POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

# بررسی غشاهای نانو کامپوزیت سرامیکی و رسوب غشایی

## چکیده

فناوری‌های غشایی کاربردهای گسترده‌ای در حذف آلاینده‌ها از آب آشامیدنی و فاضلاب دارند. در دهه‌های اخیر، غشای سرامیکی به‌دلیل خواص‌مفید نسبت به غشای پلیمری معمولی، پیشرفت سریعی در تصفیه فاضلاب صنعتی/شهری و تصفیه‌ی آب آشامیدنی داشته است. ویژگی‌های مفید غشاهای سرامیکی شامل: مقاومت در برابر رسوب‌پذیری، نفوذپذیری بالا، قابلیت بازیافت خوب، پایداری شیمیایی، طول عمر طولانی، تخریب آلاینده‌ها و خود تمیز شوندگی است که با نوآوری‌های اخیر، هم در روش‌های ساخت و هم در فناوری نانو کاربرد پیدا کرده است. بنابراین، غشاهای سرامیکی برای کاربردهای بالقوه در تصفیه‌ی آب، نوید زیادی دارند. در این مقاله عمدتاً پیشرفت در تحقیق و توسعه غشاهای سرامیکی را با تمرکز کلیدی بر غشاهای سرامیکی متخلخل[1] و غشاهای سرامیکی نانومواد عامل‌دار[2] برای نانوفیلتراسیون[3] یا کاتالیز[4] بررسی شد. وضعیت فعلی غشاهای سرامیکی موجود در صنعت و دانشگاه ، مزایا، محدودیت‌ها و کاربردهای بالقوه آنها بررسی شد. در بخش آخر، بررسی بر روی رسوب‌گیری غشای‌سرامیکی و تلاش برای کاهش رسوب غشای سرامیکی متمرکز شده است. قبل از این به‌ندرت پیشرفت‌ها در فناوری‌های غشای سرامیکی به‌طور گسترده مورد بررسی قرار گرفته‌اند، بنابراین، این بررسی می‌تواند به‌عنوان راهنما برای کسانی که تازه وارد این رشته شده‌اند و همچنین برای محققان شناخته شده باشد.

**کلمات کلیدی**: تصفیه آب آشامیدنی و فاضلاب، غشای نانو فیلتراسیون سرامیکی، اصلاحات نانومواد، غشای کاتالیزوری سرامیکی، رسوب غشایی.

**Keywords**: Drinking water and wastewater treatment, Ceramic nanofiltration membrane, Nanomaterial modifications, Ceramic catalytic membrane, Membrane fouling.

[1] Porous Ceramic Membranes
[2] Nanomaterial-Functionalized Ceramic Membranes
[3] Nanofiltration
[4] Catalysis

## نتیجه گیری و چشم اندازهای آینده

هدف این بررسی، بحث در مورد وضعیت فعلی هنر در غشاهای سرامیکی، یعنی غشاهای NF[1] سرامیکی، غشاهای نانوکامپوزیت سرامیکی[۲]، غشاهای کاتالیزوری سرامیکی[۳]، و رسوب غشایی[۴] است.

مزایای غشاهای سرامیکی و غشاهای نانوکامپوزیت سرامیکی در سیستم های هیبریدی[۵] برای تصفیه‌ی آب در شکل زیر خلاصه شده است،که شامل کاهش، تخریب آلاینده ها، ضد عفونی و کنترل DBPs[6] است. استفاده از غشاهای سرامیکی در سیستم هیبریدی در مقایسه با استفاده از نمونه‌های پلیمری دارای تمایل کمتری به رسوب‌گیری، رسوب‌گیری غیرقابل برگشت کمتر، اثرات زیست‌محیطی کمتر، مصرف انرژی کمتر در تولید و شستشوی معکوس، شار بیشتر، طول‌عمر کمتر و راندمان تمیزکنندگی بالاتر گزارش شده‌است. این ویژگی‌های سودمند، چشم‌انداز بسیار خوبی برای کاربرد غشاهای سرامیکی در شرایط تصفیه آب ملایم ارائه می‌دهد.

۱. غشاهای سرامیکی MF[7] و UF[8] که به‌صورت تجاری در بازار موجود هستند به طور گسترده در کاربردهای صنعتی استفاده می‌شوند. تحقیقات بیشتری برای توسعه غشاهای سرامیکی MF و UF برای بهبود سهولت ساخت، چگالی بسته‌بندی بالا و هزینه‌های پایین‌تر در حین حفظ مداوم غشاهای با کیفیت بالا، برای کاربردها در تصفیه آب آشامیدنی/پساب در مقیاس‌های بزرگ مورد نیاز است. علاوه بر این، تحقیقات گسترده در مورد ساخت و ارزیابی غشاهای NF سرامیکی نیز ضروری است. فرآیند سل ژل[۹] روش متداول برای تهیه غشاهای NF سرامیکی بود. روش‌های جدید مانند ALD[10]، CVD[11]، تصفیه هیدروترمال[۱۲] و LDL[13] باید برای آماده سازی سرامیکی غشاهای NF مورد بررسی و بهینه‌سازی قرار می‌گیرند. برای گسترش کاربردهای فناوری NF سرامیکی در تولید صنعتی و کاربردهای در مقیاس بزرگ، مطالعه جامع مکانیسم جداسازی، فرآیندهای رسوب‌گیری و استراتژی‌های تمیزکردن غشاهای NF سرامیکی ضروری است.

