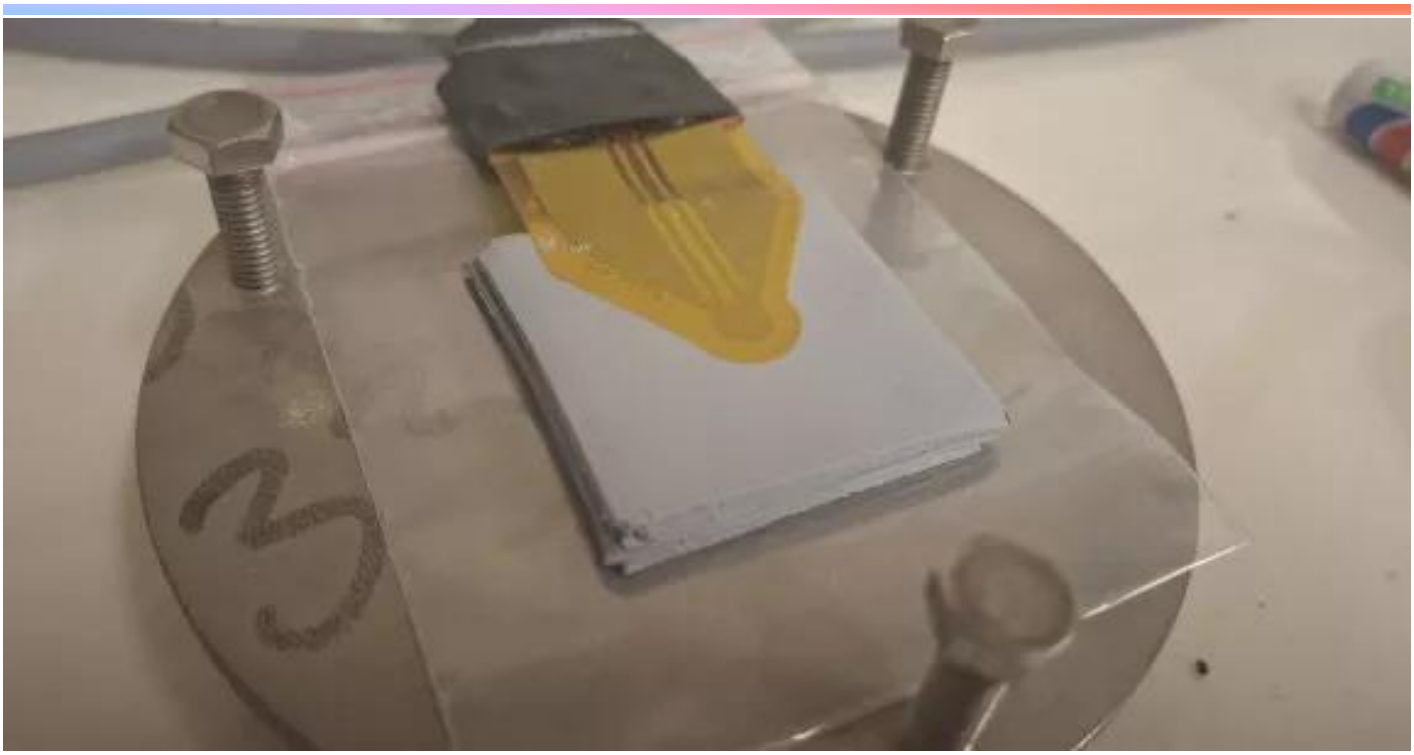


TIM voor Li-ionbatterijen: een cruciale keuze

06 augustus 2026, 11:01

Carl Emmerechts

De rol van thermisch geleidend materiaal (TIM) voor de prestaties van Li-ionmodules

In een Li-ionbatterijmodule komt het thermisch geleidend materiaal of TIM (Thermal Interface Material) vaak pas na de keuze van de cellen, het ontwerp van de koelplaat of de beheerstrategie. Toch heeft dit onderdeel een directe invloed op de warmtegeleiding tussen de cellen en het koelsysteem. Bij snelladen, ontladen met hoog vermogen of herhaalde laad- en ontlaadcycli produceert elke cel warmte. Als het TIM die warmte niet goed naar de koelplaat kan afvoeren, zal de module mogelijk op een hogere temperatuur werken, sneller verouderen en een deel van zijn veiligheidsmarge verliezen.

Het TIM biedt een oplossing voor oneffen raakvlakken

Oppervlakken die er in een CAD-model (Computer-Aided Design) effen uitzien, zijn op microscopisch niveau in werkelijkheid oneffen en onregelmatig. Op moduleniveau veroorzaken de fabricagetoleranties tussen de cellen, het frame en de koelplaat ook meer speling.

