

ÚTMUTATÓ AKKUMULÁTOROS ENERGIATÁROLÓK · 18 PERC · 2026. AUGUSZTUS 23.

Termikus elhatárolás az akkumulátoros energiatárolóban: tűzálló anyagok a hőmegfutás ellen

Hogyan korlátozhatják az akkumulátoros energiatárolók (BESS) tervezői és üzemeltetői a hő terjedését cella, modul, rack és konténer között — előírások, anyagválasztás, beépítés, vizsgálat és karbantartás a tűzálló falazás szemszögéből.

Mi történik hőmegfutáskor — és miért az idő a döntő tényező

A hőmegfutás egyetlen cellában kezdődik: belső zárlat, mechanikai sérülés, túltöltés vagy gyártási hiba következtében a cella hőmérséklete annyira megemelkedik, hogy az elektrolit bomlása önmagát gyorsítja. Másodperceken belül több száz Celsius-fok, éghető gázok (hidrogén, szén-monoxid, szénhidrogének) és forró részecskékből álló sugár keletkezik. Ebben az állapotban magát a cellát már nem lehet eloltani — a reakció addig zajlik, amíg a tárolt energia el nem fogy.

A berendezésre nem az az egy cella jelent veszélyt, hanem a terjedés (propagáció): az első cella hője addig melegíti a szomszédos cellákat, amíg ott is túllépik a küszöbértéket. Elhatárolás nélkül a láncreakció végigfut a modulon, a rackon és végül a konténeren. Minden olyan szint, amely perceket késleltet a továbbterjedésen, időt ad az akkumulátorkezelő rendszernek a lekapcsolásra, a gázelvezetésnek a szellőztetésre és a tűzoltóságnak a kiérkezésre.

Megjegyzés: A tűzálló anyagok alapfeladata — Nem oltani, hanem elválasztani: a szintek közötti hőgát a túloldalon olyan hosszú ideig tartja a hőmérsékletet a szomszédos cellák gyulladási küszöbe alatt, hogy a terjedés megáll, vagy kezelhetően lelassul. A mérce a hő átjutásáig eltelt idő — nem önmagában az anyag osztályozási hőmérséklete.

- Cellaszint: 600 °C feletti hőmérséklet a cella felületén, a részecskesugár 1000 °C fölé is emelkedhet
- Modulszint: kWh-nként több száz liter gáz szabadul fel, nyomás épül fel a házban
- Rack- és konténerszint: ehhez jön a műanyagok, kábelek és elektronika tűzterhelése
- Időablak: gát nélkül a szomszédos cellák közötti terjedés jellemzően percek alatt zajlik le, hatékony gáttal jelentősen késleltethető vagy megszakítható

Előírások: mit követelnek meg, és mit kell igazolni

A helyhez kötött akkumulátoros energiatárolókra Németországban nincs egyetlen, mindent lefedő törvény — a követelmények termékszabványokból, vizsgálati eljárásokból, biztosítói irányelvekből és az építési jogból tevődnek össze. A konténeren belüli anyagválasztás szempontjából elsősorban azok a vizsgálati eljárások döntőek, amelyekkel a terjedés elleni biztonságot igazolják.

Az UL 9540A nemzetközileg elterjedt vizsgálati eljárás, amely a hőmegfutás terjedését fokozatosan, cella-, modul-, egység- és telepítési szinten vizsgálja. Ma sok tender és biztosító UL 9540A szerinti jelentést kér; az abban dokumentált hőmérsékletek és időtartamok a termikus elhatárolás méretezésének bemeneti adatai. Az NFPA 855 telepítési szabványként a távolságokat, a tűzszakaszokat, valamint az oltási és szellőztetési koncepciókat szabályozza. Európában az IEC 62933-5-2 írja le a hálózati elektrokémiai tárolórendszerek biztonsági követelményeit. A VdS 3103 irányelv (a német vagyonbiztosítók szövetségének irányelve) a német vagyonbiztosítók lítiumion-tárolókkal szembeni elvárásait foglalja össze.

