



Dompelkoeling voor li-ionbatterijen

20 mei 2026, 14:30

Carl Emmerechts

Een veelbelovende technologie om oververhitting van krachtige batterijen te beperken

Bij dompelkoeling worden de cellen en bepaalde onderdelen van het batterijpack geheel of gedeeltelijk ondergedompeld in een diëlektrische vloeistof, een vloeistof die geen stroom geleidt. Deze vloeistof voert de warmte zo dicht mogelijk bij de bron af, zonder de elektrische werking te verstoren. Is deze techniek het wondermiddel tegen oververhitting van li-ionbatterijen in toepassingen met een hoog vermogen of snelladen?

Uit een analyse van de wetenschappelijke literatuur blijkt deze technologie veelbelovende voordelen te hebben, met name voor toepassingen met een hoog vermogen per oppervlakte-eenheid en bij snelladen. Toch brengt ze ook aanzienlijke beperkingen met zich mee: de kosten van de vloeistoffen, de integratie, de compatibiliteit van de materialen, de beheersing van de stroming en de invloed op de levensduur van de cellen.

Dit artikel analyseert het principe van dompelkoeling, de voordelen ervan ten opzichte van conventionele oplossingen, de beperkingen bij de integratie ervan en de omstandigheden waarin

de toepassing ervan gerechtvaardigd kan zijn.

Direct contact voor een betere warmteafvoer

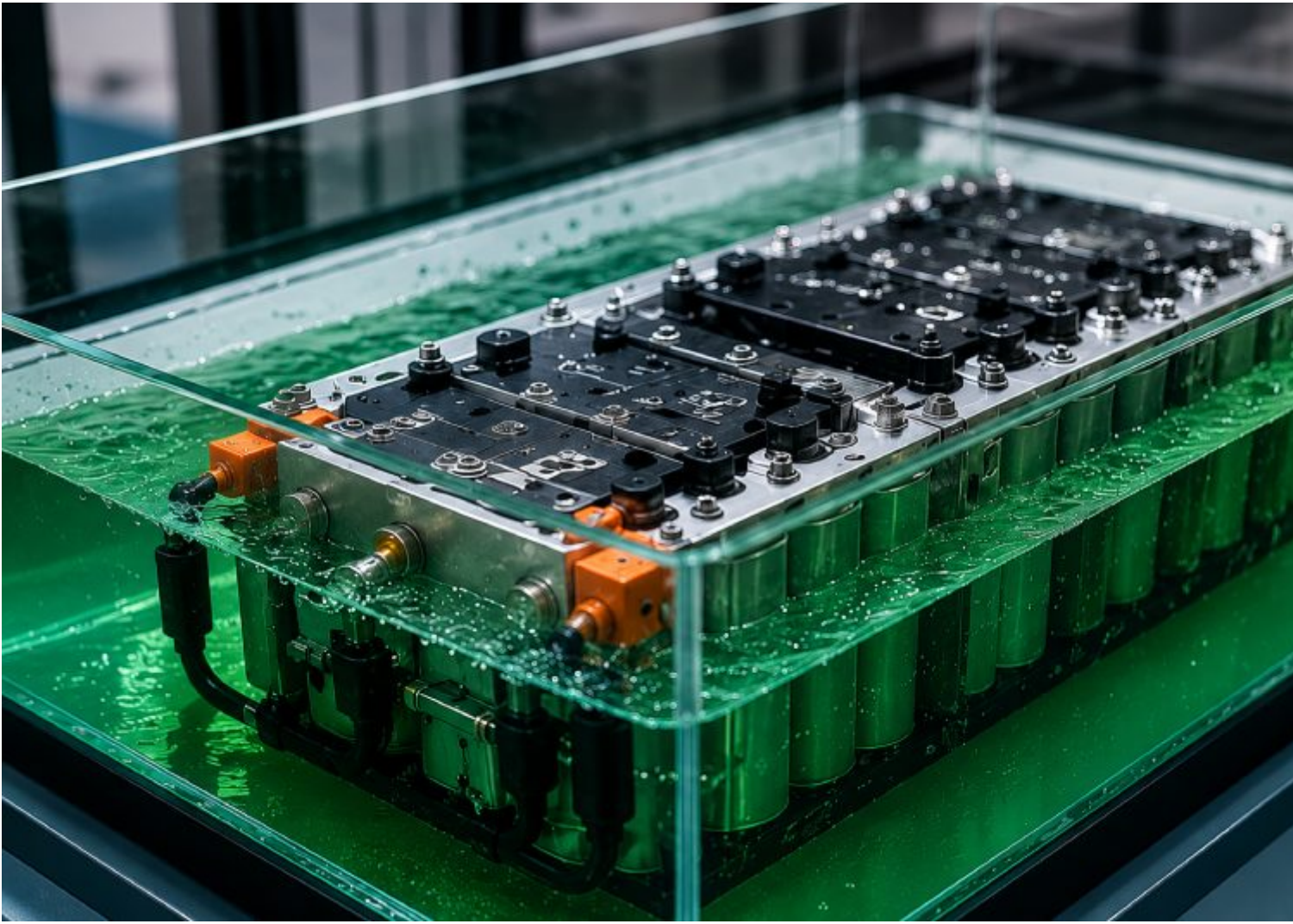
In het licht van de geanalyseerde literatuur, zie onderstaande referentielijst, werpt dompelkoeling zich op als een bijzonder geschikte oplossing om oververhitting te voorkomen wanneer batterijsystemen aan hoge thermische belastingen worden blootgesteld. Dat geldt met name voor toepassingen met een hoge vermogensdichtheid en bij snelladen ⁽²⁾ ⁽⁸⁾, zoals bij li-ionbatterijen voor auto's.

