افزایش ظرفیت و ایمنی حرارتی آندهای گرافیت باتری یون لیتیوم با بایندر[1] رسانا

چکیده

ایمنی حرارتی برای باتری‌های قابل فروش بسیار مهم است. حوادث ایمنی متعدد ناشی از ناپایداری آند گرافیت مانع استفاده از باتری یون لیتیوم[2] (LIB) برای ذخیره‌سازی انرژی در مقیاس بزرگ می‌شود. در این پژوهش، ایمنی حرارتی و عملکرد الکتروشیمیایی آندهای گرافیت با پلیمرهای رسانای تجاری پلی(3،4-اتیلن دی‌اکسی تیوفن) پلی‌استایرن سولفونات (PEDOT:PSS)[3] و بایندرهای پلی‌وینیلیدین فلوراید[4] استاندارد (PVDF) مقایسه می‌شود. تجزیه و تحلیل حرارتی با کالریمتری اسکن تفاضلی[5] (DSC) مکانیسم‌های فرار حرارتی را مورد بررسی قرار می‌دهد. کاهش ترشوندگی چسب PEDOT:PSS و سطح ویژه کمتر کامپوزیت آند گرافیت، در دماهای بین 100 تا 150 درجه سانتیگراد، در مقایسه با PVDF، باعث می‌شود، گرمای کمتری از تجزیه فاز میانی جامد و الکترولیت[6] (SEI) آزاد شود، به ویژه زمانی که افزودنی دوده[7] (CB) حذف شده است، به‌ترتیب 143، 37.5 و 102 Jg^{-1} برای بایندرهای کامپوزیت PVDF/CB، PEDOT:PSS و PEDOT:PSS/CB تکامل می‌یابد. علاوه بر این، بایندرهای رسانا پایداری بیشتری در برابر Li_XC_6 ایجاد می‌کنند و کمتر از 16 درصد از 728 Jg^{-1} آند گرافیت PVDF/CB را تولید می‌کنند. در مطالعات ایمنی حرارتی تمام سلولی با کاتد $LiCoO_2$ (LCO) با استفاده از کالری‌سنجی چند حالته[8] (MMC)، این امر باعث کاهش تولید گرما در دماهای (کمتر از 140 درجه سانتیگراد)، وقتی که هنوز امکان پیش‌گیری از فرار حرارتی وجود دارد، خواهد شد. استفاده از PEDOT:PSS/CB بهبود ظرفیت (400 در مقابل 360 میلی آمپر ساعت در گرم پس از 100 سیکل در

[1] Binder
[2] Lithium-Ion Battery (LIB)
[3] Poly (3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate (PEDOT:PSS)
[4] Polyvinylidene fluoride (PVDF)
[5] Differential scanning calorimetry
[6] Solid electrolyte interphase (SEI)
[7] Carbon Black (CB)
[8] Multimode calorimetry (MMC)

C/5) و سینتیک (260 و 189 میلی آمپر ساعت در گرم در دمای 1 درجه سانتی گراد) را در مقایسه با PVDF/CB، خواهد داشت و از قربانی شدن عملکرد الکتروشیمیایی سل‌ها در مواجه با پدیده‌ی فرار حرارتی، جلوگیری خواهد نمود.

نتیجه‌گیری

به‌منظور توسعه فناوری‌های جدید باتری، ایمنی حرارتی نیازمند یک توجه حیاتی است. مسائل ایمنی فعلی حل نشده باقی می‌مانند زیرا آتش سوزی‌های LIB ناشی از گرما به دلیل آند گرافیت واکنش‌پذیر ادامه دارد. سیستم‌های مدیریت باتری در مقایسه با بهبود ایمنی ذاتی با تغییر ترکیب، حفاظت محدودی را ارائه می‌دهند. در این پژوهش ایمنی الکتروشیمیایی و حرارتی یک آند گرافیت با استفاده از جایگزین کردن بایندر PVDF با PEDOT:PSS بررسی شده است. بهبود هدایت الکتریکی سطح تماس و تخلخل کامپوزیت بایندر PEDOT:PSS/CB به‌صورت هم افزایی کار می‌کند تا ظرفیت ویژه بالاتر و قابلیت‌های نرخ بیشتر را در مقایسه با PVDF/CB ایجاد نماید. علاوه بر این، ترشوندگی کم PEDOT:PSS با الکترولیت، همراه با کاهش مساحت سطح کامپوزیت آند گرافیت حاصل می‌تواند خطرات ایمنی حرارتی را کاهش دهد. این عوامل مقدار SEI متقابل را روی سطح آند کاهش می‌دهند و مانع از تماس الکترولیت با گرافیت واکنش‌دهنده لیتیوم می‌شوند و احتمال وقوع یک رویداد فرار را کاهش می‌دهند. این مزایا با حذف مواد افزودنی CB با مساحت سطح بالا افزایش می‌یابد. علاوه بر این، استفاده از پلیمر غیر فلوئوردار از واکنش فلوئور زدایی گرمازا در PVDF جلوگیری می‌نماید و نگرانی‌های زیست محیطی پیرامون استفاده از حلال‌های آلی و ترکیبات فلوئوردار را برطرف می‌نماید. اگرچه در مطالعات ایمنی حرارتی تمام سلولی، تولید گرمای کل بیشتری را برای آندها با چسب رسانا اندازه‌گیری می‌نماییم، اما بیشتر این گرما به‌سمت دماهای بالاتر منتقل می‌شود، جایی که فرار حرارتی ممکن است بدون توجه به آن اجتناب‌ناپذیر باشد. نتایج کلی نشان می‌دهد که خواص فیزیکی بایندرها می‌تواند ایمنی حرارتی LIB را تحت تاثیر قرار دهد. اگرچه گرافیت به‌عنوان یک سیستم مدل در این مطالعه استفاده شد زیرا مکانیسم فرار حرارتی آن

به خوبی درک شده است، این نتایج ممکن است به مواد آند جایگزین با مسائل ایمنی حرارتی مانند Si گسترش یابد.

Ref: Gribble, D.A.; McCulfor, E.; Li, Z.; Parekh, M.; Pol V.G. Enhanced capacity and thermal safety of lithium-ion battery graphite anodes with conductive binder. Journal of Power Sources. 2023, 553, 232204.