

Koburger Márk

## **Ipari akkumulátorok és töltési technológiájuk robbanásvédelme**

Robbanásveszélyes lenne a különféle ipari gépek akkumulátortöltési technológiája? Mely akkumulátor fajták okozzák a veszélyt? Hogyan válhat biztonságossá a töltési technológia? Ahhoz, hogy ezeket a kérdéseket megválaszolhassuk, mindeneelőtt meg kell ismernünk a különféle akkumulátorokat. Célunk, hogy bemutassuk az ipari gépekben használatos akkumulátorok közötti különbségeket, és rámutassunk, mely akkumulátor fajták töltése minősül robbanásveszélyes technológiának és mi a védekezés módja.

### **Normál ipari akkumulátorok**

Cikkünknek nem tárgya a robbanásveszélyes környezetben alkalmazható akkumulátor, a normál ipari akkumulátorok jellemzőinek bemutatása és a töltésük közben keletkező robbanásveszélyes tér kezelésének a módjának bemutatása a célunk. A robbanásveszélyt a (túl)töltés közben keletkező hidrogén gáz jelenti (a keletkező hidrogén és oxigén gáz mennyisége a Faraday-törvény alapján határozható meg), mely a levegő oxigénjével keveredve robbanóképes közeget hozhat létre.

#### **A veszélyt okozó anyag**

Anyag megnevezése:	HIDROGÉN GÁZ
Gázcsoport:	IIC
Hőmérsékleti osztály:	T1
Gyulladási hőmérséklet:	560°C
ARH:	4,0 trf% (3,4 g/m <sup>3</sup> )
FRH:	75,0 trf% (63,0 g/m <sup>3</sup> )
Relatív sűrűsége (dr):	0,07

*Jellemzői:* A Mengyelejev-féle periódusos rendszer I. főcsoportjába tartozó, igen magas gyulladási hőmérsékletű, jó hő- és elektrosztatikus vezető képességű, igen alacsony gyulladási energiájú (elektrosztatikus kisülésre igen érzékeny), levegőnél 14-szer könnyebb robbanásveszélyes gáz.

Az akkumulátorok több féle szempont szerint csoportosíthatóak.

Így a bennük lévő elektrolit alapján lehetnek:

- ***lúgos akkumulátorok,***
- ***savas akkumulátorok.***

Lúgos akkumulátor pl. a **Ni-Cd** (nikkel-kadmium), vagy a **Ni-Mh** (nikkel-metálhidrid). Ezek alkalmazása inkább a háztartásokban jellemző, ezért nem részletezzük őket.

A továbbiakban kizárólag a savas akkumulátorokról lesz szó. Az akkumulátorban ólomlemezek és kénsav található, mely a klasszikus, gépkocsikban alkalmazott akkumulátoroktól egészen a legfejlettebb technológiával készült (AGM) akkumulátorokban is megtalálható, csak más formában. Az akkumulátorokat felhasználás szempontjából két csoportra kell osztani:

- ***indító akkumulátorok,***
- ***meghajtó, munka vagy vonatató akkumulátorok.***

Az ***indító akkumulátorokkal*** kapcsolatos legfontosabb elvárás az, hogy rövid idő alatt igen nagy áramot legyenek képesek leadni. Ez a belső ellenállás csökkentésével biztosítható, mely jellemzően az ólomlemezek vékonyításával és azok felületének növelésével érhető el. Ezzel szemben a ***meghajtó,***

**munka vagy vonatató akkumulátorok** lemezei vastagabbak, felületük kisebb. Általános jellemzőjük, hogy csak kisebb áram leadására alkalmasak, azonban jobban bírják az ún. ciklikus üzemmódot (töltés-kisütés).

A harmadik csoportosítás, az akkumulátor felépítése, kialakítása szerinti, mely az evolúciója során komoly változásokon esett át. Mára a legtöbb nagynevű gyártó termékpalettáján megtalálhatók a felsorolásra kerülő akkumulátorok. Az ábrákon lévő márkanevek nem egy adott termék favorizálását, sokkal inkább a technológia bemutatását célozza meg, gyártótól függetlenül.

