

Nikkel Cadmium accu's.

De nikkel cadmium accu bestaat al sinds 1890. De NiCad 's zoals wij ze nu kennen zijn een ontwikkeling van de "natte" nikkel cadmium accu's. Deze accu's hebben een grotere capaciteit dan loodaccu's, ze wegen ook nog eens minder en kunnen grotere stromen leveren. Dit waren (en zijn) belangrijke voordelen van de NiCad accu's. Al tijdens de tweede wereldoorlog hebben de Duitsers NiCad accu 's ontwikkeld speciaal voor hun vliegtuigen. Zij hebben ook het sinterproces voor de platen bedacht. Dit is een productie methode waarbij platen ontstaan die poreus zijn. Hierdoor hebben ze een heel groot oppervlak waardoor de capaciteit en de maximale stroom groter wordt. Voor de ruimtevaart vormde het vloeibare elektrolyt van de accu 's echter een groot probleem. In gewichtloze toestand gaat die vloeistof overal heen en blijft niet netjes tussen de platen zitten. Voor loodaccu's had men de gel accu uitgedacht maar ook die was niet erg geschikt voor de ruimtevaart toepassingen, te zwaar en te weinig capaciteit. Uiteindelijk werd de cilindrische NiCad cel ontwikkeld zoals wij hem nu kennen. Sinds die tijd heeft de ontwikkeling bepaald niet stil gestaan zodat de capaciteit en de levensduur gestaag omhoog is gegaan. Cellen die vroeger een capaciteit hadden van 1200mAh hebben nu een capaciteit van 2000mAh en nog hoger. Ook de maximale stroom die ze kunnen leveren is flink omhoog gegaan en de laadtijd is omlaag gegaan doordat met een hogere stroom geladen kan worden.

Om te beginnen zal ik een aantal definities uitleggen en daarna mijn conclusies opschrijven zodat zij die ongeduldig zijn niet het hele verhaal hoeven te lezen. Hoe ik tot deze conclusies ben gekomen zal duidelijk worden als je het verhaal wel helemaal leest. Let op het verhaal is wel erg lang geworden!

Celspanning.

De celspanning wordt weergegeven in Volts, afgekort als V.

NiCad cellen hebben een nominale celspanning van 1,2V. Dit betekent dat de celspanning gedurende het grootste deel van de ontladtijd ongeveer 1,2V is. Een volle cel zal 1,35V zijn en een helemaal lege cel 1V. In het begin van het ontladen zal de spanning vrij snel zakken tot zo ongeveer 1,25V. Dan zal de spanning langzaam zakken tot ongeveer 1,15V. De cel is nu bijna leeg en nu zal de spanning steeds sneller gaan zakken tot 0V toe als je niet stopt met ontladen. Wanneer je een lege cel even laat liggen zal de spanning vrij snel weer terug naar ongeveer 1,18V gaan. Er lijkt dan nog redelijk veel energie in te zitten maar als je dan weer stroom gaat gebruiken stort de spanning heel snel in. Dit is de reden waarom je aan de celspanning vrijwel niet kan zien hoeveel energie er nog in de accu zit.

De Laad- en Ontlaadstroom worden weergegeven in Ampère, afgekort als A. Je ziet ook vaak mA staan, dit staat voor milli Ampère, 1mA is één duizendste Ampère (0,001A). Een andere manier om de laad- of ontladstroom weer te geven is als een functie van de capaciteit. Dan krijg je bijvoorbeeld een laadstroom van 1/10 C en een ontladstroom van 2C. Dit is een laadstroom van één tiende van de capaciteit en een ontladstroom van 2 maal de capaciteit. Voor een cel van 1500mAh betekent dit dus laden met 150mA en ontladen met 3000mA.

De CAPACITEIT (afgekort als C) wordt weergegeven in Ampère uur of milli Ampère uur, dit wordt afgekort als Ah of mAh. (let op de schrijfwijze, dit is de juiste!)

De capaciteit van NiCad cellen wordt door de meeste fabrikanten opgegeven bij een ontlading met een ontladstroom van 1/20C. Veel van de fabrikanten die cellen maken die geschikt zijn voor de modelbouw geven het echter ook vaak op bij een ontladstroom van 1/5C. Hier moeten we wel rekening mee houden want de capaciteit is sterk afhankelijk van de ontladstroom. Hoe hoger de ontladstroom hoe lager de capaciteit zal zijn.

Als je een accu hebt van 1000mAh en je ontlad hem met 100mA dan zal het in theorie 10 uur moeten duren om aan die 1000mAh te komen. Dit zal meestal best aardig kloppen. Ga je de accu echter met 10A ontladen dan is het verhaal heel anders. In theorie zou je de accu in 1/10 uur (= 6 minuten) leeg trekken bij deze stroom. Dat zal in de praktijk veel lager blijken te zijn. De kans is groot dat je de accu dan al binnen 4 minuten leeg hebt getrokken. Als de accu ouder wordt zal dit

effect nog groter worden en ook de temperatuur heeft hier invloed op. Daar kom ik later op terug.

