

Tony Soininen

LITIUM-IONI AKKU JA SEN VALMISTUS

**Opinnäytetyö
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU
Kemiantekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2015**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Kokkola-Pietarsaari	Aika Toukokuu 2015	Tekijä/tekijät TonySoininen
Koulutusohjelma Kemiantekniikka		
Työn nimi Litium-ioniakku ja sen valmistus		
Työn ohjaaja Laura Rahikka		Sivumäärä 26 + 3
Työelämäohjaaja Laura Rahikka		
<p>Opinnäytetyö tehtiin tilauksesta Centria-ammattikorkeakoulun Kokkola-Pietarsaari yksikön pyynnöstä. Akkutekniikkaan ja -valmistukseen liittyvää tietoa ei ole saatavana juuri mitään suomenkielisenä. Kun kyseessä oli vielä litium-ioniakku niin sitä tietoa ei ollut senkään vertaa. Tavoitteena oli saada aikaan suomenkielinen opinnäytetyö, jota voitaisiin hyödyntää perehdyttäessä litium-ioniakkuihin.</p> <p>Työn tarkoituksena oli tuottaa suomenkielistä materiaalia litium-ioniakuista ja sen valmistus tavasta. Tässä työssä tarkasteltiin kokoamisvaihe vaihe vaiheelta alkutuotteesta aina lopputuotteeksi asti.</p> <p>Tämän seurauksena saatiin selvitys, joka antaa tietoa litium-ioniakun rakeenteista ja sähkökemiallisista reaktioista. Lopussa pohditaan vielä mahdollista muutosta kehittyvän tekniikan ansioista.</p>		

Asiasanat

akut, akkuteknologia, litium, litium-ioniakku, sähkökemialliset

ABSTRACT

Unit Kokkola-Pietarsaari	Date June 2015	Author/s Tony Soininen
Degree programme Chemical engineering		
Name of thesis Lithium-ion battery		
Instructor Laura Rahikka		Pages 26 + 3
Supervisor Laura Rahikka		
<p>This thesis was commissioned by the Degree Programme of Chemical Engineering in Centria University of Applied Sciences, located in Kokkola. Currently there is little or no information available Finnish about the battery technology/technique and production. There was even less information about the lithium-ion battery. The aim of the thesis was to collect useful information about the subject and translate it into Finnish.</p> <p>The objective of this thesis was to create document providing information about lithium-ion battery and how it is produced. The thesis work includes the different steps/phases of the production from the primary product to the finished product.</p> <p>The result was a report about the construction lithium-ion batteries and electrochemical reactions in Finnish. The final part of the thesis contemplates on the possible changes due to developments in the technology.</p>		

<p>Key words accumulators, batteries, cell, electrochemistry, lithium-ionbattery</p>

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TUTKIMUS ONGELMA	2
3 LITIUM-IONIAKKU	3
3.1 Yleistä	3
3.2 Litiumin käyttö	5
3.3 Litium toimintaperiaate lyhyesti	7
3.4 Akun muodot ja rakenne	8
3.5 Edut ja heikkoudet	9
4 LITIUM-IONIAKUN VALMISTUS	12
4.1 Esittely	12
4.2 Akun suunnittelu	12
4.3 Akun valmistus	13
4.3.1 Sekoittaminen ja vaivaaminen	14
4.3.2 Lieriönmuotoisten akkujen valmistus	18
4.3.3 Akun lataus ja testaus	21
5 POHDINTA	22
6 LÄHTEET	23

1 JOHDANTO

Tämän insinööri työn tarkoituksena on avartaa ihmisten käsitystä Litium-akuista, mikä se on, mistä se koostuu ja kuinka se toimii? Tavoitteena on tuottaa suomenkielistä tietoa litium-akuista. Käytetty materiaali on englanninkielistä muutamia pieniä poikkeuksia lukuun ottamatta. Työn tilaajana toimii Centria-ammattikorkeakoulun Kokkolan yksikkö.

Työ aloitetaan määrittelemällä mikä akku on. Aluksi käsitellään akkujen historiaa, litiumin ominaisuuksista ja sen käyttötarkoituksista suppeasti. Sen jälkeen perehdytään tarkemmin litium-ioniakkujen valmistustapaan ja testaamiseen ennen markkinoille pääsyä. Laajempaa tarkastelua ei pysty tekemään, koska tarkat koostumukset ja mitat ovat liikesalaisuuksia ja koska ne myös vaihtelevat valmistajien mukaan.

Suurimpana lähteenä on käytetty Masaki Yoshio, Ralph J. Brodd ja Akiya Kozawan tekemää Lithium-Ion Batteries: Science and Technologies-teosta. Tässä teoksessa on useita kirjoittajia ja litium-ioniakun tekniikkaa ja toimintaa käsitellään erittäin laajasti. Lisäksi opinnäytetyössä on käytetty Internet-lähteitä.

2 TUTKIMUSONGELMA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa suomenkielistä materiaalia liittyen litium-ioniakkuihin. Yleisesti ottaen kaikki materiaali, mikä liittyi akkuihin ja varsinkin Li-ioniakkuihin oli ulkomaankielistä (pääsääntöisesti englanniksi ja saksaksi). Tekemällä tämän opinnäytetyön saavat nyt asiasta kiinnostuneet helpommin tietoja. Tarkoituksena oli että, oppilaitos voisi jopa mahdollisesti käyttää kyseistä materiaalia apuna opetustilanteissa.

Tämäntyyppisessä opinnäytetyössä tyypillisimmät vaikeudet ovat kääntämisessä, koska tarkoituksena on tuottaa mahdollisimman totuuden mukainen ja paikkaansa pitävä teos. Hyvin herkästi asiasisältö saattaa vahingossa muuttua.

3 LITIUM-IONIAKKU

3.1 Yleistä

Jotta akku olisi täydellinen, sillä tulee olla mahdollisimman suuri varauskapasiteetti, nopea ladattavuus ja pieni koko. Sen hinta pitää olla kohtuullisen edullinen ja sen elinikä tulee olla vuosia.

Akku perustuu sähkökemialliseen reaktioon, jossa se muuntaa kemiallista energiaa sähköenergiaksi. Sitä mitataan wattitunteina (Wh). Akku sisältää normaalisti useita kennoja, joiden perusrakenne on yksinkertainen. Kennossa elektrolyyttiliuokseen on upotettu kaksi elektrodia. Kun elektrodien välille kytketään kuormaksi ulkoinen resistanssi, käynnistyy sähkökemiallinen reaktio, ja virta alkaa kulkea kuorman kautta.

Ladattavien akkujen varaaminen perustuu vuorostaan käänteiseen sähkökemialliseen reaktioon. Siinä purkautunut akku ladataan uudelleen sähkövirran avulla. Akkujen vertailussa käytetään tunnuslukuina energiaa massaa- tai tilavuusyksikköä kohti (Wh/kg, Wh/l), tehoa massayksikköä kohti (W/kg) sekä purkaus-latausjaksojen maksimimäärää, joka sanelee siten akun käyttöiän.