### **1.) Csekély karbantartást igénylő akkumulátor**

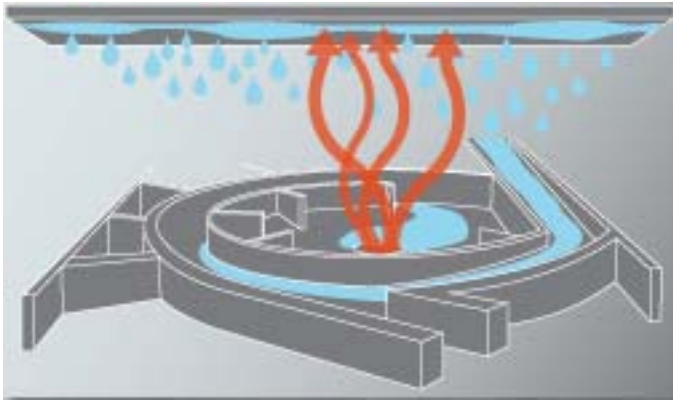
Itt azokra az ólom-savas akkumulátorokra kell gondolni, melyek esetében a töltés alatt komoly mennyiségű víz képes elpárologni és jelentős mennyiségű hidrogén gáz is keletkezik. A vegyi reakció során felmelegedő akkumulátorból elpárolgó vizet desztillált vízzel való utántöltéssel kell pótolni. A keletkező hidrogén gáz a töltő nyílások dugóin keresztül szabadon távozik. Egyaránt létezik belőle indító- és meghajtó akkumulátor is. A töltésük során robbanásvédelmi szempontból mindenképpen kitüntetett szerepük van, tekintettel a töltőáram nagyságától függő mennyiségben kilépő hidrogén gázra.

### **2.) Gondozásmentes akkumulátor**

Ezek az ólom savas akkumulátorok az 1-es pontban részletezett akkumulátorok tovább fejlesztett változatai, ahol egy speciális labirint fedél biztosítja azt, hogy a vegyi reakció során felmelegedő akkumulátorból kipárolgó víz jelentős része lekondenzálódjon, és vissza folyjon abba, jelentősen mérsékelve ezzel az elektrolit szint csökkenését. A labirint fedél nyitott, így annak központi kilégzőjén keresztül továbbra is kell számolni hidrogén gáz kilépésével. Minimális vízpára a nyíláson át eltávozhat, de az akkumulátor élettartama során az így elpárolgott mennyiség elenyésző. Egyaránt létezik belőle indító- és meghajtó akkumulátor is. A töltésük során robbanásvédelmi szempontból mindenképpen kitüntetett szerepük van, tekintettel a töltőáram nagyságától függő mennyiségben kilépő hidrogén gázra.

