



GIDS BATTERIJOPSLAG · 8 MIN.

Barrières op cel- en moduleniveau: vezelpapier, microporeuze laminaten en aerogel vergeleken

Welk barrièremateriaal voorkomt de propagatie tussen cellen en modules het betrouwbaarst? Een technische vergelijking van vezelpapier, microporeuze laminaten en aerogelcomposieten voor stationaire batterijopslagsystemen.

Waarom de eerste verdedigingslinie in de cel begint

Een thermal runaway begint altijd in één enkele cel. Of daar een lokaal begrensd incident of een volledige brand van de hele opslagcontainer uit voortkomt, wordt in de eerste seconden en minuten beslist – en wel bij de vraag of de naburige cel de ingebrachte warmte moet opnemen of niet. Precies daar grijpen thermische barrières op cel- en moduleniveau in: dunne scheidingslagen tussen de cellen en scheidingsplaten tussen modules, die de warmtestroom begrenzen totdat de vrijgekomen energie is afgevoerd of verdeeld.

Voor ontwerpers en bouwers van stationaire batterijopslagsystemen is het onderwerp dubbel relevant. Ten eerste beoordelen beproevingsmethoden zoals UL 9540A het propagatiegedrag van de cel via de module tot de unit – een effectieve barrière op celniveau verbetert het resultaat op alle bovenliggende niveaus. Ten tweede is de bouwruimte in moderne racks uiterst krap: elke millimeter barrièremateriaal concurreert met energiedichtheid. De materiaalkeuze is daarom altijd een compromis tussen thermische prestatie, dikte, mechanisch gedrag en kosten.

Let op: De eisenlijst voor een celbarrière — Een barrière tussen cellen moet meer kunnen dan isoleren: zij moet de hete deeltjes en gassen van een celfalen kortstondig weerstaan, elektrisch isoleren, het cyclische ademen van de cellen (swelling) gedurende de levensduur mechanisch meemaken en daarbij vormvast blijven. Geen enkel materiaal vervult alle punten perfect – daarom domineren in de praktijk compromissen en meerlaagse opbouwen.

Vezelpapier: de robuuste klassieker

Papieren en matten van hogetemperatuurvezels – klassieke aluminiumsilicaatwol of biologisch oplosbare aardalkalisilicaatwol – zijn al decennia gevestigd in de industriële ovenbouw. Hun sterke punten: zeer hoge classificatietemperaturen (afhankelijk van het vezeltype doorgaans in de orde van circa 1.100 tot 1.400 °C), goede beschikbaarheid, eenvoudige confectionering door stansen of snijden en een gematigde prijs. Als scheidingslaag tussen modules of als bekleding van modulebehuizingen bewijzen zij betrouwbaar hun diensten.

Hun grenzen liggen in de warmtegeleiding en in het mechanische gedrag. Vezelpapieren isoleren duidelijk slechter dan microporeuze materialen of aerogels en hebben voor dezelfde beschermende werking dus meer

dikte nodig. Onder blijvende druk verliezen zij bovendien aan veerkracht – voor posities waarin het swellende van de cellen verend moet worden opgenomen, zijn zij op zichzelf daarom slechts beperkt geschikt. Bij klassieke aluminiumsilicaatvezels moet daarnaast rekening worden gehouden met de indeling als mogelijk kankerverwekkend, wat bijzondere beschermingsmaatregelen bij verwerking en demontage met zich meebrengt; biologisch oplosbare vezels omzeilen dit thema.

- Typische toepassing: scheidingslagen tussen modules, bekleding van module- en rackbehuizingen, achterlegging van gasafvoerkanalen
- Sterke punten: hoge temperatuurbestendigheid, eenvoudige verwerking, gunstige prijs
- Zwakke punten: hogere warmtegeleiding, beperkte veerkracht, vezelstofproblematiek afhankelijk van het vezeltype

Microporeuze laminaten: maximale isolatiewerking per millimeter hittebescherming

Microporeuze isolatiematerialen bestaan uit pyrogeen kiezelzuur met opacifiers en bereiken poriegroottes onder de vrije weglengte van de luchtmoleculen. Het resultaat is een warmtegeleidingscoëfficiënt die bij hoge temperaturen onder die van stilstaande lucht ligt – geen ander in de praktijk gebruikelijk materiaal isoleert bij contact met heet gas beter per millimeter. Classificatietemperaturen liggen productafhankelijk meestal rond 1.000 °C. Precies deze combinatie maakt microporeuze platen en laminaten tot eerste keuze wanneer op zeer krappe ruimte een steile temperatuurgradiënt moet worden gehouden.

De prijs daarvoor is mechanische kwetsbaarheid: het materiaal is drukgevoelig en stuift, waardoor het praktisch altijd gecacheerd wordt verwerkt – ingelast in folies, omhuld met glasweefsel of als laminaat met deklagen van mica of metaalfolie. Zulke laminaten combineren de isolatiewerking van de microporeuze kern met de doorslagvastheid en de bestendigheid tegen deeltjeserosie van de deklaag. Voor posities met cyclische compressie – direct tussen ademende cellen – is het materiaal daarentegen ongeschikt, omdat het onder wisselbelasting kan compacteren en zijn structuur verliest.

