

Opladen bij hoge en lage temperaturen

Accu's werken over een breed temperatuurbereik, maar dit geeft geen toestemming om ze ook onder deze omstandigheden op te laden. Het laadproces is gevoeliger dan het ontladen en er moet extra voorzichtig te werk worden gegaan. Extreme kou en grote hitte verminderen de laadacceptatie en de batterij moet op een gematigde temperatuur worden gebracht voordat deze wordt opgeladen.

Oudere accutechnologieën, zoals loodzuur en NiCd, hebben hogere oplaadtoleranties dan nieuwere systemen, zoals Li-ion. Hierdoor kunnen ze onder het vriespunt opladen met een lagere C-rate. Als het gaat om koudeladen is NiCd sterker dan NiMH. Loodzuur is ook tolerant, maar bij Li-ion is speciale aandacht vereist.

Tabel 1 geeft een overzicht van de toegestane laad- en ontladtemperatures van gewone oplaadbare batterijen. De tabel sluit speciale batterijen uit die ontworpen zijn om buiten deze parameters op te laden. e table excludes specialty batteries that are designed to charge outside these parameters.

BATTERIJ TYPE	OPLAAD-TEMPERATUUR	ONTLADINGS-TEMPERATUUR	LAADADVIES
Loodzuur	-20°C tot 50°C (-4°F tot 122°F)	-20°C tot 50°C (-4°F tot 122°F)	Laad op bij 0,3C of minder onder het vriespunt. Verlaag de V-drempel met 3mV/°C als het warm is.
NiCd, NiMH	0°C tot 45°C (32°F tot 113°F)	-20°C tot 65°C (-4°F tot 149°F)	Laad op met 0,1C tussen -18°C en 0°C. Laad op met 0,3C tussen 0°C en 5°C. Laadacceptatie bij 45°C is 70%. Laadacceptatie bij 60°C is 45%.

BATTERIJ TYPE	OPLAAD- TEMPERATUUR	ONTLADINGS- TEMPERATUUR	LAADADVIES
Li-ion	0°C tot 45°C (32°F tot 113°F)	–20°C tot 60°C (–4°F tot 140°F)	Onder het vriespunt is opladen niet toegestaan. Goede laad-/ontlaadprestaties bij hogere temperaturen, maar kortere levensduur.

Tabel 1: Toegestane temperatuurlimieten voor verschillende accu's

Accu's kunnen ontladen worden over een groot temperatuurbereik, maar de oplaadtemperatuur is beperkt. Voor de beste resultaten laadt u op tussen 10°C en 30°C (50°F en 86°F). Verlaag de laadstroom als het koud is.

