

## ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА

Чудинов Е.А.<sup>1</sup>, Ткачук С.А.<sup>1</sup>, Кокорин А.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Сибирский государственный технологический университет, Россия, г. Красноярск, ул. Марковского, 57, e-mail: five\_project@mail.ru*

---

В настоящей работе рассмотрены вопросы коррозии конструкционных материалов при эксплуатации литий-ионного аккумулятора. Основной причиной потери работоспособности аккумулятора является перезаряд аккумулятора. Приведены данные, полученные микрорентгеноспектральным анализом на сканирующем электронном микроскопе. Показано, что коррозионным агентом является электролит, который попадает на клеммы при процессе заливке аккумулятора или при аварийном сбросе внутреннего давления через предохранительный клапан, а также металлический литий, оседающий на поверхности отрицательного электрода при перезаряде литий-ионного аккумулятора. Причиной появления белого налета на выводных клеммах является электролит, попадающий при заливке аккумулятора или при аварийном сбросе внутреннего давления через предохранительный клапан. Причинами возгорания аккумулятора являются выделяющийся металлический литий, короткое замыкание, применение высокой плотности тока.

Ключевые слова: литий-ионный аккумулятор, коррозия, безопасность.

### PROBLEMS OF SAFETY IN THE OPERATION OF A LITHIUM-ION BATTERY

Chudinov E.A.<sup>1</sup>, Tkachuk S.A.<sup>1</sup>, Kokorin A.N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Siberian State Technological University, Russia, Krasnoyarsk, street Markovskogo, 57, e-mail: five\_project@mail.ru*

---

In this paper, the issues of corrosion of structural materials in the Li-ion battery. The main reason is the loss of the battery is recharging the battery; The data obtained in roentgen-spectral analysis with a scanning electron microscope. It is shown that the electrolyte is a corrosive agent that hits the terminals in the process of filling the battery, or if the alarm reset via the internal pressure relief valve, as well as metallic lithium deposited on the surface of the negative electrode when recharging lithium-ion battery. The cause of the white coating on the input terminals of the electrolyte is falling when filling the battery, or if the alarm reset via the internal pressure relief valve; Causes ignition battery matted catching metallic lithium, a short circuit, the use of high current density.

Key words: lithium-ion battery, corrosion, safety.

### Введение

При эксплуатации литий-ионных (литий-полимерных) аккумуляторов возникают проблемы безопасности, связанные с коррозией материалов, неправильной эксплуатацией, перезарядом, переразрядом, перегревом [4; 6-9].

### Цель исследования

Рассмотреть вопросы безопасности эксплуатации литий-ионных аккумуляторов и влияния коррозии конструкционных материалов при эксплуатации литий-ионного аккумулятора. Выявить основную причину потери работоспособности аккумулятора.

### Материал и методы исследования

Образцы серийно выпускаемых литий-ионных аккумуляторов для ноутбуков и телефонов. Методы анализа: микрорентгеноспектральный, гальваностатический, потенциостатический.

### Результаты исследования

На рисунке 1 приведен результат перегрева, или короткого замыкания литий-ионного аккумулятора [1; 3; 5]. Например, в работе [2] указано, что в результате экспериментов с новым типом литий-ионных аккумуляторов в исследовательской лаборатории крупнейшего мирового автопроизводителя General Motors 12 апреля 2012 г. произошёл мощный взрыв.

Лаборатория расположена в городе Уаррен, неподалёку от Детройта, и занимается перспективными исследованиями, в том числе созданием новых литий-ионных аккумуляторов. В результате взрыва пострадало 6 сотрудников, один из которых с химическими ожогами был срочно доставлен в больницу. Остальным пострадавшим госпитализация, к счастью, не потребовалась. В результате инцидента дверь толщиной 20 см, ведущую в лабораторию, сорвало с петель и было выбито 3 окна. Более серьёзных последствий избежать удалось благодаря слаженной работе спасательных служб и сотрудников лаборатории.

Как сообщил мэр Уоррена Д. Футс, возможно, взрыв произошёл из-за утечки водорода. Его причиной стали экстремальные режимы испытаний новых литий-ионных аккумуляторов, предназначенных для электромобилей.

В выпускающемся серийно компанией «Дженерал моторс» электромобиле «Шевроле Вольт» также существует риск возгорания жидкости, охлаждающей литий-ионные аккумуляторы.



