبیل جداسازی و خالص سازی گازهای ارزشمند در صنایع پتروشیمی و پالایشگاهی، جداسازی مواد ارزشمند دارویی (سفالوپورین‌ها) و غذایی (پروتئین‌ها) از پسابهای کارخانه‌های داروسازی و صنایع لبنی، رسیدن به فناوری ساخت غشاهای نانوفیلتراسیونی بسیار حائز اهمیت است. در این تحقیق با استفاده از فناوری نانوکامپوزیتها، غشاهای نانوفیلتراسیونی با ساختارهای چند لایه‌ای تهیه شده‌اند. نتایج حاصل از بررسی ریزساختار لایه‌های رویی غشاها نشان می‌دهد که ریزساختار این لایه‌ها در مقیاس نانومتری کنترل شده به طوریکه اندازه حفره‌ها در محدوده باریکی بین ۲ تا ۶ نانومتر توزیع شده‌اند.

کلمات کلیدی: غشاء نانوفیلتراسیون، نانوکامپوزیت، چند لایه‌ای، سرامیک.

مقدمه

غشاهای نانوفیلتراسیونی در حالت کلی به دو گروه؛ غشاهای نانوفیلتراسیون پلیمری و غشاهای نانوفیلتراسیون غیرآلی سرامیکی تقسیم‌بندی می‌شوند. البته غشاهای سرامیکی به دلیل مقاومت حرارتی و مکانیکی بالا، پایداری شیمیایی بالا در محیطهای خورنده و اسیدی، بیشتر مورد توجه مراکز تحقیقاتی و محققین قرار گرفته‌اند (۱-۳). غشاهای نانوفیلتراسیون سرامیکی با ساختارهای چندلایه‌ای نامتقارن مطابق شکل ۱، بالاترین کارایی را از نظر نفوذپذیری و انتخابگری دارند که به این نوع غشاها، غشاهای سرامیکی-کامپوزیتی" گفته می‌شود. این نوع غشاها شامل سیستم نگهدارنده متخلخل که استحکام مکانیکی لازم و طرح نهایی غشا را تعیین می‌کند، لایه‌های میانی که علاوه بر ریزتر کردن اندازه حفره‌ها باعث حذف معایب احتمالی موجود در سطح سیستم نگهدارنده و آماده شدن سطح برای کشیدن لایه‌های رویی نهایی می‌شود، لایه‌های‌رویی غشا که نقش اصلی غشا را بازی می‌کنند وعمدتا با ضخامتهای میکرونی تهیه می‌شوند(۲،۴و۵).



شکل ۱- غشاهای سرامیکی –کامپوزیتی، A) لایه رویی، B) لایه‌های میانی، C) سیستم نگهدارنده متخلخل.

کنترل ریزساختار لایه‌های رویی در ساخت غشاهای نانوفیلتراسیون سرامیکی بسیار حائز اهمیت است. برای ساخت لایه‌های رویی با ریزساختارهای نانومتری، باید از تعلیقیهایی استفاده کرد که شامل پودرهای سرامیکی نانومتری باشند. بنابراین رسیدن به فناوری تولید پودرهای نانومتری و کنترل ریزساختار لایه‌های رویی غشاها در مقیاسهای نانومتری هدف اصلی کارهای تحقیقاتی در این زمینه است، در این تحقیق، استفاده از ریزساختارهای نانوکامپوزیتی در لایه‌های رویی غشاها برای کنترل ریزساختار آنها در مقیاسهای نانومتری در نظر گرفته شده است به طوریکه با توزیع ذرات نانومتری فاز دوم در بین ذرات فاز زمینه، بتوان به ریزساختارهای نانومتری همگن، اندازه حفره‌های نانومتری و توزیع باریکی از اندازه حفره‌ها در لایه‌های رویی غشاهای نانوفیلتراسیون سرامیکی رسید. این نوع غشاها تحت عنوان *غشاهای سرامیکی-نانوکامپوزیتی* نیز معرفی می‌شوند.