Opladen bij lage temperaturen

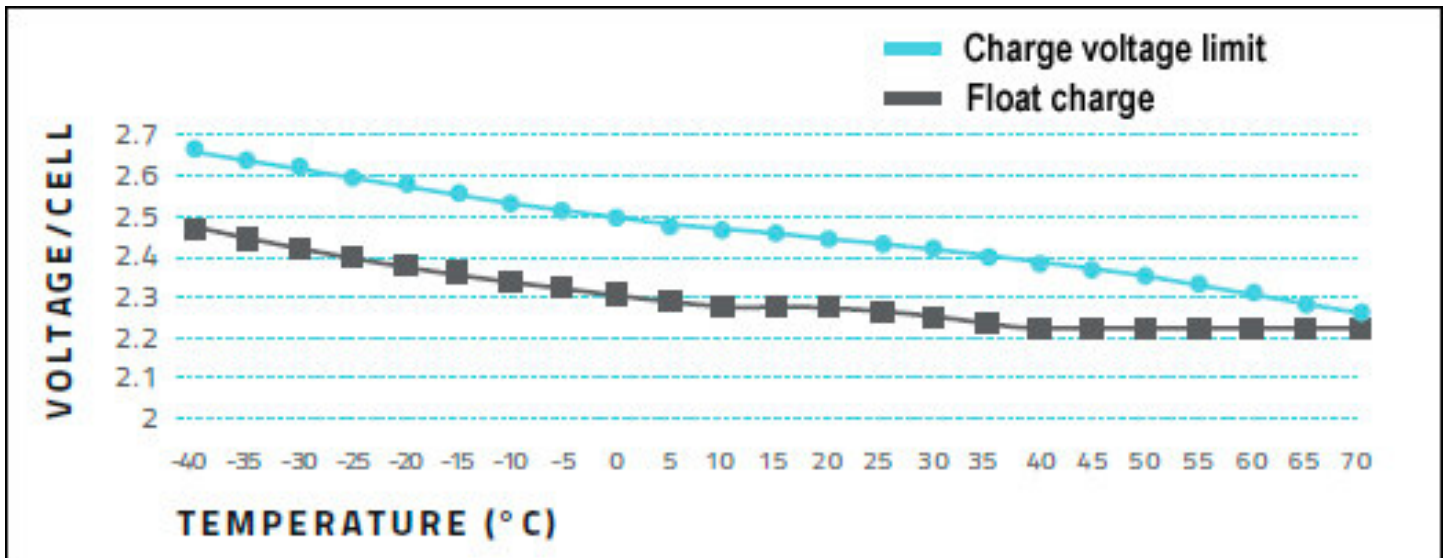
Op nikkelbasis: Bij de meeste accu's is snelladen mogelijk tussen 5°C en 45°C (41°F tot 113°F). Voor de beste resultaten kunt u overwegen om te kiezen voor een kleiner temperatuurbereik tussen 10°C en 30°C (50°F tot 86°F), omdat het vermogen om zuurstof en waterstof te recombineren afneemt bij het opladen van nikkel-gebaseerde accu's onder 5°C (41°F). Als de accu te snel wordt opgeladen, ontstaat er druk in de cel die kan leiden tot ontluchten. Verminder de laadstroom van alle nikkel-gebaseerde accu's tot 0,1C bij opladen onder het vriespunt.

Op nikkel gebaseerde laders met NDV (Negative Delta V) volladingdetectie bieden enige bescherming bij snelladen bij lage temperaturen. Slechte laadacceptatie wanneer de accu koud is bootst een volledig opgeladen accu na. Dit wordt gedeeltelijk veroorzaakt door een hoge drukopbouw als gevolg van het verminderde vermogen om gassen te recombineren bij lage temperatuur. Drukverhoging en spanningsdaling bij volledig opladen lijken synoniem te zijn.

Om snelladen bij alle temperaturen mogelijk te maken, voegen sommige industriële batterijen een thermische deken toe die de batterij verwarmt tot een aanvaardbare temperatuur; andere laders passen de laadsnelheid aan de heersende temperaturen aan. Consumentenladers hebben deze voorzieningen niet en de eindgebruiker wordt geadviseerd om alleen bij kamertemperatuur op te laden.

Loodzuur: Loodzuur is redelijk tolerant als het gaat om extreme temperaturen, zoals de startaccu's in onze auto's laten zien. Een deel van deze tolerantie is te danken aan hun trage gedrag. De aanbevolen laadsnelheid bij lage temperatuur is 0,3C, wat bijna gelijk is aan normale omstandigheden. Bij een comfortabele temperatuur van 20°C (68°F) begint het gassen bij een laadspanning van 2,415V/cel. Bij -20°C (0°F) stijgt de gasdrempel naar 2,97V/cel.

Een loodzuuraccu laadt op met een constante stroom tot een ingestelde spanning die meestal 2,40V/cel is bij omgevingstemperatuur. Deze spanning wordt bepaald door de temperatuur en wordt hoger ingesteld als het koud is en lager als het warm is. Figuur 2 toont de aanbevolen instellingen voor de meeste loodzuuraccu's. Parallel hieraan toont de figuur ook de aanbevolen druppellaadspanning waarnaar de acculader terugkeert als de accu volledig is opgeladen. Bij het opladen van loodzuuraccu's bij wisselende temperaturen moet de acculader de spanning kunnen aanpassen om de belasting op de accu tot een minimum te beperken. (Zie ook BU-403: Loodzuur opladen)



Figuur 2: Celspanningen bij opladen en druppelladen bij verschillende temperaturen^[1]
Opladen bij koude en warme temperaturen vereist aanpassing van de spanningslimiet.