NiCad accu's opladen:

Langzaam laden, dit is laden met een vrij kleine stroom, in het algemeen tussen de 0,1 en 0,5 C.

Voordelen:

Eenvoudige goedkope lader nodig.

Accu komt echt helemaal vol.

De kans op problemen door overladen is klein, vooral bij laadstromen van max. 0,2C. Ook al is de accu vol dan kan hij zonder gevaar voor ernstige schade langere tijd aangesloten blijven op de lader.

Weinig warmteontwikkeling tijdens eventueel overladen.

Nadelen:

Lange laadtijd.

Minder duidelijk aanwezige delta piek waardoor het lastig kan zijn om de lader te stoppen als de accu vol is.

Vorming van (relatief) grote kristallen waardoor de inwendige weerstand stijgt en de capaciteit iets minder wordt. Zolang een volle accu aangesloten blijft op de lader blijven de kristallen groeien. Een aantal kleine kristallen klonteren samen tot één groot kristal. Een reeds volle accu aangesloten laten op een (druppel) lader zorgt dus voor steeds grotere kristallen met alle daarbij horende nadelen.

Versneld laden, dit is laden met een stroom tussen de 0,5 en 1C.

Voordelen:

Kortere laadtijd.

De chemische reacties verlopen snel maar niet te snel. Al het actieve materiaal van de platen kan nog meedoen aan de reacties en wordt vrijwel optimaal benut.

Vorming van veel kleinere kristallen waardoor de inwendige weerstand lager blijft en de capaciteit maximaal blijft.

Veel duidelijkere delta piek. Goed bruikbaar om de lader te stoppen als de accu vol is.

Nadelen:

Zwaardere en meestal ingewikkeldere dus duurder lader nodig

Grotere kans op schade door overladen. Als de accu vol is moet het laden gestopt worden. De kans op schade is vrij groot wanneer dan toch doorgedaan wordt met laden.

Meer warmteontwikkeling tijdens eventueel overladen.

Snel laden, dit is laden met een laadstroom groter dan 1C.

Voordelen:

Veel kortere laadtijd.

Er worden nog iets kleinere kristallen gevormd zodat de inwendige weerstand nog iets lager wordt.

Nadelen:

Nog zwaardere dus duurder lader nodig.

Grote kans op schade door overladen. De lader moet echt stoppen als de accu vol is.

Veel warmte ontwikkeling tijdens overladen. Dit vergroot nog eens de kans op schade.

Niet al het actieve materiaal krijgt de tijd mee te doen aan de chemische reacties omdat die te snel moeten verlopen. Om deze reden zal er minder energie in de accu opgeslagen kunnen worden. In het ergste geval kan dit tot 10% minder zijn!

Zeer snel laden (turbo laden), dit is laden met hele hoge stromen, veel groter dan 1C tot soms wel 5C toe.

Voordelen:

Veel kortere laad tijd.

Nog kleinere kristallen waardoor de inwendige weerstand nog lager wordt.

Nadelen:

De chemische reacties kunnen niet zo snel verlopen dat alle energie die door de lader in de accu

wordt gestopt ook echt wordt opgeslagen. Hierdoor wordt de accu al warm tijdens het laden in plaats van pas als de accu vol is.

Door de warmte loopt het laad rendement extra terug, de volle capaciteit van de accu kan niet gebruikt worden.

Er vindt ook al tijdens het laden gasvorming plaats waardoor de druk in de cellen op kan lopen.

De druk kan zo snel oplopen dat het veiligheidsventiel niet voldoende af kan blazen. Hierdoor is er een reëel gevaar dat een cel open scheurt of zelfs ontploft. Bij deze manier van laden moet je altijd bij de accu blijven om op tijd in te kunnen grijpen.

Het zal duidelijk zijn dat overladen met dit soort hoge laadstromen absoluut voorkomen moeten worden.

Accu opslaan:

Korte tijd opslaan, een paar dagen tot enkele weken.

Voor kortere tijd kunnen we een NiCad accu gewoon wegleggen op een droge plek en bij kamertemperatuur. Het is wel aan te bevelen de accu los te koppelen van het apparaat om elke belasting uit te sluiten. Wanneer het apparaat een echte aan/uit schakelaar heeft is los koppelen niet noodzakelijk. De accu kan geladen of ongeladen weggelegd worden.

Omdat volle NiCad's zal in het begin ongeveer 1% van de lading per dag verliezen (als de accu wat leger wordt daalt dat naar ongeveer 10% per maand) moet een geladen accu eens in de 4 tot 6 maanden normaal opgeladen worden. Om die zelfontlading te verkleinen kan je de accu in de koelkast bewaren. Let wel op dat hij droog blijft en niet bevroert. Je kan de accu in een goed dicht geknoopte plastic zak doen met een zakje silicagel of vochtvreter erbij. Een accu uit de koelkast moet voor gebruik eerst op kamertemperatuur komen, 24 uur van te voren uit de koelkast halen is prima. Daarna kan hij geladen worden en weer gebruikt worden. Na een langere opslagtijd kan het nodig zijn om de accu eerst één of twee keer te laden en ontladen.

