



GUIA ASEPEYO DE BONES PRÀCTIQUES EN PREVENCIÓ D'INCENDIS EN BATERIES DE LITI

1. OBJECTE

2. INTRODUCCIÓ

3. TECNOLOGIA I APLICACIONS DE LES BATERIES D'IONS DE LITI

3.1 Aplicacions de les bateries d'ions de liti

3.2 Principals riscos de les bateries de liti

4. RISCOS I PERILLS D'INCENDI DE LES BATERIES D'IONS DE LITI

4.1 Riscos inherents a les bateries d'ions de liti

4.2 Causes de fallada de les bateries d'ions de liti

4.3 Etapes de les fallades de les bateries d'ions de liti

4.4 Riscos

4.5 Fugida tèrmica i els seus perills

5. MESURES PREVENTIVES

6. TRANSPORT DE BATERIES DE LITI

Asepeyo. Mútua Col·laboradora de la Seguretat Social núm. 151

1a edició: març 2025

Direcció de Prevenció

R1E25408

1.OBJECTE

El present document va dirigit a sensibilitzar en els aspectes fonamentals relatius a les bateries d'ions de liti, les característiques de funcionament, la tipologia, els usos principals i més comuns i, especialment, a la part de prevenció i protecció dels perills que aquesta tecnologia provoca, sent els incendis els més significatius.

2. INTRODUCCIÓ

Les bateries d'ions de liti subministren energia a molts tipus dels dispositius que avui dia ens envolten (telèfons intel·ligents, portàtils, tauletes, escúters, automòbils, drons, patinets, joguines, maquinària elèctrica portàtil i fins i tot vaixells). Són les bateries preferides en una gran varietat d'àrees, com poden ser la generació d'energia, comunicacions, indústria, vehicles i moltes altres aplicacions. Un mal ús o l'ús de bateries defectuoses pot causar incendis. Altres perills poden ser el contacte elèctric i els contaminants químics, que poden afectar tant a les persones, com al medi ambient.

Els beneficis de les bateries de liti, en comparació amb els acumuladors d'energia química convencionals (bateries de níquel i hidrur metàl·lic) són:

- Alta eficiència
- Baixa autodescàrrega
- Sense efecte memòria amb la majoria de les bateries secundàries
- Ampli rang de temperatura
- Elevat voltatge de cel·la

El control actiu de l'energia que s'està emmagatzemant i extraient de les bateries d'ions de liti és el principal motiu del seu ús creixent. La baixa freqüència d'incidents importants és la prova d'un disseny reeixit, aplicat a la utilització d'aquests productes energètics d'alta densitat. No obstant això, el control actiu de l'energia de la bateria no és suficient per a prevenir situacions crítiques de seguretat i es necessiten estratègies preventives de cara a minimitzar les greus conseqüències d'una fallada en una bateria d'ions de liti.

La presència de bateries d'ions de liti en un recinte representa un risc considerable d'incendi, ja que les bateries d'ions de liti combinen materials d'alta energia amb electròlits sovint inflamables. Qualsevol dany al separador de dins de les bateries (causat per motius mecànics o per altes temperatures) pot provocar un curtcircuit intern, amb una alta probabilitat de provocar una fugida tèrmica. Una vegada que una cel·la ha experimentat una fugida tèrmica, és molt probable que la calor es propagui a les cel·les adjacents, provocant una reacció en cadena amb conseqüències no desitjades i sovint catastròfiques.

Una estratègia basada en la prevenció de riscos, la detecció precoç, accions intervencionistes, extinció activa, així com en la separació física, s'ha de tenir sempre en compte per a limitar la probabilitat i les conseqüències d'un incendi de bateries d'ions de liti.

El creixent nombre de bateries d'ions de liti i una quantitat cada vegada major d'energia emmagatzemada en diferents suports d'emmagatzematge representa un nou risc d'incendi, on la protecció contra incendis és un desafiament. Veure: [Cada deu dies, l'any 2023, es crema un patinet elèctric a Catalunya](#).

La detecció molt primerenca juga un paper fonamental per a poder detenir la propagació de la fugida tèrmica i limitar significativament el dany general. La detecció dels gasos de fuga que s'alliberen durant les primeres etapes de la fallada de la bateria és un repte nou i els sistemes de detecció estan començant a emergir. Els sistemes de detecció de fum i calor també són aplicables amb la finalitat d'alarma contra els incendis i per a activar un sistema de protecció, en cas que la intervenció primerenca no tingui èxit.

Un altre aspecte important a tenir en compte és la toxicitat dels gasos i la contaminació de l'aigua utilitzada en l'extinció, que pot causar greus danys mediambientals. S'ha de preveure el tractament d'aquesta, habilitar sistemes perquè l'aigua contaminada no penetri en el subsol, causant greus danys al medi ambient i pugui ser tractada adequadament sense causar cap mal.

