

Extruded electrodes for Lithium- and Sodium-Ion batteries



Fig. 1: VAQRS 35 extruder for electrode extrusion.

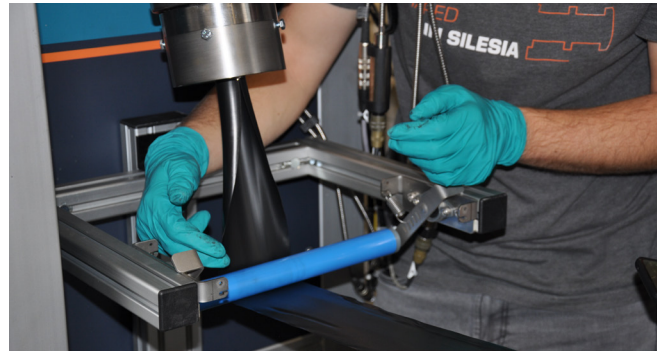


Fig. 2: LFP electrode (IBUvolt® LFP), emerging from the extrusion mouthpiece.

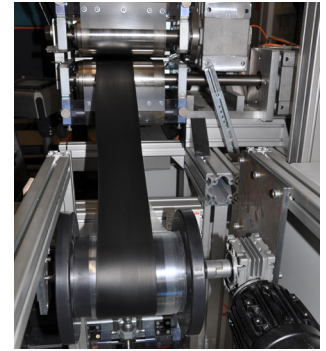


Fig. 3: LFP electrode (IBUvolt® LFP) during calendaring.

Sustainable water-based extrusion of electrodes

Electrodes for Li-Ion and Na-Ion batteries are conventionally manufactured by casting a slurry with organic solvents and binders. This technology is optimized for high throughput and quality production. However, drawbacks include negative environmental impacts and health risks from exposure to volatile organic compounds. The high cost of organic solvents adds to production expenses. Additionally, difficulties in recovering and recycling solvents lead to waste issues, and many organic solvents are flammable, posing safety risks. Furthermore, electrode thickness and area-specific energy are limited by the casting process.

Water-based extrusion of electrodes offers a technical solution to these challenges. The organic solvents and binders are replaced by water or water-soluble binders. Furthermore, extrusion is a sustainable alternative process offering several benefits: It allows for uniform electrode thickness, the process is easily scalable and material waste is minimized. Extruded electrodes can also exhibit improved mechanical strength and flexibility. Furthermore, the process enables customization of electrode dimensions and materials to meet specific requirements.

Fraunhofer IKTS and ECT-KEMA capabilities and service portfolio

The ECT-KEMA GmbH and the Fraunhofer IKTS jointly operate an application center for extrusion technology.

The available systems cover the entire value chain from powder preparation, production and characterization of extrusion compounds, extrusion on various systems with auger diameters from 20 to 80 mm and extrusion pressures up to 300 bar, drying and analytical characterization.

In co-operation, a process including the necessary material know-how and the required extrusion technology (Fig. 1) for LFP (lithium iron phosphate) electrodes was developed. A special mouthpiece design allows a uniform material flow (Fig. 2) and therefore a homogeneous electrode quality and a constant electrode thickness. The physical and electrochemical properties of the electrodes are comparable to those of cast electrodes. The extruded electrode thickness of 300 μm is individually adjustable down to 75 μm by subsequent calendaring (Fig. 3). After controlled drying the electrodes are flexible with an open porosity of approx. 30 % (Fig. 4). The electrochemical performance of an extruded LFP electrode was investigated by coin cell tests and demonstrate the potential of this alternative technology.

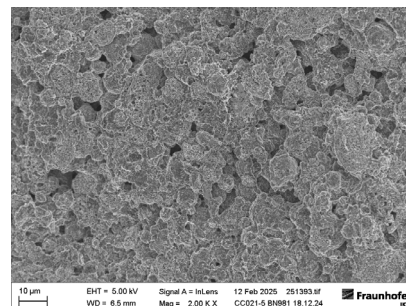


Fig. 4: SEM of an extruded electrode after drying, material IBUvolt® LFP.

Dr. Matthias Schulz

Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS
Michael-Faraday-Str. 1, 07629 Hermsdorf, Germany
Phone +49 36601 9301-2328
matthias.schulz@ikts.fraunhofer.de

SPONSORED BY THE



Federal Ministry
of Education
and Research

460-W-25-02-24





Abb. 1: VAQRS 35 Extruder für Elektrodenextrusion.



Abb. 2: LFP Elektrode (IBUvolt® LFP), beim Austreten aus dem Extrudermundstück.

