

# Is lithium-ion de ideale batterij?

Jarenlang was nikkel-cadmium de enige geschikte batterij voor draagbare apparatuur, van draadloze communicatie tot mobiel computergebruik. In het begin van de jaren '90 kwamen nikkel-metaalhydride en lithium-ion op de markt, die nek-aan-nek met elkaar streden om de acceptatie van de klant. Tegenwoordig is lithium-ion de snelst groeiende en meest veelbelovende batterijoplossing.

## De lithium-ionbatterij

Pionierswerk met de lithiumbatterij begon in 1912 onder leiding van G.N. Lewis, maar het duurde tot het begin van de jaren '70 voordat de eerste niet-oplaadbare lithiumbatterijen in de handel verkrijgbaar werden. Lithium is het lichtste van alle metalen, heeft het grootste elektrochemische potentieel en biedt de grootste energiedichtheid in verhouding tot het gewicht.

Pogingen om oplaadbare lithiumbatterijen te ontwikkelen mislukten vanwege veiligheidsproblemen. Door de inherente instabiliteit van lithiummetaal, vooral tijdens het opladen, verschoof het onderzoek naar een niet-metalen lithiumbatterij die lithiumionen gebruikt. Hoewel de energiedichtheid iets lager is dan die van lithiummetaal, is lithium-ion veilig, mits bepaalde voorzorgsmaatregelen in acht worden genomen bij het opladen en ontladen. In 1991 bracht Sony Corporation de eerste lithium-ion batterij op de markt. Andere fabrikanten volgden dit voorbeeld.

De energiedichtheid van lithium-ion is meestal twee keer zo hoog als die van het standaard nikkel-cadmium. Er is potentieel voor hogere energiedichtheden. De laadkenmerken zijn redelijk goed en gedragen zich qua ontlading vergelijkbaar met nikkel-cadmium. De hoge celspanning van 3,6 volt maakt accupacks met slechts één cel mogelijk. De meeste mobiele telefoons van tegenwoordig werken op één cel. Een pack op basis van nikkel zou drie in serie geschakelde cellen van 1,2 volt nodig hebben.

Lithium-ion is een batterij die weinig onderhoud vergt, een voordeel dat de meeste andere chemische stoffen niet hebben. Er is geen geheugen en er is geen cyclisch gebruik nodig om de levensduur van de batterij te verlengen. Bovendien is de zelfontlading meer dan de helft lager dan bij nikkel-cadmium, waardoor lithium-ion zeer geschikt is voor moderne brandstofmetertoepassingen. Lithium-ioncellen veroorzaken weinig schade als ze worden weggegooid.

Ondanks de algemene voordelen heeft lithium-ion ook nadelen. Het is kwetsbaar en heeft een beveiligingscircuit nodig om veilig te kunnen werken. Het beveiligingscircuit dat in elk pack is ingebouwd, beperkt de piekspanning van elke cel tijdens het opladen en voorkomt dat de celspanning te laag wordt tijdens het ontladen. Daarnaast wordt de celtemperatuur bewaakt om temperatuurextremen te voorkomen. De maximale laad- en ontlaadstroom van de meeste packs is beperkt tot 1C à 2C. Met deze voorzorgsmaatregelen is de kans op metallische lithiumplating als gevolg van overladen vrijwel uitgesloten.

Veroudering is een probleem bij de meeste lithium-ion batterijen en veel fabrikanten zwijgen over dit probleem. Na een jaar is enige capaciteitsvermindering merkbaar, of de batterij nu in gebruik is of niet. Vaak gaat de batterij na twee of drie jaar kapot. Er moet worden opgemerkt dat ook andere chemische materialen leeftijdsgerelateerde degeneratieve effecten hebben. Dit geldt met name voor nikkel-metaalhydride als deze wordt blootgesteld aan hoge omgevingstemperaturen. Tegelijkertijd is bekend dat lithium-ion-packs in sommige toepassingen wel vijf jaar meegaan.

Fabrikanten zijn voortdurend bezig om lithium-ion te verbeteren. Ongeveer elke zes maanden worden er nieuwe en verbeterde chemische combinaties geïntroduceerd. Met zo'n snelle vooruitgang is het moeilijk in te schatten hoe goed de herziene batterij zal verouderen.