Een ongeladen accu hoeft tijdens de opslag periode niet geladen te worden maar voordat hij weer in gebruik genomen wordt moet hij eerst enkele malen geladen en ontladen worden. Hoe vaak dit moet gebeuren hangt af van de opslagtijd en kan oplopen tot wel vier of vijf keer.

Lange tijd opslaan, enkele maanden tot jaren.

NiCad's die lange tijd niet gebruikt worden kunnen het beste ongeladen opgeslagen worden. Dit omdat er ze dan tussentijds niet geladen hoeven te worden. Het nadeel hiervan is dat ze bij weer ingebruikname eerst weer opnieuw geformeerd moeten worden. Dit gebeurt door de accu een aantal keren langzaam op te laden en weer te ontladen. Het is helaas ook zo dat de capaciteit terug zal lopen en de accu ook niet meer in staat zal zijn net zo veel stroom te leveren als voor de langdurige opslag. NiCad accu's zijn niet gemaakt om langdurig ongebruikt opgeslagen te worden.

Alle NiCad accu's zullen het langst en het best werken als ze gebruikt en behandeld worden zoals hierboven omschreven. Er zijn echter mensen die anders met hun accu's omgaan. Dit heeft enkele voordelen maar gaat wel ten kosten van de accu's. Het hoe en waarom wordt in de rest van het verhaal duidelijk.

Ik heb geprobeerd om meer (technische) informatie los te krijgen van een aantal fabrikanten. Dit om jullie beter duidelijk te kunnen maken wat er nu precies binnen in de NiCad cellen gebeurt tijdens het laden en ontladen. Zo hoopte ik duidelijk te kunnen vertellen waarom bijvoorbeeld heel erg snel laden bepaalde (kleine) voordelen heeft maar vooral veel nadelen. Helaas heeft niet één fabrikant mij die informatie willen geven. De ene verwees naar de al voorhande zijnde info op hun site een andere antwoordde helemaal niet en weer een andere vertelde een algemeen verhaaltje dat we allemaal al lang weten. Helaas dus geen duidelijke hoe en waarom van de fabrikanten.

Hoe kunnen we nu het langs plezier hebben van onze NiCad accu's?

Eigelijk is dat simpel, niet te ver ontladen, niet te snel ontladen, niet te veel opladen en niet te snel

opladen. Feitelijk geldt dit voor alle accu's. In dit verhaal wil ik proberen uit te leggen hoe je het beste met je NiCad cellen om kunt gaan zodat je er zo lang mogelijk plezier van hebt.

Eerst even in het kort de werking van NiCad cellen.

De positieve plaat (anode) is gemaakt van nikkel oxyhydroxide en de negatieve plaat (kathode) van cadmium. De platen zijn meestal van gesinterd materiaal. Het elektrolyt is een oplossing van ongeveer 30% kalium hydroxide in water. Het elektrolyt wordt opgenomen in de separator. Die separator is een dun poreus kunststof vel dat tussen de beide platen is gelegd waarna de platen opgerold worden. De separator moet er voor zorgen dat de platen niet tegen elkaar kunnen komen en zo kortsluiting veroorzaken. De separator is meestal gemaakt van nylon maar in cellen die tegen een hogere temperatuur kunnen wordt polypropyleen gebruikt.

Tijdens het ontladen wordt de nikkel oxyhydroxide van de anode omgezet in nikkel hydroxide en het cadmium van de kathode wordt omgezet in cadmium hydroxide. Bij deze chemische reacties wordt een klein beetje van het water in het elektrolyt gebruikt. Tijdens het laden vindt het omgekeerde proces plaats waarbij het water dat bij het ontladen is gebruikt weer vrij komt. Het gaat veel te ver om het hele chemische proces uit te leggen maar het zal duidelijk zijn dat er het nodige in de cellen gebeurt.

Het laatste belangrijke onderdeel van een cel is het overdrukventiel. Wanneer er in de cel een te hoge gasdruk ontstaat kan die druk via dit ventiel weg, zo wordt voorkomen dat de cel uit elkaar klapt. Hoe dat gas ontstaat komt later ter sprake. Er bestaan diverse soorten ventielen. De meeste gaan vanzelf weer dicht zodat de cel bruikbaar blijft hoewel er wel capaciteitsverlies optreedt. Er bestaan echter ook "ventielen" die niet meer dicht gaan. Als een degelijk ventiel open gaat blijft het open en zal het gas en het elektrolyt langzaam maar zeker de uit cel verdwijnen. Dit geeft rotzooi, witte smurrie rond de + aansluiting, het maakt de cel onbruikbaar en kan zelfs het apparaat waar ze in zitten beschadigen. Als die witte smurrie opgedroogd is dan blijft er een poederachtig restand achter dat behoorlijk vast kan gaan zitten aan metalen delen van b.v. de kontaktveren.

Het laden van NiCad cellen.