Litium kuuluu alkaalimaametalleihin, ja sen symboli on Li. Litium on huoneen lämmössä kevyt ja erittäin reaktiivinen aine, koska se luovuttaa herkästi uloimman elektroninsa. Tämän vuoksi se reagoi kiivaasti mm. veden ja ilman kanssa. Siksi sitä ei esiinny luonnossa vapaana alkuaineena, vaan aina yhdisteenä. Litium on kevein metalli ja sillä on lisäksi myös suuri energiatiheys ja suuri pelkistymispotentiaali. Taulukossa 1 on esitettyä litiumin ominaisuuksia.

TAULUKKO 1. Litiumin ominaisuuksia.

Fysikaaliset ominaisuudet	
Olomuoto	kiinteä
Sulamispiste	453,69 K (180,54 °C)
Kiehumispiste	1609 K (1336 °C)
Moolitilavuus	$13,02 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mol}$
Höyrystymislämpö	147,1 kJ/mol
Sulamislämpö	3,00 kJ/mol
Höyrinpaine	133 Pa 723 K:ssa
Äänen nopeus	6000 m/s 293 K:ssa
Muuta	
Elektronegatiivisuus	0,98 (Paulingin asteikko)
Ominaislämpökapasiteetti	3,582 kJ/kg K
Sähkönjohtavuus	(20 °C) $10,8 \cdot 10^6 \text{ S/m}$
Lämmönjohtavuus	(300 K) $84,8 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
CAS-numero	7439-93-2

Metallista litiumia alettiin valmistaa vasta 1900-luvun vaihteessa. Metallisella litiumilla ei ole montaa käyttötarkoitusta, sen vuoksi kansainvälinen kauppa suoritetaan litiumkarbonaatilla (Li_2CO_3) ja sen kulutus mainitaan litiumkarbonaattiekvivalenttina. (Keliber 2010.)

Tänä päivänä tunnetaan yli 80 erilaista litiumkemikaalia ja näitä yhdisteitä käytetään erilaisissa käyttötarkoituksissa. Suurimpana toimii tällä hetkellä akkuteollisuus. Tällä hetkellä on noin 140 mineraalia, jotka sisältävät

litiumia, mutta pääsääntöisesti käytetään spodumeenia, petaliittia, lepidoliittia ja amblygoniittia. Litiumia löytyy maankuoresta noin 65 g/t ja suolameristä/suolajärvistä 170 mg/t. Suurimmat litiumkemikaalien tuottajat vuonna 2007 oli SQM (Chile), Chemmetall (Chile & USA), FMC (Argentiina) ja Kiina (useampituottaja). Litium mineraalien suurimmat tuottajat löytyvät Australiasta, Portugalista ja Kanadasta. Suomen merkittävin litiumesiintymä löytyy Keski-Pohjanmaalta, jossa litium esiintyy spodumeenina, jota kutsutaan myös nimellä litiumalumiinisilikaatti. (Keliber 2010.)

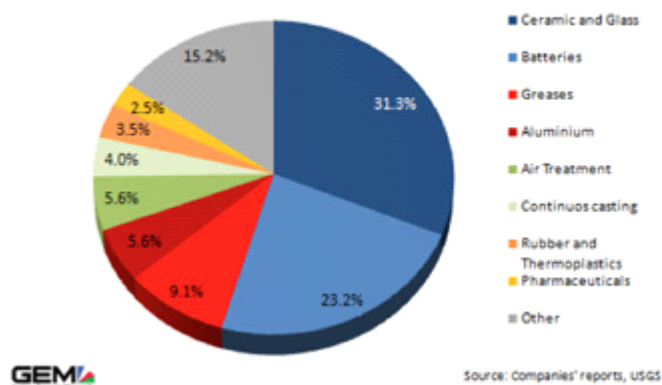
Litium-ioniakut luokitellaan melkein aina ongelmajätteeksi, koska ne sisältävät raskasmetalleja.

3.2 Litiumin käyttö

Litiumakkuja tutkittiin jo 1970-luvulta lähtien, mutta metalliseen litiumiin perustuneet akut kärsivät huonosta uudelleen varauskyvystä. 1980-luvulla päästiin tutkimuksissa eteenpäin ja alettiin käyttää hiilipohjaisia elektrodeja. Kun ensimmäiset litium-ioniakut varastoivat energiaa 90 Wh/kg, se oli jo vuosituhaten vaihtuessa yli 150 Wh/kg. Kemiallinen tehokkuus akuissa ja sähkökemialliseen reaktioon osallistumattomien osien keveneminen ja tilavuuden pieneneminen ovat vaikuttaneet tähän suureen kehitykseen. (Keliber 2010.)

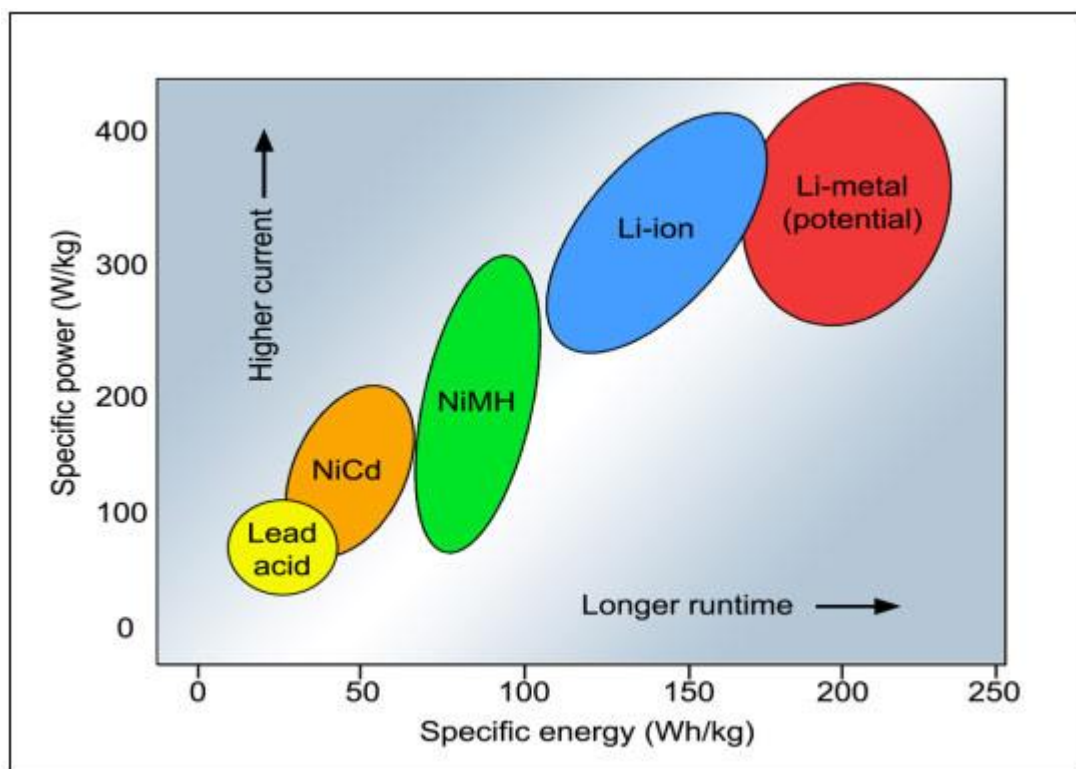
Litiumin käyttö lisääntyy vuosi vuodelta ja sille löydetään uusia käyttötarkoituksia. Aikaisemmin suurimmat käyttöalueet ovat olleet lasi- ja keramiikanteollisuus, voiteluaineet ja rasvat sekä alumiinin ja synteettisen kumin valmistus. 1990-luvulla akku- ja paristoteollisuus on kasvanut nolasta nykyiseen 20 %:iin kaikesta litiumin käytöstä. Käytön ennustetaan kasvavan erityisesti uusien litium-ioniakkujen myötä voimakkaasti. (Keliber 2010.)

