

УДК 614.841.2.001.2
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2021.30.61.006

ОБЗОР ОГNETУШАЩИХ СРЕДСТВ ПРИ ТУШЕНИИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ БАТАРЕЙ

Мельник А.А.¹, к.т.н., доцент; Елисеев Ю.Н.¹, к.т.н.; Мокряк А.В.¹; Иванов Д.В.²

¹ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Аннотация. Проблема безопасности литий-ионных батарей, с точки зрения пожаровзрывобезопасности является серьезной проблемой для их широкого применения. Учитывая постоянно увеличивающуюся плотность энергии батареи, возможность возгорания литий-ионных батарей значительно возрастает. Благодаря быстрому горению и способности повторного воспламенения, эффективное и быстрое пожаротушение литий-ионных батарей имеет решающее значение для снижения пожарной опасности. В отличие от обычных пожаров, возгорание литий-ионных батарей обусловлено сложными и комплексными характеристиками, и требует применения эффективного и подходящего огнетушащего средства, специально предназначенного для литий-ионных батарей. Огнетушащее средство для тушения литий-ионных батарей должно быть с высокой теплоемкостью и низкой электропроводностью.

Ключевые слова: Литий-ионные аккумуляторные батареи, тушение, пожар, огнетушащее средство.

A REVIEW OF FIRE-EXTINGUISHING AGENT ON SUPPRESSING LITHIUM-ION BATTERIES FIRE

Melnik A.A.¹, Ph.D. of Engineering Sciences, Docent; Eliseev Yu.N.¹, Ph.D. of Engineering Sciences; Mokryak A.V.¹; Ivanov D.V.²

¹Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

²FSBEE HE Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia

Abstract. The safety issue of lithium-ion batteries, such as fires and explosions, is a major concern for their large-scale applications. Given the ever-increasing energy density of the battery, the possibility of ignition of lithium-ion batteries increases significantly. Thanks to combustion fast burning and easy re-ignition characteristics, efficient and fast fire extinguishing of lithium-ion batteries is crucial to minimize fire hazards. Unlike conventional fires, a lithium-ion battery fire shows complicated and complex characteristics, and requires an effective and suitable extinguishing agent specifically designed for lithium-ion batteries. A fire extinguishing agent, for extinguishing the fire of lithium-ion batteries, is necessary with a high heat capacity and low electrical conductivity.

Keywords: Lithium-ion batteries, extinguishing, fire, extinguishing agent

Увеличение плотности энергии литий-ионных батарей способствовало их широкому использованию во многих областях, включая портативную электронику, электромобили, электростанции для выработки электрической энергии и даже аэрокосмическую промышленность. За последние десятилетия, с развитием новых материалов, науки и техники, плотность энергии литий-ионных батарей увеличилась. Тем не менее, не высокая цикличность, низкая скорость, низкая проводимость и превращения серы в процессе заряда и разряда являются результатом высокого содержания серы в электроде. В некоторых экстремальных условиях (деформация, перезаряд, высокие температуры, погружение в морскую воду, короткое замыкание и т. д.) большое количество химической энергии, хранящейся внутри ограниченного пространства, может

резко увеличиться и превратиться в тепло. Эта часть тепла может привести к тепловому разгону батареи и в конечном итоге пожару и взрыву.

Идеальное огнетушащее средство для литий-ионных батарей должно обладать следующими свойствами: высокой теплоемкостью для охлаждения батарей и быстрого тушения пламени, электроизоляцией для предотвращения короткого замыкания батареи во время тушения пожара, и низкой вязкостью для облегчения проникновения огнетушащего средства в компактный аккумуляторный блок, что может предотвратить повторное воспламенение и распространение, быть легкодоступным и экологически чистым, а также быстро уменьшать количество дыма для устранения токсичных дымов, что также может увеличить видимость во время пожаротушения.

Огнетушащие средства классифицируются как газообразные, сухие порошки, огнетушащие средства на водной основе, пенные и аэрозольные огнетушащие средства в зависимости от их агрегатного состояния [1-2].

Газообразные огнетушащие средства

Газообразные огнетушащие средства, такие как углекислый газ (CO_2), широко используются в пожарах электроустановок из-за отсутствия коррозии и остатков после тушения. Углекислый газ широко используется для тушения пожаров электроустановок благодаря своим непроводящим свойствам. Когда агент высвобождается, кислород вокруг легковоспламеняющихся материалов разбавляется до такой степени, что горение не может продолжаться. Кроме того, часть тепла в зоне горения поглощается испарением, что может снизить температуру и ускорить процесс тушения пожара. Хотя углекислый газ сможет потушить пожар литий-ионных батарей, будет трудно снизить температуру литий-ионных батарей. Это связано с тем, что теплоемкость углекислого газа настолько низкая, что он не может охлаждать батарею в течение длительного времени. Между тем, когда углекислый газ используется в качестве огнетушащего средства для тушения пожара литий-ионных батарей, возможно повторное воспламенение.

Сухие порошки

Сухие порошки в основном делятся на порошок ABCЕ, ABC, BCE, порошок D и порошок BC. Порошок ABCЕ предназначен для ликвидации всех классов возгораний, включая горение включенного в сеть электрооборудования. Компоненты порошка ABC в основном состоят из дигидрофосфата аммония и сульфата аммония и предназначены для тушения твердых, жидких, газообразных средств и электроустановок. Основным компонентом порошка D является хлорид натрия (NaCl). Порошок может потушить горение металла (например, такого, как литий). Основным компонентом порошка BC является бикарбонат натрия (NaHCO_3). BC порошок может потушить пожар через продукт разложения (углекислый газ) бикарбоната натрия. Порошок BCE для подавления очагов горения жидкостей, газообразных веществ, работающих электроустановок. Возможность прекращения повышения температуры является одним из основных индикатором для оценки действия огнетушащего средства, температура на поверхности батареи в процессе тушения очень высока. Поэтому из представленных порошков ABC порошок подходит для тушения пожара, но только одной батареи, но не подходит для батарейного модуля [3].