Een NiCad cel moet geladen worden met een constante stroom gedurende een bepaalde tijd. Jaren lang is als een soort standaard de 1/10C regel toegepast. Dit betekent dat je met een stroom gaat laden die gelijk is aan 1/10 van de capaciteit en dat gedurende 10 uur. Een 500mAh cel moet dus geladen worden met 50mA. Omdat het rendement van het laadproces geen 100% is moet je langer laden dan 10 uur. Uit testen is gebleken dat het rendement ergens tussen de 80% en de 60% is dus moet je minimaal 20% langer laden om het verlies goed te maken. Dus word er 12 tot 14 uur geladen met 50mA. Dit heeft altijd gewerkt en werkt nog! Alleen kleven er wat probleempjes aan deze manier van laden.

Tijdens het laden wordt de cadmium hydroxide op de negatieve plaat omgezet in cadmium en de nikkeldhydroxide op de plus pool wordt omgezet in nikkel oxyhydroxide. Dat cadmium zal als cadmium kristallen neerslaan op de negatieve plaat. Dat is een normaal deel van de chemisch reactie en verder niets mis mee. Alleen vormt de grootte van de kristallen een probleem. Hoe groter die kristallen zijn des te moeilijker ze weer "op te lossen" zijn tijdens het ontladen. Als de kristallen erg groot worden kan het zelfs gebeuren dat ze niet helemaal meer "oplossen" en dat betekent capaciteits verlies. Nu is het een eigenschap van alle kristallen dat ze groter worden naarmate ze langzamer gevormd worden. Dit is niet alleen zo met cadmium kristallen maar met alle kristallen! (het maakt dus niet uit of het nu cadmiumkristallen of b.v. suikerkristallen zijn). Langzaam laden van een NiCad cel zorgt dus voor relatief grote kristallen die bij het ontladen moeilijker om te zetten zijn naar cadmium hydroxide. Hierdoor zal de inwendige weerstand hoger zijn en kan de cel dus minder stroom leveren.

Sneller laden laat de kristallen sneller ontstaan waardoor ze minder groot kunnen worden. Hierdoor blijft de inwendige weerstand laag en kan de maximum stroom vrij hoog zijn. Dit pleit dus voor een snellere manier van laden. Ik kom er later nog op terug. Eerst nog even over het langzaam laden. We stoppen dus met laden na maximaal 14 uur, dat is simpel te realiseren met een schakelklok of iets dergelijks. Het probleem is alleen dat we niet altijd helemaal lege accu's laden. Bijgevolg

weten we dus ook niet altijd hoeveel energie er nog in een accu zit als we gaan laden dus ook niet hoelang we precies moeten laden. Daarom zullen we vrijwel altijd overladen als we gedurende 14 uur laden. Wanneer we de accu helemaal ontladen voordat we hem gaan laden hebben we dat probleem niet en kunnen we wel 14 uur laden. Maar dat kost tijd, samen met de lange laadtijd wordt een accu opladen een langdurige bedoeling.

Als we onze accu's versneld gaan laden doen we dat meestal om tijd te winnen. Wanneer we met 1C gaan laden is onze lege accu binnen 1,5 uur vol. Een bijkomend voordeel is dat de kristallen die gevormd worden lekker klein blijven waardoor de inwendige weerstand laag blijft. Voor de cellen in de accu is 1C geen overdreven grote laadstroom dus voelen ze zich daar verder goed bij. De meeste laders zullen met deze laadstroom meestal ook geen probleem hebben dus zullen we deze manier van laden vaak tegen komen.

Snelladen wordt problematischer voor de cellen. Wanneer we gaan laden met stromen van meer dan 1C komen we bij het probleem dat de chemische reacties in de cellen tijd nodig hebben om plaats te vinden. Tijdens het laden zetten we chemische reacties in gang die energie opslaan. Die processen kosten energie en verlopen met een bepaalde maximale snelheid. Bij het ontladen vinden ook weer chemische processen plaats waarbij de opgeslagen energie weer vrij komt. De processen tijdens het laden kunnen echter lang niet zo snel verlopen als de processen tijdens het ontladen. Dit is de reden waarom je een accu met een veel grotere stroom kunt ontladen dan opladen. Hoe dat komt kan ik niet precies verklaren, navraag bij de fabrikanten heeft niets opgeleverd.

Als je nu toch met een hele grote stroom gaat laden zullen de chemische processen gedwongen snel moeten verlopen maar dat gaat ten kosten van het laadproces. De celspanning zal veel sneller stijgen en hoger oplopen. Hierdoor kan de chemie in de cellen verstoord raken. De cellen zullen ook minder energie op kunnen nemen dus zal de capaciteit duidelijk lager uitvallen. Wanneer je een 1400mAh cel gaat laden met 5C dan zal je nooit 1400mAh in de cel krijgen maar duidelijk minder. Nu moet je niet kijken naar wat je lader aan stroom in de accu heeft gestopt, dat zou best 1400mAh of misschien wel 1500mAh kunnen zijn. Dat er een groot deel van die stroom in warmte is omgezet en een ander deel verloren is gegaan in de chemische reactie zal de lader niet aan kunnen geven. Deze verliezen worden steeds groter naarmate de laadstroom groter wordt. Nu schijnt het zo te zijn dat deze manier van laden als voordeel heeft dat de inwendige weerstand van de cel heel laag blijft. Of dat zo is kan ik niet zeggen want ik heb daar geen tests mee gedaan. Ook mijn vragen aan de fabrikanten wat dit fenomeen betreft hebben niets opgeleverd. De nadelen ken ik wel, een heel duidelijk kortere levensduur en een lagere capaciteit.