World consumption of lithium by end-use, 2009



KUVIO 1. Litiumin eri käyttötarkoitukset. (Keliber 2010.)

Litiumin epävarmuustekijöiden takia sitä ei ole käytetty aikaisemmin auton akuissa. Nykyään ja tulevaisuudessa litium-ioniakku syrjäyttää perinteisemmän sähköautoissa käytetyn nikkelimetallihybridiakun parempien ominaisuuksien takia. Nikkelihybridiakku antaa kaksi kertaa enemmän kuin lyijyakut, kun taas litium-ioniakut antavat kaksi kertaa enemmän kuin nikkelihybridiakut. Tämän lisäksi litium-ioniakku antaa suuremman jännitteen kuin muut vastaavat akut, ja näin ollen myös energiamäärä kasvaa. Litiumakut saavuttavat täyden kapasiteettinsa yhdellä latauskerralla toisin kuin esimerkiksi nikkeliakut, jotka joudutaan purkamaan ja lataamaan säännöllisesti muisti-ilmion takia, jotta akun kapasiteetti ei heikkenisi. Kuviossa 2 on vertailtu eri akkujen energiatiheysominaisuuksia. (Yoshio, Brodd, Kozawa 2010.)

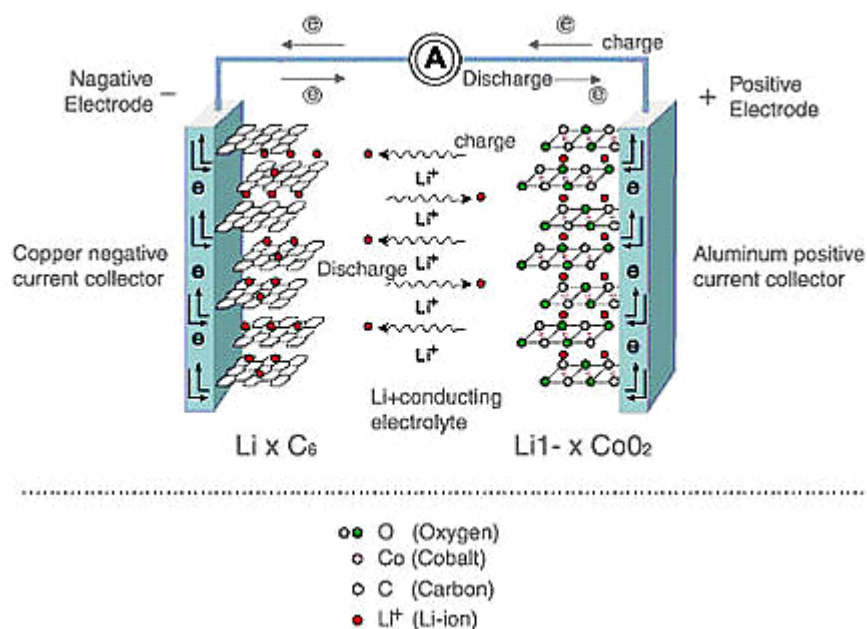


KUVIO 2. Energiatiheysominaisuuksia eri akuilla. (Batteryuniversity 2010.)

3.3 Litiumioniakun toimintaperiaate lyhyesti

Litiumioniakku varastoi energian litiumionien muodossa. Elektrodienvälillä tapahtuvan Li-ionien liikkeen avulla energia voidaan muuntaa sähkövirraksi. Akku koostuu pääsääntöisesti grafiittianodi-materiaalista, johon on sekoitettu litium-metallia, ja tähän elektrolyytissä olevat litiumionit varastoituvat. Katodimateriaaleina käytetään myös esimerkiksi litiumkobolttioksidia (LiCoO_2), litiummangaanioksidia (LiMnO_2) tai kobolttinikkelioksidia (LiCoNiO_2). Koska litium on erittäin reaktiivinen, tulee elektrolyytinä käyttää vedettömiä seoksia. Lisäksi elektrolyytin tulee johtaa hyvin ioneja ja sen on säilytettävä nestemäinen olomuoto koko toimintalämpöalueella. Elektrolyytinä voidaan käyttää esimerkiksi litiumheksafluorifosfaattia (LiPF_6). (Yoshio ym. 2010.)

Kun ladattu akku kytetään kuormaan, siirtyvät litiumionit anodilta katodille elektrolyytin välityksellä. Tämä mahdollistaa elektronien irtoamisen anodilta, jolloin ne luovuttavat virtaa ulkoiselle laitteelle. Kuviossa 3 on esitetty litiumionikennon toimintaperiaate. Anodi on litiumilla saostettua grafiittia. Katodi on yleensä metallioksidia, negatiivinen virrankeräyslevy kuparia ja positiivinen levy on alumiinia. Kun akkuja suurennetaan, niihin mahtuu silloin enemmän litiumioneja. Tällöin akun kapasiteetti ja tehokkuus paranevat, kun elektrodipinta-ala kasvaa. Latauksessa prosessi tapahtuu päinvaistoin. (Yoshio ym.2010.)

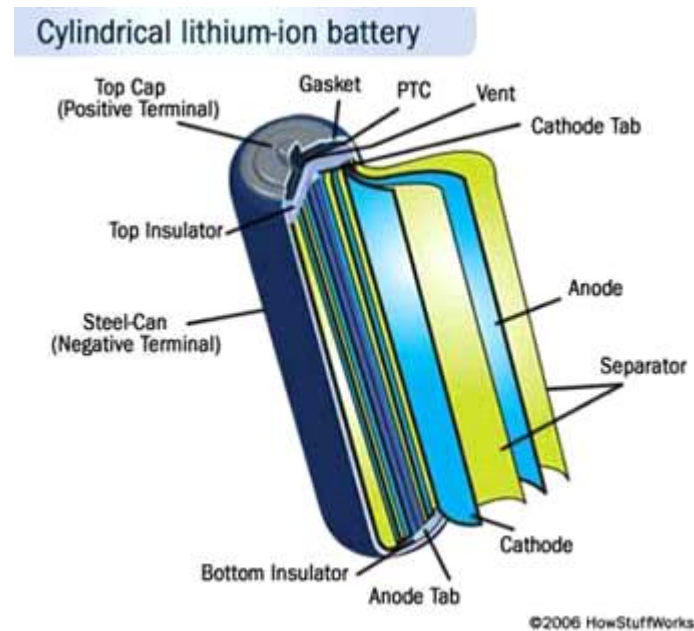


KUVIO 3 . Litiumionikennon toimintaperiaate (Novabattery 2013)

3.4 Akun muodot ja rakenne

Tyypillisiä litiumakkumuotoja ovat sylinterin muotoinen ja ellipsin muotoinen. On olemassa myös sähköautoissa käytettävä särmion muotoinen litiumakku. Kuviossa 4 nähdään yleisrakenne halkaistusta sylinterinmuotoisesta akusta. Pinoamisjärjestys on seuraava: positiivinen elektrodi, erotin, negatiivinen elektrodi, erotin, positiivinen elektrodi ja niin edelleen. Ylhäällä ovat positiivinen terminaalit, tiivistet, eriste, virran

purkuaukko, ja pohjalta löytyy eriste. (Physicscentral 2012.)



