

ОСОБЕННОСТИ ТЕПЛОВОГО РАЗГОНА ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ С ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫМ КЛАПАНОМ*

Д. И. Никифоров¹, П. В. Комиссаров², С. С. Басакина³, Д. М. Якунов⁴, Д. М. Иткис⁵

Аннотация: Представлена сравнительная оценка безопасности призматических литий-ионных аккумуляторов (ЛИА), подвергнутых тепловому (термическому) разгону (ТР). В данной работе ТР был следствием серии неконтролируемых экзотермических реакций, протекающих внутри ячеек при контролируемом внешнем нагреве до критической температуры. Исследовались наиболее распространенные электрохимические системы ячеек (NMC (nickel manganese cobalt) / C, NMC/LTO (lithium titanate) и LFP (lithium ferrophosphate) / C) в мягких полимерных и жестких металлических корпусах. В результате нагрева испытуемых ячеек с постоянной скоростью определено влияние предохранительных клапанов (ПК), имеющих на ячейках с жесткими корпусами, на процесс ТР в сравнении с ячейками в мягких полимерных корпусах. Показано, что ячейки с ПК характеризуются процессом ТР в две стадии. Экспериментально установлено, что причиной повторного ТР является закупорка ПК и дросселирование истечения газов из дальних от клапана областей ячейки.

Ключевые слова: литий-ионный аккумулятор; тепловой разгон; предохранительный клапан; жесткий корпус; NMC; LFP

DOI: 10.30826/CE25180109

EDN: KXATBH

Литература

1. Wang Q., Ping P., Zhao X., Chu G., Sun J., Chen C. Thermal runaway caused fire and explosion of lithium ion battery // J. Power Sources, 2012. Vol. 208. P. 210–224. doi: 10.1016/j.jpowsour.2012.02.038.
2. Zu Chenxi, Yu Huigen, Li Hong. Enabling the thermal stability of solid electrolyte interphase in Li-ion battery // InfoMat, 2021. Vol. 3. P. 611–715. doi: 10.1002/inf2.12190.
3. Mo Liuye, Zheng Haitao. Solid coated $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ (LTO) using polyaniline (PANI) as anode materials for improving thermal safety for lithium ion battery // Energy Reports, 2020. Vol. 6. P. 2913–2918. doi: 10.1016/j.egy.2020.10.018.
4. Zhang Sheng Shui. A review on electrolyte additives for lithium-ion batteries // J. Power Sources, 2006. Vol. 162. P. 1379–1394. doi: 10.1016/j.jpowsour.2006.07.074.
5. Jia Zhuangzhuang, Min Yuanyuan, Qin Peng, Mei Wenxin, Meng Xiangdong, Jin Kaiqiang, Sun Jinhua, Wang Qing-song. Effect of safety valve types on the gas venting behavior and thermal runaway hazard severity of large-format prismatic lithium iron phosphate batteries // J. Energy Chem., 2024. Vol. 89. P. 195–207. doi: 10.1016/j.jchem.2023.09.0526.
6. Ouyang D., Hu J., Chen M., Weng J., Huang Q., Liu J., Wang J. Effects of abusive temperature environment and cycle rate on the homogeneity of lithium-ion battery // Thermochim. Acta, 2019. Vol. 676. doi: 10.1016/j.tca.2019.05.004.
7. Wang Z., Yang H., Li Y., Wang G., Wang J. Thermal runaway and fire behaviors of large-scale lithium ion batteries with different heating methods // J. Hazard. Mater., 2019. Vol. 376. Article No. 120730. doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.06.
8. Inoue T., Mukai K. Roles of positive or negative electrodes in the thermal runaway of lithium-ion batteries: Accelerating rate calorimetry analyses with an all-inclusive micro-cell // Electrochem. Commun., 2017. Vol. 77. P. 28–31. doi: 10.1016/j.elecom.2017.02.008.

Поступила в редакцию 11.09.2024

После доработки 10.12.2024

Принята к публикации 16.12.2024

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-13-00427.

¹Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, dimaniki2008@gmail.com²Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, komissarov@center.chph.ras.ru³Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, svetlana.basakina@chph.ras.ru⁴ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», dmitry.yakunov@nami.ru⁵Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, d.itkis@chph.ras.ru