POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

مروری‌بر استراتژی‌های ایمنی باتری لیتیوم یونی

چکیده

از زمان انبوه فروش خودروهای برقی در بازار جهانی، حوادث آتش سوزی مکرر در سراسر جهان گزارش شده است. این اتفاقات منجر به مرگ سرنشینان و وسایل نقلیه شده است که روحیه مصرف کنندگان را تضعیف می‌نماید. در اینجا، بررسی گسترده از خطرات حرارتی باتری لیتیوم یون و استراتژی‌های ایمنی موثر در جهت ریشه کن نمودن خطر فرارحرارتی بیان شده است. قدم اول، مکانیسم فرار حرارتی (TR[1]) و واکنش‌های زنجیره‌ای مرتبط با آن مانند شکست لایه SEI[2]، واکنش بین آند/ الکترولیت، تجزیه الکترولیت، واکنش بین الکترودها و غیره است. که این امر به نوبه خود، انرژی گرمایی بسیار زیادی تولید نموده و سبب تولید گونه‌های متنوعی از گازهای قابل اشتعال می‌گردد. در سطح پک باتری، نگرانی اصلی انتشار TR به باتری‌های مجاور داخل ماژول و بین ماژول‌ها است. رویدادهای انتشار پیامدهای حرارتی را به باتری های مجاور منتقل نموده و در نهایت به بسته باتری آسیب فاجعه باری وارد می‌نماید. بنابراین، برای کاهش خطر حرارتی باتری لیتیوم یون، اقدامات کافی مانند استفاده از جداکننده‌های محافظ حرارتی، دستگاه‌های ایمنی، بازدارنده‌های شعله، دستگاه‌های خنک‌کننده غیرفعال و غلبه‌کننده‌هایی بر آتش بررسی شده‌اند. برای نتیجه‌گیری، هدف اصلی در این پژوهش ارائه درک بهتری از مکانیسم TR و استراتژی‌های ایمنی در جهت افزایش ایمنی باتری لیتیوم یون است.

کلمات کلیدی: باتری لیتیوم یون، خطر حرارتی، فرار حرارتی، انتشار شعله، اطفاء حریق.

نتیجه‌گیری

تا به امروز، باتری‌های لیتیوم یون تجاری‌سازی شده، پیشرفت‌هایی را در زمینه‌های ذخیره‌سازی انرژی به ارمغان آورده‌اند. با این حال، ایمنی آنها هنوز نگرانی بزرگ به‌شمار می‌رود. با این چالش، تلاش زیادی بر افزایش ایمنی مواد در استفاده فعلی یا توسعه مواد جدید متمرکز شده است. هدف از این پژوهش، ارائه تجزیه و تحلیل جامع از فناوری‌های استفاده شده به‌منظور افزایش ایمنی باتری لیتیوم یون است. به‌عنوان اولین مشارکت، این بررسی بر روی عوامل خارجی که باعث ایجاد TR، تشکیل TR در داخل باتری و واکنش‌های جانبی آن در داخل و خارج از باتری می‌شوند، تمرکز دارد. در اینجا، شرایط محرک مانند استفاده نادرست الکتریکی (شارژ بیش از حد، تخلیه بیش از حد) و استفاده نادرست حرارتی (گرمای بیش از حد) به‌طور مفصل مورد بحث قرار می‌گیرد. به‌عنوان بخش دوم، این بررسی استراتژی‌های فعلی و آتی را در غلبه‌بر TR در قالب

[1] Thermal runaway
[2] Solid electrolyte interphase

حفاظت از شارژ اضافه (افزودنی‌های حفاظت از شارژ اضافه) شرح می‌دهد. حفاظت از گرمای بیش از حد (بهبود کاتد، آند، افزودنی الکترولیت و مواد جداکننده)، BMS[3]، BTMS[4]، و وسایل ایمنی (CID[5]، PTC[6] و دریچه تهویه ایمنی). در بخش سوم، این بررسی استراتژی‌های فعلی و آینده را برای کاهش انتشار حرارتی در سراسر پک باتری از جمله فضاساز باتری و مواد مخزن حرارتی مورد بحث قرار می‌دهد. در مرحله چهارم، این بررسی نیز ویژگی‌ها، طبقه‌بندی و عملکرد عوامل غلبه‌کننده مورد استفاده در برنامه‌های اخیر را تشریح می‌نماید. چالش‌های مربوط به مهار آتش، کارایی عامل غلبه‌کننده و احتراق مجدد از حوادث دنیای واقعی و آزمایش‌های تحقیقاتی تجربی تشریح شده است.

به‌طور خلاصه، استراتژی‌های فعلی، در سطح سل باتری، بر بهبود ایمنی مواد متمرکز شده‌اند. با این حال، عملکرد باتری و هزینه ساخت بهبود دهنده‌ها موانع دوگانه برای افزایش ایمنی باتری هستند. از سوی دیگر، شکستن خرابی آبشاری نیز چالش دیگری است که ایمنی پک باتری را مختل می‌نماید.

در نهایت، فقدان عامل موثر جهت غلبه‌بر آتش‌گرفتن، تا حد زیادی کاربران نهایی را می‌ترساند و نفوذ محصولاتی که با باتری لیتیوم یون تغذیه می‌شوند را کاهش می‌دهد. به‌طور کلی، توسعه مواد ایمن‌تر می‌تواند بهترین راه برای رفع مشکلات ایمنی باتری لیتیوم یون باشد. به غیر از مواد، روند تأثیرگذار سایر دستگاه‌های پشتیبانی مانند دستگاه‌های ایمنی و مخزن‌های حرارتی که در این مورد بررسی شده‌اند، امید است که بینش‌های کلیدی را در مورد توسعه و عملکرد ایمن‌تر نسل بعدی باتری‌های لیتیوم یون ارائه دهد. در آینده، نیز باید از فناوری‌های جدید باتری برای افزایش ایمنی باتری استفاده شود.