KUVIO 4. Sylinterin muotoinen akku ja sen rakenne (Physicscentral 2012)

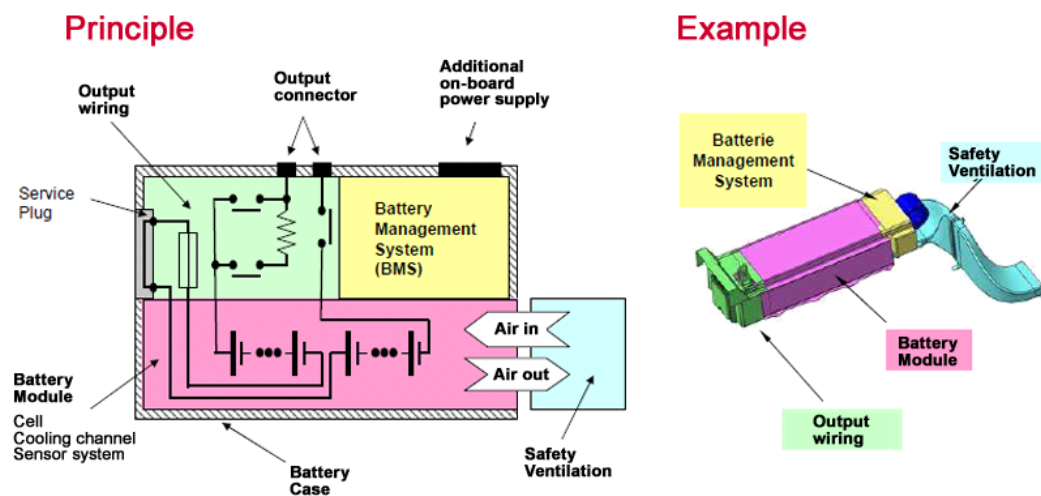
3.5 Edut ja heikkoudet

Koska litium on tunnetuista metalleista kevein, on siitä tehtyjen akkujen energiatiheys on (Wh/kg) varsin suuri verrattuna muihin akkutyyppeihin. Litiumioniakulla on kolme kertaa suurempi kennojännite verrattuna nikkeliakkuihin yksikennoisissa akuissa. Tämän takia se soveltuu erinomaisesti esimerkiksi puhelinten akkuihin. Toinen syy on niin kutsutun muisti-ilmiön puuttuminen. Tällä tarkoitetaan nikkeliakun näennäistä kykyä "muistaa" aiemmissa purkausjaksoissa luovutettua energiaa, jolloin osa akun varauskapasiteetista jää pikku hiljaa kokonaan käyttämättä. Toisin sanoen nikkeliakun elektrodeihin muodostuvien ja toistuvien latausten myötä kadmiumhydroksikikiteet suurenevät. Kiteiden kasvun takia elektrodien aktiivinen pinta-ala pienenee latausjaksojen myötä, joka vuorostaan

pienentää kennojännitettä, joka heikentää kennon suorituskykyä. Litiumakkujen itsepurkautuminen muihin akkuihin nähden on vähäistä mikä lisää myöskin litiumin suosiota.(Metropolia 2012.)

Pisimpään käytössä olevat litium-kobolttiakut eivät ole sataprosenttisen stabiileja. Tämä siitä syystä, koska jos akun lämpötila kasvaa äkillisesti ja nousee liian korkeaksi, voi katodipinnoite käyttäytyä epästabiilisti, mikä johtaa pahimmillaan akun räjähtämiseen. Tämä ongelma pystytään nykyään poistamaan akunhallintajärjestelmällä. Vaikkakin mangaaniakuilla on parempi stabilisuus kuin kobolttiakuilla, sekin muuttuu epästabiiliksi korkeammissa lämpötiloissa. Tällä hetkellä markkinoiden stabiilein katodipinnoitemateriaali on ferriittipinnoite. Kuviossa 5 näemme akunhallintajärjestelmän periaatteen. (Yoshio ym 2010.)

Principle of a Battery-System

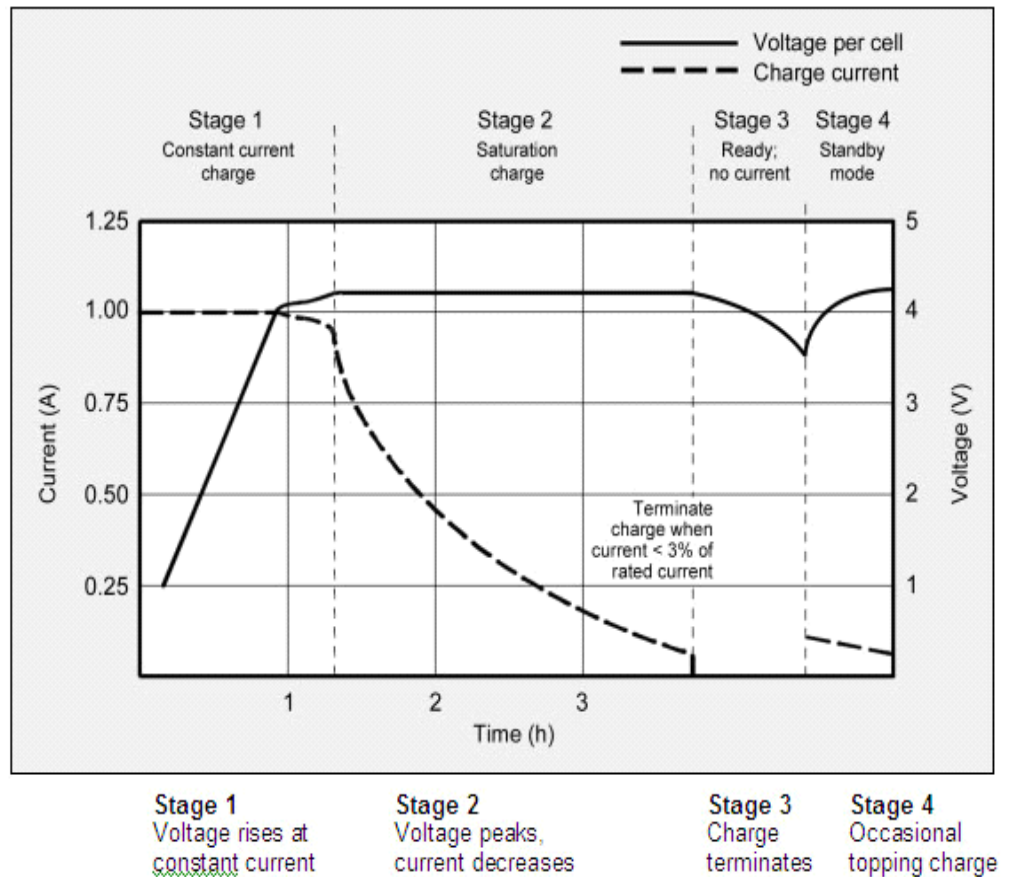


Source: "Hybridfahrzeuge - Technik und Möglichkeiten alternativer Antriebskonzepte" von Dr. Jens Hadler, Volkswagen AG, Technische Universität Liberec , 19. November 2008