Magukra a tűzálló anyagokra a DIN EN 13501-1 szerinti besorolások (tűzvédelmi viselkedés, A1 osztály a nem éghető termékekre), valamint a DIN EN 1363 és DIN EN 1364 szerinti tűzállósági vizsgálatok vonatkoznak. Szálas anyagoknál ehhez jön a munkavédelem: az alumínium-szilikát gyapot (ASW) a TRGS 558 (német műszaki szabály a veszélyes anyagokkal végzett munkához) hatálya alá tartozik, a bioszolúbilis AES-gyapot nem — akkumulátoros tárolóknál szinte mindig ez a döntő szempont.

Megjegyzés: Gyakorlati tanács — Mielőtt anyagokról beszélnének, kérje el a rendszerszállítótól a modul- és egységszintű UL 9540A szerinti jelentést. Az abban mért felületi hőmérsékletek és az esemény időtartama határozzák meg, milyen gáthatásra van szüksége — minden más csak vaktában történő méretezés.

Az elhatárolási koncepció: négy szint, négy feladat

A hatékony termikus elhatárolás belülről kifelé követi a tároló felépítését. Minden szintnek saját feladata, saját hőterhelése és ezzel saját, hozzá illő anyaga van. Aki minden szinten ugyanazt az anyagot építi be, az vagy túl sokat fizet, vagy a kritikus ponton túl kevés védelmet nyújt.

- Cella–cella: 1–3 mm-es vékony közbenső rétegek, amelyek késleltetik a hőátadást a szomszédos cellára — bioszolúbilis minőségű kerámiaszálas papír vagy mikropórusos fóliás laminátum; a döntő a kis vastagság és a magas hőmérsékleten is alacsony hővezető képesség
- Modul–modul: 5–25 mm-es lapok a rackben lévő modulok között — ahol szűkös a hely, ott a milliméterenként legnagyobb szigetelőhatású mikropórusos lapok; ahol nyomószilárdság is kell, ott kalcium-szilikát lapok
- Rack–rack és rack–fal: tűzállósággal rendelkező válaszfalak és burkolatok — kalcium-szilikát vagy szálas lapok több rétegben, eltolt hézagokkal, a csatlakozásokat szálas zsinórral tömítve
- A konténer belső bélése: fal- és mennyezetburkolat bioszolúbilis szálas paplanból vagy lapból, amely az acélköpenyt a kritikus hőmérséklet alatt tartja, és megakadályozza a tűz átterjedését a szomszédos konténerekre

Ehhez jönnek az átvezetések: kábelek, hűtővezetékek, gyűjtősínek és szellőzőnyílások hatolnak át minden szinten. Egy válaszfal csak annyira jó, mint a leggyengébb átvezetése — itt a szálas zsinórok, papírtömítések és tűzvédelmi mandzsetták a koncepció részévé válnak, nem pusztán tartozékok.

Anyagválasztás: bioszolúbilis, mikropórusos, szálmentes — és miért ritkán az ASW a helyes válasz a tárolóban

Az ipari kemencében a hőmérséklet dönt az anyagról. Az akkumulátoros tárolóban három további követelmény is belép, amelyek erősebben meghatározzák a választást: a rendelkezésre álló hely, a munkavédelem és az ügyfél anyagjegyzéke.

A bioszolúbilis AES-gyapot (SOLUT BW Blanket, BW Board, BW Paper) a CLP-rendelet Q megjegyzése alapján mentesül a rákkeltőként történő besorolás alól, és nem tartozik a TRGS 558 hatálya alá. A tárológyártók számára ez azt jelenti: nincsenek expozíciós kategóriák a beépítéskor, nincs jelölési kötelezettség a terméken, és nincs SVHC-bejelentés a REACH 33. cikke szerint. 1200 °C-os osztályozási hőmérsékletével lefedi a hőmegfutáskor a falon és a mennyezeten fellépő hőmérsékleteket. Az, hogy tartós üzemi hőmérséklete az osztályozási hőmérséklet alatt van, itt nem számít — a terhelési eset néhány perces esemény, nem tartós üzem.