Als voordeel van deze laadmethode wordt ook een hogere celspanning genoemd. Zo als ik al schreef wordt die inderdaad hoger maar dat is van slechts hele korte duur. Binnen een half uur nadat de accu van de lader is genomen is die hogere spanning al weer teruggezakt naar de normale waardes van NiCad. Als je de accu gaat belasten dan zakt die hogere celspanning in nog veel kortere tijd in. Dat kan dan al binnen 30 seconden zijn. Dat deze gedwonge hogere celspanning de celchemie in de war stuurt en daarmee ook de levensduur zeer nadelig beïnvloed, wordt door de mensen die toch op deze manier laden voor lief genomen.

Wat gebeurt er tijdens overladen?

Toen men de cellen sneller ging laden bleek dat het overladen een groter probleem werd en moesten er manieren bedacht worden om dat te voorkomen. Maar wat zijn dan die problemen? Tijdens het laden wordt de energie die we in de accu stoppen voor het grootste deel "opgeslagen" door de chemische reacties. Helaas wordt een deel van de energie niet opgeslagen in de cellen. Een deel is nodig is voor de chemische reacties een klein deel gaat verloren over de aansluitdraden en een nog kleiner deel in de inwendige weerstand van de cel. In het totaal kan dat verlies dus oplopen tot maximaal 40%.

Tijdens het laden kan de accu een klein beetje warm worden door de stroom die erdoor loopt. Het vermogen is gelijk aan het kwadraat van de stroom maal de inwendige weerstand. Omdat die inwendige weerstand erg laag is zal ook het vermogen dat erdoor verloren gaat maar klein zijn. De accu zal er nauwelijks warm door worden.

Wanneer er geen nikkel oxyhydroxide aan de positieve plaat meer over is om omgezet te worden is de cel vol en moet het laden stoppen. Op de negatieve plaat is echter nog steeds cadmium hydroxide over. Dat kan niet omgezet worden omdat de tegen reactie aan de plusplaat niet meer plaats kan vinden. Men heeft dit gedaan om bij een geringe mate van overladen de energie die nog in de cellen wordt gestopt op een veilige manier op te kunnen nemen. Als de accu vol is zal er door de laadstroom die blijft lopen zuurstof gas aan de positieve plaat ontstaan. Dit komt omdat er geen nikkel oxyhydroxide meer is om omgezet te worden. Wanneer de negatieve plaat ook "vol" is zal daar waterstofgas ontstaan. Zuurstof en waterstof samen is een gevaarlijke combinatie, knalgas! Dit zal dus voorkomen moeten worden vandaar dat de negatieve plaat groter is. De zuurstof die aan de positieve plaat ontstaat kan door de separator heen naar de negatieve plaat waar het gerecombineerd wordt. Recombineren is een soort verbranden maar zonder vlammen en rook. Er ontstaat wel warmte!

Een ander probleem is dat de hoeveelheid zuurstof die ontstaat sterk afhangt van de (over)laadstroom, hoe hoger die is hoe meer zuurstof er geproduceerd wordt. Bij teveel zuurstof kan niet alles snel genoeg aan de min pool gerecombineerd worden. Dat betekent dat de druk te hoog oploopt en dat de cel uit elkaar zou kunnen klappen. Daarom zit er een veiligheidsventiel in elke cel. Als de druk te hoog wordt gaat hij open zodat de overdruk veilig weg kan. Als dit een keertje gebeurt zal je er weinig van merken maar als dat regelmatig gebeurt zal de hoeveelheid elektrolyt steeds minder worden en de inwendige weerstand van die cel flink oplopen. Na verloop van tijd zal ook de capaciteit minder worden maar dan is de cel meestal al onbruikbaar door de hoge inwendige weerstand.

Het recombineren van de zuurstof heeft nog een effect en dat is dat er warmte bij vrij komt. Dit is de reden dat een NiCad accu warm wordt als je blijft laden als hij vol is. Ook hier geldt dat de hoeveelheid warmte afhankelijk is van de (over)laadstroom. Hoe hoger de stroom des te heter de accu wordt. Die hitte heeft ook weer een bijkomend effect en dat is dat de druk in de cel erdoor oploopt omdat het hete gas uitzet. De kans op gas afblazen via het ventiel wordt hierdoor steeds groter. Zolang de hoeveelheid zuurstof niet te groot wordt zal dit proces bijna oneindig lang door kunnen gaan. Het grootste probleem is dat inwendig in de cel een zuurstof rijke omgeving ontstaat. Hierin kunnen allerlei oxydatie processen veel makkelijker plaatsvinden. Zo ook de oxydatie van de separator, langzaam maar zeker zal de separator door de overvloedige zuurstof oxyderen en dus weg teren. Het gevolg hiervan is dat de kans dat de platen elkaar ergens kunnen gaan raken steeds groter wordt.