KUVIO 5. Akkuhallintajärjestelmä ja sen periaate

Litiumioniakun latauskäyrät nähdään kuviossa 6. Kuvassa nähdään kolme eri vaihetta. Vaiheessa yksi syötetään suurin sallittu latausvirta, kunnes kennojännite saavuttaa suurimman sallitun arvon (4,2 V). Vaiheessa kaksi

latausvirta pienenee kennon saavuttaessa täyden varaustason. Viimeisessä eli vaiheessa kolme latausvirta katkaistaan, kun se on pienentynyt alle kolmeen prosenttiin nimellisvirrasta. Jotkin laturit kytkevät tämän jälkeen kennoon vielä ajoittaisen ylläpitovirran (esimerkiksi 1 h/500 h).



KUVIO 6. Litiumakun tyypillinen latauskäyrä (Batteryuniversity 2010)

4 LITIUM-IONI AKUN VALMISTUS

4.1 Esittely

Tässä osiossa on tarkoituksena antaa lukioille yleiskuva eri vaiheista valmistettaessa litium-ioniakkuja. Vaikka peruseriaatteet akkumuotoilussa ja valmistuksessa ovat hyvin tiedossa, jokainen valmistaja pitää omana tietonaan yksityiskohdat akun muotoilusta, valmistusprosessista ja valmistuslaitteista. Siitä huolimatta yleiset periaatteet prosessista ovat yksityiskohtaisesti alapuolella. (Yoshio ym. 2010.)

Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio (IEC) on julkaissut yleisen nimikkeistön, jolla kuvataan erinlaisten akkujen kokoja ja siihen sisältyvää kemiaa. Esimerkiksi ICR18650 kääntyy suomeksi seuraavasti: I on Li-ioni tekniikka (Li-Ion), R on pyöreä (round), C on koboltti katodi (cobalt cathode), 18 halkaisija millimetreissä, 650 on korkeus kymmenesosa millimetreissä. Toisena esimerkkinä on IMP366509: I on Li-ioni, M on mangaani (manganese), P on suorakulmainen (prismatic), 36 on leveys ja 650 on korkeus kymmenesosa millimetreissä ja 9 on paksuus millimetreissä. (Yoshio ym. 2010.)

4.2 Akun suunnittelu

Kaupallisen akun suunnittelussa tärkeimpänä kohtana pidetään turvallisuutta, jonka jälkeen tulee teho ja käyttöaika. Turvallisuuden takaamiseksi kehitetään aluksi lukuisia prototyyppejä, joilla testataan akun turvallisuutta. Apuna käytetään tietokonepohjaisia turvallisuuslaitteita. (Yoshio ym. 2010.)

4.3 Akun valmistus

Li-ioniakun pääpiirteisen valmistus prosessikaavio on kuviossa 7. Li-ioniakku valmistetaan seuraavanlaisella prosessilla, joka voidaan jakaa karkeasti viiteen eri vaiheeseen:

1. Positiivinen ja negatiivinen elektrodin sekoittaminen, vaivaaminen, päällystäminen, puristaminen, ja leikkaaminen.
2. Elektrodit kääritään tasaisesti asettamalla erotin niiden väliin.
3. Lisäämällä litteän akkuytimen ja elektrolyytti liuoksen akkukoteloon
4. Akun sulkeminen tai sinetöiminen
5. Akun lataus ja testaus

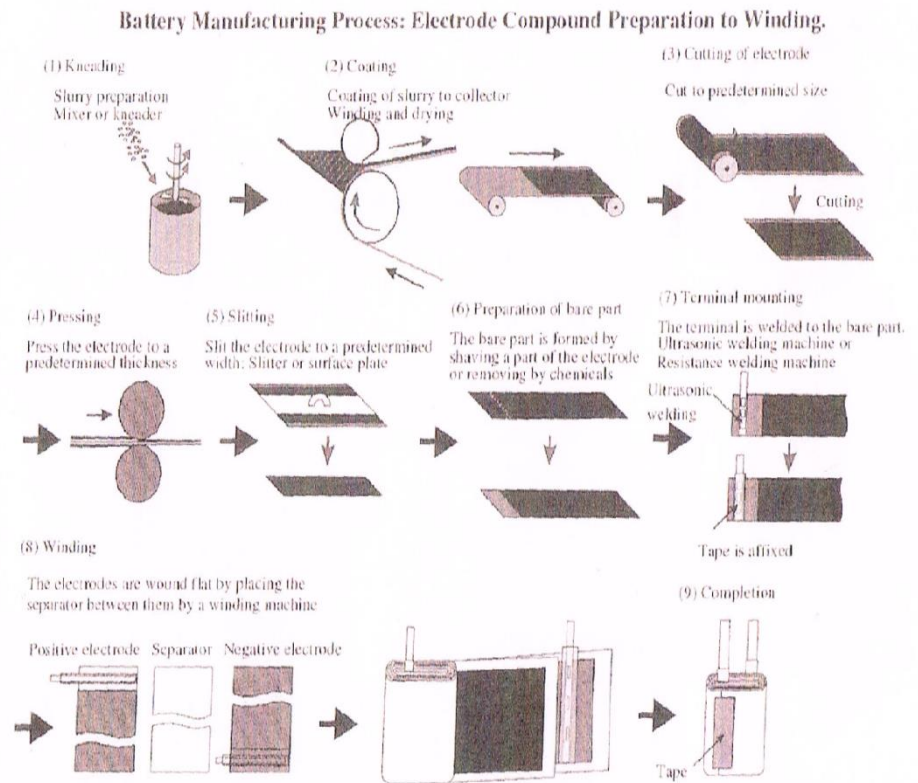


Fig. 8.3 General overview of the various processes that constitute the processes for manufacturing Li-Ion cells, starting with the coating operations for preparing the electrode stock. More specific manufacturing operations follow for the assembly of the cylindrical, prismatic and flat plate/amine cell constructions

KUVIO 7. Yleinen prosessikaavio Li-ioniakusta (Yoshio ym. 2010.)