A mikropórusos lapok (SOLUT MP Board) kínálják az összes hőszigetelő anyag közül a legalacsonyabb hővezető képességet — 200–400 °C-on mintegy 0,02–0,03 W/mK —, és ezzel milliméterenként a legnagyobb gáthatást. Ez a választandó anyag a modulok között, ahol minden milliméternyi hely energiasűrűségbe kerül. Szálmentesek, nem éghetők (A1), és alumíniumfóliával, üvegszövettel vagy PE-fóliával kasírozva is szállíthatók, hogy kezelés közben ne porozzanak.

A kalcium-szilikát lapok (SOLUT CAL Board) oda kerülnek, ahol a gátnak teherbírónak kell lennie: rackek alá, rögzítőelemekkel ellátott válaszfalként, alkatrészek alátéteként. 13–27 N/mm² nyomószilárdság 1000 °C-os osztályozási hőmérséklet mellett, szálmentesek, és fafeldolgozó szerszámokkal megmunkálhatók.

Megjegyzés: Miért nem ASW? — Az alumínium-szilikát gyapot ugyan 1260–1430 °C-ot is kibír, de 1B kategóriás rákkeltőként van besorolva. Egy olyan terméknél, amelyet a gyártók számos országba szállítanak, és amelyet szerviztechnikusok nyitnak fel, ez olyan jelölési, tájékoztatási és munkavédelmi kötelezettségeket von maga után, amelyeket szinte egyetlen tárológyártó sem akar vállalni. Az ASW hőmérsékleti tartalékára a tárolóban nincs szükség — a bioszolúbilis alternatíva elegendő a terhelési esetre.

- Cellák közötti rétegek: SOLUT BW Paper 1–3 mm vagy mikropórusos laminátum
- Modulok elválasztása: SOLUT MP Board 5–25 mm, kasírozva
- Teherhordó válaszfalak és alátétek: SOLUT CAL Board 12,7–50 mm
- A konténer fal- és mennyezetburkolata: SOLUT BW Blanket 25–50 mm vagy BW Board
- Átvezetések és hézagok: szálas zsinór és BW Paper, tűzszakaszoknál engedélyezett tűzgátló rendszerekkel kombinálva

Anyagösszehasonlítás: a négy gátanyag áttekintése

Az alábbi áttekintés a négy legfontosabb gátanyagot veti össze — azokkal a jellemzőkkel, amelyek a tárolóban valóban döntenek: hővezető képesség az esemény során, helyigény, mechanikai terhelhetőség és szabályozási státusz.

Megjegyzés: Ökölszabály — Ahol a hely a legszűkösebb tényező: mikropórusos. Ahol teherhordás vagy csavarozás van: kalcium-szilikát. Ahol felületeket kell burkolni: bioszolúbilis szál. Ahol vékonynak kell lennie: szálas papír. ASW csak akkor, ha tartósan az AES tartománya (kb. 1200 °C) felett kell szigetelni — a tárolóban gyakorlatilag soha.

Beépítés és vizsgálat: hol mond csődöt a gát a gyakorlatban

A legjobb anyagválasztás sem ér semmit, ha a gáton rések vannak. Beépítéseink során négy visszatérő gyenge pontot tapasztaltunk: nyitott ütközési hézagok a lapok között, tömítetlen átvezetések, a szigetelésen hőhídként átvezető acél rögzítőelemek, valamint az összeszereléskor összenyomott szigetelőrétegek, amelyek emiatt elveszítik vastagságukat és szigetelőhatásukat.

- A lapillesztéseket két rétegben eltolva vagy hornyos-eresztékes kivitelben kell kialakítani; az egyrétegű ütközési hézagokat szálas zsinórral kell alátámasztani
- Minden átvezetést külön részletként kell megrajzolni: zsinór, papír vagy mandzsetta, a tömítési hossz legalább a lapvastagsággal egyezzen meg
- A rögzítéseket termikusan el kell választani — átmenő acélcsavarok helyett kerámia- vagy korrózióálló acélhorgonyok alátéttel
-

A szigetelés vastagságát beépített állapotban kell ellenőrizni, nem szállítási állapotban; a szorítást és az összenyomódást dokumentálni kell

- Az esemény felőli oldalon lévő kasírozásokat és fóliákat értékelni kell: kezelés közben védenek, tűz esetén azonban nem nyújtanak védelmet

Az igazolás kétlépcsős: az anyagjellemzők az adatlapokból és a tűzvédelmi besorolásokból származnak, a rendszer gáthatása pedig egy modul- vagy egységszintű terjedési vizsgálatból — célszerűen az UL 9540A szerint, mert így az eredmények a biztosítók és az engedélyező hatóságok számára is felhasználhatók. Mi szállítjuk az anyagadatokat, és kísérjük a próbatestek gyártását, hogy a vizsgált rendszer megfeleljen annak, amit később beépítenek.