Огнетушащие средства на водной основе

Вода является основным компонентом огнетушащих средств на водной основе, которые широко применяются во многих областях. В настоящее время огнетушащие средства на водной основе делятся на чистую воду, добавку водяного тумана, пену и др.

Вода широко используется в пожаротушении из-за ее экологичности, отличной охлаждающей способности и низкой стоимости. В настоящее время распыление большого количества воды является наиболее эффективным способом тушения пожара электромобиля (для полного тушения пожара на электромобиле требуется не менее 900 л воды или пены). Так, например, в 2019 году в Австрии попал в ДТП электромобиль Tesla и пожарным понадобилось 11 тонн воды для ликвидации пожара.

Однако проблема повторного воспламенения еще существует во время тушения пожара литий-ионных батарей огнетушащими средствами на водной основе. Чтобы уменьшить вероятность повторного воспламенения, требуется дополнительная вода для охлаждения аккумуляторной батареи. Очевидно, что общий объем воды, используемой при тушении пожара на электромобилях, больше, чем при тушении обычных автомобильных пожаров. Большое количество воды является наиболее эффективным способом решения

проблемы пожара на электромобилях, его недостатками также нельзя пренебрегать, такими как большое количество воды и риск короткого замыкания в аккумуляторной системе [4].

Ценные огнетушащие средства

Ценные огнетушащие средства широко используются при тушении пожаров класса А и класса В благодаря своей высокой эффективности тушения, низкой стоимости и незначительному загрязнению окружающей среды. Исходя из механизмов пенообразования, ее можно разделить на химическую и механическую. Химические пены образуются реакцией сульфата алюминия ($Al_2(SO_4)_3$) и бикарбоната натрия ($NaHCO_3$) в водном растворе. Механические пены получают смешиванием водного раствора с газами под давлением или другим механическим способом. Пена обладает более быстрым способом борьбы с пожаром, чем вода, но охлаждающий эффект пены менее эффективен, чем у обычной воды. Концентрат пены содержит несколько опасных химических средств, которые могут раздражать кожу и глаза, вызывать коррозию металла и загрязнять окружающую среду. Нет доступных сведений по применению пены для тушения пожаров литий-ионных батарей [5].

Аэрозольная технология пожаротушения

Аэрозольная технология пожаротушения была разработана в 1960-х годах на основе пиротехники. Аэрозоль представляет собой газодисперсную систему с наибольшим размером частиц менее 5 мкм в среде золя. Аэрозоль имеет много преимуществ: незначительное воздействие на окружающую среду, небольшую токсичность, но основной недостаток, что аэрозоль может быстро потушить пожар в относительно закрытых пространствах. Таким образом, подобно газообразным огнетушащим средствам аэрозоль проявляет свою эффективную огнетушащую способность только в закрытом помещении. Кроме того, аэрозоль будет производить побочные продукты с высокой температурой из-за своей экзотермической реакции, что может увеличить риск повторного воспламенения батареи [6].

Стоимость огнетушащего средства является важным показателем для оценки сферы его применения. Очевидно, что огнетушащие средства на водной основе являются самыми дешевыми, за ними следуют сухие порошки и CO_2 . Стоимость аэрозолей и других огнетушащих средств очень высока.

Рассмотренные из сравнения огнетушащие средства на водной основе имеют лучшие характеристики при тушении пожара, особенно при снижении температуры батареи и низкой стоимости. Тем не менее, электропроводность является самой большой проблемой для огнетушащих средств на водной основе, используемых для тушения пожара литий-ионных батарей. Газообразные огнетушащие средства и аэрозоль показывают плохие характеристики, за исключением характеристик изоляции. Сухие порошки показывают отличную производительность в предотвращении коротких замыканий и низкую стоимость. Одним словом, огнетушащие средства на водной основе, вероятно, являются подходящими огнетушащими средствами для литий-ионных батарей [7-8].

Литература

1. ГОСТ Р МЭК 61960–2007. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи, содержащие щелочной и другие неокислотные электролиты. Аккумуляторы и аккумуляторные батареи литиевые для портативного применения. М.: Стандартинформ, 2008.
2. CEI/IEC 61960, First edition 2003–12. International Electrotechnical Commission, 3. rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20.
3. Schalwijk van W. A., Scrosati B., Advances N.Y./ in Lithium-Ion Batteries / Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2002.
4. Мэлони Т., Администрация, Тушение пожаров литий-ионных и литий-металлических батарей, Министерство транспорта США, 2017.
5. Ким А. К. , Крэмpton Г. П. Пожарная техника., 48 (2012), с. 549-564
6. Ohsaki T., Kishi T., Kuboki T., Takami N., Shimura N., Sato Y., Sekino M., Satoh A. // J. Power Sources. 2005. V. 146. P. 97.
7. Скундин А.М., Ефимов О.Н., Ярмоленко О.В. Современное состояние и перспективы развития исследований литиевых аккумуляторов // Успехи химии. - 2012. - Т. 71. - №4. - С. 378-398.
8. Скундин А.М. Литий-ионные аккумуляторы: современное состояние, проблемы и перспективы. Электрохимическая энергетика, 2011, т. 1, с. 5-15.