

**Katasztrófák Csökkentésének
Világnapja**

Nemzetközi tudományos konferencia
2023. november 30.

Lítium alapú kézi akkumulátorok tűzesetei során keletkező toxikus égésgázok

DR. KEREKES ZSUZSANNA

GYÖNGYÖSSY ÉVA

KOMLAI KRISZTINA

1), (2) NKE, KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA, DOKTORANDUSZ HALLGATÓK

TARTALOM

1. Célkitűzés, probléma felvetés
2. Lítium akkumulátor veszélyei
3. Li akkumulátorok meggyulladásának előzményei
4. A meggyulladás oka
5. Nemzetközi irodalom által számontartott égésgázok
6. Égésgázok keletkezésének mechanizmusa
7. Katasztrófavédelmi Mobil Labor (KML) mérései
8. Akkumulátor minták
9. Mérési eredmények
10. Összefoglalás és következtetések
11. Irodalom

1. Célkitűzés, probléma felvetés

A kisebb hordozható akkumulátorok(lámpák, laptopok, telefonok, kéziszerszámok) épp olyan veszélyesek mint a nagy pl. járművekben, de mégis kevésbé vizsgált terület. A kisméretű akkumulátor tüzek ráadásul leginkább zárt helyen keletkeznek. Ez esetben a fejlődő toxikus és robbanékony gázoknak még nagyobb szerep jut. Az irodalom elsősorban járművek akkumulátorai égése során keletkező veszélyekkel foglalkozik.

Célunk az volt, hogy a kézi-kisméretű akkumulátorok égésgázai mennyiben térnek el a „nagyoktól”



2. Lítium akkumulátor veszélyei

- Tűzvédelmi szempontból különbséget kell tennünk a lítium mint fém és a lítiumion-akkumulátor égési tulajdonságai és oltási lehetőségei között. Ugyanis mivel ez a legkisebb sűrűségű szilárd elem, a nagy szilárdság és a kis tömeg miatt egyik fő alkalmazási területe a lítiumelemek és a lítiumion-akkumulátorok gyártása.
- A könnyűfémek vagy ötvözeteik gyulladási hőmérséklete 500 °C feletti, azaz magas. Ha azonban már égnek, akkor rendkívül magas hőmérsékletet termelnek, néhányuk jóval több, mint 2000 °C-ot
- A fémtűz fő veszélye ugyanis, hogy rendkívül magas hőmérsékleten (2000 °C) a víz oxigénre és hidrogénre bomlik. Ennek eredményeként fennáll a gyors gázrobbanás veszélye, ezért a víz nem használható oltóanyagként. Minél melegebb a fémtűz, annál veszélyesebb a víz használata.

3. Li akkumulátorok meggyulladásának előzményei: melegedés veszélyei

A melegedés általában rövidzárlat vagy túltöltés következtében kezdődik meg

- Akkumulátor cellájában tárolt energia nagyon gyorsan felszabadul, hő termelődik, az elektródák közötti elektrolit pedig rendkívül gyúlékony anyag.
- A hőtermelődés akár a 600 °C-ot is elérheti – amelyet a kísérletünk igazolt - , az elektrolit gyulladási hőmérséklete pedig mindössze 70 – 90 °C. Minél nagyobb az akkumulátor töltöttsége, annál több energia tud felszabadulni, ezáltal nagyobb hő termelődik, és megfigyelések szerint ez gyakrabban következik be röviddel az akkumulátor feltöltését követően.
- A túltöltés a fémes lítium kiválását okozza az anódon, a katód pedig szén-dioxid gázt fejleszt. A gázfejlődés addig növeli a belső nyomást, amíg a burkolat megreped. A levegőben lévő nedvesség reagál a kivált lítiummal, s ez a hőtermelés a teljes akku kigyulladásához vezethet.



4. A meggyulladás oka

A lítium-ion akkumulátorban visszafordíthatatlan termikus esemény többféleképpen is kiváltható:

- spontán belső vagy külső rövidzárlat,
- túltöltés,
- mechanikai sérülés, levegő bejutás
- külső fűtés vagy tűz,

Mélykisütéskor az elektródákon apró dentritek képződnek, amik átszúrják a vékony szeparátort (ez egy ion-membrán fólia, amely az anódot és a katódot elválasztja) és rövidzárlatot hoznak létre. Ez rosszabb esetben ugyancsak káros hőtermeléshez vezet és a vele párhuzamosan kötött akkukat is képes zárlatba vinni.

Ha az akkumulátor pólusai fémtárgyhoz érnek, akkor hő keletkezhet, illetve kifolyhat az elektrolit. Az elektrolit gyúlékony anyag, ezért kifolyása esetén az akkut a nyílt láng közeléből azonnal el kell távolítani.



