POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

طراحی ذرات کامپوزیت ماده‌ی فعال/الکترولیت جامد با افزودنی‌های رسانا برای باتری‌های لیتیوم یون حالت جامد

چکیده

باتری‌های لیتیوم یون حالت جامد[1] (ASSLIB) گزینه‌های امیدوارکننده‌ای به‌عنوان نسل بعدی باتری‌های خودروهای الکتریکی هستند. سطح تماس بین ماده‌ی فعال[2] (AM) و الکترولیت جامد[3] (SE) عامل مهمی است که بر عملکرد ASSLIB تأثیر می‌گذارد. ذرات کامپوزیتی که ذرات AM با پوشش SE هستند، می‌توانند الکترودهایی با سطح بالای تماس AM-SE فراهم کنند. با این حال و از نگاهی دیگر، این ذرات، ظرفیت سل را به دلیل حضور لایه‌ی پوشش SE که نارسانای الکتریکی است، کاهش خواهند داد. پژوهش حاضر ذرات کامپوزیتی را با افزودنی‌های رسانا[4] (CA) با استفاده از پوشش‌دهی خشک طراحی نموده است. استیلن سیاه[5] (AB) و فیبر کربن رشد یافته در بخار[6] (VGCF) به‌عنوان CAهای متداول مورد استفاده قرار گرفته و ذرات کامپوزیت دارای این CAها با ذرات بدون CA و مخلوط ساده مقایسه شده‌اند. اگرچه افزودن CAها ظرفیت سل را بهبود خواهد بخشید و مقاومت داخلی را کاهش خواهد داد، اما بررسی‌ها نشان می‌دهد نوع CA به‌طور قابل توجهی بر میزان عملکرد تأثیر گذار است. از آنجایی که VGCFها به سختی در لایه‌ی پوشش SE گنجانده می‌شوند، ادغام VGCFها میزان عملکرد را بهبود نخواهد بخشید. با این حال، ABها به طور موثر در لایه پوشش SE گنجانده می‌شوند، که منجر به ارائه‌ی بهترین میزان بهبود عملکرد در این مطالعه شده است. بررسی‌ها نشان می‌دهد این تفاوت به دلیل سهولت تامین الکترون برای ذرات AM بروز می‌کند. بنابراین، AB برای استفاده به‌عنوان CA ذرات کامپوزیت به‌منظور بهبود عملکرد ASSLIB گزینه‌ی مناسبی خواهد بود.

[1] All-solid-state lithium-ion batteries (ASSLIBs)
[2] Active material (AM)
[3] Solid electrolyte (SE)
[4] Conductive additives (CAs)
[5] Acetylene black (AB)
[6] Vapor-grown carbon fiber (VGCF)

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، ذرات کامپوزیت با CAهای مختلف با پوشش‌دهی خشک، برای بررسی اثر ذرات کامپوزیت با CA بر عملکرد ASSLIB تهیه شده‌اند. بررسی‌ها نشان می‌دهند VGCF به سختی در لایه پوشش SE ذرات کامپوزیت گنجانده می‌شود. در مقابل، AB با توجه به اندازه ذرات کوچکتر، به‌طور موثرتری در لایه پوشش SE گنجانده خواهد شد. علاوه بر این، کاتد تهیه شده با ذرات کامپوزیت با CAها، رسانایی الکتریکی بالاتری نسبت به ذرات کامپوزیت بدون CA از خود نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج، ذرات کامپوزیت با CA، ظرفیت سل را در نرخ دشارژ 0.1 C در مقایسه با سل‌های تهیه شده با مخلوط ساده بهبود بخشیدند. با این حال، بهبود در میزان عملکرد تنها در سل تهیه شده با ذرات کامپوزیت با AB تایید شد و افزودن VGCF بهبود چشمگیری در میزان عملکرد ارائه نداد. با توجه به اندازه‌گیری‌های EIS و CV، اگرچه افزودن CA باعث کاهش قابل توجهی در مقاومت داخلی خواهد شد، سل تهیه شده با ذرات کامپوزیت با VGCF، پروفایل CV کمتر و صاف‌تری نسبت به AB نشان می‌دهد. این تفاوت را می‌توان به سهولت تامین الکترون برای ذرات AM در لایه پوشش SE نسبت داد. در خصوص افزودنی VGCF با توجه به اندازه ذرات بزرگتر، این افزودنی به راحتی در لایه پوشش SE ذرات کامپوزیت گنجانده نشد. در نتیجه، سهولت رسیدن الکترون به ذرات AM در سل‌هایی که با ذرات کامپوزیت با VGCF تهیه شده بود، محدود شده و در نتیجه میزان عملکرد ضعیفی از خود بروز دادند. در مقابل، AB می‌تواند به‌طور موثری در لایه‌ی پوشش SE ذرات کامپوزیت گنجانده شده و در نتیجه یک سطح تماس بزرگ AM-SE و مسیرهای کافی انتقال الکترون/ یون لیتیوم برای ذرات AM فراهم کند. بنابراین، سل تهیه شده با ذرات کامپوزیت با AB، بهترین عملکرد را در این مطالعه نشان داد.

علاوه بر این، ذرات کامپوزیت با ساختار پوسته-هسته، حفظ ظرفیت تخلیه را در طول چرخه شارژ/دشارژ بهبود بخشیدند، زیرا می‌توانند اثر تغییر حجم AMها را به دلیل لایه‌ی پوشش SE درونی کاهش دهند. به‌طور خاص، سل تهیه شده با CP-AB بالاترین ظرفیت نگهداری و ظرفیت تخلیه را در 50 چرخه‌ی متوالی از خود به نمایش گذاشت.

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

با توجه به نتایج، AB ماده مناسب‌تری برای بهبود عملکرد ASSLIB با ذرات کامپوزیت نسبت به VGCF خواهد بود. ذرات کامپوزیتی با AB مسیرهای انتقال الکترون/یون لیتیوم را با نفوذ مناسب ارائه می‌کنند که منجر به ASSLIB با ظرفیت، سرعت و عملکرد چرخه‌ی بالا خواهد شد.

کلمات کلیدی: پوشش‌دهی خشک؛ افزودنی‌های رسانا؛ ذرات کامپوزیت هسته-پوسته؛ باتری حالت جامد

Ref: Hayakawa, E.; Nakamura, H.; Ohsaki, S.; Watano, S. Design of active-material/solid-electrolyte composite particles with conductive additives for all-solid-state lithium-ion batteries. Journal of Power Sources. 2023, 555, 232379.

DOI: 10.1016/j.jpowsour.2022.232379