



GHID STOCARE PE BATERII · 8 MIN

Bariere la nivel de celulă și de modul: hârtie fibroasă, laminate microporoase și aerogel în comparație

Ce material de barieră împiedică cel mai fiabil propagarea între celule și module? O comparație tehnică între hârtia fibroasă, laminatele microporoase și compozitele de aerogel pentru bateriile de stocare staționare.

De ce prima linie de apărare începe în celulă

O ambalare termică (thermal runaway) începe întotdeauna într-o singură celulă. Dacă din ea rezultă un eveniment limitat local sau un incendiu generalizat al întregului container de stocare se decide în primele secunde și minute – și anume prin întrebarea dacă celula învecinată trebuie sau nu să preia căldura introdusă. Exact aici intervin barierele termice la nivel de celulă și de modul: straturi despărțitoare subțiri între celule, precum și plăci de separare între module, care limitează fluxul termic până când energia eliberată este evacuată sau distribuită.

Pentru proiectanții și constructorii de baterii de stocare staționare, tema este relevantă de două ori. În primul rând, metodele de încercare precum UL 9540A evaluează comportamentul la propagare de la celulă, prin modul, până la unitate – o barieră eficientă la nivel de celulă îmbunătățește rezultatul la toate nivelurile superioare. În al doilea rând, spațiul de montaj în rack-urile moderne este extrem de limitat: fiecare milimetru de material de barieră concurează cu densitatea energetică. Alegerea materialului este de aceea întotdeauna un compromis între performanță termică, grosime, comportament mecanic și costuri.

Observație: Lista de cerințe pentru o barieră între celule — O barieră între celule trebuie să poată mai mult decât să izoleze: trebuie să reziste pentru scurt timp particulelor și gazelor fierbinți ale unei avarii de celulă, să izoleze electric, să suporte mecanic respirația ciclică a celulelor (swelling) pe toată durata de viață și să rămână stabilă dimensional. Niciun material luat separat nu îndeplinește perfect toate punctele – de aceea, în practică domină compromisurile și structurile multistrat.

Hârtia fibroasă: clasicul robust

Hârtiile și saltelele din fibre pentru temperaturi înalte – vata clasică din silicat de aluminiu sau vata biosolubilă din silicați alcalino-pământoși – sunt consacrate de decenii în construcția de cuptoare industriale. Punctele lor forte: temperaturi de clasificare foarte ridicate (în funcție de tipul de fibră, de regulă în intervalul de circa 1.100 până la 1.400 °C), disponibilitate bună, confecționare simplă prin ștanțare sau tăiere și un preț moderat. Ca strat

despărțitor între module sau ca și căptușeală a carcaselor de modul, ele prestează servicii fiabile.

Limitele lor stau în conductivitatea termică și în comportamentul mecanic. Hârtiile fibroase izolează considerabil mai slab decât materialele microporoase sau aerogelurile, necesitând, așadar, o grosime mai mare pentru același efect de protecție. Sub presiune permanentă își pierd în plus capacitatea de revenire elastică – pentru pozițiile în care umflarea celulelor trebuie preluată elastic, ele singure sunt de aceea doar condiționat potrivite. La fibrele clasice din silicat de aluminiu trebuie avută în vedere și încadrarea ca potențial cancerigene, care atrage măsuri speciale de protecție la prelucrare și la demontare; fibrele biosolubile ocolesc această problemă.

- Utilizare tipică: straturi despărțitoare între module, căptușeala carcaselor de modul și de rack, dublarea canalelor de evacuare a gazelor
- Puncte forte: rezistență ridicată la temperatură, prelucrare simplă, preț avantajos
- Puncte slabe: conductivitate termică mai mare, capacitate limitată de revenire elastică, problema prafului de fibre în funcție de tipul de fibră

Lamine microporoase: efect izolant maxim pe milimetru de protecție termică

Materialele izolante microporoase sunt formate din acid silicic pirogenic cu opacizanți și ating dimensiuni de pori situate sub parcursul liber mediu al moleculelor de aer. Rezultatul este o conductivitate termică care, la temperaturi ridicate, se situează sub cea a aerului în repaus – niciun alt material uzual în practică nu izolează mai bine pe milimetru la contactul cu gaze fierbinți. Temperaturile de clasificare se situează, în funcție de produs, în general în jurul valorii de 1.000 °C. Tocmai această combinație face din plăcile și laminatele microporoase prima alegere atunci când, pe un spațiu foarte redus, trebuie menținut un gradient de temperatură abrupt.

Prețul plătit este sensibilitatea mecanică: materialul este sensibil la presiune și degajă praf, motiv pentru care este prelucrat practic întotdeauna caserat – sudat în folii, învelit în țesătură de sticlă sau ca laminat cu straturi de acoperire din mică ori din folie metalică. Astfel de laminate combină efectul izolant al miezului microporos cu rigiditatea dielectrică și cu rezistența la eroziune prin particule ale stratului de acoperire. Pentru pozițiile cu compresiune ciclică – direct între celulele care respiră – materialul este în schimb nepotrivit, deoarece se poate compacta sub sarcină alternantă și își pierde structura.