Рисунок 1 – Результат короткого замыкания электродов литий-ионного аккумулятора [6-11]

Как показали испытания, проведённые Национальным управлением США по безопасности движения на дорогах, в случае аварии, при боковых столкновениях, из аккумуляторных батарей, находящихся под полом машины, может вытекать и самопроизвольно воспламеняться охлаждающая жидкость.

Сейчас для исключения обнаруженной опасности «Дженерал моторс» отзывает все проданные электромобили этой модели. На них будет установлена дополнительная защита аккумуляторов.

Поэтом вопрос безопасной эксплуатации литий-ионных аккумуляторов очень острый, так как данный тип аккумулятора нашел широкое применение во всех сферах деятельности человека: от сотового телефона до электромобиля и космического летательного аппарата.

Все серийно выпускаемые батареи при использовании штатных зарядных устройств и рекомендуемых условий эксплуатации полностью безопасны. Нештатные режимы эксплуатации – это большие токи заряда и разряда. От этих режимов литий-ионные аккумуляторы предохраняют системы контроля и управления (СКУ) или BMS (Battery Management System), установленные в корпусе аккумулятора и зарядных устройствах. Данные системы обеспечивают мониторинг, балансировку и защиту составных аккумуляторных батарей. BMS осуществляет измерения напряжений (батареи целиком и каждой ячейки), температуры, тока батареи и сопротивления каждой ячейки. На основе получаемых данных система выполняет балансировку заряда ячеек и защищает их от перегрузок по току, перезаряда, разряда и перегрева.

Обратимся к практическим аспектам эксплуатации литий-ионных аккумуляторов. При эксплуатации на клеммах литий-ионного аккумулятора нередко появляется налет белого цвета. Указанный материал представляет собой белый кристаллический порошок с серыми вкраплениями с размером частиц от 20 нм до 3 мкм.

Обработка данных, полученных микрорентгеноспектральным анализом на сканирующем электронном микроскопе ТМ-3000 (Hitachi) с энергодисперсионным спектрометром (Bruker) с помощью программы Quantax-70, показали, что в основном исследуемый материал (рис. 2, 3) состоит из следующих элементов: фтор (8,2-86,01%), углерод (11,4-13,35%), фосфор (0,63-0,37%), кислород (1,2-1,8%), кальций (2,1-5,3%), что говорит о том, что это продукты деградации электролита, который вытек из корпуса аккумулятора через предохранительный клапан при его аварийном срабатывании при повышении внутреннего давления допустимого значения.

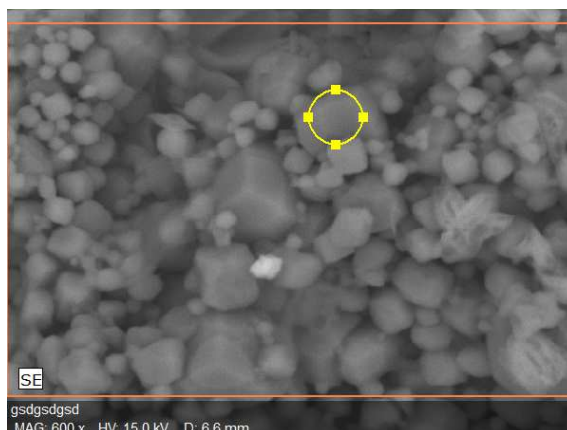


Рисунок 2 – Микрофотография (СЭМ) материала белого налета на клеммах аккумулятора