---

[1] Nanofiltration
[2] Ceramic Nanocomposite Membranes
[3] Ceramic Catalytic Membranes
[4] Membrane Fouling
[5] Hybrid System
[6] Formation Potential
[7] Microfiltration
[8] Ultrafiltration
[9] Sol-Gel
[10] Atomic Layer Deposition
[11] Chemical Vapor Deposition
[12] Hydrothermal Treatment
[13] Layer Deposition Layer

۲. غشاهای سرامیکی مبتنی بر فناوری نانو با غلبه بر محدودیت‌های مواد معمولی، فرصت‌های جدیدی را برای گسترش کاربردهای غشای سرامیکی باز می‌کنند. اگرچه اطلاعات در مورد نانومواد برای اصلاح سرامیک ارائه‌شده در این بررسی جامع نیست اما، استراتژی‌های قابل توجهی برای تهیه غشاهای NF سرامیکی و غشاهای سرامیکی کاتالیزوری مورد بررسی قرار گرفته است.

۳. مطالعات بر اصلاحات مبتنی بر $TiO2$[1] به‌شدت در استفاده از نانوکامپوزیت های مبتنی بر $TiO2$ به عنوان جایگزین‌های موثر برای ساخت غشاهای فوتوکاتالیستی[2] برای آلودگی زدایی آب، با توجه به کاربردهای عملی شناخته شده آن‌ها در تصفیه آب حمایت می‌کند. با این حال، اکثر غشاهای سرامیکی مبتنی بر فناوری نانو که برروی پایه‌های دیسک کوچک تهیه شده و در فیلتراسیون بن‌بست آزمایش شده‌اند، الزامات کاربردهای عملی را برآورده نمی‌کنند. عملکرد غشاهای سرامیکی جدید نیاز به ارزیابی از طریق فیلتر کردن فاضلاب مصنوعی و فاضلاب واقعی برای عملیات طولانی مدت جهت اجرای تجاری دارد.

۴. تحقیقات در مورد ادغام فرآیندهای اکسیداسیون و غشاهای سرامیکی برای جایگزینی فرآیندهای تصفیه آب معمولی، توجه فزاینده‌ای را به‌خود جلب کرده و اثبات شده که برای تولید آب‌آشامیدنی بسیار قابل اعتماد است. ترکیب نانوکامپوزیت‌ها در غشای سرامیکی، سیستم‌های یکپارچه را برای کاهش رسوب غشا، طراحی یک مرحله‌ای و بازیابی کاتالیز موثرتر می‌کند. مصرف انرژی و اثرات زیست محیطی سیستم های هیبریدی جدید، باید با فناوری های موجود در ارزیابی چرخه عمر مقایسه گردد.

۵. فرآیند غشای سرامیکی کاتالیزوری برای حذف رنگ‌ها مؤثرتر عمل می‌کند، اما مطالعات در مورد ادغام فرآیند برای تجزیه مواد آلی محلول، میکرو آلاینده‌ها و میکروارگانیسم‌ها محدود است. مطالعات بیشتر باید برروی بررسی فوتوکاتالیست‌های فعال نور خورشیدی/مرئی، محصولات میانی آلاینده‌های آلی در فرآیند کاتالیزوری، و مکانیسم ضدعفونی تمرکز کنند. برای ترویج کاربرد غشاهای سرامیکی کاتالیزوری در صنعت، چالش‌ها، طراحی پیکربندی راکتور غشایی است، به‌ویژه برای غشاهای فوتوکاتالیستی، که در آن قرار گرفتن سطح غشا در معرض تابش UV و افزایش زمان ماند هیدرولیکی[3] در راکتور، نیاز به بهینه‌سازی دارد. سمت نفوذ غشاهای اصلاح شده توسط کاتالیز دارای مزایای فعالیت فوتوکاتالیستی بالاتر و لایه جداسازی مستقل و لایه کاتالیزوری است.

۶. تمایل به رسوب‌گیری کمتر و رسوب غیرقابل برگشت برای غشاهای سرامیکی، به دلیل کاهش تعامل رسوب در سطوح سرامیکی آب‌دوست‌تر نسبت به غشاهای پلیمری یافت شده‌است. تحقیقات بیشتر

---

[1] Titania
[2] Photocatalytic
[3] Hydraulic Retention Time

برای درک خواص سطحی غشاهای‌سرامیکی بر میزان رسوب‌غشا و تجزیه و تحلیل رسوب‌ها ضروری است، که امکان انتخاب استراتژی تمیزکردن مناسب برای عملیات قابل اعتماد و طولانی‌مدت را فراهم می‌کند. علاوه براین، راه‌حل‌های کارآمد برای مسائل رسوب‌زیستی که در فیلتراسیون غشای سرامیکی با آن مواجه هستند، باید مورد بررسی قرار گیرند.

**Reference**

Li C, Sun W, Lu Z, Ao X, Li S. Ceramic nanocomposite membranes and membrane fouling: A review. Water Research. 2020 May 15; 175:115674.

**DOI:** https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115674

مترجم: علیرضا کرفی