Opslag op een koele plaats vertraagt het verouderingsproces van lithium-ion (en andere chemische stoffen). Fabrikanten raden een opslagtemperatuur van 15°C (59°F) aan. Daarnaast moet de batterij gedeeltelijk worden opgeladen tijdens opslag. De fabrikant beveelt een lading van 40% aan.

De voordeligste lithium-ionbatterij wat betreft de verhouding tussen kosten en energie is de cilindervormige 18650 (afmetingen: 18 mm x 65,2 mm). Deze cel wordt gebruikt voor mobiele computers en andere toepassingen die geen ultradunne geometrie vereisen. Als een slanke batterij nodig is, is de prismatische lithium-ioncel de beste keuze. Deze cellen brengen hogere kosten met zich mee als het gaat om opgeslagen energie.

## Voordelen

- / Hoge energiedichtheid - potentieel voor nog hogere capaciteiten.
- / Heeft geen langdurige priming nodig als hij nieuw is. Een regelmatige lading is alles wat nodig is.
- / Relatief lage zelfontlading - de zelfontlading is minder dan de helft van die van batterijen op nikkelbasis.
- / Weinig onderhoud - periodieke ontlading is niet nodig; er is geen geheugen.
- / Speciale cellen kunnen toepassingen zoals elektrisch gereedschap van een zeer hoge stroomsterkte voorzien.

## Beperkingen

- / Beveiligingscircuit vereist om spanning en stroom binnen veilige grenzen te houden.
- / Onderhevig aan veroudering, zelfs als hij niet wordt gebruikt - opslag op een koele plaats bij een lading van 40% vermindert het verouderingseffect.
- / Transportbeperkingen - verzending van grotere hoeveelheden kan onderhevig zijn aan wettelijke controle. Deze beperking geldt niet voor batterijen voor persoonlijk gebruik.
- / Duur om te produceren - ongeveer 40 procent duurder dan nikkel-cadmium.
- / Niet volledig uitgerijpt - metalen en chemicaliën veranderen voortdurend.

## De lithium-polymeerbatterij

Het lithium-polymeer onderscheidt zich van conventionele batterijsystemen door het type elektrolyt dat wordt gebruikt. Het oorspronkelijke ontwerp, dat dateert uit de jaren '70, maakt gebruik van een droge vaste polymeerelektrolyt. Deze elektrolyt lijkt op een plastic-achtige film die geen elektriciteit geleidt, maar de uitwisseling van ionen (elektrisch geladen atomen of groepen atomen) mogelijk maakt. De polymeerelektrolyt vervangt de traditionele poreuze separator, die doordrenkt is met elektrolyt.

Het ontwerp van droog polymeer biedt vereenvoudigingen op het gebied van fabricage, robuustheid, veiligheid en geometrie met een dun profiel. Met een celdikte van slechts één millimeter (0,039 inch) kunnen ontwerpers van apparatuur hun fantasie de vrije loop laten als het gaat om vorm en afmetingen.

Helaas heeft het droge lithiumpolymeer een slechte geleidbaarheid. De interne weerstand is te hoog en kan niet de stroomstoten leveren die nodig zijn om moderne communicatieapparatuur van stroom te voorzien en de harde schijven van mobiele computerapparatuur op te starten. Verhitting van de cel tot 60°C (140°F) en hoger verhoogt de geleidbaarheid, een vereiste die ongeschikt is voor draagbare toepassingen.

Als compromis is er een gelvormig elektrolyt toegevoegd. De commerciële cellen gebruiken een separator/elektrolytmembraan gemaakt van dezelfde traditionele poreuze polyethyleen of polypropyleen separator gevuld met een polymeer, dat geleert wanneer het met de vloeibare elektrolyt wordt gevuld. De commerciële lithium-ion polymeercellen lijken dus qua chemie en materialen erg op hun tegenhangers op basis van vloeibaar elektrolyt.

Lithium-ion-polymeer is niet zo snel populair geworden als sommige analisten hadden verwacht. De superioriteit ten opzichte van andere systemen is niet gebleken en de lage productiekosten zijn niet waargemaakt. De capaciteit is niet verbeterd - in feite is de capaciteit iets lager dan die van de standaard lithium-ion batterij. Lithium-ion-polymeer vindt zijn marktniche in flinterdunne geometrieën, zoals batterijen voor creditcards en andere dergelijke toepassingen.