S'ha de tenir especial atenció i cura en la [retirada y reciclatge](#) d'aquests productes, perquè s'han produït [incendis](#) en [plantes de reciclatge](#) o en transports de materials per a reciclar i també l'auge [d'activitats de distribució i repartiment de menjar i paqueteria](#) que utilitzen aquests mitjans.

Finalment, quan s'extingeix un incendi en una bateria, encara perdura un risc d'incendi significatiu, ja que les bateries involucrades i afectades pel foc continuen calentes i presenten encara un potencial de ventilació de gasos combustibles i tòxics, que el poden revifar. Per tant, és necessari que les operacions de control posteriors a l'incendi comencin el més aviat possible, mitjançant personal equipat i capacitat. En alguns casos, l'incendi d'un cotxe elèctric s'ha solucionat submergint-lo un mínim de [48 hores](#) en un [contenedor amb aigua](#).

Per a no arribar al punt de l'incendi és molt important seguir les instruccions del fabricant de les bateries.

3. APLICACIONS DE LES BATERIES DE LITI

Les bateries d'ions de liti estan emergint ràpidament com a font d'energia i s'han convertit en la bateria escollida per moltes aplicacions, a causa de la seva elevada relació energia-pes.

Les bateries d'ions de liti varien àmpliament i continuen evolucionant en termes de materials de construcció, química i configuració. Són recarregables i contenen ions de liti en un electròlit inflamable. No contenen cap metall de liti lliure; no obstant això, en la majoria dels casos, les bateries d'ions de liti combinen materials d'alta energia amb electròlits altament inflamables.

Els recintes de les cel·les habitualment són de metall o d'un polímer que s'utilitza per a configurar cilindres (rotllo de gelatina), bosses/polímers (gelea aixafada), rotllo/llobres/fulles o prismàtics. Els càtodes són un liti recobert d'òxid, com per exemple l'òxid de cobalt de liti, amb un ànode de grafit en un electròlit, amb un separador de pel·lícula de polietilè.

Les bateries varien en grandària i configuració depenent del seu ús i aplicació. Les bateries més grans es poden trobar en sistemes d'emmagatzematge d'energia (ESS) i vehicles, mentre que les bateries més petites s'utilitzen en ordinadors portàtils i telèfons mòbils amb moltes aplicacions intermèdies.

La capacitat d'una bateria ens indica la quantitat d'energia continguda. Es mesura en mil·liamperes hora. A major nombre de mil·liamperes (mAh), més capacitat de càrrega.

Una classificació proposada per la normativa alemanya VDS (asseguradores alemanyes per a la prevenció de pèrdues) és la següent:

Bateries de liti de baix consum

Inclou totes les bateries d'una sola cel·la i les bateries petites, que s'utilitzen principalment per a ordinadors, multimèdia, petits dispositius electrònics i petits aparells, etc. Les de contingut inferior a 2 grams de liti metàl·lic per bateria i les de capacitat inferior a 100 Wh, en les bateries tipus d'ions de liti.



Bateries de liti de capacitat mitjana

Les bateries d'aquesta categoria són per a bicicletes amb accionament auxiliar elèctric (e-bike), e-escúters, vehicles elèctrics lleugers (LEV), equips de jardineria, però també les que s'utilitzen com a cel·les per a la producció de bateries d'alt rendiment. Les de contingut superior a 2 grams i inferior a 12 kg bruts de liti metàl·lic per bateria i les de capacitat superior a 100 Wh i menors de 12 kg bruts, en les bateries tipus ions de liti.



Bateries de liti d'alt rendiment



Les bateries d'aquesta categoria es caracteritzen per un rendiment particularment alt, que resulta de la combinació i connexió de cel·les de rendiment mitjà en un sistema.

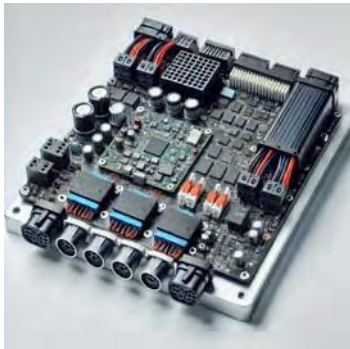
Actualment, les àrees d'aplicació són principalment l'electromobilitat (automoció) i els grans dispositius independents de la xarxa. Les de contingut superior a 2 grams i superior a 12 kg bruts de liti metàl·lic per bateria i les de capacitat superior a 100 Wh i/o superiors a 12 kg bruts, en les bateries tipus d'ions de liti.

Les bateries estan disposades en sèrie per a augmentar el voltatge i, en paral·lel, per a augmentar la capacitat.

3.1 Aplicacions de les bateries de liti

Les bateries d'ions de liti disposen de nivells de capacitat superiors, combinats amb un funcionament fiable, en comparació amb altres formes de tecnologia de cel·les i bateries, inclòs el níquel cadmi (Ni-Cd) i l'hidrur metàl·lic de níquel (NiMH). Per les seves característiques, les bateries d'ions de liti s'han convertit en la tecnologia escollida en una gran varietat d'àrees que inclouen, entre altres, aplicacions de generació d'energia, comunicacions, industrials, vehicles militars i aeroespacials.

