POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

Seyed Hesam Mirfarsi, Mohammad Javad Parnian,Soosan Rowshanzamir, Erik Kjeang, Current status of cross-linking and blending approaches for durability improvement of hydrocarbon-based fuel cell membranes. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47,13460-13489, 2022.

https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.02.077

## وضعیت فعلی رویکردهای اتصال عرضی و آمیزه‌سازی برای بهبود دوام غشاهای پیل سوختی بر پایهٔ هیدروکربن

چکیده

با توجه به تقاضا برای توسعهٔ پیل‌های سوختی قابل اعتماد و اقتصادی، بسیاری از محقّقان بر بهبود دوام غشاهای تبادل پروتون (PEMs)[1] بر پایهٔ هیدروکربن، بدون افت عملکرد متمرکز شده‌اند. در میان روش‌های مختلف، اتصال عرضی و آمیزه‌سازی[2] پتانسیل‌های امیدوارکننده‌ای را با معرفی پیوندهای فیزیکی و/ یا شیمیایی بین زنجیره‌های پلیمری و ایجاد یک شبکهٔ سه بعدی در ساختار آنها نشان می‌دهند. اتصال عرضی از طریق روش‌های حرارتی، سولوترمال[3]، به کمک تابش الکترونی و همچنین به کمک مواد اتصال دهندهٔ عرضی انجام می‌شود. در حالی که آمیزه‌سازی، بر اساس برهمکنش‌های موجود بین پلیمرها، یعنی اسید- اسید، اسید- باز و شبکهٔ انتقال بار طبقه‌بندی می‌شود. این مقالهٔ مروری، بر دستاوردهای اخیر PEMهای بر پایهٔ هیدروکربن، دارای اتصال عرضی و آمیزه‌شده در آزمایش‌های پایداری طولانی مدت و مطالعات دوام می‌پردازد. علاوه بر این، خواص برجستهٔ ابعادی، حرارتی- شیمیایی و انتقالی آنها، از جمله عملکرد پیل سوختی در محل[4] و تشخیص الکتروشیمیایی[5]، برجسته شده است. بر این اساس، غشاهای دارای اتصال عرضی و آمیزه‌شده، بیش از 4000 ساعت دوام در پیل‌های سوختی هیدروژنی و بیش از 100 برابر پایین‌تر از سطح تقاطع[6] متانول در مقایسه با غشاهای معمولی فلوئورینه از خود نشان دادند، که حاکی از پتانسیل قابل توجهی برای تجاری‌سازی آنها است.

[1] Proton exchange membranes (PEMs)
[2] Blending
[3] Solvothermal
[4] In -situ
[5] electrochemical diagnostics
[6] Crossover

## اظهارات پایانی

به منظور محبوبیت بیشتر پیل‌های سوختی، بدنهٔ عظیمی از تحقیقات به ایجاد عملکرد بالا و با دوام و در عین حال مقرون‌به‌صرفه، برای آماده‌سازی غشاهای تبادل پروتون بر پایهٔ هیدروکربن (PEMs) اختصاص داده شده است. اگرچه روش‌های متعددی برای افزایش طول عمر PEMها در شرایط پیل سوختی وجود دارد، رویکردهای اتصال عرضی و آمیزه‌سازی، به دلیل فرآیندهای آماده‌سازی سادهٔ آنها برجسته هستند. PEMهای اصلاح شده دوام بسیار بهتری را در مقایسه با غشاهای خالصِ بر پایهٔ هیدروکربن (HC)[7] در آزمایش‌های حالت پایا و تنش تسریع‌شده[8] نشان می‌دهند. در ادامه مطلب، به چند نکتهٔ مهم نتیجه‌گیری برای آماده‌سازی غشاهای پیل سوختی بادوام از طریق رویکردهای اتصال عرضی و آمیزه‌سازی پرداخته شده است.

• اتصال عرضی حرارتی معمولاً در دماهای بالا انجام می‌شود ( بیش از 200 °C)، که ممکن است باعث ایجاد اتصال عرضی بیش از حد و شکنندگی شود، در حالی که اتصال عرضی سولوترمال کنترل بیشتری بر فرآیند اتصال عرضی در دماهای پایین‌تر ایجاد می‌کند. علاوه بر این، اتصال عرضی از طریق تابش و یک عامل اتصال دهندهٔ عرضی، امکان تنظیم میزان اتصال عرضی و در نتیجه پایداری غشا را فراهم می‌کند.

• حتی اگر افزایش در میزان تابش و مقدار عامل اتصال دهندهٔ عرضی، باعث افزایش اتصال عرضی و همچنین دوام غشا شود، میزان بهینهٔ تابش، زمان در معرض قرار گرفتن و مقدار مادهٔ اتصال دهندهٔ عرضی برای جلوگیری از اتصال عرضی بیش از حد و بریدگی واکنش‌های زنجیره‌ای باید به کار گرفته شود.

• اندازه، تحرک و ساختار اتصال دهندهٔ عرضی می‌تواند پایداری PEM های دارای اتصال عرضی را تعیین کند. اساسا، یک اتصال دهندهٔ عرضی کوچکتر حجم آزاد کمتری ایجاد می‌کند و پایداری کلی بهتری را ایجاد می‌کند. تحرک اتصال دهندهٔ عرضی می‌تواند بر انعطاف‌پذیری غشا نیز تأثیر بگذارد که در آن اتصال دهنده‌های عرضی آلیفاتیک در مقایسه با اتصال دهنده‌های عرضی آروماتیک، منجر به انعطاف‌پذیری بالاتری می‌شوند. از طرفی اتصال دهنده‌های آروماتیک و فلوئورینه، به دلیل پیوندهای قوی تر، دوام مکانیکی و شیمیایی را افزایش می‌دهند. علاوه بر این، ساختار می‌تواند بر پایداری نهایی تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، یک اتصال دهندهٔ عرضی حاوی بخش‌هایی با بار مثبت، مانند هتروسیکل‌ها[9]، برهمکنش یونی قوی را در داخل PEM تشکیل می‌دهد، یا

[7] Hydrocarbon-based (HC)
[8] Accelerated Stress
[9] N-heterocycles

یک اتصال دهندهٔ عرضی با سه گروه عاملی، اتصال عرضی موثری را بدون شکنندگی‌های مکانیکی تسهیل می‌کند.

- باید بر امتزاج‌پذیری و سازگاری پلیمرها در غشاهای آمیزه‌شده نظارت شود تا از جداسازی فاز و تشکیل نقص جلوگیری شود. از بوجود آمدن نیروهای بین مولکولی بیش از حد بین زنجیره‌های پلیمری در غشاهای آمیزه‌شده باید اجتناب شود، زیرا ممکن است باعث شکنندگی شود.

- در هر صورت، پیوندهای شیمیایی قوی‌تر از پیوندهای فیزیکی هستند. از این رو، اتصال عرضی می‌تواند به کمک آمیزه‌سازی، به بهترین نتایج دست یابد.

- تحرک زنجیره‌ای و روش عملیات حرارتی، از عوامل مهم برای اطمینان از تشکیل موفقیت‌آمیز شبکهٔ انتقال بار هستند.