Deze aanpak vergt rechtstreeks contact tussen de diëlektrische vloeistof en de oppervlakken van de elektrochemische cellen. Ook kan de vloeistof in contact komen met bepaalde onderdelen van het batterijpack, zoals busbars en elektronische componenten. Dat directe contact vermindert de totale thermische weerstand van het systeem, wat leidt tot lagere maximumtemperaturen en betere thermische prestaties.

De voordelen zijn het grootst in zware bedrijfsomstandigheden. In dergelijke situaties botsen conventionele oplossingen zoals luchtkoeling of koelplaten vaak op hun grenzen.

Voordelen ten opzichte van de bestaande oplossingen

Het grootste voordeel van dompelkoeling is dat het de belangrijkste thermische bottleneck in batterijen direct aanpakt. Door het contactoppervlak tussen de vloeistof en de cellen aanzienlijk te vergroten, zorgt deze technologie voor een efficiëntere warmteoverdracht dan bij de conventionele methoden.



Een duidelijk voordeel ten opzichte van luchtkoeling

In vergelijking met luchtkoeling is het voordeel bijzonder groot. De beperkte thermofysische eigenschappen van lucht volstaan niet om warmte af te voeren onder zware belasting. Dompelkoeling biedt daarentegen gevoelig hogere warmteoverdrachtscoëfficiënten. Dat geldt met name voor bifasische systemen, die gebruikmaken van de latente verdampingswarmte ⁽¹⁾ ⁽⁵⁾ ⁽⁸⁾.

Een meer genuanceerd voordeel ten aanzien van koudeplaten

De vergelijking met indirecte vloeistofkoeling is meer genuanceerd. Koelplaatsystemen zijn technisch uitgerijpt en zorgen voor een goede warmteverdeling. Ze worden echter beperkt door de thermische contactinterfaces. Met dompelkoeling kunnen deze beperkingen worden omzeild, doordat de cellen en verbindingen rechtstreeks worden gekoeld. Een goed geoptimaliseerd systeem met indirecte vloeistofkoeling biedt echter in sommige gevallen een betere temperatuurverdeling ⁽²⁾.

Een belangrijk voordeel voor de veiligheid

Diëlektrische vloeistoffen kunnen de verspreiding van thermische runaway helpen te beperken of te vertragen. Dat is een belangrijk voordeel voor de veiligheid van batterijsystemen. Dat effect is te verklaren door hun warmteabsorberende vermogen, hun elektrische isolatie en soms zelfs hun lage brandbaarheid of onbrandbaarheid ⁽⁵⁾ ⁽⁶⁾.

Een doeltreffende, maar niet universele oplossing

Op basis van de literatuur kunnen we niet besluiten dat dompelkoeling in alle gevallen superieur is. U dient rekening te houden met verschillende afwegingen.

