

Väitöstiedote

Väitös 3.12.2020

Litiumioniakkujen ikääntymismekanismien tutkimus mahdollistaa kestävämpien akkujen kehityksen

Väitöskirjan nimi	Electrochemical Studies on Degradation Mechanisms of Electrode Materials in Lithium-Ion Batteries
Väitöskirjan sisältö	Litiumioniakkujen tuotannon ennustetaan kasvavan merkittävästi lähitulevaisuudessa. Perinteisen kannettavan elektroniikan lisäksi niitä on alettu käyttää yhä suuremmissa sovelluskohteissa, kuten sähkö- ja hybridautojen akustoissa sekä uusiutuvan energian varastoinnissa. Kasvavan käytön myötä akkujen kestävyys, ympäristöystävällisyys ja kohtuullinen hinta ovat ensiarvoisen tärkeitä. Pidentämällä akkujen elinikää edellä mainittuja ominaisuuksia voidaan parantaa: mitä kauemmin akku on toimintakykyinen, sitä pienempiä ovat sen elinkaaripäästöt ja -kustannukset. Jotta nykyteknologiaa voitaisiin edistää, on sen rajoitteet ensin tunnettava. Siksi tämän väitöskirjan ensimmäisessä osassa perehdyttiin kaupallisten litiumioniakkujen ja niissä käytettyjen elektrodimateriaalien ikääntymismekanismeihin. Työssä osoitettiin, että kaupallisten akkujen ikääntyminen johtuu pääasiassa sivureaktioista grafiittinegatiivielektrodilla. Väitöskirjan toisessa osassa puolestaan perehdyttiin uusien ympäristöystävällisempien elektrodimateriaalien kehitykseen ja niiden ikääntymisen tutkimiseen. Positiivielektrodilla ehdotettiin käytettäväksi polyaniliinia, jonka etuna tavanomaisiin materiaaleihin nähden on se, ettei se sisällä lainkaan haitallisia ja kalliita metalleja kobolttia ja nikkeliä. Materiaalin kestävyttä pystyttiin parantamaan lisäämällä polyaniliinin joukkoon hiilinanoputkia, jotka ylläpitivät elektrodin mekaanisia ominaisuuksia ja hyvää sähkönjohtavuutta käytön aikana. Lisäksi tutkittiin karbidista valmistetun nanohuokoisen hiilen käyttöä positiivielektrodina. Tämä lisäsi akkukennojen kestävyttä, mutta pienensi niiden energiasisältöä. Tämän väitöskirjan tuloksia voidaan hyödyntää uusien kestävämpien elektrodimateriaalien ja akkukennojen kehityksessä. Lisäksi kennojen ikääntymisilmiöiden tunteminen on tärkeää, kun esimerkiksi käytetyille sähköautojen akuille etsitään uusia käyttökohteita.
Väitöskirjan ala	Fysikaalinen kemia
Väittelijä ja väittelijän yhteystiedot	Diplomi-insinööri Taina Rauhala taina.rauhala@iki.fi
Väitöksen ajankohta	3.12.2020 klo 16
Paikka	Väitöstilaisuus järjestetään etäyhteydellä: https://aalto.zoom.us/j/67985046418
Vastaväittäjä(t)	Prof. Ann Mari Svensson, Norwegian University of Science and Technology, Norja
Valvoja	Prof. Tanja Kallio, Aalto-yliopiston kemian tekniikan korkeakoulu
Väitöskirjan verkko-osoite	https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/51
Avainsanat	litiumioniakku, elektrodimateriaali, ikääntyminen, ikääntymismekanismi, <i>post mortem</i> -analyysi, sähköä johtava polymeeri, litiumionikondensaattori

Press release

Defence on 3 December 2020

Understanding the Aging Mechanisms of Lithium-Ion Batteries Enables the Development of More Durable Batteries

Title of the doctoral thesis	Electrochemical Studies on Degradation Mechanisms of Electrode Materials in Lithium-Ion Batteries
Content of the doctoral thesis	The production of lithium-ion batteries is projected to grow significantly in the future. In addition to the traditional uses in portable consumer electronics, lithium-ion batteries are nowadays finding use in larger devices, such as (hybrid) electric vehicles and stationary energy storage systems for renewable energy. With the increasing usage, long lifetime, environmental friendliness and a reasonable price are crucial. By increasing the service life of the batteries, all of these properties can be improved: the longer the battery is operational, the lower the life-cycle emissions and costs are. To improve the existing technology, its limits must first be understood. Therefore, in the first part of this thesis, the degradation mechanisms of commercial lithium-ion batteries and electrode materials were investigated. It was shown that the aging of commercial lithium-ion batteries is mostly caused by side reactions on the graphite negative electrode. In the second part of the thesis, novel environmentally friendly electrode materials and their degradation mechanisms were considered. Polyaniline was proposed as a positive electrode material to replace the traditional materials that contain harmful and expensive metals such as cobalt and nickel. The durability of the material could be improved by mixing the polyaniline with carbon nanotubes, which helped to maintain the mechanical properties and high electrical conductivity of the electrodes throughout their use in a battery cell. In addition, the use of nanoporous carbide-derived carbon as the positive electrode material was considered. This improved the durability of the resulting cells but decreased their energy content. The results of the doctoral thesis can be utilized in the development of more durable electrode materials and battery cells. Moreover, an understanding of the aging mechanisms is important in e.g. the finding new applications for the used batteries from electric vehicles.
Field of the doctoral thesis	Physical Chemistry
Doctoral candidate and contact information	M.Sc. (Tech.) Taina Rauhala taina.rauhala@iki.fi
Defence date and time	3 December 2020 at 16
Place of defence	The defence is organized remotely on Zoom: https://aalto.zoom.us/j/67985046418
Opponent(s)	Prof. Ann Mari Svensson, Norwegian University of Science and Technology, Norway
Custos	Prof. Tanja Kallio, Aalto University School of Chemical Engineering
Link to electronic thesis	https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/51
Keywords	lithium-ion battery, electrode material, aging, degradation mechanism, <i>post-mortem</i> analysis, conducting polymer, lithium-ion capacitor