تجربی

سیستمهای نگهدارنده متخلخل غشاها با طرح لوله‌ای و به روش قالبریزی ژل که یکی از روشهای نوین شکل‌دهی قطعات سرامیکی است (۶-۹)، تهیه شده‌اند. مشخصات این سیستمها که روی خواص نهایی غشا بسیار موثر هستند (۱۰)، در جدول ۱ ارایه شده است. لایه های میانی این غشاها نیز از جنس آلومینا و به روش غوطه‌ورسازی پوشش‌دهی شده‌اند (۵).

جدول ۱- مشخصات سیستمهای نگهدارنده متخلخل غشاها

مواد	درصد تخلخل باز	توزیع اندازه حفره‌ها	اندازه متوسط حفره‌ها
α-Al_2O_3	۴۱٫۳	۰٫۱-۰٫۶ (μm)	۰٫۴۴ (μm)

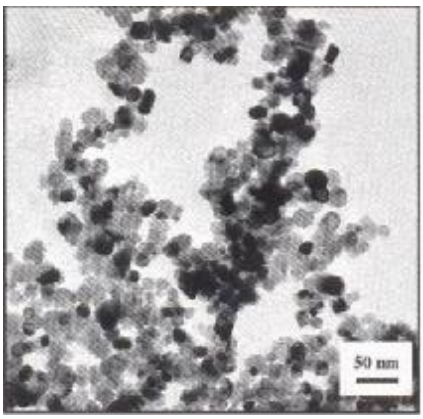
برای پوشش دادن لایه‌های رویی از تعلیقیهای دو جزئی آلومینا-سریا در مقیاسهای نانومتری استفاده شده است. این تعلیقیها شامل پودر آلومینا با اندازه متوسط ۵۰ نانومتر به عنوان فاز زمینه و پودر سریا با اندازه متوسط ۳۰ نانومتر به عنوان فاز دوم هستند. پودر نانومتری آلومینا با روشی تحت عنوان "ژل-پلی‌اکریل‌آمید" تولید شده است(۱۱) و پودر نانومتری سریا نیز از شرکت استرالیایی به نام ANT[1] خریداری شده است (شکل ۲). کارهای تحقیقی گسترده‌ای روی پایداری تعلیقیهای دوجزیی نانومتری صورت گرفته (۱۲و۳) و بهترین شرایط پایداری (جدول ۲) برای ساخت لایه‌های رویی غشاها در نظر گرفته شده است.

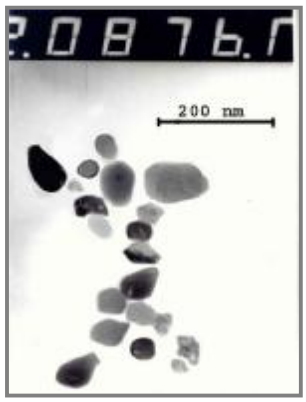
جدول ۲- بهترین شرایط پایداری برای تعلیقیهای دوجزیی

ترکیب درصد وزنی پودر سرامیکی	درصد حجمی فاز دوم	میلی‌لیتر پایدار کننده پلیمری بر مبنای ۱۰۰ گرم پودر سرامیکی	وزن ملکولی حامل پلیمری	درصد وزنی حامل پلیمری بر مبنای کل پودر	pH
۵	۱۷٫۸	۰٫۳	۶۰۰۰	۵	۱۰

ریزساختار غشاهای نانوفیلتراسیونی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی پویشی و اندازه و مورفولوژی پودرهای نانومتری تولید شده، با استفاده از میکروسکوپ الکترونی نفوذی بررسی شده است. اندازه و توزیع اندازه حفرها در غشاهای نانوفیلتراسیونی با استفاده از تخلخل‌سنج جیوه‌ای تعیین شده است.

[1] Advanced Nano-Technology.