4.3.1 Sekoittaminen ja vaivaaminen

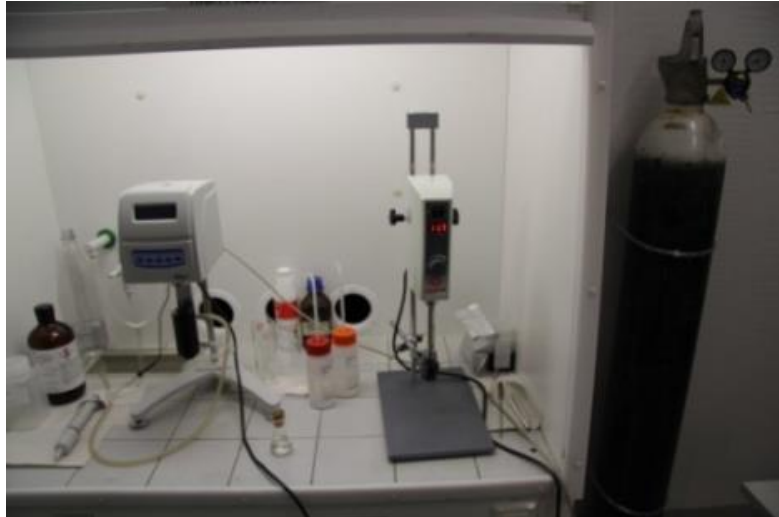
Elektrodin valmistusprosessissa aktiivimateriaali päällystetään metallikalvoilla ja mankeloidaan. Positiivinen elektrodi koostuu aktiivimateriaalista (esimerkiksi LiCoO_2 , LiNiO_2 tai Li_2MnO_4), hiilijohtavasta aineesta (esimerkiksi asetyleeni musta, Ketjen mustasta tai grafiittista) ja sitojasta (esimerkiksi polyvinylideenidifluoridi (PVDF) tai etyleeni-propyleeni-dieeni-metyleenisidoksesta (EPDM)). Grafiitti ja oksidi on kuivasekoitettu monitoimisekoittajalla. Kun erinlaisia kiintoaineita sekoitetaan (pois lukien sitoja), ne tulee sekoittaa huolellisesti kuivassa olosuhteissa. Kuivasekoitetut aineet syötetään kuulamylyyn yhdessä aikaisemmin valmistettuun liuokseen, joka sisältää PVDF:ää, joka on liuotettu N-metyylipyrrolidoniin (NMP). Tämän jälkeen nämä sekoitetaan

keskenään läpikoitaisin. Kuulamyly sisältää keraamisia palloja, jotka ovat läpimitaltaan 2-3 millimetriä helpottaakseen sekoittumista. Kuulamylyssä tapahtuva sekoituksen lopputulos vaikuttaa erittäin vahvasti akun suorituskykyyn. (Yoshio ym. 2010.)



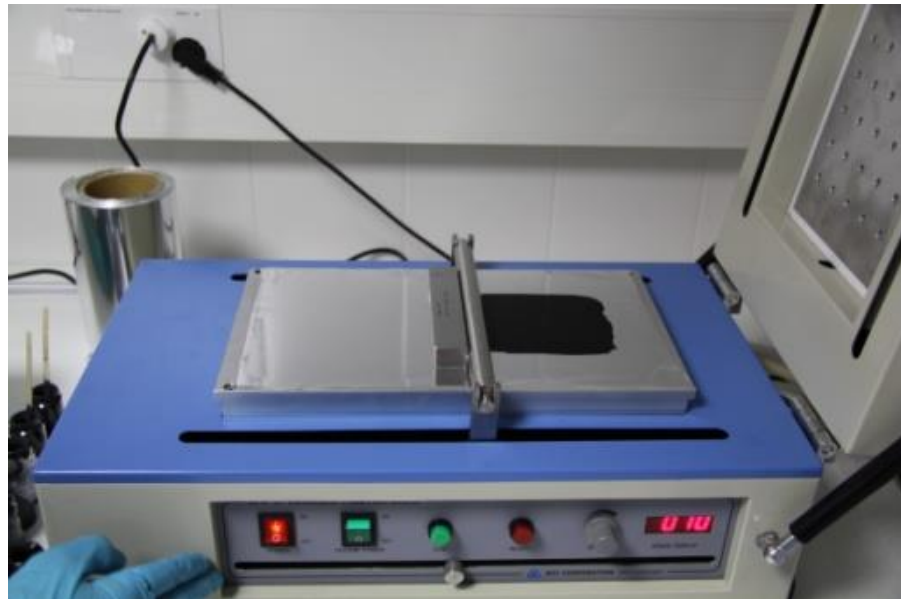
KUVIO 8. Kuvassa on aktiivinen elektronmateriaali testilaboratoriosta.

Negatiivisen elektrodin valmistus seuraa vahvasti positiivisen elektrodin valmistus- tapaa poiketen vain materiaaleissa. Negatiivisen elektrodimateriaalina toimii hiili tai grafiitti. Sitojana toimii PVDF tai karboksyyylimetyyliselluloosa (CMC). Riippuen käytetystä sitoja-aineesta, liuottimena käytetään NMP:tä PVDF:lle, vettä EPDM:lle. Parhaan suorituksen negatiivisen elektrodin sekoituksessa saa kiertosekoitimella. Ennalta määrätty kiinteä aina voidaan sekoittaa kaikki kerralla laboratoriossa. On kuiteskin havaittu, että parhaimman tuloksen saa vaivaamalla ainekset pastaksi ja säätämällä viskositeettiä lisäämällä liuotinta. Elektrodilietteet on päällystetty tasaisesti molemmiin puolin kalvoa siten että alumiinikalvo toimii positiivisena ja kuparikalvo toimii negatiivisena osana. (Yoshio ym. 2010.)



KUVIO 9. Sekoitus ja viskositeetin määrittäminen laboratoriossa.

Pinnoitemenetelminä voidaan käyttää esimerkiksi käänteistä pinnoitemenetelmää tai kaavintaterämenetelmää. Tiivis valvonta pinnoitteen paksuudessa on tärkeä varmistaa, koska jos pinnoitteen paksuus vaihtelee, ongelmia ilmenee kokoamisvaiheessa. Yleensä myös kalvon toiselle puolelle lisätään toinen pinnoite. Pinnoitteen paksuus voi eri akkutyypeillä vaihdella 50-300 μm . Seuraavaksi elektrodi puristetaan mankelilla haluttuun paksuuteen ja rullataan. Jos mankeliprosessia ei ole tehty kunnolla, rullausprosessin saanto heikkenee. Seuraavana vaiheena on kuivaus, koska kosteus tässä vaiheessa heikentäisi akkua. Tämän jälkeen mankeloitu rulla leikataan haluttuun kokoon. (Yoshio ym. 2010.)



KUVIO 10. Päälylystys joka tapahtuu virrankeräimellä.