Sistemes de gestió de bateries (BMS)



El component electrònic més important de moltes aplicacions de bateries d'ions de liti és el sistema de gestió de la bateria (BMS) que, a més de controlar i monitorar l'estat de càrrega a nivell de cel·la i de sistema, també realitza el control i la gestió de la temperatura durant els cicles de càrrega i descàrrega. Per exemple, en cas que la temperatura augmenti, la càrrega s'interromp i es talla l'energia, perquè la bateria pugui refredar-se.

Un BMS eficient manté les cel·les en el rang operatiu (temperatura, voltatge i corrent) de seguretat previst, de manera que evita la sobrecàrrega i la descàrrega excessiva, deshabilitant qualsevol element defectuós, per a millorar el seu rendiment i la seva durabilitat.

3.1.1 Petits dispositius portàtils individuals recarregables i altres productes electrònics d'ús comú

El terme genèric "dispositius portàtils" cobreix una àmplia gamma d'aplicacions per a aquest tipus de bateries per a consum i l'ús professional.

Inclou telèfons mòbils, telèfons intel·ligents, ordinadors portàtils, tauletes, lectors electrònics, càmeres i molts altres aparells electrònics alimentats per bateries recarregables (per exemple, aparells elèctrics, etc.). Aquests productes habitualment estan equipats amb bateria de capacitats de 2 fins a 30 Wh.



Dispositiu	Capacitat de les bateries
Càmeres	2,5 - 9 Wh
Mòbils i telèfons intel·ligents	7 – 10 Wh
Portàtils i tauletes	15 – 27 Wh
Aparells elèctrics	3,6 – 18 Wh

3.1.2 Petita mobilitat elèctrica

La mobilitat elèctrica petita es compon de diferents tipus d'equips/vehicles més petits que faciliten el moviment d'una o dues persones i que estan equipats amb un motor elèctric, a més de l'accionament humà. Aquests extreuen la seva energia principalment de bateries recarregables externes. Les bateries d'aquests productes varien normalment entre 50 a 1.250 Wh.

Equip / Vehicle	Capacitat de la bateria
Patinets	50 – 500 Wh
Bicicletes elèctriques	500 -1.250 Wh



3.1.3 Sistema d'energia d'emergència o UPS (font d'alimentació ininterrompuda)

Un sistema d'energia d'emergència és una font independent d'energia elèctrica, que dona un important suport als sistemes elèctrics, quan es produeix una pèrdua de la font normal d'alimentació. Un sistema d'energia de reserva pot incloure un generador de reserva, bateries i altres aparells.

Els sistemes d'energia d'emergència s'instal·len per a protegir la vida i els béns de les conseqüències de la pèrdua de la font d'alimentació elèctrica primària. És un tipus de sistema d'energia contínua. S'utilitzen en una àmplia varietat d'entorns, des de cases a hospitals, laboratoris científics, centres de dades, equips de telecomunicacions i vaixells.

	Capacitat de la bateria
Petita	1 – 5 kWh
Mitjana	50 – 100 kWh
Gran	100 – 200 kWh

Les bateries d'aquests sistemes varien d'1 a 200 kWh.

3.1.4 Mobilitat elèctrica i automoció elèctrica (electrificació de vehicles)

La mobilitat elèctrica comprèn tots els vehicles i embarcacions que són propulsats per un motor elèctric i obtenen la seva energia, principalment, de la xarxa elèctrica. En altres paraules: que es poden recarregar externament. Això inclou:

- Vehicles elèctrics (EV)
- Vehicles amb motor elèctric i petit motor de combustió (vehicles elèctrics d'autonomia estesa – REEV)
- Vehicles híbrids que es poden recarregar a través de la xarxa elèctrica (vehicles elèctrics híbrids endollables - PHEV)
- Autobusos elèctrics
- Vaixells/vaixells elèctrics

Els cotxes elèctrics (EV) disponibles actualment en el mercat presenten capacitats de bateria d'un rang d'entre 25–100 kWh, mentre que altres vehicles poden arribar fins a 2.500 kWh.

Model	Capacitat de la bateria
Fiat 500	24 – 42 kWh
Renault Zoe	41 – 52 kWh
Tesla Model 3	60 – 75 kWh
Volkswagen ID.3	45-77 kWh
Ford Mustang Mach-E	75,7-98,8 kWh
Porsche Macan	100 kWh
Autobusos elèctrics	100 – 500 kWh
Petites embarcacions	20 – 200 kWh
Grans embarcacions	200 – 2.500 kWh



3.1.5 Sistemes d'emmagatzemament d'energia (ESS)



Els sistemes d'emmagatzematge d'energia de bateria (ESS) cobreixen una àmplia gamma d'aplicacions en el subministrament d'electricitat, des de la generació fins al consum. Ajuden a optimitzar el rendiment dels actius, en suavitzar les demandes d'energia en tota la xarxa, establir la freqüència i el voltatge i equilibrar les variacions entre l'oferta i la demanda en entorns de subministraments d'electricitat per a usos industrials i domèstics.