### **3.) Zselés, vagy géles akkumulátorok**

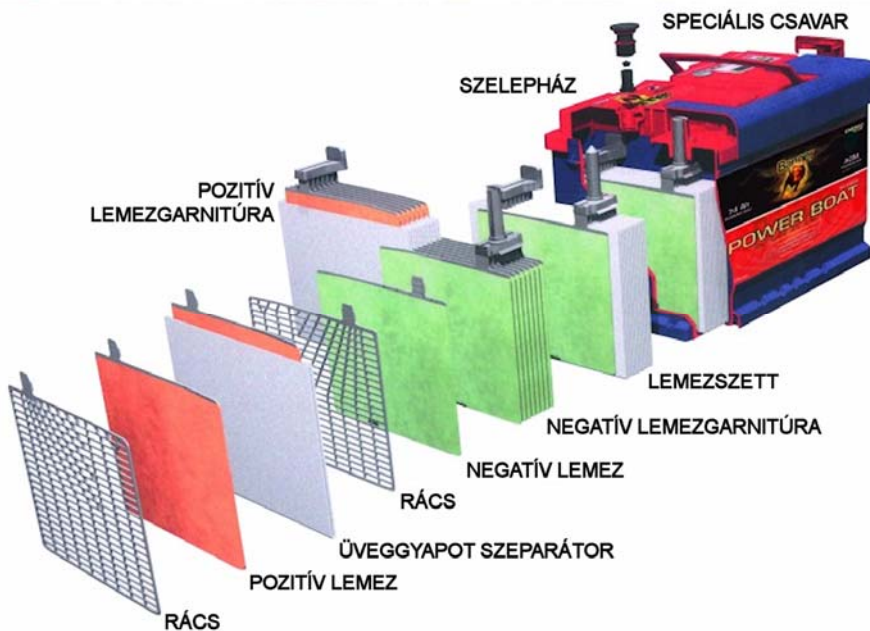
Ezekben az akkumulátorokban speciális gélesítő anyagot használnak a kénsav felitására (pl. szilikagél), megkötve ezzel azt. A zselés, vagy géles akkumulátorok teljesen zártak, azokból normál üzemben sem vízpára, sem pedig hidrogén gáz nem léphet ki. Ezek ún. VRLA akkumulátorok (**Valve Regulated Lead Acid** – zárt biztonsági szelepes ólomakkumulátorok), melyeken egy kb. 7 bar belső túlnyomásra kinyitó biztonsági szelep van. Normál üzemben a belső túlnyomás ennél kisebb. Tekintettel arra, hogy a gélesített kénsavas rendszer belső ellenállása nagyobb, mint az 1-es és 2-es pontban részletezett indító akkumulátoroké, ezért ezek kizárólag ciklikus üzemmódban, meghajtó akkumulátorként alkalmazhatóak (pl. szünetmentes tápegységek, vagyónvédelmi rendszerek, stb.). Robbanásvédelmi szempontból a töltésükkel nem kell foglalkozni, miután az akkumulátor teljesen zárt, hidrogén kilépés normál üzemben nem várható.



- Gondozásmentes akkumulátor



- Zselés, vagy géles akkumulátorok



- AGM akkumulátorok

#### 4.) AGM akkumulátorok

Az AGM (Absorbed Glass Matt – abszorbált/felitatott üvegszál) konstrukció esetében az akkumulátor ólomlemezei között egy bór-szilikát párna van, mely több hasznos tulajdonságot is kölcsönöz az ilyen rendszerű akkumulátornak:

- repedés, vagy törés esetén sem folyik ki az elektrolit;
- véd a lemezek közötti cellazárlat ellen;
- ellentétben a zselés akkumulátorral, az elektrolit nincs rátapadva az ólomlemezekre, ami a szulfátosodást jelentősen lecsökkenti;

Ezek, a zselés akkumulátorokhoz hasonlóan VRLA rendszerű akkumulátorok tehát teljesen zártak, azokból normál üzemben sem vízpára, sem pedig hidrogén gáz nem léphet ki (ún. gázrekombinációs képesség). Az AGM rendszerű akkumulátorok belső felépítésének köszönhetően, ezek az akkumulátorok kiválóan alkalmazhatók ott is, ahol nagy indítóáramra, és alkalmanként többszöri kisütésre (mélykisütésre) is szükség lehet (pl. hajózás, lakókocsi, stb.), így az egyes gyártók AGM rendszerű akkumulátorai egyszerre képesek megfelelni mindkét elvárásnak (nagy indító áram és ciklikus üzem). Robbanásvédelmi szempontból a töltésükkel nem kell foglalkozni, miután az akkumulátor teljesen zárt, így hidrogén kilépés normál üzemben nem várható.

## Akkumulátortöltési technológia

A továbbiakban a különféle töltőhelyek robbanásvédelmi szempontú kialakításával foglalkozunk. A felsorolt akkumulátorok közül kizárólag a 3-as és 4-es pontban tárgyalt **zselés, valamint AGM rendszerű akkumulátorok** esetében *nem kell számolni* normál üzemben hidrogén gáz kilépéssel.

A **karbantartásszegény, vagy karbantartásmentes akkumulátorok** esetében *normál üzemben számolni kell* hidrogén gáz kilépéssel. A leggyakrabban ezeket alkalmazzák a targoncákban, villamos munkagépekben, emelőekben, takarítógépekben (jellemzően ciklikus üzemmódban).

## Szabványok

Az akkumulátorok biztonságtechnikájával több szabvány is foglalkozik:

- az MSZ EN 50272-1:2011,
- az MSZ EN 50272-3:2003 és
- az MSZ 1600-16:1992.