5. Nemzetközi irodalom által számontartott égésgázok

Magas hőmérsékleten az elektrolit fluortartalma és bizonyos mértékig az akkumulátor egyéb részei, például az elektródokban lévő polivinilidén-fluorid (PVdF) kötőanyag gázokat képezhetnek, például **hidrogén-fluorid HF**, foszfor-pentafluorid (PF₅) és foszforil-fluorid. Ebből a hidrogén-fluorid HF jelenlétét ki is tudtuk mutatni

Fourier-Transform Infrared

Hidrogen Florid	HF
Hidrogen klorid	HCl
Hidrogen Bromid	HBr
Carbon Dioxid	CO ₂
Carbon Monoxide	CO
Hidrogen Cyanide	HCN
Kén Dioxid	SO ₂
Nitrogen Dioxid	NO ₂
Nitric Oxide	NO

Mass Spectrometry

Hidrogen Cianid	HCN
Kén Dioxid	SO ₂
Nitrogen Dioxid	NO ₂
Nitric Oxide	NO

Aluminium	Al
kadmium	Cd
Ólom	Pb
Kobalt	Co
Krom	Cr
Réz	Cu
Litium	Li
Mangán	Mn
Nikkel	Ni
Zink	Zn

6. Égégázok keletkezésének mechanizmusa

A lítium-ion akkumulátorban lévő elektrolit gyúlékony és általában lítium-hexafluor-foszfátot vagy más fluort tartalmazó Li-sók. Túlmelegedés esetén az elektrolit elpárolgott, és végül kiszívódik az akkumulátor celláiból. A gázok azonnal meggyulladhatnak, vagy nem. Abban az esetben, ha a kibocsátott gáz nem azonnal meggyullad, fennállhat egy későbbi szakaszban bekövetkező gázrobbanás veszélye

. Magasabb hőmérsékleten az elektrolit fluortartalma és bizonyos mértékig az akkumulátor más részei, például az elektródákban lévő polivinilidén-fluorid (PVdF) kötőanyag, gázokat képezhet, mint például hidrogén-fluorid HF, foszfor-pentafluorid (PF₅) és foszforil-fluorid (POF₃).

A LiPF₆ bomlását a víz/nedvesség jelenléte segíti elő az alábbiak szerint reakciók



7. Katasztrófavédelmi Mobil Laborral (KML) végzett saját mérések

A KML a kárhelyen a kialakult helyzetnek megfelelő, az esemény jellegéből adódó méréseket, vizsgálatokat végez. A TVS-3 MLU mobil monitoring állomás feladata a környezet legkülönbözőbb paramétereinek mérése, kapott adatok kiértékelése, összesítése és tárolása. A KML a mérőműszerekkel történt anyagazonosítást követően gyors-információs kézikönyvek, illetve szoftverek alkalmazásával összegyűjti

Gáz	Alsó* riasztási szint MK (MAK) ppm-ben	
HCl	5	
HF	3	
COCl ₂	0,1	
H ₂	ARH 20 %-a	
H ₂ S	10	
Cl ₂	0,5	
NH ₃	20	
Szénhidrogének	ARH 20 %-a	
NO	25	GTI-4/1
NO ₂	5	GTI-4/2
SO ₂	2	GTI-4/3
CO	30	



10. Összefoglalás és következtetések

A lítium-ion akkumulátorok égésük során a dinamika teljesen más egy elektromos tűz esetén, mintha egyéb esetekben.

Elsőre füstnek tűnhet, de valójában mérgező gázok keveréke, amely gyorsan és nagy mennyiségben keletkezik. Ezek a gázok a légkörbe kerülve a füsttől eltérően viselkednek, sűrűségük miatt gyakran a padló szintjén gyűlnek össze. Az adott lítium-ion akkumulátorból kibocsátott gázok toxicitása eltér a tipikus tűztől, és maguk is változhatnak, de mindegyik mérgező vagy éghető, vagy mindkettő. Nagy százalékban tartalmazhatnak hidrogént és hidrogénvegyületeket, köztük hidrogén-fluoridot, hidrogén-kloridot és hidrogén-cianidot, valamint szén-monoxidot, kén-dioxidot és metánt, más veszélyes vegyi anyagok mellett. "A felszabaduló gázok hidrogéntartalma gőzfelhő-robbanási kockázatot okozhat, amely jelentős károkat okozhat."). Bár a HF könnyebb a levegőnél, és kiszabadulva széteszik, a levegőnél

10 nehezebb gőz- és aeroszolfelhő képződhet

11. IRODALOM

[1] Mohai, Ágota - Elek Barbara: Tűzvédelmi mérnöki kihívások. In: Nagy, Rudolf (szerk.) Szilvay Kornél Tűzvédelmi Konferencia, Budapest, Magyarország : Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar (2023) 112 p. pp. 46-61. , 16 p.

[6] Kövecss Kornél tűzvédelmi szakember , Boda Zoltán LÍTIUM-ION AKKUMULÁTOROK TŰZVÉDELMI HATÁSAI, VIII. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok

[3]<http://www.vedelem.hu/hirek/264/2969-litiumion-akkumulatorok-%E2%80%93-mikor-gyulladnak-meg>

[4]<http://www.vedelem.hu/hirek/12/2971-mivel-oltsuk-a-litiumion-akkumulatorokat>

[5] <http://www.vedelem.hu/hirek/24/2965-konnyufemek-%E2%80%93-mi-olyan-kulonleges-a-femtuzekben>

[6] https://www.draeger.com/hu_hu/Products/X-am-5600

[7] Elek Barbara - Bodnár László - Horváth-Kálmán Eszter: Bányászati hulladékkezelő létesítmény tározójának kockázatelemzése. BIZTONSÁGTUDOMÁNYI SZEMLE 5 : 2 pp. 107-121. , 15 p. (2023).

[8] Elek Barbara - Kovács Gábor: Ipari tározók katasztrófavédelmi szempontú vizsgálata. In: Restás, Ágoston; Urbán, Anett (szerk.) Tűzoltó Szakmai Nap 2016. Budapest, Magyarország : BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (2016) 186 p. pp. 82-92.

[9] Lublósy Éva – Varga Ferenc: Non-destructive material testing possibilities of reinforced concrete structures after a fire. Védelem Tudomány, 6. 3. (2021), 53-79. ,

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!

mta.hu

