POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

سلولز و مشتقات آن برای جداکننده‌های باتری لیتیوم یون: مروری بر روش‌های فرآیند تولید و خواص آن

چکیده

تقاضای فزاینده‌ای برای باتری های لیتیوم یونی[1] (LIBs) ساخته شده با مواد سازگار با محیط‌زیست برای انتقال به سمت جامعه‌ای پایدارتر برپایه اقتصاد برگشت‌پذیر[2] وجود دارد. جداکننده باتری، معمولاً از پلیمرهایی بر پایه نفت به‌صورت متخلخل ساخته شده است که نقش محوری ایفا می‌نماید، زیرا عملکرد آن در انتقال موثر یون‌ها بین الکترودها و در عین حال جلوگیری از اتصال کوتاه الکتریکی[3] می‌باشد. برای کاهش وابستگی به منابع فسیلی، سلولز و مشتقات آن به‌دلیل سهولت تخلخل قابل کنترل، خواص مکانیکی و حرارتی مناسب، غیر سمی بودن و آب دوستی ذاتی، به‌عنوان جداکننده باتری پایدار مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این پژوهش ابتدا ساختار، خواص فیزیکی و شیمیایی و انواع مختلف مشتقات سلولز و همچنین روش‌های مختلف ساخت به‌منظور به‌دست آوردن غشاهای سلولزی متخلخل ارائه شده است. علاوه‌بر این، آخرین پیشرفت‌ها در زمینه سلولز و مشتقات آن برای جداکننده‌های باتری لیتیوم یونی و الکترولیت‌های پلیمری جامد مورد بحث قرار می‌گیرند. در موارد، مسائل و خواص اصلی که در آینده نزدیک در مورد جداکننده‌های سلولزی بهبود می‌یابند نشان داده شده است.

کلمات کلیدی

سلولز[4]، مواد تجدید پذیر[5]، باتری های لیتیوم-یون، ذخیره انرژی[6]، غشاها، اقتصاد برگشت‌پذیر پایدار.

خلاصه و روندهای آتی

مشتقات سلولزی به‌دلیل هزینه کم، آب دوستی‌ذاتی، پایداری ابعادی، حرارتی، شیمیایی بالا و خواص مکانیکی عالی، آینده روشنی را برای استفاده به‌عنوان جداکننده باتری ارائه می‌دهند. امروزه شکل‌های مختلف سلولز با اندازه نانو و سایر فرم‌های مشتقات سلولز عمدتاً به‌عنوان لایه پوششی بر روی سایر پلیمرها به‌منظور افزایش

---

[1] lithium-ion batteries (LIBs)
[2] sustainable society based on a circular economy
[3] electrical short-circuits
[4] Cellulose
[5] Renewable materials
[6] Energy storage

میل ترکیبی جداکننده-الکترولیت استفاده می‌شود. پژوهش‌های دیگر تلاش‌های خود را بر روی توسعه غشای متخلخل سلولزی با استفاده از نانوالیاف سلولزی یا CNC[۷]ها متمرکز نموده و بر کنترل مورفولوژی متخلخل، خواص مکانیکی و هدایت یونی تأکید دارند.

ساخت غشاهای سلولزی بسیار متخلخل هنوز نیاز به بهبود بیشتری دارد تا در فرآیندهای تولید مقیاس‌پذیر اجرا شود. یکی از چالش‌برانگیزترین جنبه‌ها از این نظر، اغلب زمان‌بر بودن فرآیندهای مصنوعی است، زیرا فرآیندهایی مانند جداسازی فازهای ناشی از حلال نیازمند زمان طولانی برای تبادل کارآمد حلال هستند. متأسفانه، برخی از فرآیندهای ساخت غشا به استفاده از معرف‌های غیرسازگار با محیط زیست مانند اتیلن‌دی‌آمین[۸] یا دی‌متیل‌استامید[۹] متکی هستند، بنابراین باید تلاش‌های ویژه‌ای جهت دستیابی به رویکردهای مصنوعی پایدار انجام شود. علاوه‌بر این، رویکردهای ساخت غشای سلولزی اغلب منجربه تولید مواد نسبتاً شکننده با یکپارچگی مکانیکی ضعیف می‌گردد. بنابراین، آماده‌سازی آنها باید برای مقاومت در برابر مونتاژ سلولی بهبود یابد (به‌عنوان مثال، با ترکیب مواد پلاستیکی).

مشتقات سلولزی اغلب ویژگی چسبنده[۱۰] دارند که همیشه برای بسیاری از کاربردهای صنعتی مطلوب نیست. با این حال، در زمینه باتری، جداکننده‌های تشکیل‌شده توسط مشتقات سلولز، توانایی اتصال قوی هر دو الکترود را ارائه می‌دهند، که مقاومت سطحی را در سرتاسر رابط‌ها بهبود می‌بخشد و در نتیجه منجربه باتری‌هایی با ظرفیت تخلیه افزایش یافته می‌شود. علاوه‌بر این، یکی از قابل توجه‌ترین مزایای استفاده از سلولز به‌طور کلی و نانوسلولز به طور خاص، توانایی سنتز جداکننده‌ها با ساختارهای مزوپور[۱۱] است. چنین منافذ کوچکی از 2 تا 50 نانومتر امکان انتقال موثر یون لیتیوم بین الکترودها را فراهم می‌نماید و در عین حال از تشکیل ساختارهای درختی لیتیوم[۱۲] جلوگیری می‌نماید. زیرا که چنین ساختارهایی امکان فرآیندهای لیتیومه‌شدن و دی‌لیتیومه‌شدن[۱۳] و جداسازی همگن را در کل سطح الکترود فراهم نموده و از وجود چگالی‌های جریان مختلف جلوگیری می‌نمایدکه این امر منجر به‌تضمین فرآیند زدودن[۱۴] و جداسازی لیتیوم همگن می‌گردد.

