



A LÍTIUM-ION AKKUMULÁTOROK TŰZOLTÁSA

FIRE EXTINGUISHING OF LITHIUM-ION BATTERIES

Trabelsi Omar,¹ Kovács Tünde Anna²

¹ Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola. Budapest, Magyarország, am.rouch93@live.com

² Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar. Budapest, Magyarország, kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

The spread of electric cars means the ever-wider spread of batteries. The use of lithium-ion batteries carries many dangers. The biggest danger is the possible explosion of the battery. Firefighting is not easy due to the properties of lithium. In recent years, there have been many fires caused by lithium-ion batteries. Firefighters use different methods, but their development is of utmost importance to ensure the safe use of electric vehicles. In this study, the authors try to draw attention to the dangers and present practical firefighting options.

Keywords: *electric car, batteries, fire, risk, Fire Extinguishing.*

Összefoglalás

Az elektromos autók elterjedése az akkumulátorok egyre szélesebb körű elterjedését jelenti. A lítium-ion akkumulátorok használata számos veszélyt rejt magában. A legnagyobb veszélyt az akkumulátor esetleges felrobbanása jelenti. A tűzoltás a lítium tulajdonságai miatt nem egyszerű. Az elmúlt években sok lítium-ion akkumulátor okozta tüzesettel találkoztunk. A tűzoltók különböző módszereket alkalmaznak, de ezek fejlesztése kiemelten fontos az elektromos járművek biztonságos használata miatt. A szerzők ebben a tanulmányban a veszélyekre próbálják felhívni a figyelmet, és gyakorlati tűzoltási lehetőségeket mutatnak be.

Kulcsszavak: *elektromos autó, akkumulátor, tűz, kockázat, tűzoltás.*

1. Bevezetés

Az EU határozott célja, hogy a következő években betiltsa a fosszilis tüzelésű járművek használatát. Ezt a tervet az elektromos autók elterjesztésével kívánja megvalósítani. A káros szén-dioxid-kibocsátás csökkentése miatt egyre nagyobb számban használnak elektromos autókat [1]. Az elektromos autók jelenleg lítium-ion akkumulátorokat használnak energiaforrásként.

2. A lítium-ion akkumulátorok bemutatása

A lítium az alkálifémek családjába tartozó fémes kémiai elem, amelyet alacsony sűrűsége és nagy reakcióképessége jellemez. Széles körben használják a lítiumakkumulátorok gyártásában, mi-

vel képes hatékonyan tárolni és felhasználni az energiát [2]. A lítiumot más alkalmazásokban is használják, mint például gyógyszerek, kenőanyagok és fémötvözetek. Erősen reaktív természete miatt a lítiummal óvatosan kell bánni, hogy elkerüljük a tűz vagy a robbanás veszélyét [3]. A lítium akkumulátoranyagként nyújtott előnyei ellenére biztonsági és hulladékkezelési kihívásokat jelent, amelyek használata és újrahasznosítása során különös figyelmet igényel.

A lítiumakkumulátorokat nagy energiasűrűségű és hosszú élettartamuk miatt széles körben használják számos elektronikus eszközben [4]. Fontos azonban felismerni az ezekkel az akkumulátorokkal kapcsolatos lehetséges kockázatokat, például a túlmelegedést, a túltöltést és a rövidzárlatokat, amelyek súlyos eseményekhez, például

tűzekhez vezethetnek. A lítiumelemek belső működésének megértésével, valamint a megfelelő kezelési és tárolási gyakorlatok elfogadásával lehetőség nyílik a kockázatok minimalizálására és a fejlett technológiák biztonságos használatának biztosítására. A lítiumakkumulátorok fő típusai a lítium-ion (Li-ion) akkumulátorok, a lítium-polimer (LiPo) akkumulátorok [5] és a lítium – vas – foszfát (LiFePO₄) akkumulátorok [6]. A Li-ion akkumulátorokat nagy energiasűrűségük és hosszú élettartamuk miatt széles körben használják fogyasztói elektronikai eszközökben és elektromos járművekben [7]. A LiPo-akkumulátorokat rugalmas és könnyű formájuk miatt gyakran használják drónokban, modellautókban és hordozható eszközökben. A LiFePO₄-akkumulátorok hőstabilitásukról és tartósságukról ismertek [8], így ideálisak a nagy teljesítményt és fokozott biztonságot igénylő alkalmazásokhoz [9]. Minden lítiumakkumulátor-típusnak megvannak a maga előnyei és hátrányai, és az akkumulátor típusának kiválasztása az alkalmazás speciális igényeitől függ [10].