Alguns exemples d'aplicacions ESS:

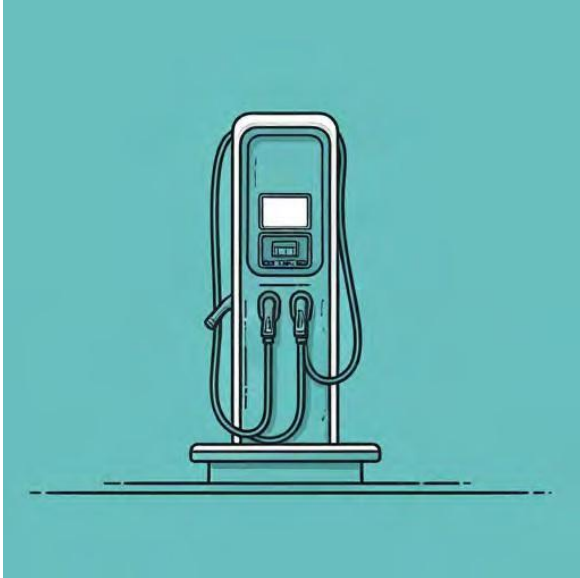
- Aplicacions de subministrament elèctric per a xarxes i microxarxes
- Subministrament d'electricitat per la indústria
- Integració d'energies renovables

Actualment, els ESS estan disponibles en el mercat amb capacitats de bateria en un rang d'entre 5 i 500 kWh i en moltes aplicacions amb una capacitat de diversos milers de kWh. A causa de l'alta energia emmagatzemada, els sistemes d'emmagatzematge d'energia en bateries d'ions de liti són una aplicació amb una clara necessitat de protecció integral contra els incendis.

3.2 Principals riscos de les bateries de liti

3.2.1 Riscos elèctrics

Riscos:



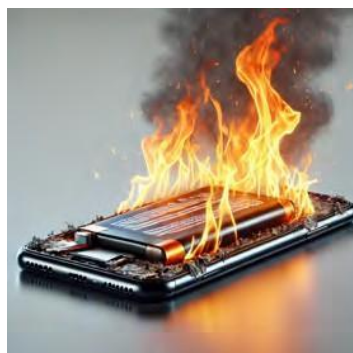
- Electrificació, fins i tot electrocució (cremades internes, contraccions musculars, alteracions del ritme cardíac, mort, etc.)
- Arc elèctric (cremades externes, esquitxades de metall fos, danys oculars i auditius, etc.)

Causats per:

- Contacte directe o indirecte amb els terminals o connectors de la bateria
- Curtcircuit de la bateria
- Creació d'un arc durant les operacions de desconexió de la bateria

Mesures de prevenció:

- Utilitzar bateries amb connectors que disposin de protecció contra el contacte directe (índex de protecció d'almenys IP2X o IPXXB).
- Desconnectar únicament les bateries descarregades.
- Instal·lar proteccions (tapes aïllants) en les parts vives despallades.
- Evitar que les bateries entrin en contacte entre si durant l'emmagatzematge.
- Formar als operadors en la prevenció del risc elèctric i, si és el cas, autoritzar-los per a l'ús d'aquests equips.



3.2.2 Riscos químics

Riscos:

- Presència d'electròlits perillosos i elèctrodes que contenen òxids metàl·lics tòxics (amb conseqüències segons la composició: cremades en la pell, efectes nocius en determinats òrgans en cas d'ingestió, inhalació o contacte amb la pell, lesions oculars greus, al·lèrgia cutània, etc.).
- Fugida o gasificació de compostos perillosos en cas de mal ús (exposicions per inhalació i contacte amb la pell).

Causats per:

- Fugida tèrmica de la bateria després d'un mal funcionament: fugides d'electròlits alliberament de compostos perillosos.
- Carregadors inadequats o mal ús.
- Alliberament de pols tòxic durant els processos de reciclatge de bateries.

Mesures de prevenció:

- Evitar la fugida tèrmica
 - Anar amb compte de no colpejar, deixar caure o perforar les bateries en manipular-les.
 - Seguir les instruccions d'emmagatzematge proporcionades pel fabricant (rang de temperatura i humitat, taxa de càrrega, etc.)
 - Utilitzar carregadors adequats.
 - No fer un mal ús de les bateries (per exemple, no carregar-les massa ràpid).
- En cas de manipular un gran nombre de bateries, dedicar un espai a aquesta activitat, dotat d'equips de protecció col·lectius (aspiració) per evacuar els gasos.
- Projectar àrees o espais d'emmagatzemament amb pisos impermeables o contenidors impermeables.
- Capacitar a les persones treballadores sobre els riscos químics específics de les bateries de liti.