دانشمندان و صنعت که جداکننده‌های دوست‌دار محیط‌زیست را تهیه می‌نمایند بایستی تلاش‌های خود را برای تغییر از الکترولیت مایع آلی معمولی به محلول‌های دیگر از جمله مایعات یونی و الکترولیت‌های پلیمری

---

[7] cellulose nanocrystals (CNCs)
[8] ethylenediamine
[9] dimethy-lacetamide
[10] sticky character
[11] mesoporous structures
[12] formation of lithium dendrites
[13] lithiation and delithiation processes
[14] stripping process

جامد متمرکز گردانند. به‌علاوه، توسعه جداکننده‌های سلولزی برپایه کامپوزیت‌ها و آلیاژها، به لطف سازگاری بیشتر با الکترودها و/یا الکترولیت‌ها و بهبود هدایت یونی، عملکرد باتری را به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌دهد.

باید در نظر داشته داشت که پلیمرهایی برپایه منابع طبیعی پتانسیل زیادی برای استفاده به‌عنوان مواد پلتفرم به‌منظور توسعه سیستم‌های ذخیره انرژی الکتروشیمیایی پایدار دارند. سلولز در حال حاضر به‌عنوان بایندر[۱۵] برای الکترودها و جداکننده‌ها در باتری‌های قابل شارژ، به‌عنوان غشای جداکننده در جریان باتری[۱۶] یا به‌عنوان ساختاری متخلخل در ابرخازن‌ها[۱۷] استفاده می‌شود. با توجه به عملکردهای پیشرفته سلولز در باتری‌های ثانویه، چندین کار انجام شده، به‌عنوان مثال پتانسیل نانوسلولزها را برای استفاده به‌عنوان الگویی به‌منظور توسعه مواد آند کربن‌دار بسیار متخلخل با معماری‌های جدید نشان داده‌اند. این ساختارهای کربنی مزومتخلخل[۱۸]، که می‌توانند میزبان مواد فعال مختلف مانند کاربید تیتانیوم[۱۹] (TiC) یا تیتانیای سیاه[۲۰] (TiO_{2-x}) باشند، می‌توانند تغییرات حجمی را در جریان فرآیندهای لیتیومه‌شدن و دی‌لیتیومه‌شدن تطبیق دهند و آندهایی افزایش یافته تولید نمایند. به‌طور مشابه، سلولز همچنین به‌عنوان آند متخلخل انعطاف‌پذیر کربنه‌شدن کنترل‌شده‌ای[۲۱] داشته، که می‌تواند توسط سنتز هیدروترمال[۲۲] یا کربنه‌شدن درجا[۲۳] که تحت اتمسفرهای بی‌اثر مختلف انجام شود، استفاده گردد.

پژوهش‌های دیگر اخیراً رویکرد جالبی را برای ایجاد ظرفیت اضافی برای باتری‌های آند، افزایش ظرفیت حجمی سلول نشان داده‌اند. غشای نانوالیاف سلولزی بسیار متخلخل و با ضخامت 2 میکرومتر با یک لایه پلی‌دوپانیم[۲۴] و نانولوله‌های کربنی با استفاده از فرآیند ساخت کاغذ[۲۵] و در عین حال مؤثر پوشانده شد. جداکننده فعال ردوکس[۲۶] با رسانایی یونی $1/06\ mS.cm^{-1}$، قادر است به اصطلاح نسبت وزن مرده[۲۷] به حجم جداکننده-های تجاری را به‌حداقل برساند، که نشان دهنده راهی کارآمد به‌منظور افزایش چگالی انرژی و توان LIBها است.

---

[15] binder
[16] flow batteries
[17] supercapacitors
[18] mesoporous
[19] titanium carbide (TiC)
[20] black titania (TiO2-x)
[21] controlled carbonization
[22] hydrothermal synthesis
[23] situ carbonization
[24] polydopanime
[25] paper making process
[26] redox-active separator
[27] dead weight

در آینده نزدیک، توسعه جداکننده‌های باتری‌های تجدیدپذیر نه تنها توسط سلولز بلکه توسط سایر پلی‌ساکاریدهای زیست تخریب‌پذیر[۲۸] مانند آلژینات سدیم[۲۹] و کیتین[۳۰] نیز انجام می‌شود. این مواد تجدیدپذیر تا حدی شبیه سلولز هستند، زیرا آنها همچنین قابلیت جذب الکترولیت عالی، پایداری حرارتی و شیمیایی بالا را دارند و به‌راحتی در دسترس هستند. علاوه‌بر این، استفاده از پلیمرهای تجدیدپذیر انتقال به سوی جامعه‌ای پایدارتر مبتنی بر اقتصاد برگشت‌پذیر را تسهیل می‌نماید، درصورتیکه ارزش مواد و کالاها بایستی تا زمانیکه ممکن است حفظ گردد. بدون شک، این مواد تجدیدپذیر آینده را برای نسل بعدی سیستم‌های ذخیره انرژی پایدار و سازگار با محیط زیست برپایه باتری‌ها شکل خواهند داد.

Reference

Lizundia E, Costa CM, Alves R, Lanceros-Méndez S. Cellulose and its derivatives for lithium ion battery separators: A review on the processing methods and properties. Carbohydrate Polymer Technologies and Applications. 2020 Dec 25;1:100001.

DOI: 10.1016/j.carpta.2020.100001

[28] Biodegradable polysaccharides
[29] sodium alginate
[30] chitin