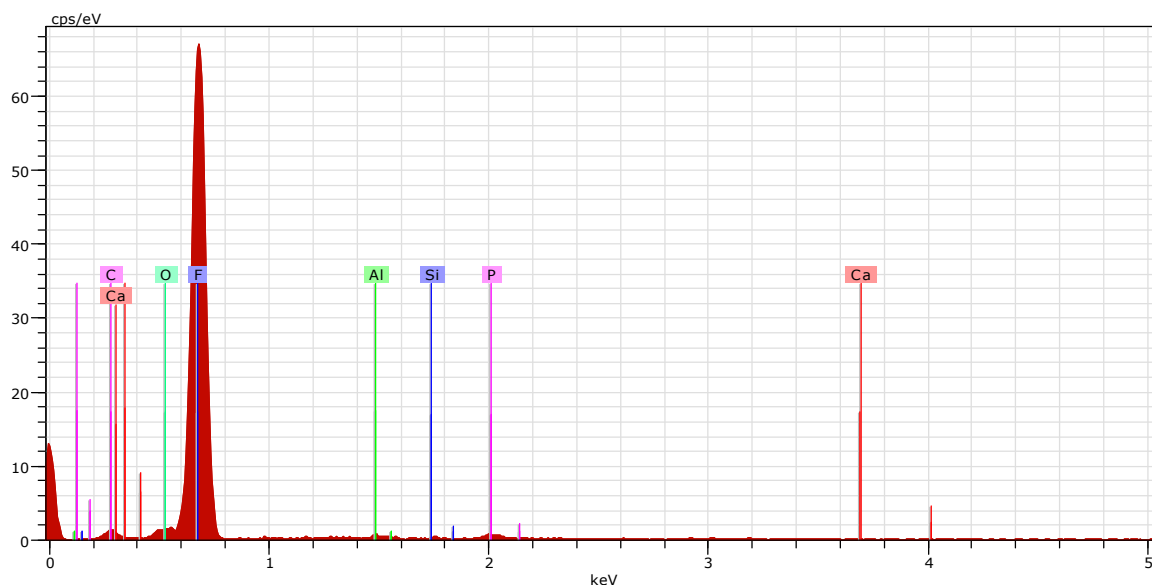


Рисунок 3 – Рентгенограмма материала белого налета на клеммах аккумулятора

Причиной разогрева аккумулятора и возможного взрыва может явиться производственный брак, приводящий к короткому внутреннему замыканию разноименных электродов (рис. 4). Так, при разборе промышленно выпускаемых литий-ионных аккумуляторов призматической конструкции было выявлено:

- отслоение анодной смеси с поверхности отрицательных электродов;
- образование металлического лития на поверхности анодных электродов, что подтверждено качественным химическим анализом;
- отсутствие следов жидкого электролита;
- наличие острых заусенцев на кромках электродов;
- оплавление сепаратора;
- следы коррозии медной выводной клеммы.



Рисунок 4 – Результат короткого замыкания электродов литий-ионного аккумулятора

### Заключение

1. Основной причиной потери работоспособности аккумулятора является перезаряд аккумулятора.

2. Причиной высокого саморазряда аккумулятора (коррозии) является металлический литий, оседающий на поверхности отрицательного электрода при перезаряде аккумулятора.

3. Причиной появления белого налета на выводных клеммах является электролит, попадающий при заливке аккумулятора или при аварийном сбросе внутреннего давления через предохранительный клапан.

4. Причинами возгорания аккумулятора являются выделяющийся металлический литий, короткое замыкание, применение высокой плотности тока.

### Список литературы

1. Взрыв литий-ионного аккумулятора [Электронный ресурс]. - URL: <http://uh.ru/a/127857> (дата обращения: 22.01.14).
2. Взрыв литий-ионного аккумулятора в лаборатории General Motors [Электронный ресурс]. - URL: <http://www.e-bike.com.ua/viewarticle/id/183> (дата обращения: 22.08.13).
3. Во взрыве ноутбука Dell виноват аккумулятор [Электронный ресурс]. - URL: [http://news.techlabs.by/15\\_9827.html](http://news.techlabs.by/15_9827.html) (дата обращения: 22.09.13).
4. Кедринский И.А. Li-ионные аккумуляторы / И.А. Кедринский, В.Г. Яковлев. – Красноярск : ИПК «Платина», 2002. - 266 с.
5. Результат использования аккумулятора низкого качества [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://notebook-battery.narod.ru> (дата обращения: 17.02.14).
6. Фиалков А.С. Углерод, межслоевые соединения и композиты на его основе. - М. : Аспект-пресс, 1997. - 720 с.
7. Чудинов Е.А. // Изв. вузов. Химия и химическая технология. - 2005. - Т. 48. - № 8. - С. 45-49.
8. Aurbach D. The Correlation Between the Surface Chemistry and the Performance of Li-Carbon Intercalation Anodes for rechargeable “Roking-Chair” Type Batteries / D. Aurbach, Y. Eni-Eli, O. Chusid, Y. Carmel, M. Babai, H. Yamin // J. Electrochem. Soc. – 1994. - V. 141. - № 3. - P. 603-611.
9. Shu Z.X. Electrochemical Intercalation of Lithium into Graphite / Z.X. Shu, R.S. McMillan, J.J. Murray // J. Electrochem. Soc. - 1993. - V. 140. - № 4. - P. 922-927.

### Рецензенты:

Пантелеев В.И., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электротехнических комплексов и систем Политехнического института Сибирского федерального университета, г. Красноярск.

Патрушева Т.Н., д.т.н., профессор, профессор кафедры приборостроения и наноэлектроники Сибирского федерального университета, г. Красноярск.