

OPERION

Echtzeitmonitoring von Elektrolytzerfallsprozessen bei Hochleistungs-Lithium-Ionen-Batterien

Programm / Ausschreibung	Mobilität der Zukunft, MdZ - 14. Ausschreibung (2019) Batterie	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.11.2020	Projektende	30.04.2024
Zeitraum	2020 - 2024	Projektlaufzeit	42 Monate
Keywords	Elektrochemie; Batterien; Gaschromatographie; Massenspektrometrie; Elektrolytzersetzung; Lithium-Ionen- Batterien der 3. Generation		

Projektbeschreibung

Um die Klimaziele der EU bis 2030 zu erreichen müssen Traktionsbatterien für BEV bis 2030 eine spezifische Energie von 450 Wh/kg und eine Energiedichte von 1000 Wh/l liefern, mit Schnellladefähigkeit (3,5 C), bei einem Gefährdungsniveau ≤ 4 und Kosten von 70 €/kWh auf Zellebene. Nur mit Batteriematerialien der Generation 3 lassen sich diese Kennzahlen erzielen. Diese zeichnen sich durch die Verwendung von nickelreichem NMC und/oder Hochspannungs-LNMO als Kathoden-Aktivmaterial mit höheren Spannungsobergrenzen, Anoden auf Graphit-Siliziumkompositbasis und dem Einsatz von Hochspannungselektrolyten aus.

Letztere werden durch schnelle Lade-/Entladezyklen und dem Betrieb bei hohen Spannungen einem erhöhten Stress ausgesetzt, was Elektrolytzersetzung in gasförmige brennbare und teilweise korrosive Bestandteile zur Folge hat und sich negativ auf die Sicherheit und die Langlebigkeit von großformatigen Zellen auswirkt.

Das Projekt OPERION (Echtzeitmonitoring von Elektrolytzerfallsprozessen bei Hochleistungs-Lithium-Ionen-Batterien) hat das Ziel, Zersetzung und Alterungsmechanismen von Zellchemien der 3. Generation während des Betriebes bei schnellem Laden bzw. Entladen zu untersuchen. Die kurzen Ladezeiten machen es notwendig, schnelle Echtzeit-Messmethoden zu entwickeln. Zu diesem Zweck wird ein bestehendes operando Gaschromatograph / Massenspektrometer / Fourier-Transform-Infrarotspektrometer (GCMS-FTIR)- System adaptiert und mit einem stationären negativen thermischen Gradienten- GC ausgestattet, der es ermöglicht, Zellzersetzungsprozesse in hoher Zeitauflösung (Messungen in 2 Minutenabständen) zu beobachten. In diesem Zusammenhang werden unterschiedliche Zusammensetzungen des Elektrolyten, die einen mindernden Einfluss auf die Elektrolytzersetzung haben, elektrochemisch beprobt und zeitgleich Gasmessungen durchgeführt. Auf diese Weise kann der Elektrolyt schnell und effektiv optimiert werden, was sich positiv auf die Entwicklungszeit von Batterien auswirkt. Die Bestimmung der Menge der einzelnen Gase erlaubt es ein elektrochemisches, transientes Modell zur Simulation der Elektrolytzersetzung zu erstellen und wird so in Kombination mit Post-mortem Analysen und operando Gasmessungen zur Erhebung von Zersetzungsmechanismen einer ganzen Zelle herangezogen. Diese Daten bieten die Grundlage, um einerseits Verbesserungen am Elektrolyten und / oder dem Material bzw. den Materialkombinationen vorzunehmen und andererseits den Zustand der Zelle zu bewerten, um eine Aussage über Sicherheit, Lebensdauer und Toxizität treffen zu können. Auch aus umwelttechnischer Sicht sind die Daten relevant und werden zusätzlich im Projekt für die Erstellung einer detaillierten LCA- Datenbank verwendet. Durch quantitative Daten aus

der Gasanalyse wird das Ökobilanzmodell um ein End-of-Life Szenario auf Screening-Ebene ergänzt bzw. zur Bewertung der Rezyklierbarkeit verwendet.

Die enge Zusammenarbeit von Forschung, Zellhersteller, Anwender und Umweltberatungsunternehmen ermöglicht so die schnellere Entwicklung von Batterien mit erhöhter Leistungsfähigkeit und Umweltverträglichkeit.

Abstract

In order to meet the EU's climate targets for 2030, traction batteries for BEV must deliver a specific energy of 450 Wh/kg and an energy density of 1000 Wh/l by 2030, with fast charging capability (3.5 C), at a hazard level ≤ 4 and costs of 70 €/kWh at cell level. These figures can only be achieved with Generation 3 battery materials. These are characterised by the use of nickel-rich NMC and/or high voltage LNMO as cathode active materials with higher upper voltage limits, with graphite-silicon composite based anodes, and with the use of high voltage electrolytes. The latter are subjected to increased stress due to fast charge/discharge cycles and operation at high voltages, which leads to electrolyte decomposition into gaseous, combustible, and partially corrosive components; this has a negative effect on the safety and durability of large format cells. The OPERION project (Real-time Monitoring of Electrolyte Decomposition Processes in High-performance Lithium-ion Batteries) aims at investigating decomposition and aging mechanisms of 3rd generation cell chemistries during rapid charging or discharging. The short charging times make it necessary to develop fast real-time measurement methods. For this purpose, an existing operando gas chromatograph / mass spectrometer / Fourier-Transform-Infrared-Spectrometer (GCMS-FTIR) system will be adapted and equipped with a stationary negative thermal gradient GC, which allows us to observe cell decomposition processes in high temporal resolution (measurements every 2 minutes). In this context, different compositions of the electrolyte, which mitigate its decomposition, are electrochemically sampled, and gas measurements are carried out simultaneously. In this way, the electrolyte can be optimized quickly and efficiently, which has a positive effect on the development time of batteries.

The determination of the amount of the individual gases permits an electrochemical, transient model to be created to simulate electrolyte decomposition. In combination with post-mortem analyses and operando gas measurements, this model is used to determine the decomposition mechanisms of an entire cell.

The data provides the basis for making improvements to the electrolyte and / or the material or material combinations on the one hand, and for evaluating the condition of the cell on the other hand in order to be able to make a statement about safety, service life, and toxicity. The data is also relevant from an environmental point of view and will be used in the project to create a detailed LCA database. Quantitative data from gas analysis will be used to supplement the LCA model with an end-of-life scenario at screening level, and to assess recyclability.

The close cooperation between researchers, cell manufacturer, end user, and environmental consultant thus enables the faster development of batteries with increased performance and environmental friendliness.

Projektkoordinator

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Projektpartner

- AVL List GmbH
- Daxner & Merl GmbH
- Technische Universität Wien Institut für Chemische Technologien und Analytik