Zonder geschikt TIM raken deze ruimtes gedeeltelijk gevuld met lucht, een van de slechtst mogelijke warmtegeleiders. Dat kan leiden tot modules die er in een CAD-tool correct uitzien, maar in de praktijk op een hogere temperatuur werken. Hierdoor verouderen ze sneller, ontstaan er grotere temperatuurverschillen tussen de cellen en is de veiligheidsmarge beperkter. [1,2]

Van geleidbaarheid tot thermische impedantie

De warmtegeleidbaarheid op een technisch gegevensblad verschilt van de prestaties in reële omstandigheden en is maar één element van het thermische traject.

De thermische interfaceweerstand kan als volgt worden samengevat:

Interfaceweerstand =
contactweerstand (oppervlak 1) + naaddikte geleidbaarheid van het TIM + contactweerstand (oppervlak 2).

In de praktijk kan een TIM met een hoge intrinsieke geleidbaarheid hierdoor minder goed presteren. Dat is het geval als het te dik of te stijf is, onvoldoende is samengeperst, zich niet aan de oneffenheden van de oppervlakken aanpast of holtes vertoont.

Omgekeerd kunnen materialen met een lagere geleidbaarheid beter presteren bij een fijner en hechter contact met de oppervlakken in kwestie. De industriële specificatie moet dan ook betrekking hebben op de thermische impedantie of weerstand in een representatief geheel, bij realistische waarden voor druk, speling en oppervlakteafwerking, en niet alleen op de geleidbaarheid. [1,3]



Meting van de thermische geleidbaarheid van een TIM met HotDisk® (foto: Sirris)

Thermische pads, thermische pasta of gap filler?

De keuze tussen thermische pads, thermische pasta of een vloeibare gap filler (een warmtegeleidend materiaal om lege ruimtes tussen componenten op te vullen) moet weloverwogen gebeuren. De mechanische en industriële kenmerken van de module zijn daarbij doorslaggevend. De effenheid van de raakvlakken, de speling, de beschikbare druk, de automatisering, de demonteerbaarheid en de behoefte aan warmteafvoer spelen allemaal een rol.

Thermische pads: eenvoudig, maar gevoelig voor speling

Thermische pads bestaan uit voorgevormd materiaal dat al vóór de montage is uitgehard. Ze zijn schoon, verkrijgbaar in vaste diktes, praktisch en kunnen bij bewerking gemakkelijker worden verwijderd. Thermische pads zijn geschikt voor relatief effen en demonteerbare interfaces, met name in de prototypefase of bij een beperkte productie.

Houd er echter rekening mee dat de pads moeten worden samengedrukt om goed aan te sluiten op de oppervlakken en de contactweerstand te verminderen. Als de toleranties van het pack groot zijn, kan het contact op sommige plaatsen goed zijn en op andere onvoldoende, waardoor er lokale hotspots ontstaan. Pads met een hoge geleidbaarheid bevatten vaak meer keramische deeltjes, waardoor ze stijver zijn en zich minder goed aanpassen aan de oppervlakken in kwestie. De grotere geleidbaarheid kan daardoor afnemen aan de raakvlakken.

Vloeibare gap filler bij variabele speling

Vloeibare gap fillers en thermische pasta’s pakken het probleem op een andere manier aan. Voordat ze uitharden, vullen ze de oneffenheden van het oppervlak en werken ze de variabele speling weg. Ze kunnen ook worden aangebracht met geautomatiseerde doseer-, meng- en plaatsingsapparatuur.

Deze oplossingen zijn bijzonder geschikt voor modules met hoge dichtheid, grote koelplaten en industriële assemblagelijnen waar herhaalbaarheid en maattoleranties van cruciaal belang zijn. Wanneer gap fillers zijn uitgehard, blijven ze soepel en zorgen ze voor een stabiele thermische brug.

Daar staat tegenover dat verschillende parameters nauwkeurig moeten worden bepaald:

- het aanbrengpatroon
- de viscositeit
- de aanbrengtijd
- de compressie
- de uitharding
- de properheid
- de demonteerbaarheid
- en de porositeit

Warmtegeleidende pasta's, gels en kleefstoffen

Een niet-uithardende pasta of een soepele gel kan handig zijn wanneer er veel bewerking nodig is. Deze oplossingen moeten wel worden getest op weerstand tegen pump-out, scheurvorming, oliescheiding, trillingen en thermische cycli.

Warmtegeleidende kleefstoffen kunnen zowel thermische als structurele functies vervullen, maar verminderen doorgaans de bewerkingsmogelijkheden en brengen de mechanische belastingen over naar de cellen of de structuur van de module. [5,8]

Uit proeven blijkt hoe belangrijk het contact is

Experimentele resultaten tonen aan dat de vervormbaarheid van het materiaal even belangrijk is als de nominale geleidbaarheid (zie referenties hieronder).

