POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

جداکننده‌ها با ایمنی بالا برای باتری‌های لیتیوم-یون و باتری‌های سدیم-یون: پیشرفت‌ها ومزایا

چکیده

باتری‌های لیتیوم یون و باتری‌های سدیم-یون در دهه‌های اخیر پیشرفت زیادی داشته‌اند و سهم بسیار خوبی در الکترونیک قابل حمل، وسایل نقلیه الکتریکی و سایر مناطق ذخیره‌سازی انرژی در مقیاس بزرگ خواهند داشت. مسائل ایمنی باتری‌ها به‌دلیل وقوع مکرر اتفاقات باتری به‌طور فزاینده‌ای مهم و چالش برانگیز شده است. جداکننده جزء ضروری در باتری‌های لیتیوم-یون و باتری‌های سدیم-یون است و به‌طور مستقیم بر عملکرد الکتروشیمیایی و به‌ویژه ایمنی تأثیر می‌گذارد. توسعه جداکننده‌های ایمنی بالا برای باتری‌های لیتیوم-یون قابل شارژ و باتری‌های سدیم-یون ضروری است. این بررسی جداکننده‌های باتری لیتیوم-یون را از دیدگاه جدیدی از ایمنی (سازگاری شیمیایی، مقاومت در برابر حرارت، استحکام مکانیکی و توانایی ضد شاخه‌دار شدن[1])، وضعیت توسعه جداکننده‌های باتری‌های سدیم-یون و تفاوت بین باتری‌های لیتیوم-یونی خلاصه نموده و مورد بحث قرار می‌دهد. جداکننده‌ها و جداکننده‌های باتری سدیم-یون چالش‌ها و مزایای کلیدی در جهت توسعه وتولید جداکننده‌هایی با ایمنی بالا مطرح شده‌اند.

کلمات کلیدی: باتری‌های لیتیوم-یون، ایمنی، جداکننده باتری‌های سدیم-یون.

خلاصه، چالش ها و دورنمای بدست آمده از پروژه

برای توسعه مداوم چگالی انرژی/ توان یا قدرت بالا و کاربردهای عملی گسترده LIBs/SIB[2]ها، ایمنی باتری به‌طور فزاینده‌ای مهم و چالش برانگیز می‌شود. علاوه‌بر توسعه مواد الکترود با ایمنی بالا، مطالعه سیستماتیک بر روی جداکننده‌های سنتزی با ایمنی بالا کمیاب اما بسیار مهم است که به نوبه خود این بررسی تولید جداکننده با ایمنی بالا را رونق می‌بخشد.

[1] anti-dendrite ability
[2] Lithium-ion batteries (LIBs)/ sodium-ion batteries (SIBs)

توسعه جداکننده‌های مقاوم در برابر حرارت/ به‌تاخیرانداز شعله[3] به جلوگیری از مصرف نادرست حرارتی از سیستم باتری کمک می‌نماید و ایمنی حرارتی باتری را به‌طور جامع بهبود می‌بخشد. این جداکننده معمولاً از الکتروریسی یا پوشش محلول برای ادغام ذرات معدنی یا مواد آلی در جداکننده پلی‌الفین یا جداکننده بافته‌نشده[4]استفاده می‌نماید، بنابراین به‌جداکننده ویژگی‌های ایده‌آل مقاوم در برابر حرارت/ به‌تاخیرانداز شعله می‌دهد و در نتیجه ایمنی کلی باتری را به‌همراه دارد. برای استحکام مکانیکی، جداکننده‌های پلی‌الفین تجاری اصلاح شده معمولاً استحکام کششی بهتری نسبت به انواع دیگر جداکننده‌ها، به‌ویژه جداکننده‌های بافته‌نشده نشان می‌دهند. خواص مکانیکی ضعیف منسوجات بافته نشده را می‌توان با تغییر مواد خام و بهینه سازی ساختار بهبود بخشید. روش جوشکاری درجا می‌تواند عملکردهای جامع لایه‌های نبافته مختلف را ادغام نماید و به‌طور موثر استحکام مکانیکی را افزایش دهد، مانند جداکننده سه لایه PBI@PI/PEI/PBI@PI[5]. برای مشکل شاخه‌ای فلزی، برخی از جداکننده‌های کامپوزیت پلی‌الفین اصلاح‌شده یا جداکننده‌هایی بافته‌نشده می‌توانند انتشار سریع یون لیتیوم (Li^+) و رسوب یون‌های یکنواخت را برای محدود نمودن رشد شاخه‌ای فلزی با افزودن معرف (مثل Li) و بهینه‌سازی ساختاری به‌دست آورند. معرفی مواد معدنی/آلی بر روی سطوح جداکننده پلی‌الفین استراتژی موثر برای بهبود ترشوندگی و جلوگیری از نشت الکترولیت در جداکننده‌های پلی‌الفین را سبب می‌گردد. سایر جداکننده‌های پلیمری جدید نیز با تبدیل گروه‌های عاملی شیمیایی به سازگاری شیمیایی خوبی دست می‌یابند.