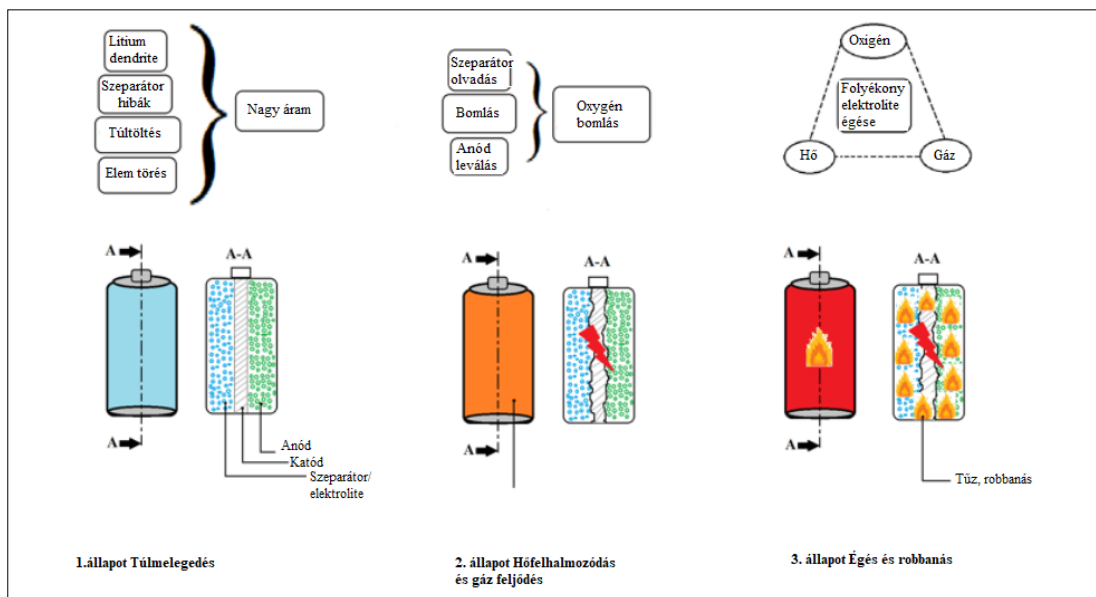
3. A lítium-ion akkumulátorok kockázatai

A lítiumakkumulátorok gyulladási veszélyt jelentenek, amelyet komolyan kell venni, mivel súlyos eseményeket okozhatnak. Az egyik fő kockázat az akkumulátor túlmelegedése, amelyet túltöltés, rövidzárlat vagy magas hőmérsék-

letnek való kitettség okozhat. Ez a túlmelegedés ellenőrizetlen kémiai reakciót idézhet elő az akkumulátor belsejében, ami tüzet vagy robbanást okozhat. Ezen túlmenően a lítiumakkumulátorok meggyulladhatnak fizikai sérülés, például defekt vagy zúzódás (pl. autózúzódás) [11] esetén is, ami veszélyeztetheti az akkumulátor épségét és tüzet okozhat. Ezért kulcsfontosságú a lítiumakkumulátorok megfelelő kezelése és tárolása a gyulladás kockázatának csökkentése és a fejlett energiaforrások biztonságos használata érdekében [12].

A lítiumakkumulátor gyulladása vagy felrobbanása különböző tényezők miatt fordulhat elő, például túltöltés, túlmelegedés, rövidzárlat vagy fizikai sérülés [13]. Ha a lítiumakkumulátor túl van töltve, a lítium-ionok nem egyenletesen rakódhatnak le az elektródákon, forró pontokat hozva létre, amelyek ellenőrizetlen hőreakcióhoz vezethetnek. Hasonlóképpen, az akkumulátor belső rövidzárlata túlzott felmelegedést és a belső nyomás növekedését okozhatja, ami esetleg robbanáshoz vezethet. A fizikai sérülések, például az akkumulátor kilyukadása szintén gyúlékony elektrolit folyadékot szivároghat, és tüzet okozhat [14].

1. A lítiumakkumulátor túlterhelése hibás vagy nem megfelelő töltő miatt.
2. Az akkumulátor megnövekedett belső hőmérséklete, amely instabil kémiai reakciót okoz.
3. Gyúlékony gázok felhalmozódása az akkumulátor belsejében.



1. ábra. Akkumulátortűz kialakulása

4. Az elválasztó membrán meghibásodása, ami belső rövidzárlatot eredményez.
5. Gyors láncreakció kiváltása, hirtelen hőmérséklet-emelkedés előidézése.
6. Az akkumulátor gyors tágulása és a külső burkolat megrepedése.
7. Erős hő és láng felszabadulása, ami potenciálisan veszélyes tüzet okozhat.
8. A lítiumakkumulátor felrobbanásának veszélye a megnövekedett belső nyomás és a gyúlékony gázok felszabadulása miatt.