3.2.3 Riscos d'incendi i explosió

Riscos:

- Formació d'atmosferes explosives.
- Creació d'una font d'ignició, focus d'incendi (sobreescalfament, flames, curtcircuit, etc.)
- Projectió de material en flames (elèctrodes, electròlit).

Causats per:

- Fugida tèrmica de la bateria després d'un mal funcionament: gasificació.
- Carregador no adequat.
- Ús d'electròlits i elèctrodes combustibles o inflamables (inclòs el liti i els seus aliatges).

Mesures preventives:

- Evitar la fugida tèrmica (vegeu l'apartat anterior).
- Ventilar les sales de càrrega i emmagatzematge i senyalitzar-les clarament.
- Emmagatzemar les bateries en àrees o gabinets específics resistent al foc. Utilitzar armaris d'emmagatzematge de seguretat. Per a bateries fetes malbé veure informació a continuació.
- En cas de manipular un gran nombre de bateries, dedicar una àrea a aquesta activitat, dotada d'equips de protecció col·lectius (aspiració) per a eliminar les emanacions gasoses.
- Indicar clarament què fer en cas d'emergència.
- Capacitar les persones treballadores sobre els riscos d'incendi i explosió específics de les bateries de liti.
- Transportar les bateries en les condicions establertes en l'ADR (embalatge, etiquetatge), evitant cops que puguin danyar-les durant la càrrega, el transport i la descàrrega.

Bateries fetes malbé: Compte amb el perill!



Una bateria, nova o usada, està feta malbé si sembla deformada, inflada, perforada o si mostra una fugida d'electròlit. El dany no sempre és visible i generalment prové d'un cop, d'una caiguda o d'una agressió tèrmica.

Les bateries fetes malbé presenten riscos de fugida tèrmica, riscos de curtcircuits, riscos químics a causa de la fugida d'electròlits, riscos d'incendi per l'exposició del liti a la humitat de l'aire i riscos d'explosió en cas de combustió descontrolada.

Per a prevenir aquests riscos, algunes regles de prevenció:

- Mantenir les bateries danyades allunyades d'altres bateries, lluny de la humitat i les fluctuacions de temperatura.
- Emmagatzemar les bateries danyades en recipients no metàl·lics, no combustibles, hermètics, equipats amb una vàlvula reductora de pressió i que continguin material absorbent.
- Manipular les bateries danyades únicament en àrees ventilades i amb precaucions especials (eines aïllants, EPI, etc.).
- Observar i vigilar amb atenció les bateries danyades (augment de la temperatura, aparició d'inflor, etc.).
- És imprescindible disposar d'una dutxa de seguretat, un lloc per rentar-se els ulls i un lloc de primers auxilis.



3.2.4 Riscos de trastorns musculoesquelètics

Riscos:

- Mal d'esquena
- Dolor a les extremitats superiors

Causats per:

- Maneig de bateries pesades
- Gestos repetitius (per exemple, en ordenar)
- Postures incòmodes

Mesures preventives:

- Dissenyar els llocs de treball amb principis ergonòmics.
- Proporcionar equips mecànics per al maneig de les bateries més pesades.
- Rotar tasques per evitar gestos repetitius.
- Capacitar a les persones treballadores sobre les eines o mètodes disponibles per evitar o reduir el transport de càrregues i els seus efectes.

4. RISCOS D'INCENDI I PERILLS DE LES BATERIES D'IONS DE LITI

El control actiu de l'energia emmagatzemada i extreta de les bateries d'ions de liti ha fet possible la seva creixent utilització. La freqüència relativament baixa d'incidents importants és testimoni del disseny reeixit aplicat a aquest aspecte crític de l'ús d'aquests productes energètics d'alta densitat. No obstant això, ocorren incidents i múltiples.

Es necessiten mesures de seguretat per a minimitzar les greus conseqüències d'una fallada en una bateria d'ions de liti.

4.1 Riscos inherents a les bateries d'ions de liti

Per a comprendre el risc d'incendi inherent de les bateries d'ions de liti, és important comprendre primer la tecnologia de la bateria.

En el cor del sistema de bateria es troben els electroquímics.

Cada cel·la d'ions de liti consta de dos elèctrodes, l'ànode (elèctrode negatiu) i el càtode (elèctrode positiu).

Aquests elèctrodes consisteixen en un col·lector i un material actiu aplicat. Entre els dos elèctrodes hi ha l'electròlit conductor d'ions (típicament inflamable). Aquesta és una barreja de sals de liti dissoltes en dissolvents orgànics, amb diversos additius, que actua com a mediador dels processos d'intercanvi iònic dins de la cel·la.

Finalment, compta amb un separador que assegura la separació elèctrica dels elèctrodes, al mateix temps que facilita l'intercanvi iònic eficient.