Bevriezing van een loodzuuraccu leidt tot blijvende schade. Houd de accu's altijd volledig opgeladen omdat de elektrolyt in ontladen toestand meer waterachtig wordt en eerder bevriest dan wanneer de accu volledig is opgeladen. Volgens BCI (Battery Council International) heeft een soortelijk gewicht van 1,15 een bevriezingstemperatuur van -15°C (5°F). Dit is vergelijkbaar met -55°C (-67°F) voor een soortelijk gewicht van 1,265 bij een volledig opgeladen startaccu. Ondergedompelde loodzuuraccu's hebben de neiging om de behuizing te scheuren en lekkage te veroorzaken als ze bevroren zijn; verzegelde loodzuuraccu's verliezen hun kracht en leveren slechts een paar cycli voordat ze verouderen en vervangen moeten worden.

Lithium-ion: Li-ion kan snel worden opgeladen van 5°C tot 45°C (41 tot 113°F). Onder 5°C moet de laadstroom worden verminderd en bij vriestemperaturen mag niet worden opgeladen vanwege de verminderde diffusiesnelheden op de anode. Tijdens het laden veroorzaakt de interne celweerstand een lichte temperatuurstijging die een deel van de kou compenseert. De interne weerstand van alle accu's stijgt wanneer ze koud zijn, waardoor de oplaadtijd merkbaar langer wordt. Dit heeft ook een merkbare invloed op de ontladprestaties bij Li-ion.

Veel batterijgebruikers zijn zich er niet van bewust dat lithium-ion-batterijen van consumentenkwaliteit niet kunnen worden opgeladen onder 0°C (32°F). Hoewel het lijkt alsof de accu normaal wordt opgeladen, vindt er tijdens het opladen onder het vriespunt beplating van lithium in metaalvorm plaats op de anode, wat leidt tot een permanente verslechtering van de prestaties en de veiligheid. Accu's met lithiumplating zijn kwetsbaarder voor defecten als ze worden blootgesteld aan trillingen of andere stressvolle

omstandigheden. Geavanceerde laders (Cadex) voorkomen het laden van Li-ion onder het vriespunt.

Er worden vorderingen gemaakt om Li-ion op te laden bij temperaturen onder het vriespunt. Opladen is inderdaad mogelijk met de meeste lithium-ioncellen, maar alleen bij zeer lage stromen. Volgens onderzoekspapers is de toegestane oplaadstroom bij -30°C (-22°F) $0,02\text{C}$. Bij deze lage stroomsterkte zou de oplaadtijd oplopen tot meer dan 50 uur, een tijd die onpraktisch wordt geacht. Er zijn echter speciale Li-ionen die kunnen opladen tot -10°C (14°F) met een lagere snelheid.

Sommige Li-ion fabrikanten bieden op maat gemaakte cellen voor koud laden. Er zijn ook speciale laders nodig die de C-rate verlagen afhankelijk van de temperatuur en de accu opladen tot een lagere spanningspiek; bijvoorbeeld $4,00\text{V/cel}$ in plaats van de gebruikelijke $4,20\text{V/cel}$. Dergelijke beperkingen verlagen de energie die een Li-ion batterij kan vasthouden tot ongeveer 80% in plaats van de gebruikelijke 100%. De oplaadtijd is ook langer en kan meer dan 12 uur duren als de batterij koud is.

Li-ion-accu's die worden opgeladen bij temperaturen lager dan 0°C (32°F) moeten worden onderworpen aan een wettelijke controle om te certificeren dat er geen lithiumplating zal optreden. Bovendien zal een speciaal ontworpen lader de toegewezen stroom en spanning binnen een veilige limiet houden over de gehele temperatuurbreedte. De certificering van dergelijke batterijen en laders is erg kostbaar en dat zie je terug in de prijs. Soortgelijke wettelijke vereisten zijn ook van toepassing op intrinsiek veilige accu's (zie BU-304: Waarom zijn beveiligingscircuits nodig?).