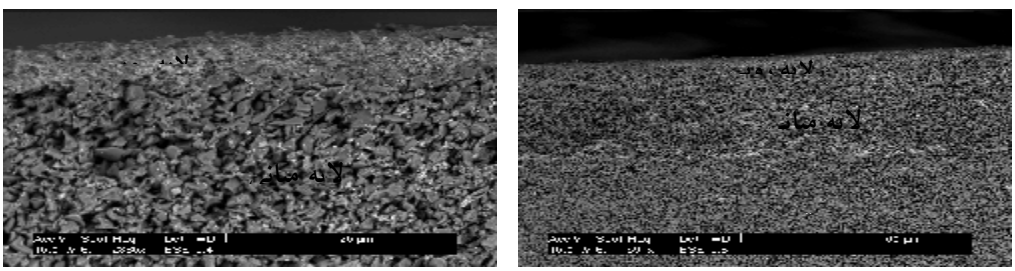
الف) پودر نانومتری آلومینا **ب) پودر نانومتری سریا**

شکل ۲- تصاویر TEM گرفته شده از پودرهای نانومتری

نتایج و بحث

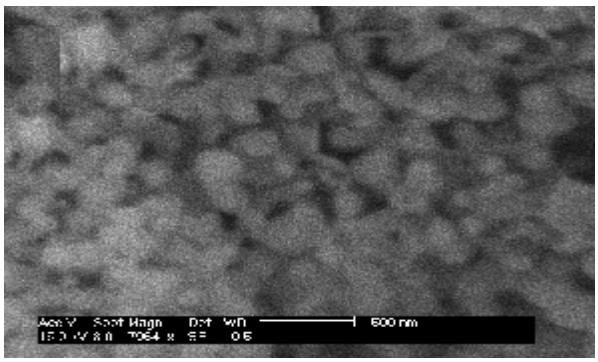
نمونه‌هایی از غشاهای لوله‌ای سرامیکی که لایه رویی با ساختار نانوکامپوزیتی روی سطح بیرونی آنها کشیده شده است در شکل ۳ نشان داده شده است. این غشاها ساختارهای چندلایه‌ای دارند که در شکل ۴ نشان داده شده است. چنانچه از تصاویر ارایه شده مشخص است ضخامت لایه رویی کشیده شده روی غشا، کمتر از ۱۰ میکرومتر و کاملا یکنواخت بوده که انجام فرایند پوشش‌دهی به روش غوطه‌ورسازی را در حالت کاملا کنترل شده تایید می‌کند.

شکل ۳- غشاهای سرامیکی نانوفیلتراسیونی

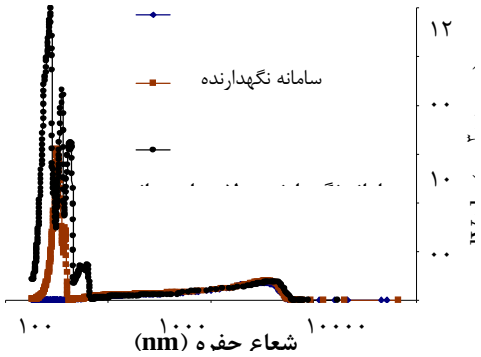


شکل ۴- ساختار چند لایه‌ای غشاهای سرامیکی نانوکامپوزیتی

تصاویر SEM گرفته شده از سطح لایه‌های رویی غشاها نشان می‌دهد که ریزساختار این لایه‌ها با استفاده از فناوری نانوکامپوزیتها در مقیاس نانومتری کنترل شده است (شکل ۵). نتایج حاصل از تخلخل‌سنج جیوه‌ای نیز کنترل اندازه حفره‌ها را در مقیاس نانومتری و رسیدن به توزیع باریکی از اندازه حفره‌ها (بین ۲ تا ۶ نانومتر) را تایید می‌کند (شکل ۶).