A felsorolt szabványok közül az első kettő MSZ EN szabvány, használatuk nem kötelező. Ezzel szemben az MSZ 1600-16:1992 szabványé igen. A következőkben röviden összefoglaljuk, milyen biztonsági megoldásokat kell betartani a töltőhelyek környezetében **robbanásvédelmi szempontból**.

## MSZ EN 50272-3:2003

A szabvány a robbanásveszélyes gázkeverék kialakulását (>4 trf% H<sub>2</sub>-levegő keverék) természetes/mesterséges szellőztetéssel javasolja elkerülni. Ehhez a szabvány a következő képletet adja:

$$Q = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I_{\text{gas}} \cdot C_n / 100 \text{ [m}^3/\text{h]}$$

where

- Q = ventilation air flow [m<sup>3</sup>/h];  
 v = necessary hydrogen dilution factor = 24;  
 q = 0,42 · 10<sup>-3</sup> [m<sup>3</sup>/Ah] generated hydrogen;  
 s = safety factor = 5;  
 n = number of cells;  
 I<sub>gas</sub> = current producing gas during the gassing phase of charge [A/100Ah] (see Table 1)  
 C<sub>n</sub> = nominal capacity [Ah]

Az I<sub>gas</sub> meghatározásához használható táblázat a következő:

Charger characteristic	I <sub>gas</sub> for lead-acid battery vented cells	I <sub>gas</sub> for lead-acid battery valve regulated cells	I <sub>gas</sub> for NiCd battery <sup>a</sup>
IU charging	(voltage limit 2,4 V/c) 2 <sup>b</sup>	(voltage limit 2,4 V/c) 1 <sup>b</sup>	(voltage limit 1,55 V/c) 5 <sup>b</sup>
IUI charging	current in 3 <sup>rd</sup> charging step max. 6	current in 3 <sup>rd</sup> charging step max. 1,5	current in 3 <sup>rd</sup> charging step max. 5
Taper charging	minimum 25 % of nominal charger current at 2,6 V/c, typical values are in the range of 5 to 7 <sup>c</sup>	d	d

<sup>a</sup> For NiCd gas recombination type cells, consult the manufacturer.  
<sup>b</sup> Because of the large variations which can exist in battery design and installation, consult the manufacturer.  
<sup>c</sup> For simple taper charger without change-over of characteristic.  
<sup>d</sup> Taper charging is not typical for these batteries. For application consult the battery manufacturer.

A fenti képlet alapján kiszámított légcserét a szabvány szerint természetes szellőztetéssel, vagy mesterségesen létrehozott enyhe túlnyomással lehet biztosítani.

**Természetes szellőztetéskor** a légbevezető és légelvezető nyílások a következőképpen legyenek elhelyezve:

- egymással ellentétes falakon, vagy;
- azonos falon, egymás alatt-fölött legalább 2 m-re.

A légbevezető és a légelvezető nyílások méretének meghatározásához a következő – a szabvány által közölt – képlet alkalmazható:

$$A = 28 \cdot Q \quad [\text{cm}^2]$$

$$Q = \text{ventilation air flow [m}^3/\text{h]}$$

**Mesterséges szellőztetéskor** a befúvó ventilátornak és a töltési technológiának reteszkapcsolatban kell lennie. A helyiségből távozó levegőt a szabad tér irányába kell kivezetni.

## MSZ 1600-16:1992

Ez a kötelező érvényű szabvány foglalkozik többek között a villamos munkagépek töltésének a biztonságtechnikájával is és bemutatja annak biztonsági megoldásait is. Pontos címe: „Helyezkötött akkumulátorok telepítése, akkumulátorhelyiségek és -töltőállomások létesítése.” A szabvány első oldalán a következő szövegrész olvasható:

E szabvány tárgya azok az előírások, amelyeket helyhez kötött akkumulátorok telepítésekor, azok helyiségeinek, valamint jármű- és hordozható akkumulátorok töltőállomásainak létesítésekor az MSZ 1600-1 előírásain túlmenően kell betartani.