Er zijn fabrikanten van cellen en laders die beweren dat ze Li-ion bij lage temperaturen kunnen opladen; de meeste bedrijven willen echter niet het risico van mogelijke storingen nemen en aansprakelijkheid aanvaarden. Ja, Li-ion kan opladen bij lage temperaturen, maar onderzoekslaboratoria die deze batterijen ontleden, zien verontrustende resultaten.

Opladen bij hoge temperaturen

Hitte is de grootste vijand van accu's, en ook van loodzuur. Het toevoegen van temperatuurcompensatie op een loodzuurlader om temperatuurschommelingen op te vangen zou de levensduur van de accu met 15 procent verlengen. De aanbevolen compensatie is een daling van 3mV per cel voor elke graad Celsius temperatuurstijging. Als de druppellaadspanning is ingesteld op 2,30 V/cel bij 25°C (77°F), moet de spanning 2,27 V/cel zijn bij 35°C (95°F). Als het kouder wordt, moet de spanning 2,33V/cel zijn bij 15°C (59°F). Deze aanpassingen van 10°C vertegenwoordigen een verandering van 30mV.

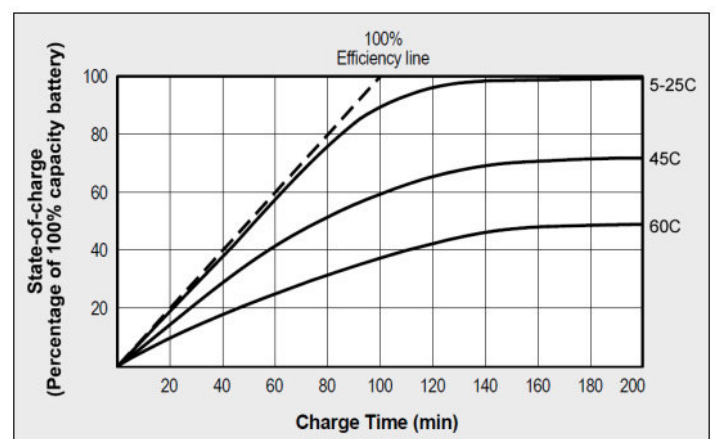
Tabel 3 geeft de optimale piekspanning bij verschillende temperaturen voor het opladen van loodzuuraccu's. De tabel bevat ook de aanbevolen druppellaadspanning in de stand-bymodus.

Batterij status	-40°C (-40°F)	-20°C (-4°F)	0°C (32°F)	25°C (77°F)	40°C (104°F)
Spannings- limiet bij opladen	2.85V/cell	2.70V/cell	2.55V/cell	2.45V/cell	2.35V/cell
Druppel- spanning bij volledig op- laden	2.55V/cell of lager	2.45V/cell of lager	2.35V/cell of lager	2.30V/cell of lager	2.25V/cell of lager

Tabel 3: Aanbevolen spanningslimieten Bij het opladen en onderhouden van stationaire loodzuuraccu's met druppellading. Voltagecompensatie verlengt de levensduur van de accu bij gebruik bij extreme temperaturen.

Het opladen van nikkel-gebaseerde accu's bij hoge temperaturen verlaagt de zuurstofproductie, waardoor de accu minder goed wordt opgeladen. Door de warmte denkt de oplader dat de batterij volledig is opgeladen, terwijl dat niet zo is.