4. Esettanulmányok lítium-ion akkumulátortüzekről és következményeiről

4.1. Esettanulmány: Egy mobiltelefon ki- gyulladt a lítium-ion akkumulátor belső rövidzárlata miatt

2016-ban a Samsung Galaxy Note 7 incidens széles körben nyilvánosságra került, mivel a hibás akkumulátorok tüzet és robbanást okoztak. Az incidensek okaként a mobiltelefonban használt lítium-ion akkumulátorokat azonosították, amelyek tömeges visszahívásokhoz és az eszköz repülési tilalmához vezettek. Az akkumulátor tervezési és gyártási hibái túlmelegedéshez, rövidzárlatokhoz és termikus hibákhoz vezettek, ami a felhasználó biztonságát veszélyezteti.

Ez az incidens rávilágított az elektronikus alkatrészek minőségének és biztonságának fontosságára, ami arra készítette a gyártókat, hogy erősítsék meg minőség-ellenőrzési eljárásaikat, hogy a jövőben elkerüljék az ilyen problémákat. A világ számos légitársasága megtiltotta az utasoknak a Samsung Galaxy Note7 okostelefonok használatát vagy töltését a gépeiken, mert aggodalmaik vannak gyúlékony akkumulátoraik miatt [15].

4.2. esettanulmány: Felicity Ace-teherhajó- tűz

2022 februárjában a Felicity Ace teherhajó ki-
gyulladt, és végül az Atlanti-óceán fenekére süllyedt. A tüzesetben mintegy 4000 autó pusztult el, ezek többsége a Volkswagen-csoport különböző márkáinak új járműve volt. A VW-csoportot kétszer perelték be, mert azt állítják, hogy a tűz egy lítium-ion akkumulátorcsomagból keletkezett egy Porsche autóban, amely egy vásárlóhoz tartott. Felicity Ace becslések szerint 155 millió dollár értékben szállított csúcskategóriás autókat. A légénység mind a 22 tagját biztonságosan evakuálták a hajóról.

5. A megfelelő tűzoltási technikák fontossága

A tűzoltási technikák elengedhetetlenek az emberek és a tulajdon biztonságának biztosításához tűzvesz esetén. Különböző módszereket alkalmaznak a tüzek oltására, beleértve a vizet, habot, szén-dioxidot és száraz vegyszereket. Mindegyik technikát a tűz típusához és sajátosságaihoz, például az üzemanyagforráshoz és az intenzitáshoz igazítják [16]. A tűzoltásnak van egy osztályozása, amely a tüzek különböző típusainak kategorizálására szolgál tüzelő-anyag-források alapján. A tűznek öt fő osztálya van:

- A osztály: Szilárd anyagok, például fa, papír és szövetek tüzei.
- B osztály: Gyúlékony folyadékokkal, például benzinnel, olajjal és zsírral járó tüzek.
- C osztály: Feszültség alatt álló elektromos berendezéseket érintő tüzek.
- D osztály: Éghető fémeket, például magnéziumot és nátriumot érintő tüzek.
- K osztály: Zsír és növényi olaj tüzelése kereskedelmi konyhákban.

A tűz minden osztálya speciális oltási módszereket és megfelelő oltóanyagokat igényel a biztonságos ellenőrzéshez.

A tűzoltásnak van egy osztályozása, amely a tüzek különböző típusainak kategorizálására szolgál tüzelőanyag-forrásuk alapján. A tűznek öt fő osztálya van:

A lítiumakkumulátorok, valamint általában az autókban található akkumulátorok általában a B osztályú tüzek kategóriába tartoznak [17]. A B osztályú tüzek gyúlékony folyadékokat vagy gázokat tartalmaznak, amelyek magukban foglalhatják az akkumulátorokban található elektrolitokat és egyéb összetevőket. Fontos megjegyezni, hogy a lítiumelemekkel fellépő tüzek a C osztályú tüzek jellemzőit is mutathatják, ha elektromos alkatrészeket érintenek. Ezért a lítiumelemes tüzek megfelelő oltási technikáinak meghatározásakor elengedhetetlen figyelembe venni a tűz sajátos természetét és az érintett anyagokat [18].

6. Általános tűzoltási módszerek lítiumakkumulátorokhoz

A lítiumakkumulátorok kémiai összetételük és túlmelegedési lehetőségük miatt tűz esetén különleges kockázatot jelentenek. A lítiumakkumulátorral fellépő tűz oltására számos általános oltási módszert alkalmaznak.