Nem vonatkozik e szabvány azokra a berendezésekre, amelyekben kizárólag **légmentesen zárt akkumulátorok** vannak, továbbá azokra a berendezésekre, amelyekben a töltőberendezés túláramvédelme önműködő kikapcsolással akadályozza meg a 0,5 kW-nál nagyobb töltőteljesítmény tartós leadását.

Emiatt a tervező cégek nem hagyhatják figyelmen kívül az MSZ 1600-16:1992 szabvány előírásait, melyek közül a legfontosabbakat összefoglaltuk:

- Töltőállomást kell létesíteni a 4 kW mértékadó töltési teljesítmény felett. A szabvány rámutat arra is, hogy a töltés során kialakuló robbanásveszélyes tér kiterjedése nem indokolja az egész helyiség „A”, fokozottan tűz- és robbanásveszélyes osztálybesorolását, helyette a „D”, mérsékelt tűzveszélyes besorolást is elfogadhatónak tartja – a töltőhely(ek) méretét és az épület légterét figyelembe véve.
- A szükséges légcserre kalkulálásához az MSZ 1600-16:1992 szabvány számítási módszert ad. Az eddigi tapasztalatok alapján az MSZ 1600-16:1992 szabvány alapján végzett számítások kisebb légcserét adtak eredményül, mint a már ismertetésre került MSZ EN 50272-3:2003 szabványban közölt egyszerűbb számítások. A biztonság irányába való eltérést jelent az, ha az MSZ EN 50272-3:2003 szabvány szerinti számításokkal kerül meghatározásra a légcserre szükséges minimális mértéke a cikkünkben már bemutatott módon.
- Természetes szellőztetés biztosításakor az MSZ 1600-16:1992 szabványban meghatározott nyitott felület minimális mérete megegyezik az MSZ EN 50272-3:2003 szabványban szereplő módszerrel kiszámíthatóval.
- A töltés helyének padozata legyen  $<10^8 \Omega$  vezetési ellenállású.
- A falazat és a mennyezet ne legyen gázelnyelő tulajdonságú.
- A padozat, falazat és mennyezet elektrolitnak ellenálló legyen.
- A helyiség villamos szerelése a marópárás helyiségekre vonatkozó előírások szerint történjen.
- A töltés indítása csak az egyenirányítónál történhet, miután az akkumulátorhoz csatlakoztatásra került a töltőkábel.
- A töltésre nem használt csatlakozó szerelvény ne érhesse le a padlóra.
- A töltőkábelen a polaritás jól látható módon legyen jelölve.

## Megoldások a gyakorlatban

Az MSZ 1600-16:1992 és MSZ EN 50272-3:2003 szabványokat a gyakorlatban a következőképpen lehet együtt alkalmazni.

- a.) Enyhén túlnyomásos, vagy kiegyenlített légtechnikájú helyiségbe kerüljön a töltési technológia – a szükséges légcserét a már bemutatott képletek segítségével lehet meghatározni. Túlnyomás esetén biztosított legyen, hogy a levegő csak a töltőhelyek feletti gyűjtőernyőn és a savgőzök eltávolítására szolgáló fix zsalun át távozhasson;
- b.) Az esetleg kikerülő kénsav gőz rendkívül korrozív anyag, ezért padlószint közelében az akkumulátorok mellett javasolunk kialakítani egy fix zsalut, ahol a savgőzök az enyhe túlnyomás hatására távozhatnak. A zsalu túloldalán se legyen olyan, amit a kikerülő savgőz megmarhat. Nagymennyiségben kikerülő savgőz ártalmatlanítására léteznek ún. vizes savas abszorberek, amelyek a kilépő savgőzöket vízen átáramoltatva kioldják azt – híg kénsav keletkezése mellett;