Ook zal de kristalgroei doorgaan zolang er een laadstroom blijft lopen. Vele kleine kristallen gaan samen één grote vormen met de nadelen die ik al genoemd heb.

Er kleeft nog een probleem aan het doorgroeien van de kristallen. Die kristallen vormen zogenaamde dendrides (dendrites). Dit zijn een soort boomvormige structuren die steeds "hoger" worden. Uiteindelijk is het mogelijk dat die dendrides door de separator heen prikken en tot aan de positieve plaat kunnen komen. Cadmium is een metaal dus een geleider voor stroom. Er ontstaat dus een vorm van kortsluiting in de cel door die dendrides. Wanneer er maar voldoende van die dendrides ontstaan zal de zelfontlading van de cel steeds hoger worden tot hij uiteindelijk totaal onbruikbaar wordt. Dit gebeurt b.v. met een kruimelzuiger die maar eens in de week gebruikt wordt en de rest van de tijd in de houder zit. Zolang de adapter in het stopcontact zit zal er een laadstroom blijven lopen. Omdat dit een hele lage stroom is gebeurt er verder niets maar na verloop van tijd is de accu vrijwel onbruikbaar geworden door de bovenstaande redenen.

Kan je wat doen tegen dendrides? Ja, maar het is wel een beetje link. Je kunt de cellen "zappen". Dit doe je door gedurende een hele korte tijd een enorme stroomstoot door de cel te jagen. Zo heb ik wel eens gehoord van mensen die 100A door hun cellen joegen! Wanneer je dit niet met de nodige voorzorg doet en/of niet precies weet waar je mee bezig bent is dit levensgevaarlijk! Ik raad iedereen dan ook heel sterk aan dat nooit op eigen houtje te doen als je niet heel erg zeker bent van wat je aan het doen bent. Overigens is het nut vrij klein. Je smelt de toppen van de bomen (het bovenste deel van de dendrides) weg maar de grote kristallen ben je er niet door kwijt! Een bijkomend probleem is ook nog dat het weggesmolten metaal elders in de cel zal neerslaan. Wat dat voor effecten heeft is niet van te voren te voorspellen.

Veruit de beste remedie tegen dendrides is voorkomen dat ze ontstaan. Dit doe je door niet te langzaam en vooral niet te lang te laden. Er zijn laders die overschakelen naar een hele lage

laadstroom als de accu vol is. Men noemt dit "druppelladen" en het zou de accu op een "veilige" manier helemaal vol houden. Dit is dus geen goed idee, als de accu vol is moet de lader helemaal stoppen met laden!

Wanneer stoppen met laden?

Het zal duidelijk zijn uit het bovenstaande dat je moet stoppen als de accu vol is. Je kunt het helaas niet aan de buitenkant zien als een accu vol is. Hierboven heb ik al geschreven dat de temperatuur oploopt als de accu vol is. Dit kan je met een temperatuur sensor meten en daarmee de lader uitschakelen. Dit is een systeem dat heel veel gebruikt wordt, vooral in de laders van accu boormachines. In de accu zit een temperatuur sensor. In de lader zit een simpele chip die met laden begint zodra de accu aangesloten wordt. De sensor meet dat de accu warm wordt en geeft dat via een extra contact in het accupack aan de laadchip door die het laden stopt. Pas wanneer de accu los is genomen en er een volgende wordt aangesloten gaat de chip weer laden. Een veilige en goed werkende manier van laden.

Toch kleeft er een nadeel aan deze laadmethode. Je overlaad eigenlijk de accu een beetje, hij moet tenslotte warm worden. Het is wel de bedoeling dat dit overladen tot een minimum beperkt blijft omdat het niet goed is voor de cellen. Daarom kan je geen al te hoge laadstromen gebruiken, meestal wordt er niet meer dan 1C, een enkele keer misschien 1,5C, gebruikt.

Doordat dit laadsysteem zo ontzettend veel wordt gebruikt zijn er speciale onderdelen voor ontworpen. Door de wet van de grote getallen zijn de kosten laag.

Waarom wordt het dan niet in de modelbouw gebruikt? Er is een extra contact nodig dat verbonden is met een temperatuur sensor die tussen de cellen van de accu zit. Dat extra contact en die sensor vinden vele van ons waarschijnlijk lastig of misschien wel onbetrouwbaar. Voor de kosten hoeven we het niet te laten want dit systeem is goedkoper dan vele van de laders die nu te koop zijn. De relatief lage laadstroom is ook een mogelijke oorzaak.

Het door ons meest gebruikte systeem is een delta piek lader. In deze lader zit een computerchip die op gezette tijden de spanning van de accu meet. Die spanning zal tijdens het laden heel langzaam een klein beetje oplopen van 1,2 naar ongeveer 1,3V per cel. Wanneer de accu vol raakt gaat de spanning sneller oplopen en als hij vol is zal de spanning juist weer iets dalen. Men noemt dit de delta piek. Dit komt door de chemische processen en het gaat te ver om uit te leggen hoe dat ontstaat. Een chip in de lader zal dit spanningsverloop meten en wanneer de spanning weer daalt zal de chip het laden stoppen. Dit systeem werkt zeer goed en safe, het laden wordt eerder gestopt dan bij het temperatuur systeem, er wordt dus minder overladen. De temperatuur van de accu zal dus ook minder hoog oplopen. Omdat je met dit systeem het laadproces beter onder controle hebt kan je met een hogere laadstroom laden.