مزایای پیش بینی شده

استراتژی‌های ایمنی فعلی برای جلوگیری از فرار حرارتی و کاربردهای آنها در مناطقی مانند وسایل نقلیه رویدادهای انتشار پیامدهای حرارتی را به باتری های مجاور منتقل می‌نماید و در نهایت سبب بدتر نمودن انفجار پک باتری می‌شوند. علی‌رغم این پیشرفت، هنوز دانش اندکی در مورد ویژگی‌های حرارتی باتری‌های لیتیوم یونی در محدوده‌هایی مانند آسمان یا کشورهای سردسیر (فشار پایین)، در طول کاربرد آنها در مناطق دریایی (هوای مرطوب) و مناطق معدنی و صنعتی (در جوارگردوغبار و انواع گازها) وجود دارد. به‌عنوان مثال، دانش در مورد خطرات آتش سوزی باتری لیتیوم یون مانند زمان احتراق، تهویه ایمنی، نرخ تلفات جرم، سرعت

[3] Battery management system
[4] Battery thermal management system
[5] Current interrupting device
[6] Positive temperature coefficient

انتشار گرما در اثر احتراق شیمیایی و شعله‌ور، بازده گاز، حد اشتعال کمتر و آتش سوزی. سرکوب در حالت‌های مختلف بار، فشار اتمسفر، رطوبت، غلظت گاز و غیره کمیاب است. در مجموع یک سری آزمایش برای بررسی آتش سوزی‌ها انجام شد.خطرات (زمان اشتعال، اتلاف جرم و سرعت انتشار حرارت ناشی از احتراق شعله ور) باتری لیتیوم یونی در شهرهای سطح دریا، شهر هیفی، (100/8 کیلو پاسکال، 24 متر ارتفاع) و شهرهایی با ارتفاع بالا لهاسا (64/3 کیلو پاسکال، 3650 متر ارتفاع)، به این ترتیب قابل ذکر است، که این عملیات در ارتفاعات، خنک کننده کاهش می‌یابد. پس باید کارایی اطفاء حریق را نیز رعایت نمود. این دانش برای کاهش ریسک‌های وارده نیز مفید است.

بنابراین، برای کاهش خطر حرارتی باتری لیتیوم یون، اقدامات موثر باید به‌طور مناسب اجرا شود. در کار فعلی، اقدامات تحت بررسی به شرح زیر گروه بندی می شوند: (1) اقدامات برای جلوگیری از وقوع فرار حرارتی، به‌عنوان مثال، استفاده از افزودنی‌های اضافه شارژ، بهبود الکترودها، استفاده از جداکننده‌های محافظ حرارتی و وسایل ایمنی، (2) اقدامات برای کاهش شدت فرار حرارتی، به‌عنوان مثال، استفاده از به‌تاخیراندازهای شعله و دستگاه‌های کاهش فشار، (3) جلوگیری از انتشار فرار حرارتی با استفاده از دستگاه‌های غیرفعال مانند صفحه فلزی (آلومینیوم) و مواد تغییر فاز، (4) اطفاء حریق با استفاده از آب تصفیه شده، آب همراه با مواد افزودنی و عوامل غلبه‌کننده آبی. با این حال، چالش‌ها در مورد اثربخشی اقدامات متقابل هنوز به پایان نرسیده است. کارایی افزودنی‌های به‌کار رفته در به‌تاخیراندازهای شعله و غلبه‌کننده‌های شارژ بیش از حد هنوز رضایت‌بخش نیست زیرا عملکرد باتری در طول کاربرد آنها مختل می‌شود. حجم کمتر FR نیز کارایی آنها را مختل می‌نماید. علاوه‌بر این، هزینه‌ای که برای ساخت افزودنی‌ها، بهبود مواد الکترود و جداکننده‌های محافظ حرارتی استفاده می‌شود، مانع است. دستگاه‌های ایمنی مؤثر باید جهت برآورده نمودن الزامات در شیوه‌هایی که شامل پیکربندی‌های چند باتری است، توسعه داده شوند. مواد به‌منظور کاهش انتشار فرار حرارتی به رسانایی حرارتی بالاتری بر حجم نیاز دارند تا انرژی گرمایی تولید شده از باتری به اندازه کافی پراکنده شود و انتشار به ماژول غلبه شود. در خاموش نمودن، چالش آتش چند کلاسه از باتری لیتیوم یونی باید با دانش مناسب و انتخاب دقیق غلبه‌کننده برطرف شود. در آینده، غلبه‌کننده‌ای موثر باید ایجاد شود تا به‌طور همزمان آتش چند کلاسه را متوقف نموده و سبب خنک نمودن باتری لیتیوم یون گردد. علاوه‌بر این، دستورالعمل‌های فعلی اطفای حریق باید با فناوری‌های باتری لیتیوم یونی و وسایل نقلیه الکتریکی اضافه یا مطابقت داده شود تا آتش باتری خودرو را به طور موثر خاموش نماید.

Reference

Chombo PV, Laoonual Y. A review of safety strategies of a Li-ion battery. Journal of Power Sources. 2020 Dec 1; 478:228649.

POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

DOI: 10.1016/j.jpowsour.2020.228649