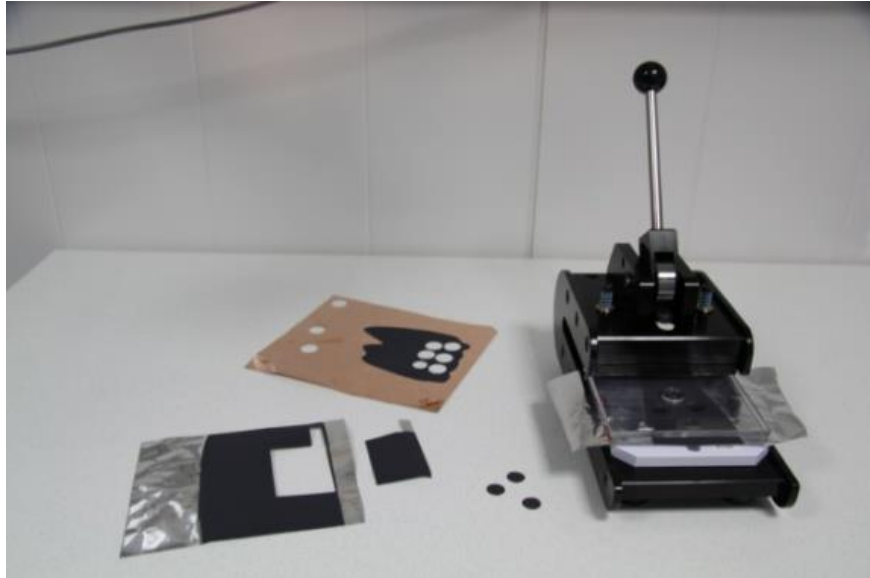


KUVIO 11. Pinnoitetun elektrodin kuivaus lämmitetyssä vakuumiuunissa



KUVIO 12. Elektroodin mankelointi kalanterointi-laitteella

Kun elektrodit on leikattu haluttuun kokoon, ne rullataan siten, että erottajakalvo erottaa positiivisen- negatiivisesta elektrodista. Tämän jälkeen nämä kalvot rullataan haluttuun muotoon tiukasti esimerkiksi lieriöksi. (Yoshio ym. 2010.)



KUVIO 13. Elektroodin leikkaus nappiparisto muotoon.

4.3.2 Lieriömuotoisten akkujen valmistus

Lieriömuotoisen akun valmistuskaavion näkee kuviossa 14. Alumiiniliuske (noin 0.08-0.15 millimetriä paksu) kiinnitetään paljaaseen positiiviseen alumiini- elektrodikalvon pintaan ultraäänihitsauksella ennen rullausta. Alumiiniliuske toimii siltana navalle. Samoin myös Nikkeliliuske (noin 0.04-0.1 millimetriä paksu) kiinnitetään negatiiviseen kupari elektrodiin ultraäänihitsauksella. Tässä nikkeliliuske toimii myös siltana navalle. (Yoshio ym 2010.)

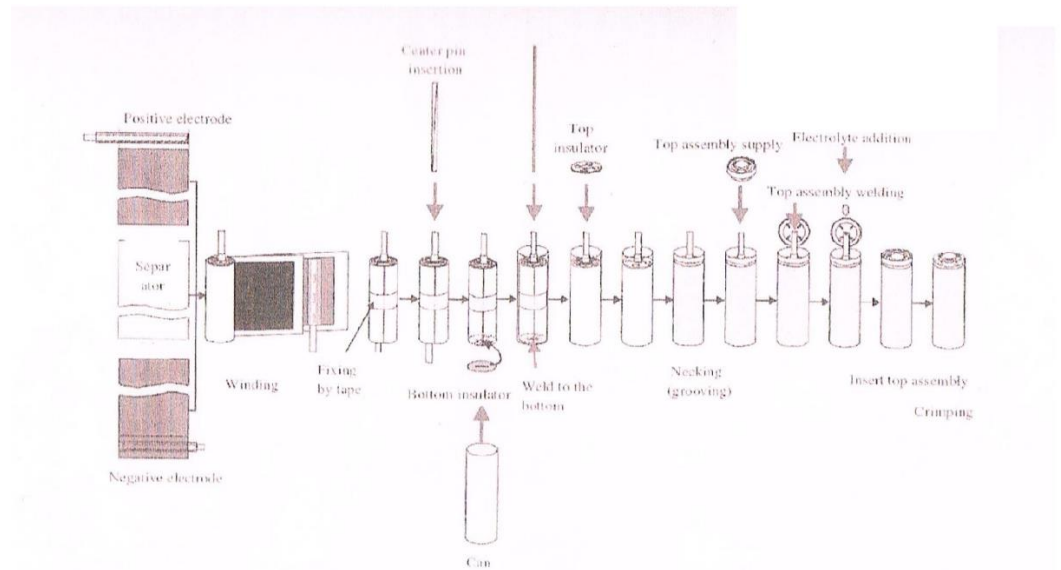


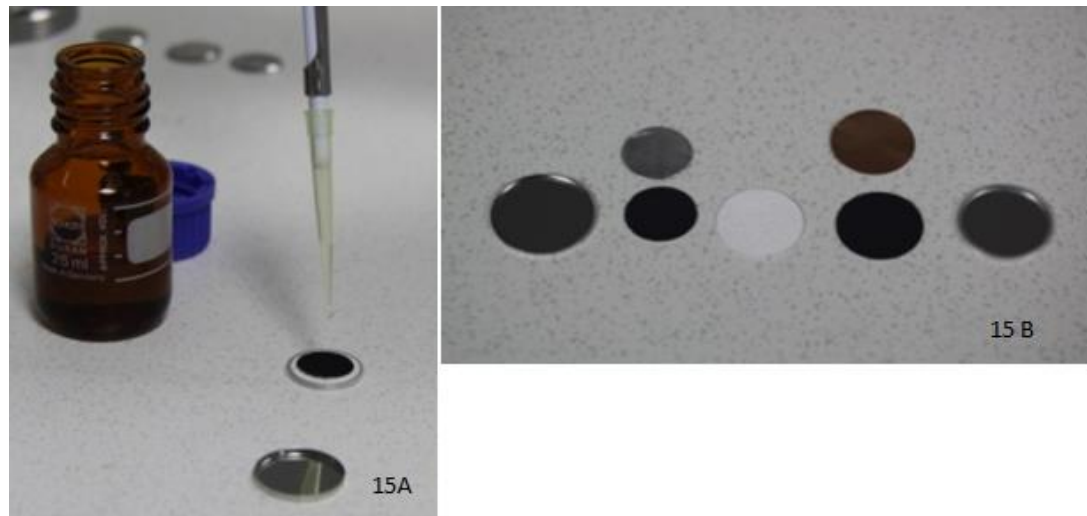
Fig. 8.4 General schematic for cylindrical cell assembly. Several operations, such as bending a ledge near the top of the can to seal the cell cap, the cap assembly itself, and the vacuum for electrolyte addition are not shown here. The polymer binder may be PVDF or SBR, depending on the design specification

KUVIO 14. Kuvassa näkyy lieriönmuotoisen akun valmistus.(Yoshio ym 2010.)