- Homok vagy föld használata: Homok vagy föld használható a tűz elfojtására azért, hogy az akkumulátorokat megvonják az égéshez szükséges oxigéntől.
 - Porral oltó készülék használata: A porral oltó készülékek hatékonyan oltják el a lítiumelemek tüzeit azért, hogy elfojtják a lángokat, és lehűtik a hőforrást.
 - Vízbe merítés: Ha lehetséges, merítse vízbe a lítiumakkumulátorokat, hogy gyorsan lehűtse a hőt, és megakadályozza a tűz továbbterjedését. Habbal oltó készülék használata: A habbal oltó készülékek hatékonyan elfojthatják a lángokat, és megakadályozhatják a lítiumakkumulátorok újraégését.
 - Szén-dioxid tűzoltó készülék használata: A szén-dioxid tűzoltó készülékek a lángok elfojtására használhatók azért, hogy megvonják az akkumulátorokat az égéshez szükséges oxigéntől.
- A megfelelő képzés és az oltási technikák ismerete döntő fontosságú a hatékony tűzoltás és a további károk megelőzése szempontjából.

7. A lítiumelemes tüzek oltásának legjobb gyakorlatai

A lítiumakkumulátor-tüzek kémiai összetételük és heves reakcióképességük miatt egyedülálló elnyomási kihívást jelentenek [19]. E tüzek hatékony oltásához elengedhetetlen a tűzbiztonsági szakértők által ajánlott legjobb gyakorlatok követése [20]. Kulcsfontosságú, hogy biztonságos távolságot tartsunk az égő akkumulátortól, mivel a lítiumakkumulátor tüze mérgező gázokat és gyúlékony anyagokat bocsáthat ki [21]. A lehetséges veszélyek elleni védelem érdekében ajánlott megfelelő egyéni védőfelszerelés, például légzőmaszk és hőálló kesztyű viselése. Fontos, hogy a lítiumakkumulátorok tüzeire speciális oltóanyagokat használjunk, például szén-dioxidot, lítium-karbonátot vagy kifejezetten akkumulátortüzekhez tervezett oltóanyagokat [22]. Ezek a szerek hatékonyan elfojtják a tüzet, veszélyes kémiai reakció veszélye nélkül [23]. Javasoljuk, hogy a tűz eloltása után hűtse le az akkumulátort, hogy elkerülje az égés újraindulását. Ha szabályozott mennyiségű vizet használ az akkumulátor hűtésére, megelőzheti a túlmelegedés és a hőreakció kockázatát [24, 25].

8. Következtetések

A lítiumakkumulátor gyulladása esetén a tűzoltás megfelelő technikáinak ismerete elengedhetetlen mind az egyének, mind a vagyonbiztonság biztosításában. Azokat a járműveket, melyek haj-

tásához az energiát lítiumakkumulátorral biztosítják, fel kell szerelni tűzoltó készülékkel, hogy az oltást a tűz első jelére meg lehessen kezdeni. A kutatásokat tovább kell folytatni, egy olyan megoldás elérése érdekében, amely biztonságosabbá teszi ezeknek a járműveknek a használatát. Ennek érdekében egyrészt szükséges egy biztonsági szabályrendszer felépítése, pl. parkolók kialakítása, megfigyelőrendszerrel és automata tűzoltó berendezésekkel, valamint a járművek akkumulátorai esetében egy érzékelő- és tűzoltó rendszer kifejlesztése.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Bisschop R., Amon F., Rosengren M., Willstrand O.: *Fire Safety of Lithium-Ion Batteries in Road Vehicles*. May 2019, <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18738.15049>
- [2] Nitta N., Wu F., Lee J. T., Yushin G.: *Li-ion Battery Materials: Present and Future*. *Materials Today*, 18/5. (2015) 252–264.
- [3] Cavanagh K., Ward J., Behrens S., Bhatt A., Ratnam E., Oliver E., Hayward J.: *Electrical Energy Storage: Technology Overview and Applications*. CSIRO: Canberra, Australia, 2015; EP154168.
- [4] Pacala S., Socolow R.: *Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies*. *Science*, 305. (2004) 968–972.
- [5] Kritzer, P., Doring H., Emermacher B.: *Improved Safety for Automotive Lithium Batteries: An Innovative Approach to Include an Emergency Cooling Element*. *Advances in Chemical Engineering & Science*, 4/2. (2014) 197–207. <https://doi.org/10.4236/aces.2014.42023>
- [6] Li J., Suzuki T., Naga, K., Ohzawa Y., Nakajima T.: *Electrochemical Performance of LiFePO₄ Modified by Pressure-Pulsed Chemical Vapour Infiltration in Lithium-Ion Batteries*. *Materials Science and Engineering: B*, 142/2-3. (2007) 86–92. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2007.07.003>
- [7] Takahashi M., Ohtsuka H., Akuto K., Sakurai Y.: *Confirmation of Long-Term Cyclability and High Thermal Stability of LiFePO₄ in Prismatic Lithium-Ion Cells*. *Journal of The Electrochemical Society*. 152/5. (2005) A899–A904. <https://doi.org/10.1149/1.1874693>
- [8] Roy P., Srivastava S. K.: *Nanostructured Anode Materials for Lithium-Ion Batteries*. *Journal of Material Chemistry A* 6/2015. 2454–2484.
- [9] Mizushima K., Jones P. C., Wiseman P. J., Goode-nough J. B.: *Li_xCoO₂ (0 < x < -1): A New Cathode Material for Batteries of High Energy Density*. *Materials Research Bulletin*, 15/6. (1980) 783–789. [https://doi.org/10.1016/0025-5408\(80\)90012-4](https://doi.org/10.1016/0025-5408(80)90012-4)
- [10] Zaghib K., Shim J., Guefi A., Charest P., Striebel K. A.: *Effect of Carbon Source as Additives in LiFePO₄ as Positive Electrode for Lithium-Ion Bat-*