- c.) A hidrogén gáz összegyűjtésére egy – az akkumulátorok alapterületénél kb. 50 cm-rel nagyobb – gyűjtőernyőt javasolunk felszerelni olyan magasságban, hogy a jármű be tudjon állni alá. Biztosítva legyen (pl. korlátokkal, oszlopokkal), hogy a töltés kizárólag az ernyő alatt történhessen. A jármű helyzetét ellenőrizendő lehetséges egy olyan reteszkör kiépítése is, amely csak a jármű megfelelő pozíciója esetén engedélyezi a töltést.
- d.) A gyűjtőernyő közepén levő csonkot (kb. 50 mm-es átmérő) javasoljuk enyhe lejtéssel felfelé (a vízszinteshez képest 10 fokos szög már elég), sima falú csövön keresztül egyenesen a szabadba juttatni, ahol a légtechnikai csővezeték végét eső és "madárvédelemmel" kell ellátni. Elszívó ventilátor beépítése TILOS!
- e.) Minden szerkezeti elem, ami hidrogénnel találkozhat, készüljön horganyzott acélból, a savgőzzel találkozó pl. fixszalu pedig KO acélból, mely a kénsavgőzzel szemben ellenállóbb. Ez utóbbi készülhet horganyzott acélból is, de akkor fel kell készülni annak gyakori cseréjére (ennek rendszeressége a kilépő savgőz mennyiségétől függően, akár évenkénti is lehet) – mind a horganyzott acél, mind pedig a KO acél mechanikusan szikramentes szerkezeti anyag, EPH-ba való kötés esetén pedig rajtuk elektrosztatikus feltöltődés felhalmozódni nem képes;
- f.) Az akkumulátoroktól oldalra 0,5 m-es környezetben, lefelé 0,25 m-es környezetben, felfelé pedig a gyűjtőernyőig terjedő térrész besorolása **1-es zóna, IIC T1**. Itt lehetőleg ne legyen villamos gyártmány. Ha mégis szükséges (pl. gázérzékelő, esetleg világítás), az feleljen meg a zónabesorolásnak (ATEX szerint alkalmazási jel Ex II 1G vagy Ex II 2G, EPL szerinti Ga, vagy Gb). A töltő, annak vezérlő és visszajelző elemei kerüljenek a fenti robbanásveszélyes övezeten kívülre;
- g.) A hidrogén gáz elvezető cső teljes belső terének besorolása **1-es zóna, IIC T1**.
- h.) A cikkünk megírásakor már érvényben lévő MSZ EN 60079-10-1:2009-es szabvány alapján kiszámítottuk a szabadtéren telepített hidrogén gáz elvezető körüli robbanásveszélyes övezetet. 5 g/h hidrogén kibocsátást feltételezve, a robbanásveszélyes övezet kiterjedése a kibocsátási ponttól oldalirányban 0,5 m-es távolságig, felfelé 3,5 m-es magasságig, lefelé pedig 0,25 m-ig **2-es zóna, IIC T1**. Ebben a robbanásveszélyes övezetben nem lehet az MSZ EN 1127-1:2009 szabványban meghatározott gyújtóforrás, így nem szabad megfelelni a szabadtéren a villámvédelmi rendszer kialakításáról sem. A szabadtéri robbanásveszélyes övezetben ne legyen se homlokzati nyílászáró, se pedig légbeszívó elem.
- i.) Ha szükséges külön világítás, az kerüljön az ernyő aljával egy szintbe, attól kb. 1 m-re oldal irányban. Robbanásveszélyes övezeten kívül nem szükséges Ex-kivitelű gyártmányok alkalmazása. A világítás mindenképpen IP54 védettségű, zárt armatúrás legyen.
- j.) A padozat legyen vezetőképes, mert a rajta haladó személy feltöltődhet és a pl. fém szerkezetű járműhöz kisülhet.
- k.) Az MSZ EN 50272-3:2003 szabvány felhívja a figyelmet arra, hogy az akkumulátorokból a töltés megszűnését követően is kell számolni gázkilépéssel, ezért a töltés végeztével javasoljuk az akkumulátoros munkagépek kb. fél órás pihentetését a töltőállomás helyén.

A cikkben található ábrák és illusztrációk a [www.varta-automotive.hu](http://www.varta-automotive.hu), a [www.akkumania.hu](http://www.akkumania.hu), az [argep.hu](http://argep.hu) internetes oldalról, valamint az MSZ EN 50272-3:2003 és az MSZ 1600-16:1992 szabványokból kerültek felhasználásra.

Koburger Márk robbanásvédelmi ipari szakértő

EX-ON Mérnökiroda Kft. Tűzvédelmi Megfelelőséget Vizsgáló és Tanúsító Szervezet  
vizsgálólaboratórium vezetője