In de proeven van Parker LORD [1] vertoonde een vloeibare gap filler met een warmtegeleidingscoëfficiënt van 4,1?W/mK een raakvlakimpedantie van 0,75?K.cm²/W in koper-TIM-kopersystemen.

Een in de handel verkrijgbare pad met een zeer vergelijkbare warmtegeleidbaarheid (4,2?W/mK) haalde een waarde van 4,10?K.cm²/W, wat neerkomt op een verhouding van 5,5. In hetzelfde onderzoek was de raakvlakimpedantie van een andere pad ongeveer 2,3?keer zo groot als die van de vergelijkbare gap filler.

Het verschil was niet te wijten aan een uitzonderlijke eigenschap van het materiaal, maar aan een betere vervormbaarheid: het vloeibare materiaal verdrong de lucht en kwam daardoor beter in contact met beide materialen. In een ander onderzoek werd gekeken naar de toepassing van de batterij met vijf prismatische cellen op een gekoelde plaat [2]. Bij een laadstroom van 1,5?C voerden vloeibare gap fillers meer warmte af en zorgden ze voor lagere celtemperaturen dan pads met een vergelijkbare nominale geleidbaarheid.

Met vulplaatjes van één millimeter om de fabricagetoleranties te simuleren, liep het verschil verder op: een gap filler van 2?W/mK met vulplaatjes voerde meer warmte af dan een pad van 4?W/mK zonder vulplaatjes.

Het juiste TIM kiezen op basis van de toepassing

Deze resultaten betekenen echter niet dat gap fillers altijd de beste oplossing zijn. Wel dat het beste TIM een fysieke vorm heeft die afgestemd is op de mechanische eigenschappen van de module.

Een vloeibare gap filler is vaak een verstandige keuze wanneer:

- er sprake is van variabele speling
- de oppervlakken ruw zijn
- de koelplaten groot zijn
- er automatisering gepland is

- en de behoefte aan warmteafvoer groot is

Thermische pads zijn dan weer een goede optie wanneer:

- het raakvlak effen en de speling onder controle is
- een zuivere montage en demontage prioriteiten zijn
- het programma zich in de prototypefase bevindt met eenvoudige onderhoudsactiviteiten

Pasta's of gels zijn geschikt voor bepaalde interfaces met lage druk en voor herstelbare verbindingen. Ga er echter niet automatisch van uit dat ze robuust zijn.

Uit de thesis van Maddila en Rostami [3] blijkt dat een hogere druk de thermische weerstand vermindert, zowel bij een pad als een gel van 2?mm. Een zeer dunne gel die aan hoge druk wordt blootgesteld kan echter scheuren en aan effectieve geleidbaarheid inboeten.

Met andere woorden: druk kan het contact verbeteren, maar een te hoge druk of een te geringe dikte kan tot problemen leiden.

De aanbrengkwaliteit als belangrijke indicator

Als het materiaal wordt aangebracht, is de kwaliteit van dat proces een factor voor de materiaalkeuze. Een volgens het technische gegevensblad hoogwaardige gap filler presteert slecht als er tijdens het aanbrengen lucht aanwezig blijft.

Shim, Yu, Kim en Jang [4] hebben met behulp van röntgentomografie de aanbrenging vergeleken van TIM-pasta in lijnen en over het volledige oppervlak. De aanbrenging in lijnen leverde een gemiddelde porositeit op van ongeveer 1,99%, tegenover ongeveer 0,30% bij een aanbrenging over het volledige oppervlak.

Het gemiddelde verschil in effectieve geleidbaarheid leek beperkt: 4,855?W/mK tegenover 4,994?W/mK. Uit de modulesimulaties bleek echter dat de temperatuur plaatselijk met ongeveer 0,7 tot 1,0°C steeg ten opzichte van een scenario zonder lege ruimte. De stijging nam verder toe wanneer de leegtes zich in de buurt van de hotspots bevonden.

Op fabricagevlak kunnen hieruit concrete lessen worden getrokken. Er moet rekening gehouden worden met:

- de aanbrengwijze
- de afstand tussen de lijnen
- het volume van het materiaal
- de afsluitingssnelheid
- de ontgassing
- de uithardingsomstandigheden
- en de inspectiecriteria

De porositeit speelt met andere woorden niet louter in het laboratorium een rol, maar is een belangrijke prestatie-indicator voor de productie.

De levensduur wordt bepaald bij het ontwerp

De levensduur van een TIM moet worden bepaald en geverifieerd. Er mag niet worden uitgegaan van veronderstellingen. Het is immers de bedoeling dat het thermisch geleidend materiaal in een batterij vele jaren meegaat. Het wordt blootgesteld aan temperatuurschommelingen, vocht, trillingen, schokken, druk, elektrische potentiaalverschillen en materiaalconflicten.