Let op: Mica als partner — Micaplatten brengen mee wat microporeuze kernen missen: hoge mechanische stijfheid, uitstekende elektrische isolatie en bestendigheid tegen hete deeltjesstromen. In meerlaagse barrières neemt mica vaak de hete, deeltjesbelaste zijde voor zijn rekening, terwijl de microporeuze kern de temperatuurgradiënt houdt.

Aerogelcomposieten: dun, flexibel, compressiestabiel

Silica-aerogels behoren tot de slechtst warmtegeleidende vaste stoffen die er zijn; vezelversterkte aerogelcomposieten bereiken bij kamertemperatuur warmtegeleidingscoëfficiënten in de orde van 0,015 tot 0,02 W/(m·K). Voor het celniveau is echter vooral de combinatie interessant van isolatiewerking, geringe dikte en mechanische meegaandheid: aerogelpads van enkele millimeters dik kunnen kortstondig zeer hoge vlamtemperaturen weerstaan en tegelijkertijd het ademen en opzwellen van de cellen over duizenden cycli verend opnemen, zonder noemenswaardige blijvende drukvervorming op te bouwen.

Daarmee bezetten aerogelcomposieten de positie die vezelpapier en microporeuze laminaten niet afdekken: de directe cel-tot-celbarrière in prismatische modules en tussen pouchcellen, waar barrière en compressiepad in één component samenvallen. Nadelen zijn de hogere prijs, de productafhankelijk beperkte continue gebruikstemperatuur ten opzichte van keramische vezel en mogelijke stofafgifte, die eveneens met cacheringen wordt beheerst. Voor grootvlakkige modulescheidingen of behuizingsbekledingen zijn zij economisch vaak niet de eerste keuze.

- Vezelpapier: veel temperatuurreserve, heeft dikte nodig – goed voor modulescheiding en behuizingen
- Microporeus laminaat: beste isolatiewerking per millimeter, drukgevoelig – goed voor statische barrières met ruimtegebrek
-

Aerogelcomposiet: isoleert zeer goed en vangt swelling verend op – goed voor de cel-tot-celpositie

- Mica: mechanisch en elektrisch sterk, isoleert nauwelijks – goed als deklaag in het samenstel

Keuze in het project: van belastinggeval naar bewijsvoering

De materiaalkeuze begint niet bij het datasheet, maar bij het belastinggeval: welke hoeveelheid energie geeft de cel af, hoe lang duurt het venten, welke temperaturen en deeltjesstromen treden op aan de barrière, en welke temperatuur mag de koude zijde maximaal bereiken opdat de naburige cel niet in het kritische bereik loopt? Uit deze randvoorwaarden volgen dikte en opbouw – vaak als meerlaags samenstel dat isolatiekern, deeltjesbescherming en elektrische isolatie combineert.

Het bewijs van de werkzaamheid wordt uiteindelijk in de proef geleverd: propagatietests op cel- en moduleniveau, in Noord-Amerika gestandaardiseerd via UL 9540A, tonen of de barrière de verspreiding daadwerkelijk stopt of alleen vertraagt. Belangrijk voor exploitanten: een materiaalwissel tijdens het lopende productleven – bijvoorbeeld om kosten- of leveringsredenen – kan de geldigheid van bestaande testbewijzen ter discussie stellen. Barrièrematerialen horen daarom thuis in de wijzigingsbeheersing van het veiligheidsconcept, niet in de vrije inkoop.

Veelgestelde vragen

Volstaat een barrière op celniveau om af te zien van maatregelen op containerniveau?

Nee. Celbarrières verkleinen de kans op propagatie, maar vervangen noch de brandveiligheidstechnische compartimentering van de container, noch gasdetectie, drukontlasting of blustechniek. Effectieve bescherming ontstaat pas uit het samenspel van alle niveaus – cel, module, rack en ruimte.

Waarom wordt niet overal aerogel toegepast, als dat het best isoleert?

Aerogelcomposieten zijn aanzienlijk duurder dan vezelpapier en spelen hun voordelen vooral uit waar geringe dikte en compressiegedrag tegelijk worden gevraagd – dus direct tussen de cellen. Voor grootvlakkige, statische scheidingen zijn vezelproducten of microporeuze laminaten vaak de economischere en even effectieve oplossing.

Wat betekent het ademen van de cellen voor de barrièrekeuze?

Lithium-ioncellen zetten uit bij het laden en gedurende de veroudering. Een barrière tussen de cellen moet deze diktewijziging elastisch opnemen zonder blijvend te compacteren – anders verliest zij isolatiewerking en verliest het celpakket zijn gedefinieerde voorspanning. Materialen met een lage blijvende drukvervorming zijn hier duidelijk in het voordeel.

Laten we het over uw project hebben

Antwoord binnen 24 uur op werkdagen.

info@sbs-rs.de

+49 89 541 960 200

Online lezen: www.sbs-rs.de/batteriespeicher/ratgeber/barriere-zelle-modul