Com les bateries d'ions de liti combinen materials d'alta energia amb electròlits sovint inflamables, perquè utilitzen dissolvents, com a carbonat d'etil barrejat amb carbonats lineals de major volatilitat, qualsevol dany al separador (per causes mecàniques o altes temperatures) conduirà a un curtcircuit intern, amb una alta probabilitat de dany tèrmic fora de control. Les situacions crítiques per a la seguretat són gairebé inevitables.

És important destacar també que el liti en forma metàl·lica, així com alguns dels seus aliatges, reaccionen violentament amb la humitat de l'aire.

Per a determinades indústries i aplicacions, les cel·les de la bateria estan contingudes en paquets de bateries segellats amb classificació IP. Aquesta pot dificultar o impossibilitar l'aplicació de l'agent de protecció contra incendis a les cel·les de la bateria. La metodologia de construcció té un gran impacte en el risc i en les estratègies per a reduir els danys.

4.2 Causes de fallada de les bateries d'ions de liti

La fallada de les bateries d'ions de liti i el risc resultant de sobreescalfament i/o autoignició pot ser el resultat d'una o més causes:

- Defectes interns de fabricació (defectes de material, contaminació, defectes de muntatge/construcció).
- Dany físic (durant el muntatge en productes acabats, enviament, manipulació, eliminació de deixalles o durant el servei; sigui accidental o maliciós).
- Defecte del separador a causa de la formació de dendrites (per envelliment no detectat i posterior curtcircuit intern).
- Perill mecànic (aixafament / penetració).
- Perill tèrmic
 - Exposició a altes temperatures (és a dir, emmagatzematge sense control de temperatura).
 - Exposició a les flames.
 - Calor de les cel·les adjacents*.
- Perill elèctric
 - Sobrecàrrega / sobre descàrrega.
 - Curtcircuit.

* Les bateries d'ions de liti, com per exemple les que s'utilitzen en els vehicles elèctrics, tenen centenars, fins i tot milers de cel·les individuals. Si una sola cel·la se sobreescalfa, s'incendia o fins i tot explota, la propagació de calor a la cel·la adjacent pot conduir ràpidament a una situació catastròfica.

4.3 Etapes de les fallades de les bateries d'ions de liti

Les fallades de les bateries d'ions de liti tenen quatre etapes distintes, que són les següents:

1. Fallada de la bateria
2. Alliberament de gasos
3. Fum
4. Incendi

4.3.1 Alliberament de gasos

L'alliberament de gasos té lloc abans de la fugida tèrmica, augmenta quan la fugida tèrmica ocorre i continua després. En general, les cel·les cilíndriques i prismàtiques tenen respiradors d'alleujament de pressió, dissenyats específicament per a alliberar la sobrepressió. Les cel·les de petaca normalment no tenen mecanismes d'alliberament de pressió. En canvi, la petaca es pot expandir fins a un cert punt per a acomodar algun grau d'alliberament de gasos, però està dissenyada per a esclatar (sovint al llarg d'una costura o punt feble deliberat) perquè la sobrepressió s'alleugi d'una manera/ubicació predictable. Aquesta emissió de gasos inicial brinda una bona oportunitat per a una intervenció primerenca, sempre que pugui detectar-se.

4.3.2 Fum

Quan les temperatures generades per una bateria defectuosa comencen a excedir els límits de disseny dels materials de construcció, la seva descomposició produirà fum, específicament format per les partícules de descomposició que es transporten en corrents d'aire tèrmic que acompanyen a les altes temperatures. En alguns casos, com quan la fallada de la bateria és provocada per la calor externa, el fum pot alliberar-se abans que es produeixi l'alliberament de gasos. La detecció precoç de fum en aquesta etapa pot i ha d'utilitzar-se per a iniciar mesures d'intervenció. Per contra, quan la calor es genera internament a causa d'una altra fallada (p. ex., sobrecàrrega), és més probable que es produeixi fum i temperatures externes més altes després que s'hagin alliberat els gasos.

4.3.3 Foc

Amb temperatures elevades, núvols de gasos potencialment inflamables i quantitats en augment de fum, la transició a un incendi i el desenvolupament de flames és gairebé inevitable. La fugida tèrmica sense control es propaga a les cèl·lules adjacents amb un creixement exponencial de la temperatura.

4.4 Riscos

Des del moment en què s'inicia un incendi i es desenvolupa, la tasca passa de la prevenció de l'incendi a la supressió i contenció. La mera presència de bateries d'ions de liti en un recinte representa un risc considerable d'incendi, ja estiguin emmagatzemades o operatives. Per tant, sempre s'han de prendre mesures per a limitar la propagació del foc en cas que ocorri. La contenció és una mesura fonamental en relació amb la minimització del risc i ha de tenir en compte les greus conseqüències de l'incendi d'una bateria d'ions de liti, que inclouen:

- Alliberament de gasos tòxics (HF, CO, CO₂, POF₃, etc.)
- Alliberament de calor
- Crema de materials inflamables
- Risc d'explosió