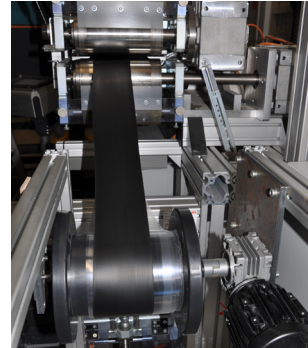


Abb. 3: LFP Elektrode (IBUvolt® LFP) beim Kalandrieren.

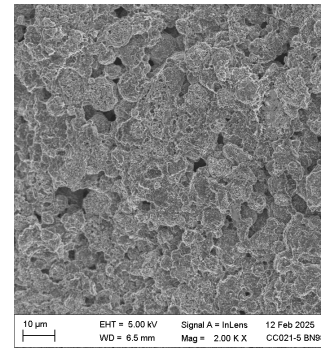


Abb. 4: REM einer extrudierten Elektrode nach Trocknung, Material: IBUvolt® LFP.

Nachhaltige wasserbasierte Extrusion von Elektroden

Elektroden für Li-Ionen und Na-Ionen-Batterien werden üblicherweise durch Schlickerguss mit organischen Lösungs- und Bindemitteln hergestellt. Diese Technologie ist für einen hohen Durchsatz und eine hochwertige Produktion optimiert. Zu den Nachteilen gehören jedoch die negativen Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesundheitsrisiken durch die Exposition gegenüber flüchtigen organischen Verbindungen. Teure organische Lösungsmittel erhöhen die Produktionskosten. Darüber hinaus führen Schwierigkeiten bei der Rückgewinnung und dem Recycling von Lösungsmitteln zu Entsorgungsproblemen, und viele organische Lösungsmittel sind brennbar, was ein Sicherheitsrisiko darstellt. Außerdem sind die Elektrodendicke und die flächenspezifische Energie durch das Gießverfahren begrenzt. Die Extrusion von Elektroden auf Wasserbasis bietet eine technische Lösung für diese Herausforderungen. Die organischen Lösungsmittel und Bindemittel werden durch Wasser oder wasserlösliche Bindemittel ersetzt. Außerdem ist die Extrusion ein nachhaltiges alternatives Verfahren, das mehrere Vorteile bietet: Es ermöglicht eine einheitliche Elektrodendicke, es ist leicht skalierbar und der Materialabfall wird minimiert. Extrudierte Elektroden weisen auch eine verbesserte mechanische Festigkeit und Flexibilität auf. Darüber hinaus ermöglicht das Verfahren die individuelle Anpassung der Elektrodenabmessungen und -materialien an spezifische Anforderungen.

Leistungsangebot von Fraunhofer IKTS und ECT-KEMA

Die ECT-KEMA GmbH und das Fraunhofer IKTS betreiben gemeinsam ein Anwendungszentrum für Extrusionstechnik. Die zur Verfügung stehenden Anlagen decken die gesamte Wertschöpfungskette von der Pulveraufbereitung über die Herstellung und Charakterisierung von Extrusionsmischungen, die Extrusion auf verschiedenen Anlagen mit Schnecken-durchmessern von 20 bis 80 mm und Extrusionsdrücken bis zu 300 bar, die Trocknung und die analytische Charakterisierung ab.

Gemeinsam wurde ein Verfahren mit dem notwendigen Material-Know-how und der erforderlichen Extrusionstechnik (Abb. 1) für LFP (Lithium-Eisenphosphat)-Elektroden entwickelt. Ein spezielles Mundstückdesign ermöglicht einen gleichmäßigen Materialfluss (Abb. 2) und damit eine homogene Elektrodenqualität und eine konstante Elektrodendicke. Die physikalischen und elektrochemischen Eigenschaften der Elektroden sind mit denen von Gusselektroden vergleichbar. Die extrudierte Elektroden-dicke von 300 µm ist durch anschließendes Kalandrieren individuell bis auf 75 µm einstellbar (Abb. 3). Nach kontrollierter Trocknung sind die Elektroden flexibel und weisen eine offene Porosität von ca. 30 % auf (Abb. 4). Die elektrochemische Leistungsfähigkeit einer extrudierten LFP-Elektrode wurde in Coin-Cell-Tests untersucht und zeigt das Potenzial dieser alternativen Technologie.

Dr. Matthias Schulz

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
Michael-Faraday-Straße 1, 07629 Hermsdorf
Telefon +49 36601 9301-2328
matthias.schulz@ikts.fraunhofer.de

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

460-W-25-02-24