شکل ۵- تصاویر SEM از سطح لایه‌های رویی غشاهای سرامیکی نانوکامپوزیتی



شکل ۶- اندازه و توزیع اندازه حفره ها در غشاهای سرامیکی نانوکامپوزیتی

نتیجه گیری

در این تحقیق:

- لایه‌های رویی غشاهای سرامیکی کامپوزیتی با ساختارهای نانوکامپوزیتی تهیه شدند.
- پودرهای نانومتری لازم در این تحقیق به روش ‹ ژل-پلی‌آکریل آمید› تولید شدند.
- نتایج حاصل نشان داد که ریزساختار و اندازه و توزیع اندازه حفره‌ها در لایه‌های رویی غشاها با استفاده از فناوری نانوکامپوزیتها قابل کنترل و پیشگویی است.

به این ترتیب علاوه بر رسیدن به فناوری تولید غشاهای نانوفیلتراسیونی می‌توان ریزساختار این نوع غشاها را برای کاربردهای مختلف، طراحی و پیشگویی کرد.

منابع و مراجع

1. Burggraaf, A.J., Cot, L., Fundamentals of inorganic membrane science and technology, Elsevier science and technology, 4th Edition, Elsevier, Amsterdam, 1996.
2. Van Gestel, T., Vandecasteele, C., Buekenhoudt , A., Dotremont, C., Luyten, J., Leysen, R., Van der Bruggen, B., and Maes, G., Alumina and Titania Multilayer Membranes for Nanofiltration: Preparation, Characterization and Chemical Stability, Journal of Membrane Science, Vol. 207, P. 73–89, 2002.
3. Belin, S., Santos, L.R.B. , Briois, V., Lusvardi, A., Santilli, C.V., Pulcinelli, S.H., Chartier, T., and Larbot, A., Preparation of Ceramic Membranes from Surface Modified Tin Oxide Nanoparticles, Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, Vol. 00, P.1 –12, 2003.
4. Lindqvist, K. and Liden, E., "Preparation of Alumina Membranes by Tape Casting and Dip Coating", Journal of European Ceramic Society, Vol. 17, P. 359-366, 1997.
5. Babaluo, A.A., Kokabi, M., Manteghian, M., and Sarraf Mamoory, R., "A Modified Model for Alumina Membranes Formed by Gel-Casting and followed by Dip-Coating", J. of the European Ceramic Society, 2004 (In Press).
6. Young, A.C., Omatete, O.O., Janney, M.A. and Menchhofer, P.A., "Gelcasting of Alumina", J. Am. Ceram. Soc, Vol.74 (3), P.612-618, 1991.
7. Omatete, O.O., Janney, M.A. and Srehlow, R.A., "Gelcasting- A New Ceramic Forming Process", Ceramic Bulletin, Vol.70 (10), P.1642-1649, 1991.
8. Babaluo, A.A., Kokabi, M., Barati, A., "Chemorheology of Alumina-Aqueous Acrylamide Gelcasting Systems", J. Eur. Ceram. Soc., Vol. 24, P.635-644, 2004.
9. Barati, A., Kokabi, M. and Famili, N., "Modeling of Liquid Desiccant Drying Method for Gelcast Ceramic Parts", Ceramics International, Vol.29, P.199-207, 2003.
10. Kim, J.H., Choo, K.H., Yi, H.S., Lee, S., and Lee, C.H., "Effect of membrane support material on permeability in the microfiltration of brining wastewater", Desalination, Vol. 140, P.55-65, 2001.
11. Wang, H., Gao, L., Li, W. and Li, Q., "Preparation of Nanoscale α -Al_2O_3 Powder by the Polyacrylamide Gel Method", NanoStructured Materials, Vol.11 (8), 1263-1267, 1999.
12. Barati, A., Kokabi, M. and Babaluo, A.A., "Effect of Poly(methacrylic acid) Polyelectrolytes in Stability of Alumina Suspensions", Iranian Journal of Polymer Science & Technology, Vol. 15(2), P.131-141., 2002.
13. Babaluo, A.A., Kokabi, M., and Abbasi, F.,"Study on the Stability of Nanometric bidispersed Suspensions by Sedimentational and Rheological Characterisations", Journal of Polymer Science:Part B: Polymer Physics, 2004 (Submitted to review).