## Voordelen

- / Zeer laag profiel - batterijen die lijken op de vorm van een creditcard zijn haalbaar.
- / Flexibele vormfactor - fabrikanten zijn niet gebonden aan standaard celformaten.
- / Met een hoog volume kan elk redelijk formaat op een economische manier worden geproduceerd.
- / Lichtgewicht - elektrolyten in gelvorm maken een vereenvoudigde verpakking mogelijk doordat het metalen omhulsel wegvalt.
- / Verbeterde veiligheid - beter bestand tegen overladen; minder kans op elektrolytlekkage.

## Beperkingen

- / Lagere energiedichtheid en lager aantal cycli in vergelijking met lithium-ion.
- / Duur om te produceren.
- / Geen standaardmaten. De meeste cellen worden geproduceerd voor grote consumentenmarkten.
- / Hogere kosten-energieverhouding dan lithium-ion.

# Beperkingen op lithiumgehalte voor vliegreizen

Het is een vraag die veel luchtreizigers stellen: “Hoeveel lithium in een batterij mag ik aan boord meenemen?”. We maken onderscheid tussen twee soorten batterijen: lithiummetaal en lithium-ion. De meeste lithium-metaalbatterijen zijn niet-oplaadbaar en worden gebruikt in filmcamera's. Lithium-ionbatterijen zijn oplaadbaar en voorzien laptops, mobiele telefoons en camcorders van stroom. Beide soorten batterijen, inclusief reservebatterijen, zijn toegestaan als handbagage, maar mogen niet meer dan het volgende lithiumgehalte bevatten:

- / 2 gram voor lithiummetaal- of lithiumlegeringsbatterijen
- / 8 gram voor lithium-ionbatterijen

Lithium-ionbatterijen die meer dan 8 gram maar niet meer dan 25 gram wegen, mogen worden meegenomen in de handbagage als ze afzonderlijk beschermd zijn om kortsluiting te voorkomen en als ze beperkt zijn tot twee reservebatterijen per persoon.

Hoe weet ik het lithiumgehalte van een lithium-ionbatterij? Theoretisch gezien zit er geen metallisch lithium in een typische lithium-ionbatterij. Er is echter wel een equivalent lithiumgehalte waarmee rekening moet worden gehouden. Voor een lithium-ioncel wordt dit berekend op 0,3 keer de nominale capaciteit (in ampère-uur).

Voorbeeld: Een 18650 Li-ion cel van 2 Ah heeft een lithiumgehalte van 0,6 gram. Op een normale laptopaccu van 60 Wh met 8 cellen (4 in serie en 2 parallel) komt dit neer op 4,8 gram. Om onder de VN-limiet van 8 gram te blijven, is de grootste accu die je kunt meenemen 96 Wh. Dit pack zou cellen van 2,2 Ah kunnen bevatten in een opstelling van 12 cellen (4s3p). Als je in plaats daarvan een cel van 2,4 Ah zou gebruiken, zou het pack maximaal 9 cellen bevatten (3s3p).

# Beperkingen op de verzending van lithium-ionbatterijen

- / Iedereen die lithium-ionbatterijen in bulk verzendt, is verantwoordelijk voor het naleven van de transportvoorschriften. Dit geldt voor binnenlandse en internationale zendingen over land, over zee en door de lucht.
- / Lithium-ioncellen met een equivalent lithiumgehalte van meer dan 1,5 gram of 8 gram per batterijpack moeten worden verzonden als “Klasse 9 diverse gevaarlijke stoffen”. De capaciteit van de cellen en het aantal cellen in een pack bepalen het lithiumgehalte.
- / Uitzonderingen worden gemaakt voor packs die minder dan 8 gram lithium bevatten. Als een zending echter meer dan 24 lithiumcellen of 12 lithium-ionbatterijpacks bevat, zijn speciale markeringen en verzenddocumenten vereist. Op elke verpakking moet worden aangegeven dat deze lithiumbatterijen bevat.
- / Alle lithium-ionbatterijen moeten worden getest in overeenstemming met de specificaties in UN 3090, ongeacht het lithiumgehalte (UN Manual of Tests and Criteria, Part III, subsection 38.3). Deze voorzorgsmaatregel voorkomt de verzending van ondeugdelijke batterijen.
- / Cellen en batterijen moeten van elkaar worden gescheiden om kortsluiting te voorkomen en moeten worden verpakt in stevige dozen.