- teries. *Electrochemical and Solid State Letters* 84. (2005) A207–A210.
<https://doi.org/10.1149/1.1865652>
- [11] Thackeray M., David W., Bruce P., Goodenough J. B.: *Lithium Insertion into Manganese Spinel. Materials Research Bulletin*, 18/4. (1983) 461–472.
[https://doi.org/10.1016/0025-5408\(83\)90138-1](https://doi.org/10.1016/0025-5408(83)90138-1)
- [12] Whittingham M. S.: *Chalcogenide Battery*. U.S. Patent No. 4,009,052, 22 February 1977.
- [13] Blum A. F., Long R. T. Jr.: *Fire Hazard Assessment of Lithium-Ion Battery Energy Storage Systems*. Springer, New York, NY, USA, 2016.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4939-6556-4>
- [14] Whittingham M. S.: *Electrical Energy Storage and Intercalation Chemistry*. Science, 192. (1976) 1126–1127.
<https://doi.org/10.1126/science.192.4244.1126>
- [15] Yamahira T., Kato H., Anzai M.: *Nonaqueous Electrolyte Secondary Battery*. U.S. Patent No. 5,053,297, 1 October 1991.
- [16] Blum A., Long R. T.: *Full-scale Fire Tests of Electric Drive Vehicle Batteries*. SAE International Journal of Passenger Cars - Mechanical Systems, 2015. 8(2).
- [17] Maloney T.: *Extinguishment of Lithium-Ion and Lithium-Metal Battery Fires*, US Department of Transportation, Federal Aviation Administration. 2014. 46–51.
- [18] Wang, Qingsong, Ban, Xinyan, Huang, Peifeng, et al.: *The Fire Hazard Classification of Lithium-Ion Battery*. China Fire Science and Technology Association Annual Conference, 2015. 226–232.
- [19] Rao H., Huang Z., Zhang H., et al.: *Study of Fire Tests and Fire Safety Measures on Lithium-Ion Battery Used on Ships*. International Conference on Transportation Information and Safety, 2015. 46–51.
- [20] Egelhaaf M., Kress D., Wolpert D., et al.: *Fire Fighting of Li-Ion Traction Batteries*. SAE International Journal of Alternative Powertrains, p.2(2013-01-0213): 37–48.
- [21] Li, Yi, Yu, Dongxing, Zhang, Shaoyu, et al.: *A Typical Lithium-Ion Battery Fire Extinguishing Test*. Journal of safety and environment, 15/6. (2015) 120–125.
- [22] Wang Q., Shao G., Duan Q., et al.: *The Efficiency of Heptafluoropropane Fire Extinguishing Agent on Suppressing the Lithium Titanate Battery Fire*. Fire Technology, 2015. 1–10.
- [23] Lisbon D., Snee T.: *A Review of Hazards Associated with Primary Lithium and Lithium-Ion Batteries*. Process Safety & Environmental Protection, 89/6. (2011) 434–442.
<https://doi.org/10.1016/j.psep.2011.06.022>
- [24] Padeanu A.: *Volkswagen Sued Twice as Felicity Ace Cargo Ship Fire Might Have Started From A Porsche*.
- [25] Tarascon J.-M., Armand M.: *Issues and Challenges Facing Rechargeable Lithium Batteries*. Nature, 414. (2001) 359–367.