Tämän jälkeen rullauskone rullaa nämä kaksi elektrodia, jossa erotin jää niiden väliin tiukaksi akun ytimeksi. Rullausvaihe on yksi kriittisistä vaiheista. Jos rullausvaiheessa tulee virheitä, se saattaa johtaa rakoon erottimen ja elektrodin välille. Se saattaa johtaa myös epätasaiseen virran jakeluun tai lyhentää pariston ikää huomattavasti. Jotta tämä vältettäisiin, seurataan prosessia esimerkiksi röntgenillä, jotta huomataan mahdolliset virheet. Kun on saatu tiivis sylinterimäinen ydin, se teipataan, jotta ydin pysyisi tiiviinä ja kasassa ennen kuin se laitetaan akkukoteloon. On tärkeää muistaa, että rullausvaiheessa ei vahingoita aktiivista materiaalia, koska se heikentää akun tehoa ja ikää. (Yoshio ym. 2010.)

Seuraavaksi varmistetaan, että ydin on kuiva, koska pienikin määrä kosteutta aiheuttaa haitallisia vaikutuksia. Ydin voidaan kuivattaa kuivaushuoneessa tai vastaavasti lämmitetyssä vakuumiuunissa. Näin saadaan poistettua kosteus ytimestä ennen elektrolyyttitäyttöä. Seuraavassa vaiheessa elektrolyytti lisätään ytimeen. Tärkeää on, että elektrolyytti kylläistää ja täyttää kokonaan huokokset erottimessa ja elektrodeissa. Elektrolyyttisuolana käytetään yleensä LiPF_6 :tä, mutta tarkat koostumukset vaihtelevat valmistajasta riippuen.

(Yoshio ym. 2010.)



KUVIO 15A JA 15B. Kuvissa näemme nappipariston kokoamista. Järjestys on seuraava: pohja, elektrodi, eristin, elektrodi, elektrolyytti ja kansi.

Täytön jälkeen kansi kiinnitetään ja akku päällystetään polymeerillä. Kansi sisältää aukon ja PTC:n ja CID:n turvalaitteet. PTC ja CID turvalaitteet on suunniteltu toimimaan ja estämään vaarallisia lämpötiloja ja paineita akussa. PTC tarkoitus on pysäyttää virran kulku, jos virran tai akun lämpötila ylittää määrätyn arvon. CID on suunniteltu estämään virta, kun akunsisäinen paine ylittää määrätyn arvon. Tämän jälkeen akku pestään kokonaan isopropyyli alkoholilla, ja samalla testataan mahdolliset vuodot akussa.(Yoshio ym. 2010.)



KUVIO 16. Testaus ja latausvaihe.

Ennen kuin akku testataan erillisillä testeillä se vielä kertaalleen kuvataan röntgenillä. Akun kylkeen myös kirjataan numero, miltä linjalta se on, minä päivänä se on tehty, ja niin edelleen. Tämä sen takia, että mahdollisien vikojen ilmestyessä akut voidaan vetää pois markkinoilta. Lopuksi akku valjastetaan rasiustesteihin, jolla karsitaan vialliset akut pois. (Yoshio ym. 2010.)

4.3.3 Akun lataus ja testaus

Kun akun kokoamisvaihe on valmis, jäljelle jää viimeinen vaihe: akun lataus ja testaus. Ensimmäistä latauskertaa kutsutaan "järjestäytymiseksi", koska ensimmäisen latauksen aikana aktivoidaan akun aktiivimateriaalit, jotta akku saadaan toimintakykyiseksi. Ensimmäinen latauskerta alkaa yleensä pienellä virralla, jotta saadaan kunnollinen suojaava SEI kerros grafiitille. Sitten virta nostetaan normaalille tasolle. Akkujännite mitataan ensimmäisen latauksen jälkeen ja varastoidaan tietyksi ajaksi. Varastointiaika ja lämpötila vaihtelevat valmistajien mukaan. Varastoinnin avulla tullaan sitten huomaamaan mahdolliset matalajännitteiset akut ja/tai matalakapitettiset akut. (Yoshio ym. 2010.)

5 POHDINTA

Erillaisten akkujen tarve lisääntyy tekniikan parantuessa vuosi vuodelta. Se, mikä alku vuodesta on tehokas ja hyvä akku, saatta olla jo loppu vuodesta vertailun alapäässä. Kehitys on todella nopeaa: esimerkiksi opinnäytetyötä tehdessä Yhdysvalloissa kehitellään litiumiin ja piihin soveltuvaa tekniikkaa, ja niiden tulokset ovat olleet tähän mennessä hyviä. Tässä tekniikassa hiili korvataan piillä elektrodeissa, joka mahdollistaisi suurempia kapasiteettia ja akun saisi varattua nopeammin.

Vaikkakin litium-ioniakut on havaittu hyväksi ne eivät ole vielä tehneet suurta läpimurtoa, jota on odotettu. Ongelmina on vielä esimerkiksi lämmöstä johtuva räjähdysherkkyys ja heikko kestävyys väärin varattaessa. Litium-ioniakkuja käytetään kuitenkin laajalti mm. kulutuselektronikassa ja sähköautotekniikassa, joten on vain ajan kysymys milloin se suuri läpimurto tapahtuu.

Opinnäytetyötä tehdessäni olen tutustunut litium-ioniakun koostumukseen ja sen valmistukseen. Suuri määrä englanninkielistä materiaalia ja suomenkielisen materiaalin vähyys antoi runsaasti haastetta. Tekstin kääntäminen ei aina sujunut ongelmitta, koska piti varoa, että asiasisältö ei muutu. Tämä oli haastavaa ja aikaa vievää.

6 LÄHTEET

Buchmann, I. 2013. Battery University. When was the Battery invented? Www-dokumentti.

Saatavissa:

http://batteryuniversity.com/learn/article/when_was_the_battery_invented

Luettu 20.2.2013.

Buchmann, I. 2013. Battery University. Types of Lithium-ion. Www-dokumentti. Saatavissa:

http://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion Luettu

20.2.2013.

Buchmann, I. 2013. Battery University. Lithium-based Batteries. Www-dokumentti. Saatavissa:

http://batteryuniversity.com/learn/article/lithium_based_batteries Luettu

20.2.2013.

Buchmann, I. 2013. Battery University. Charging Lithium-ion. Www-dokumentti. Saatavissa:

http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries

Luettu 20.2.2013.

Keliber. Final products. Www-dokumentti.

Saatavissa: <http://keliber.fi/final-products> Luettu 28.2.2013.

American Physical Society. Physics central. Lithium-ion batteries. Www-dokumentti. Saatavissa :

<http://www.physicscentral.com/explore/action/lithium.cfm> Luettu

15.3.2013.

Nova Battery Systems. Inside Lithium-ion battery. Www-dokumentti.
Saatavissa: <http://www.novabatterysystems.com/lithium-ion.php> Luettu
17.3.2013.

Yoshio, Brodd, Kozawa, I. 2009. Lithium-Ion Batteries. Springer. Luettu
26.4.2013.

Metropolia. Akkutekniikka. Www-dokumentti. Saatavissa:
<http://users.metropolia.fi/~k0201257/koulu/projects/akku/akkutekniikat/Akkutekniikat.Prosessori.2005.pdf> Luettu 2.5.2013.