Tervezési ellenőrzőlista: mit kell tisztázni a tender és az ajánlat előtt

A tárolóprojektek legtöbb csúszása nem a beépítéskor keletkezik, hanem előtte — mert hiányoznak az alapadatok, amikor az ajánlatokat össze kellene hasonlítani. Ezt a tizenkét pontot tisztázni kell, mielőtt az első ajánlatkérés kimegy:

- Rendelkezésre állnak a cella-/modulszállító modul- és egységszintű UL 9540A szerinti jelentései? Milyen hőmérsékleteket és időtartamokat mértek?
- Meghatározták a védelmi célt: a cella–cella terjedés megakadályozása, a modul–modul terjedés késleltetése, vagy csak a konténerek egymástól való elválasztása?
- Rögzítették szintenként a helykeretet (mm a cellák, modulok, rackek között)?
- Bekérték a biztosító követelményeit (VdS 3103, adott esetben saját előírások)?
- Előírás-e az anyagok tűzvédelmi viselkedésére a DIN EN 13501-1 szerinti A1 osztály?
- Szálmentes anyagjegyzék az előírás — vagy megengedett a bioszolúbilis szál (Q megjegyzés)?
- Megszámolták az átvezetéseket, és típusonként meghatároztak egy tömítési részletet (kábel, hűtővezeték, gyűjtősín, szellőzés)?
- Átmenő hőhidak nélküli rögzítési koncepciót terveztek?
- Kiszámították a szigetelőrétegek összenyomódását összeszerelt állapotban — mekkora a beépített vastagság?
- Betervezték a próbatesteket a terjedési vizsgálathoz (anyag, időpont, vizsgálóintézet)?
- Sorozatgyártás: szabás készletként vagy egyedi elemekként? Meghatározták a tűréseket?
- Bontási és pótalkatrész-koncepció: hogyan állítják helyre a gátat egy karbantartási beavatkozás után?

Megjegyzés: Ajánlatunk tervezőknek — Küldje el nekünk az UL 9540A szerinti adatokat és a helykeretet — javaslatot teszünk a szintenkénti rétegfelépítésre, szállítjuk az anyagjellemzőket a biztonsági igazoláshoz, és kívánságra próbatesteket és sorozatgyártású készleteket is gyártunk.

Üzemeltetés, karbantartás és leszerelés

A hőgát normál üzemben nem dolgozik — várakozik. Éppen ezért karbantartáskor és átalakításkor könnyen megsérül: a lapokat a hozzáférés érdekében kiszerelik, majd hiányosan helyezik vissza, kábelcserekor elvesznek az átvezetések tömítései, az utólag beépített alkatrészek összenyomják a szigetelőrétegeket. A karbantartási dokumentációba ezért egy elhatárolási terv is tartozik, amely minden gátat, minden átvezetést és minden tömítést megnevez.

- Minden beavatkozás után: az érintett gát szemrevételezéses ellenőrzése az elhatárolási terv alapján, fénykép a dokumentációba
- Évente: szúrópróbaszerű ellenőrzés az átvezetési tömítéseken és a szigetelőrétegek összenyomódásán
- Termikus esemény után: az érintett gátak teljes cseréje — a bioszolúbilis gyapot és a mikropórusos lapok is elveszítik tulajdonságaikat, ha átjutott rajtuk a hő
-

Kiszereléskor: az anyagokat jelölésük szerint kell szétválogatni — a bioszolúbilis és szálmentes anyagok nem veszélyes hulladékok, az ASW-hulladék a 170603* hulladékkód alá tartozik

Megjegyzés: Egy kézből — Az anyagokat tizenhárom nyelvű adatlapokkal szállítjuk, a lapokat és paplanokat rajz szerint szabjuk, saját szerelőinkkel építjük be, átalakítás vagy üzemen kívül helyezés esetén pedig a leszerelést is vállaljuk, hulladékkezelési igazolással együtt. A sorozatban gyártó tárológyártók számára előre legyártott elhatárolási készleteket készítünk.