Het opladen van nikkel-gebaseerde accu's als ze warm zijn, verlaagt de zuurstofproductie waardoor de accu minder goed wordt opgeladen. Door de warmte denkt de acculader dat de accu volledig is opgeladen, terwijl dat niet zo is. Figuur 4 toont een sterke afname in laadefficiëntie vanaf de "100 procent efficiëntielijn" bij een temperatuur boven 30°C (86°F). Bij 45°C (113°F) kan de accu slechts 70 procent van zijn volledige capaciteit laden; bij 60°C (140°F) is de laadacceptatie afgenomen tot 45 procent. NDV voor detectie van volledige



Figuur 4: NiCd-laadacceptatie als functie van de temperatuur [2]

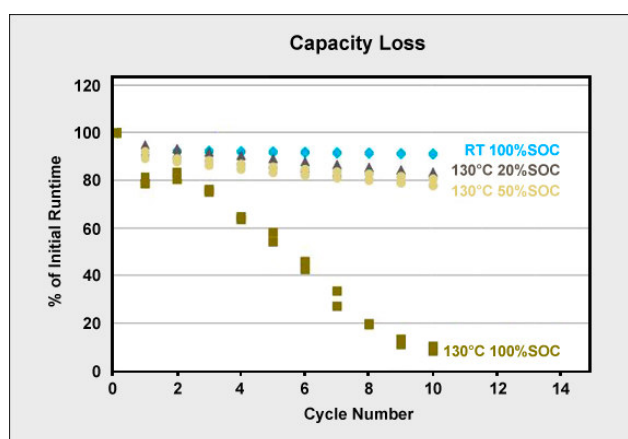
lading wordt onbetrouwbaar bij hogere temperaturen en temperatuurdetectie is essentieel voor back-up.

Een hoge temperatuur vermindert de laadacceptatie en wijkt af van de gestippelde “100% efficiëntielijn”. Bij 55°C heeft commercieel NiMH een oplaadefficiëntie van 35-40%; nieuwere industriële NiMH haalt 75-80%.

Lithium-ion presteert goed bij hoge temperaturen, maar langdurige blootstelling aan hitte vermindert de levensduur. Bij het opladen en ontladen bij hoge temperaturen ontstaat gas, waardoor een cilindrische cel kan ontluchten en een buidelcel kan opzwellen. Veel opladers verbieden opladen boven 50°C (122°F).

Sommige lithiumbatterijen worden tijdelijk verhit tot hoge temperaturen. Dit geldt voor batterijen in chirurgische instrumenten die worden gesteriliseerd bij 137°C (280°F) gedurende maximaal 20 minuten als onderdeel van autoclaveren. Olie- en gasboringen als onderdeel van fracking stellen de batterij ook bloot aan hoge temperaturen.

Capaciteitsverlies bij verhoogde temperatuur staat in direct verband met de laadtoestand (SoC). Figuur 5 toont het effect van Li-kobalt (LiCoO₂) dat eerst wordt geladen bij kamertemperatuur (RT) en vervolgens 90 minuten lang wordt verwarmd tot 130°C (266°F) en vervolgens wordt geladen bij een SoC van 20, 50 en 100 procent. Er is geen merkbaar capaciteitsverlies bij kamertemperatuur. Bij 130°C met een SoC van 20 procent is een licht capaciteitsverlies zichtbaar na 10 cycli. Dit verlies is groter bij een SoC van 50 procent en vertoont een verwoestend effect bij cycli met volledige lading.



Figuur 5: Capaciteitsverlies bij kamertemperatuur (RT) en 130°C gedurende 90 minuten[3]
Sterilisatie van batterijen voor chirurgisch elektrisch gereedschap moet gebeuren bij een lage SoC.

Test: LiCoO₂/Grafiet cellen werden blootgesteld aan 130°C gedurende 90 min. bij verschillende SoC tussen elke cyclus.

LET OP : In geval van breuk, lekkend elektrolyt of een andere oorzaak van blootstelling aan het elektrolyt, onmiddellijk spoelen met water. Bij blootstelling aan de ogen, spoel met water gedurende 15 minuten en raadpleeg onmiddellijk een arts.

Referenties

[1] Bron: Betta Batterijen

[2] Met dank aan Cadex

[3] Bron: Greatbatch Medical

Laatst bijgewerkt: 1-mrt-2022