De eerste daarvan betreft de hoge kosten van diëlektrische vloeistoffen ⁽⁵⁾ ⁽⁸⁾. De tweede heeft betrekking op de integratiebeperkingen die verband houden met de dichtheid en compatibiliteit van de materialen. De derde heeft te maken met de mogelijke massa- en volumetoename van het systeem. Ook hangt de thermische uniformiteit op moduleniveau sterk af van de gelijkmatige stroming ⁽²⁾. In sommige gevallen kan deze lager zijn dan bij goed geoptimaliseerde systemen met indirecte vloeistofkoeling.

Tot slot wijzen recente experimentele resultaten erop dat betere thermische prestaties niet altijd leiden tot een tragere elektrochemische veroudering. In bepaalde bedrijfsomstandigheden kunnen verschijnselen zoals 'lithium plating' in de hand worden gewerkt ⁽⁴⁾. Bij dit fenomeen leidt een afzetting van metallisch lithium op termijn tot vergiftiging van de grafietanode.

Beperkingen voor industriële integratie

Ondanks de voordelen brengt dompelkoeling dus een aantal belangrijke beperkingen met zich mee. Met deze beperkingen moet al in de ontwerpfase rekening worden gehouden.

Kosten en chemische compatibiliteit

Het eerste punt betreft de kosten en beschikbaarheid van diëlektrische vloeistoffen. Deze vloeistoffen blijven gevoelig duurder dan de conventionele oplossingen op basis van water en glycol ⁽⁵⁾ ⁽⁸⁾. Ook de chemische compatibiliteit met de materialen van het systeem is een belangrijk aandachtspunt. Dat vereist grondige controles, want de vloeistof komt rechtstreeks in contact met verschillende onderdelen van het systeem.

Beheersing van de stromingen

Het beheer van de vloeistofstroom vormt eveneens een niet te onderschatten technische uitdaging. Een slechte warmteverdeling kan tot aanzienlijke temperatuurverschillen binnen de module leiden, wat dan weer de thermische uniformiteit in gevaar kan brengen.

Het ontwerp van het hydraulische systeem en het stromingsveld is bepalend voor de algehele prestaties. De analyse met behulp van Computational Fluid Dynamics, of CFD, komt hier volledig tot haar recht. Ze maakt het mogelijk de warmteoverdracht in combinatie met stromingen te bestuderen.

Levensduur van de cellen

Bovendien zijn de langetermijneffecten op de levensduur van de batterijen nog onvoldoende in kaart gebracht ⁽⁵⁾. Uit bepaalde studies ⁽⁴⁾ blijkt dat gewijzigde thermische omstandigheden de mechanismen van elektrochemische degradatie kunnen beïnvloeden. Dat moet nader worden onderzocht.

Complexiteit van bifasische systemen

Bifasische systemen bieden een hoog thermisch rendement, maar brengen extra complexiteit met zich mee: kookverschijnselen, regimeovergangen en het risico op de vorming van isolerende dampfilms. Met deze verschijnselen moet dus al bij het ontwerp van het systeem rekening worden gehouden.

Een technologie voor specifieke gebruiksscenario's

Dompelkoeling is een veelbelovende technologie voor het thermische beheer van li-ionbatterijen. Deze technologie is met name geschikt voor veeleisende toepassingen, zoals ultrasnel opladen of systemen met een hoog vermogen. Ze biedt superieure thermische prestaties in zware omstandigheden, evenals potentiële voordelen op het gebied van veiligheid en integratie.

Om deze technologie op grote schaal te kunnen invoeren, blijven er echter nog enkele uitdagingen te overwinnen. De belangrijkste daarvan hebben betrekking op de kosten, de compatibiliteit van de materialen, de beheersing van de stromen en de invloed op de levensduur van de cellen.

Dompelkoeling moet worden gezien als een aanvulling op bestaande technologieën. De geschiktheid ervan hangt sterk af van het gebruiksscenario en de systeembeperkingen.

Werkt u aan het thermische beheer van batterijen of elektronische systemen?

De experts van Sirris begeleiden u graag bij de analyse, modellering en validatie van uw koeloplossingen. Laten we uw project samen bespreken.

Krijg advies van 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](#)

partners

Gefinancierd door



Wallonie



Auteurs



Carl Emmerechts