Het nadeel van dit systeem is dat er ingewikkeldere elektronica voor nodig is. Hierdoor kosten deze laders meer. Op dit moment zijn er vele soorten delta piek laders op de markt. De ene is nog mooier en kan nog meer dan de andere. Welke lader je kiest hangt grotendeels af van je persoonlijke voorkeur en je portemonnee.

Het geheugeneffect.

Bestaat dat befaamde geheugeneffect nu wel of niet? Dat is de grote vraag voor vele. Het antwoord is simpel: **Ja** het bestaat! De vraag is alleen of wij er ooit iets van merken. Het echte geheugen effect is vele jaren geleden ontdekt door de NASA. Een aantal NiCad cellen werd voor een bepaalde toepassing gebruikt waarbij ze gedurende een vaste tijd met een vaste stroom belast werden. Met andere woorden de accu werd steeds voor een deel ontladen. Tot hoever weet ik niet maar laten we als voorbeeld 60% nemen. Daarna werden ze weer gedurende een vaste tijd met een vaste stroom opgeladen. Na verloop van een lange tijd was er een keer meer energie nodig dus wilde men de accu langer belasten. Toen bleek dat de capaciteit van de accu veel lager was dan de fabrikant opgegeven had. De capaciteit was slechts 60% van wat het zou moeten zijn. Dit kwam overeen met de hoeveelheid energie die er in de voorgaande tijd uit gebruikt was. Het leek alsof de accu's onthouden hadden dat ze slechts voor 60% gebruikt werden. Hier is dus de naam geheugen effect vandaan gekomen. Gelukkig bleek dat de volledige capaciteit hersteld kon worden door de accu's enkele keren helemaal te ontladen en daarna weer op te laden.

Ik heb de fabrikanten gevraagd wat nu de chemische of elektrische oorzaak van dit geheugeneffect

was. Helaas heb ik daar dus geen antwoord op gekregen. Uit allerhande stukken die ik heb kunnen vinden heb ik nergens echt duidelijk kunnen achterhalen wat nu die oorzaak is. Het enige wat wel heb kunnen vinden zijn stukken waarin staat dat bij moderne NiCad cellen door verbeterde fabricage en materialen het geheugeneffect zo goed als niet meer bestaat.

Einde discussie zou je denken, toch niet helemaal. Er zijn een aantal effecten die tegenwoordig het geheugeneffect worden genoemd. Dit is het echter niet omdat het meerdere oorzaken zijn die ook nog eens niet (helemaal) terug te draaien zijn.

Zoals al omschreven zal langdurig langzaam laden en overladen tot gevolg hebben dat er vrij grote cadmiumkristallen ontstaan. Die grote kristallen "lossen" moeilijk op tijdens het ontladen waardoor de inwendige weerstand hoger wordt en de accu minder stroom kan leveren. Als je nu een flinke stroom uit de accu gaat trekken zal door die hogere inwendige weerstand de spanning van die accu sneller in elkaar zakken. De snelheidsregelaar in je boot, vliegtuig of auto zal vrij snel afslaan omdat de accuspanning te laag wordt. Het is dan vrij logies dat je denkt dat de capaciteit van je accu lager is geworden maar dat is dus niet zo, de inwendige weerstand is hoger geworden! Als je dan (veel) stroom uit die accu gaat trekken zal een deel van de accuspanning verloren gaan over die inwendige weerstand. Je zult merken dat als je de accu gaat testen met een lage stroom de capaciteit behoorlijk goed overeenkomt met wat de fabrikant opgegeven heeft.

Tijdens (landurig) overladen vindt er een chemisch proces plaats aan de positieve plaat. Het effect hiervan is dat de celspanning 0,04V tot 0,05V lager wordt. Ook dit wordt wel toegeschreven aan het geheugeneffect.

Dan de al eerder genoemde dendrides. Deze zorgen voor een hogere zelfontlading waardoor je dus minder bruikbare capaciteit overhoudt. Dit is zeker geen geheugeneffect! Dendrides kunnen gedeeltelijk verwijderd worden maar helaas vrijwel niet helemaal. Als je de cellen "zapt" ben je dus gedeeltelijk kwijt en heb je alle capaciteit weer terug. Helaas zullen de dendrides weer terug groeien op de resten die er nog echter gebleven zijn. Meestal betekend dit dat je beter nieuwe cellen kunt kopen.