Szabványok és előírások

UL 9540A
Vizsgálati eljárás a hőmegfutás terjedésének értékelésére cella-, modul-, egység- és telepítési szinten (Hőmérsékleteket és időtartamokat szolgáltat a gátak méretezéséhez; a biztosítók és a tenderek egyre gyakrabban megkövetelik)

NFPA 855
Telepítési szabvány helyhez kötött energiatárolókhoz — távolságok, tűzszakaszok, oltási és szellőztetési koncepciók (Keretet ad a válaszfalak elrendezéséhez és az egységek közötti távolságokhoz)

IEC 62933-5-2
Hálózatra kapcsolt elektrokémiai energiatároló rendszerek biztonsági követelményei (Európai alap a teljes rendszer biztonsági igazolásához)

VdS 3103
A német vagyonbiztosítók irányelve lítiumion-akkumulátorokra és -tárolókra (A biztosítók elvárásai a telepítéssel, a termikus elhatárolással és a tűzvédelemmel kapcsolatban)

DIN EN 13501-1
Építési termékek tűzvédelmi viselkedésének osztályozása (A1 osztály: nem éghető) (A felhasznált hőszigetelő és elválasztó anyagok nem éghetőségének igazolása)

DIN EN 1363-1 / EN 1364
Tűzállósági vizsgálatok általában és nem teherhordó épületszerkezetekre (Válaszfalak és burkolatok tűzállóságának igazolása)

TRGS 558
Magas hőmérsékletű gyapottal végzett tevékenységek — expozíciós kategóriák és védőintézkedések (Az ASW-re vonatkozik, a bioszolúbilis AES-gyapotra nem; döntő az anyagválasztás szempontjából)

CLP-rendelet, Q megjegyzés
A bioszolúbilis ásványgyapotok mentesítése a rákkeltőként történő besorolás alól (A jelölésmentes szálas anyagok alkalmazásának alapja a tárolóban)

Gyakori kérdések

Elegendő-e az 1200 °C-os bioszolúbilis gyapot, ha hőmegfutáskor 1000 °C feletti hőmérséklet lép fel?

A terhelési esetre igen: az osztályozási hőmérséklet a 24 órás tartós terhelés utáni zsugorodást írja le. A hőmegfutás néhány perces esemény, amelynek során a gátnak késleltetnie kell a hőt, nem pedig tartósan elviselnie. A döntő a vastagság és a hővezető képesség — valamint az igazolás a bevizsgált rendszeren.

Miért mikropórusos lap, és miért nem egyszerűen vastagabb szálas paplan?

Mert a tárolóban a hely egyenlő az energiasűrűséggel. Egy mikropórusos lap 10 mm-rel eléri azt, amihez a szálas paplanból két-háromszoros vastagság kell. A modulok között ez jelenti a különbséget egy rackkel több vagy kevesebb között a konténerben.

Maguknak az anyagoknak is engedéllyel kell rendelkezniük?

Az anyagoknak besorolásokra van szükségük (A1 tűzvédelmi viselkedés, adatlapi értékek). Az engedély a rendszerre vonatkozik: a terjedés elleni biztonságot a modulon vagy az egységen vizsgálják, nem önmagában

az anyagon. Ehhez az igazoláshoz mi szállítjuk az anyagadatokat.

Mi történik a termikus elhatárolással egy esemény után?

Az érintett gátakat teljesen ki kell cserélni. Azok a hőszigetelő anyagok, amelyeken átjutott a hő, elridegedtek vagy tömörödtek, és már nem érik el jellemző értékeiket — még ha kívülről épnek tűnnek is.

Beszéljünk az Ön projektjéről

Munkanapokon 24 órán belül visszajelzünk.

info@sbs-rs.de

+49 89 541 960 200

Online olvasható: www.sbs-rs.de/batteriespeicher/ratgeber/thermische-abschottung-batteriespeicher