TIM's op basis van polymeren kunnen chemisch verouderen, hun hechting verliezen, van hardheid veranderen, scheuren, loskomen, uit de naad komen of hun diëlektrische eigenschappen verliezen.

Een validatieplan moet dus meer inhouden dan de initiële eerste meting van de geleidbaarheid en een combinatie vormen van:

- de materiaalkeuze
- thermische impedantietests bij een representatieve naaddikte en druk
- thermische tests op moduleniveau
- veroudering door temperatuurschommelingen en vochtige warmte
- trillings- of schokproeven
- een inspectie van de interface na veroudering

Polymeercomposieten met boornitride en andere systemen met elektrisch isolerende keramische vulstoffen zijn veelbelovend. Ze combineren warmteoverdracht en diëlektrische eigenschappen, maar moeten worden beoordeeld als complete interfaces, niet enkel als massieve materialen. [5,6]

Veiligheid: integratie van het TIM in de ruimere architectuur

De keuze van het TIM hangt samen met de veiligheid, ook al biedt een TIM op zich geen bescherming tegen thermal runaway.

Een goede interface zorgt ervoor dat de normale bedrijfstemperaturen lager en gelijkmatiger blijven. Hierdoor worden de ongelijke veroudering tussen de cellen beperkt en de ontwerpmarge gevrijwaard.

Een thermal runaway verloopt echter via verschillende mechanismen: geleiding, convectie, straling en hete gassen of deeltjes uitstoten. Dat moet worden aangepakt via de ontwerparchitectuur van het pack, de barrières, de gasafvoer, de detectie en de koelstrategie. De ontwerper moet ook begrijpen hoe de warmte zich tijdens een extreme situatie zal verspreiden.

Voor een industrieel ontwerpteam bestaat de juiste aanpak er dan ook in om al vanaf de eerste architectuurfasen rekening te houden met het TIM. Het moet aan bod komen tijdens de besprekingen over de thermische, mechanische, industriële en veiligheidsaspecten. Kies een materiaal dus niet alleen omdat de geleidbaarheid ervan interessant lijkt. Wel omdat de thermische impedantie, de vervormbaarheid, het procesvenster, het diëlektrische gedrag, de levensduur en de faalmodi aangetoond zijn in de praktijkomgeving van de module. [7]

Ontwerpt of optimaliseert u Li-ionbatterijmodules?

Sirris is een expertisecentrum dat industriële ontwikkelingsprojecten ondersteunt. De experts helpen u bij het selecteren en valideren van thermisch geleidend materiaal via digitale modellering, CFD-simulaties (Computational Fluid Dynamics) en de productie van industriële prototypes.

We zijn ook gespecialiseerd in kritieke eigenschappen van materialen bepalen, met name de thermische geleidbaarheid en diffusiviteit met behulp van HotDisk® en de specifieke warmtecapaciteit met behulp van DSC.

Neem contact op met onze experts

Meer weten over batterij-innovatie?

De ontwikkeling van performante batterijsystemen stopt niet bij thermisch beheer. Ontdek hoe Sirris binnen het SHIFT-project werkt aan modulaire batterijmodules, intelligente energiebeheersystemen en hybride energiesystemen voor veeleisende toepassingen.

Ontdek het SHIFT-project

Referenties

[1] Parker LORD, Liquid-Dispense Gap Fillers versus Thermal Pads: A Case Study on Thermal Performance, White Paper LL3248, 2026.

[2] Parker LORD, Battery Cooling Performance: Comparing Liquid-Dispense Gap Fillers with Thermal Pads, White Paper LL3250, 2020.

[3] R. V. Maddila and S. Rostami, Investigation of the Effect of Thermal Interface Materials on the Cooling of Battery Cells, Master thesis, Chalmers University of Technology, 2023.

[4] J. Shim, M. Yu, H.-K. Kim and S. Jang, Effective thermal conductivity and cooling performance of battery pack modules as a function of porosity introduced during thermal interface material application, Journal of Computational Design and Engineering, 2026.

[5] R. Stadler and A. Maurer, Methods for Durability Testing and Lifetime Estimation of Thermal Interface Materials in Batteries, Batteries 5(2), 34, 2019.

[6] S. K. Mohonta et al., Polymer-BN Composites as Thermal Interface Materials for Lithium-Ion Battery Modules: Experimental and Simulation Insights, Batteries 11, 431, 2025.

[7] Y. Jiang, Y. Jiang and P. Wang, A review on mitigating thermal runaway propagation in battery packs: from mechanisms to modeling and design optimization, Energy Advances, 2026.

[8] Parker Hannifin/Parker LORD, CoolTherm Materials for Electric Marine, Product Brochure PB3113, 2025.

Auteurs



Carl Emmerechts