Als laatste is er natuurlijk ook nog de "gewone" slijtage van de cellen. Door het gebruik zullen de cellen langzaam maar zeker achteruit gaan. Goed behandelde cellen die onder de ideale omstandigheden gebruikt worden kunnen tot wel 1000 keer geladen en ontladen worden. Dat zullen wij nooit halen maar 500 keer moet zeker haalbaar zijn. Toch zullen er vele onder ons zijn die zelfs daar lang nog niet aan komen. Er zijn mensen die hun accu niet meer dan 50 tot 100 keer kunnen laden en ontladen. Deze cellen worden dan heel erg "mishandeld". Door de cellen heel erg snel te laden en met hele grote stromen te ontladen zullen de cellen veel te lijden hebben. Deze cellen worden geladen met stromen van wel 5C of soms zelfs meer. Ontladen met stromen van 100A en meer komen ook voor. Deze combinatie is voor alle cellen zeer zwaar en ze zullen dan ook niet lang "leven". De mensen die hun Nicad accu's op deze manier gebruiken weten dit en nemen deze nadelen voor lief. De voordelen die deze behandeling (zou) hebben wegen voor hen op tegen het nadeel dat de accu veel sneller kapot is.

De temperatuur van NiCad accu's.

Er zijn de nodige verhalen die in de rondte gaan over de temperatuur van NiCad's. Hier zijn geen discussies over mogelijk ALLE NiCad's kunnen gebruikt worden tussen de -10°C tot 40°C. Er bestaan ook cellen die geschikt zijn om bij hogere temperaturen gebruikt te worden, meestal tot maximaal 60°C.

Dit wil echter niet zeggen dat ze bij die temperaturen ook het beste presteren. Dat is helemaal niet zo!

In een accu vinden chemische reacties plaats waardoor er energie in opgeslagen wordt en weer vrij komt. De snelheid van deze reacties is mede afhankelijk van de temperatuur. Grofweg gezegd, hoe hoger de temperatuur hoe sneller de reacties verlopen. Als de reacties sneller kunnen verlopen dan kan er meer stroom opgeslagen worden bij het laden en geleverd worden bij het ontladen. Nu moet je wel bedenken dat het maar vrij kleine verschillen zijn. Je kunt echt geen 10A meer uit een warme accu trekken dan uit een koude. Toch kan dat kleine beetje meer stroom net het verschil kunnen zijn tussen winnen en verliezen tijdens een wedstrijd.

Helaas is er altijd nog meer aan de hand. Een te hoge temperatuur levert behalve dit "voordeel" ook nadelen op. Het zijn juist deze nadelen die roet in het eten gooien. Als je accu tussen de 20°C

en de 30°C is zal 100% van de capaciteit voor de gebruiker beschikbaar zijn. Loopt de temperatuur op dan daalt de beschikbare capaciteit. Bij 40°C is nog maar zo'n 90% beschikbaar. Wordt de accu nog warmer dan daalt de capaciteit snel. Bij 60°C is nog maar iets van 50% van de capaciteit beschikbaar. Wordt de temperatuur nog hoger dan zal de capaciteit nog sneller gaan dalen maar dan gebeuren er intern nog meer dingen waardoor de cellen echt schade op kunnen lopen.

Een ander (naar) effect van hoge temperaturen is dat de zelfontlading van de cellen enorm oploopt. Accu's die bij temperaturen van meer dan 30°C bewaard worden zullen snel "leeglopen" door deze zelfontlading. Ze kunnen dan binnen een maand al helemaal leeg zijn.

Als laatste effect wil ik noemen dat hete accu's veel minder energie kunnen opnemen als ze geladen worden. Dus als je een accu hebt die behoorlijk warm is geworden tijdens het ontladen dan moet je die eerst af laten koelen voordat je hem gaat laden. Als je dat niet doet zal de accu niet direct kapot gaan maar je krijgt er gewoon veel minder energie in. De accu zal veel sneller "vol" zijn.

Ook bij lage temperaturen loopt de capaciteit van de cellen terug. Bij -20°C zal de capaciteit van de cel gedaald zijn tot iets van 40% van de oorspronkelijke capaciteit bij +20°C! Door de lage temperatuur zullen de chemische processen veel langzamer verlopen waardoor de inwendige weerstand ook nog eens behoorlijk hoger wordt. Wat ook lager wordt is de zelfontlading, dat is één van de weinige voordelen van het bewaren van accu's bij lage temperaturen. Je moet echter wel opletten dat je de accu's nooit laat bevriezen. Het water in het electrolyt zal ijskristallen gaan vormen. Die ijskristallen hebben twee nare eigenschappen. Ze zetten uit dus de cel zal van binnen onder druk komen te staan waardoor hij kapot zou kunnen gaan. Dit is hetzelfde effect als een glazen pot met water die bevriest, de kans is groot dat hij kapot vriest! De tweede eigenschap is dat ijskristallen dendriden vormen die vrij groot en zo scherp als mesjes zijn. De kans dat de ijskristallen de separator kapot maken is behoorlijk groot. Als dat gebeurt is het zo goed als afgelopen met je cellen.

Tot zo ver dit toch wel erg lange verhaal. Ik hoop dat jullie wat aan deze informatie hebben. Mocht ik nog dingen vergeten zijn, laat dat dan even weten.

Ernst Grundmann. (© februari 2005)