به‌دلیل شباهت زیاد بین LIB و SIB، جداکننده‌های LIB با ایمنی بالا، تجربه توسعه زیادی را برای SIBها فراهم نموده است، مانند افزودن مواد معدنی/آلی بر روی سطوح جداکننده پلی‌الفین برای بهبود پایداری حرارتی و ترشوندگی آنها، بهینه سازی مورفولوژی/گروه‌های عاملی شیمیایی، برای افزایش استحکام مکانیکی و پایداری شیمیایی. به‌طور خاص، تحقیقات جداکننده فعلی بر مهار شاخه‌ای Li تمرکز دارد، اما غلبه‌بر رشد شاخه‌ای Na انجام نشده است. با توسعه جداکننده برای SIBها، تحقیق برای غلبه‌بر رشد شاخه‌ای Na در دستور کار قرار خواهد گرفت.

باتری‌های با انرژی ویژه بالا با توسعه وسایل نقلیه برقی و نیروگاه‌های ذخیره انرژی که به ظرفیت بالاتر، وزن سبک‌تر و حجم کمتر هر یک از اجزای باتری با افزایش نسبت اجزای فعال و کاهش آن نیاز دارند، بیشتر مورد علاقه قرار می‌گیرند. بنابراین نسبت اجزای غیر فعال، جداکننده‌های فوق العاده نازک و فوق سبک تقاضای زیادی دارند. با این حال، جداکننده‌های بسیار نازک نیز می‌توانند باعث مشکلات ایمنی مانند استحکام مکانیکی ضعیف

[3] flame-retardant
[4] Non-woven separator
[5] Polyether lmide/ Poly benzimidazole polylmide

و رشد شاخه‌ای فلزی در دمای پایین و حالت تخلیه بالا شوند. مسائل ایمنی برجسته‌تر باتری‌هایی با انرژی ویژه بالا نیز الزامات جداکننده‌های باتری را تشدید نموده است که به شرح زیر خلاصه می‌شود:

(1) جداکننده باید مقاومت حرارتی بالایی داشته باشد تا از انقباض حرارتی و بازدارندگی شعله جلوگیری نموده تا از احتراق نیز جلوگیری شود تا خروج حرارتی باتری را کاهش دهد،

(2) برای جلوگیری از اتصال کوتاه باتری ناشی از آسیب جداکننده، باید خواص مکانیکی خوبی وجود داشته باشد (از جمله استحکام کششی و مقاومت در برابر سوراخ شدن)،

(3) تخلخل و ترکیب اجزا جداکننده برای ایجاد رسوب یکنواخت فلز و جلوگیری از رشد بیش از حد شاخه‌ای بهینه شده است،

(4) جداکننده باید با سایر اجزای باتری سازگار باشد تا جداکننده پایدار بماند، مقاومت داخلی باتری کاهش یابد و از تولید گرمای بیش از حد در چگالی جریان بالا جلوگیری شود.

بنابراین، چالش‌های بزرگی برای برآورده نمودن الزامات باتری‌های با چگالی انرژی بالا و ایمنی بالا در همان زمان وجود دارد.

با عمیق‌تر شدن مطالعه، خواص فیزیکی جداکننده بهبود می‌یابد و ایمنی و عملکرد الکتروشیمیایی باتری مونتاژ شده تا حد زیادی افزایش می‌یابد. براساس تلاش‌های زیادی که در توسعه بسیاری از جداکننده‌های جدید انجام شده است، چالش اصلی کنونی این است که داشتن تمام پارامترهای عملکرد مطلوب به‌طور همزمان برای جداکننده دشوار است. جهت‌گیری‌های تحقیقاتی آینده ممکن است در جنبه‌های زیر باشد:

(1) پارامترهای حیاتی جداکننده‌هایی با ایمنی بالا، از جمله مقاومت در برابر حرارت، استحکام مکانیکی، بازدارندگی شاخه‌ای و سازگاری شیمیایی، هنوز باید به‌طور مداوم و به‌طور هم افزایی برای ایمنی کلی پک باتری بهبود یابند.

(2) به‌منظور پاسخگویی به توسعه مداوم کل سیستم باتری، مواد جداکننده جدید و فناوری‌های آماده‌سازی هنوز نیاز به توسعه دارند. به عنوان مثال، Li^+/Na^+ می‌تواند در محلول الکترولیت و جداکننده‌های تهیه‌شده توسط برخی مواد جدید منتقل شود، که این امکان را فراهم می‌نماید که رسانایی یونی با ارتقای مضاعف تا حد زیادی بهبود یابد.

(3) برای کاربرد تجاری LIB و SIB در آینده، ممکن است یک "جداکننده هوشمند" طراحی شود. سنسور برای نظارت بر تغییرات گرما، فشار و گاز در حین کار باتری و در عین حال برای دستیابی به هدف حفاظت برگشت پذیر از باتری به جداکننده وارد می شود.

(4) در توسعه جداکننده‌های با ایمنی بالا، پارامترهای دیگری مانند ضخامت، انعطاف‌پذیری و هزینه برای کاربرد عملی در مقیاس بزرگ نیز باید در نظر گرفته شود.

Reference

Zhang L, Li X, Yang M, Chen W. High-safety separators for lithium-ion batteries and sodium-ion batteries: advances and perspective. Energy Storage Materials. 2021 Oct 1; 41:522-45.

DOI: 10.1016/j.ensm.2021.06.033