4.5 Fugida tèrmica i els seus perills

4.5.1 Què és una fugida tèrmica?

La fugida tèrmica de la bateria d'ions de liti ocorre quan una sola cel·la, o l'àrea dins d'una cel·la, assoleix temperatures elevades a causa de fallada tèrmica, mecànica, curtcircuit intern/extern, sobredescàrrega, sobrecàrrega o abús electroquímic. Quan la temperatura interna de la cel·la augmenta prou per a encendre l'electròlit, que és un líquid orgànic, el material d'òxid en el càtode es descompondrà i alliberarà oxigen. Així, en la cèl·lula danyada hi ha combustible (electròlit orgànic líquid) i oxigen (dels òxids en el càtode), ingredients per a un foc que pot generar el seu propi oxigen, fent-lo extremadament difícil d'extingir.

A temperatures elevades (abans de la fugida tèrmica), comença la descomposició exotèrmica dels materials de la cel·la. Com a conseqüència, la pressió interna dins de la cel·la s'acumularà fins que el vapor d'electròlit s'alliberi inicialment a través d'un alleujament, vàlvula o per la fractura controlada de la cuirassa. La detecció precoç dels vapors ventilats durant les etapes inicials de l'alliberament de gasos pot oferir l'oportunitat d'intervenir en els processos que envolten a la bateria, en particular la càrrega i sistemes de refredament que els suporten. En aquesta etapa els gasos dominants són els electròlits solvents.

Eventualment, la velocitat d'autoescalfament de la cel·la és més gran que la velocitat a la qual la calor es pot dissipar a l'entorn, la temperatura de la cel·la augmenta exponencialment, finalment es perd l'estabilitat i es produeix una fugida tèrmica. En aquesta etapa els gasos emesos són indicatius de descomposició tèrmica i inclouen CO, CO₂ i H₂. La pèrdua de l'estabilitat també dona com a resultat que tota l'energia tèrmica i electroquímica restant s'alliberi a l'entorn.

La fugida tèrmica generalment comença en una sola cel·la, abans que la propagació tèrmica creï un efecte va dominó a través de les cel·les adjacents. En cas que comenci la fugida tèrmica:

- Cap tecnologia ha estat provada per a detenir l'acceleració tèrmica en una cel·la.
- No necessita oxigen per a desenvolupar-se,
- Inicialment dura alguns segons només en una sola cel·la, segons el nombre de cel·les en un sistema de bateria i per efecte dominó pot durar des d'hores fins a diversos dies en total.
- Per tant, provoca altes temperatures (més de 600 °C) en els materials, que poden durar moltes hores.

4.5.2 Causes d'una fugida tèrmica

El disseny complex i intricat, la densitat d'energia cada vegada major i l'envelliment de la bateria són les causes del perill. Els defectes i danys físics també poden crear curtcircuits interns que provoquen fallades en les cel·les.



La fase de fugida tèrmica produeix un augment de la temperatura i un alliberament de calor, a més de ventilació/desgasificació dels electrolits inflamables/tòxics. Això accelera la fallada de la cel·la. Sense contramesures, es genera una barreja explosiva de gas i aire: si hi ha present una font d'ignició, es produirà una explosió. Si no es deté l'escalfament, es produirà una fugida tèrmica.

El potencial de fugida tèrmica està influenciat per l'estat de la càrrega, les condicions operatives, els materials dels elèctrodes de la bateria, l'electròlit i el separador.

5. MESURES PREVENTIVES CONTRA INCENDIS

Prevenió (protecció passiva/preventiva contra incendis)

- Compliment de totes les especificacions del fabricant i fitxes tècniques del producte.
- Prevenió de curtcircuits externs (protecció contra curtcircuit dels pols de la bateria, per exemple, mitjançant l'ús de tapes de pols).
- Prevenió de curtcircuits interns (protecció contra danys mecànics).
- No exposar directament i permanentment a altes temperatures o fonts de calor.
- La correcta elecció dels materials.
- Retardants de flama agregats per a l'estabilitat tèrmica de la bateria.
- Es necessita una compartimentació i separació adequades de les bateries.
- Es requereix una gestió precisa de l'energia i un control durant la càrrega i descàrrega de les bateries. Supervisió mitjançant el sistema de gestió de bateries (BMS).

Detecció d'incendis

- La detecció en les primeres etapes d'un risc pot proporcionar temps per a intervenir i evitar una amenaça en augment. Aquí juguen un paper destacat els sistemes de detecció de gasos combustibles i els sistemes de detecció de fums per aspiració més eficaços que els tradicionals, pel seu principi de funcionament.
- Pot proporcionar un senyal adequat per a l'inici d'un sistema de protecció contra incendis si falla la intervenció primerenca.