Observație: Mica drept partener — Plăcile de mică aduc exact ceea ce le lipsește miezurilor microporoase: rigiditate mecanică ridicată, izolație electrică excelentă și rezistență la fluxurile de particule fierbinți. În barierele multistrat, mica preia frecvent partea fierbinte, solicitată de particule, în timp ce miezul microporos menține gradientul de temperatură.

Compozite de aerogel: subțiri, flexibile, stabile la compresiune

Aerogelurile de silice se numără printre solidele cu cea mai slabă conductivitate termică; compozitele de aerogel armate cu fibre ating la temperatura camerei conductivități termice de ordinul a 0,015 până la 0,02 W/(m·K). Pentru nivelul celulei este însă interesantă mai ales combinația dintre efectul izolant, grosimea redusă și complianța mecanică: pernele de aerogel de câțiva milimetri grosime pot rezista pentru scurt timp unor temperaturi de flacără foarte ridicate și pot prelua în același timp elastic respirația și umflarea celulelor pe parcursul a mii de cicluri, fără a acumula o deformare remanentă notabilă la compresiune.

Astfel, compozitele de aerogel ocupă poziția pe care hârtia fibroasă și laminatele microporoase nu o acoperă: bariera directă celulă-la-celulă în modulele prismatice și între celulele pouch, acolo unde bariera și perna de compresiune se contopesc într-un singur element. Dezavantajele sunt prețul mai ridicat, temperatura de utilizare continuă limitată în funcție de produs față de fibra ceramică, precum și posibila degajare de praf, stăpânită tot prin caserare. Pentru separări de module pe suprafețe mari sau pentru căptușirea carcaselor, ele nu sunt adesea prima alegere din punct de vedere economic.

•

Hârtie fibroasă: rezervă mare de temperatură, necesită grosime – potrivită pentru separarea modulelor și pentru carcase

- Laminat microporos: cel mai bun efect izolant pe milimetru, sensibil la presiune – potrivit pentru bariere statice cu spațiu redus
- Compozit de aerogel: izolează foarte bine și amortizează umflarea celulelor – potrivit pentru poziția celulă-la-celulă
- Mica: puternică mecanic și electric, izolează termic slab – potrivită ca strat de acoperire în ansamblu

Alegerea în proiect: de la cazul de solicitare la dovadă

Alegerea materialului nu începe la fișa tehnică, ci la cazul de solicitare: ce cantitate de energie eliberează celula, cât durează ventingul, ce temperaturi și fluxuri de particule apar la barieră și ce temperatură are voie să atingă cel mult fața rece, pentru ca celula vecină să nu ajungă în domeniul critic? Din aceste condiții la limită rezultă grosimea și structura – frecvent sub forma unui ansamblu multistrat care combină miezul izolant, protecția împotriva particulelor și izolația electrică.

Dovada eficacității se face în cele din urmă prin încercare: testele de propagare la nivel de celulă și de modul, standardizate în America de Nord prin UL 9540A, arată dacă bariera oprește efectiv extinderea sau doar o întârzie. Important pentru operatori: o schimbare de material pe parcursul vieții produsului – de exemplu din motive de cost sau de livrare – poate pune sub semnul întrebării valabilitatea dovezilor de încercare existente. Materialele de barieră aparțin de aceea controlului modificărilor din conceptul de securitate, nu achiziției libere.

Întrebări frecvente

Este suficientă o barieră la nivel de celulă pentru a renunța la măsuri la nivel de container?

Nu. Barierele la nivel de celulă reduc probabilitatea unei propagări, dar nu înlocuiesc nici compartimentarea containerului, nici avertizarea de gaze, descărcarea presiunii sau tehnica de stingere. Protecția eficientă ia naștere abia din conlucrarea tuturor nivelurilor – celulă, modul, rack și încăpere.

De ce nu se folosește aerogel peste tot, dacă izolează cel mai bine?

Compozitele de aerogel sunt considerabil mai scumpe decât hârtia fibroasă și își valorifică avantajele mai ales acolo unde grosimea redusă și comportamentul la compresiune sunt cerute simultan – adică direct între celule. Pentru separările statice, pe suprafețe mari, produsele fibroase sau laminatele microporoase sunt frecvent soluția mai economică și la fel de eficace.

Ce înseamnă respirația celulelor pentru alegerea barierei?

Celulele litiu-ion se dilată la încărcare și pe parcursul îmbătrânirii. O barieră între celule trebuie să preia elastic această variație de grosime, fără a se compacta permanent – altfel își pierde efectul izolant, iar ansamblul de celule își pierde pretensionarea definită. Materialele cu deformație remanentă redusă la compresiune sunt aici clar avantajate.

Să discutăm despre proiectul dumneavoastră

Răspuns în 24 de ore în zilele lucrătoare.

info@sbs-rs.de

+49 89 541 960 200

Citiți online: www.sbs-rs.de/batteriespeicher/ratgeber/barriere-zelle-modul