Protecció contra incendis

- Extingir les flames externes, però l'extinció de les flames per si sola no és suficient.
- La refrigeració és fonamental per a reduir les altes temperatures que es produeixen.
- Refredar durant tot el procés de fugida tèrmica en el mòdul encès. El disseny ha de garantir que el refredament sigui possible durant un període prou llarg perquè el perill disminueixi.
- Detenir la propagació de fugides tèrmiques des del mòdul incendiats a altres mòduls.

En totes les etapes és important tenir en compte que existeixen diferents fabricants de bateries, molts tipus de bateries i productes químics en el mercat.

6. TRANSPORT DE BATERES DE LITI

Les piles i bateries de liti estan classificades en el reglament de transport de mercaderies perilloses (ADR: Acord per al transport de mercaderies perilloses per carretera) com a mercaderies perilloses i estan identificades amb un número ONU.



■ Etiqueta de classe 9A

3090	Bateries de liti metall (incloses les bateries d'aliatge de liti)
3091	Bateries de liti metall contingudes en equips (inclou bateries d'aliatge de liti)
3091	Bateries de liti metall empaquetades amb l'equip (inclou bateries d'aliatge de liti)
3480	Bateries d'ions de liti (incloses les bateries de membrana de polímer d'ions de liti)
3481	Bateries d'ions de liti contingudes en l'equip (incloses les bateries de membrana de polímer d'ions de liti)
3481	Bateries d'ions de liti empaquetades amb equip (inclou bateries de membrana de polímer d'ions de liti)
3536	Bateries de liti instal·lades a vehicles de transport (bateries de liti, bateries d'ions o de metall de liti)

Els números ONU per a piles i bateries de liti són classe 9 – M4 (classe 9: materials i objectes diversos perillosos; M4: bateries de liti) indica que s'ha d'informar sobre els embalatges i en els documents de transport.

Les piles i bateries de liti estan subjectes a l'etiquetatge de classe 9A per al transport. Aquesta etiqueta apareix en l'envàs.

S'apliquen diferents requisits per al seu transport, per exemple, una restricció és el pes transportat, a excepció de les bateries codi UN 3536 instal·lades en equips de transport, i una restricció de circulació en túnels.

El document de transport ha d'esmentar les frases previstes en l'ADR, i les instruccions específiques de seguretat relacionades amb la perillositat dels residus de les piles i bateries de liti i ha de ser conegut pel personal del transport (risc de cremades, risc d'incendi, risc d'explosió i riscos per al medi ambient en cas de vessament).

Atenció

Segons els codis de l'ONU, diverses disposicions especials permeten exempció total a l'ADR per al transport. Depenent de si és d'ions de liti o cel·les o bateries de liti metall, les disposicions especials s'apliquen sobre la base dels següents criteris:

- Continguts màxims de liti
- Valors de capacitat energètica
- Massa de les mercaderies
- Piles o bateries integrades o no en l'equip, massa total en l'equip

No obstant això, aquestes disposicions especials van acompanyades de condicions d'embalatge que han de complir-se per a beneficiar-se d'elles. S'ha de fer referència a l'ADR per a valorar tots els casos especials possibles i els seus criteris, i definir els procediments adequats mitjançant un conseller de seguretat en el transport de materials peril·losos (TDG).

Si les piles o bateries estan danyades o són defectuoses s'ha d'indicar en l'embalatge el següent: "Bateries o bateries d'ions de liti danyades/defectuoses" o "Cèl·lules o bateries de liti metall danyat/defectuós".

L'embalatge de piles i bateries danyades o defectuoses no és probable que reaccioni peril·losament si es duu a terme d'acord amb les disposicions del procediment ADR P908 (o LP904). Els borns de les bateries danyades han d'estar protegits. Les bateries han d'estar col·locades individualment en un embalatge interior segellat tancat i no conductor d'electricitat, col·locat tot en un embalatge exterior incombustible en el qual s'afegeix un material d'amortiment, sec i no conductor de l'electricitat (tipus vermiculita), evitant les vibracions, el fregament i els cops durant el transport. Si la seva massa supera els 30 kg, han d'embalar-se individualment.

Si les cel·les i les bateries estan danyades o són defectuoses i propenses a reaccionar peril·losament (producció de flama, alliberament de calor, emissió de substàncies tòxiques, corrosives i inflamables en condicions normals de transport), el seu embalatge es realitza d'acord amb les disposicions del procediment ADR P911 (o LP906), en contenidors respectant en particular els següents criteris de seguretat:

- Embalatge resistent a la calor (100 °C màxim en la superfície exterior, pic màxim en 200 °C màx.).
- Dispositiu de protecció contra sobrepressió.
- Estanquitat del paquet en cas d'ignició a l'interior.

Quan les piles i bateries es transporten per a la seva eliminació o reciclatge, els seus embalatges han de portar el corresponent rètol “Piles o bateries de liti per a l'eliminació” o “Piles o bateries de liti per a reciclar”. Si les cel·les i les bateries estan fetes malbé o són defectuoses, s'ha d'esmentar. Per a cada unitat de transport s'ha d'elaborar una fitxa de seguiment de residus peril·losos.

