

Coatema Coating Machinery GmbH

Durchbruch in der Lasertrocknung: IDEEL-Projekt demonstriert Skalierbarkeit für effiziente Batteriezellproduktion

Wirtschaftlichere und klimafreundlichere Anoden- und Kathodentrocknung

Die Elektrodentrocknung im Rolle-zu-Rolle-Verfahren (R2R) war bislang einer der kosten- und CO₂-intensivsten Fertigungsschritte in der Produktion von Lithium-Ionen-Batterien. Ein lasergestütztes R2R-Trocknungsverfahren, das im Rahmen der Forschungs Kooperation IDEEL entwickelt wurde, könnte das künftig ändern. Es kombiniert die herkömmliche, ofenbasierte Konvektionstrocknung mit einer Lasertrocknung auf Basis von Hochleistungs-Diodenlasern und reduziert bei gleichbleibender Ergebnisqualität die Trocknungszeit um über 60 Prozent.

Mülheim-Kärlich, 19. März 2025 – In der industriellen Fertigung von Lithium-Ionen-Batterien war die Elektrodentrocknung bisher einer der kritischsten Teilprozesse. Der hohe Energie- und Zeitaufwand und der ganz erhebliche Platzbedarf machten die Trocknung der im Rolle-zu-Rolle-Verfahren (R2R) auf einer Stromableiterfolie aufgetragenen Aktivpaste (Slurry) zu einem der kosten- und CO₂-intensivsten Fertigungsschritte der gesamten Batterieproduktion. Vor diesem Hintergrund wurde im Rahmen des Forschungsprojekts IDEEL (Implementation of Laser Drying Processes for Economical & Ecological Lithium Ion Battery Production), das am 31. Dezember 2024 nach dreijähriger Laufzeit abgeschlossen wurde, nach alternativen Trocknungsverfahren unter Nutzung hocheffizienter großflächiger Laserbestrahlung gesucht. Das Projekt wurde im Rahmen des Förderprogramms Batterie 2020 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt und unter Leitung der Laserline GmbH durchgeführt. Weitere Projektpartner waren das Production Engineering of E-Mobility Components (PEM) der RWTH Aachen University, die Coatema Coating Machinery GmbH, die Optris GmbH, das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT), das Münster Electrochemical Energy Technology (MEET) Batterieforschungszentrum der Universität Münster sowie die Fraunhofer-Forschungsfertigung Batteriezelle (FFB).

Entwicklung und Optimierung der Lasertrocknung als Projektschwerpunkt

Schwerpunkt der IDEEL-Forschungs Kooperation war zunächst die Entwicklung und schrittweise Optimierung eines geeigneten Lasertrocknungsverfahrens. Hierzu wurden eigens für den Lasereinsatz neue Werkstoffe zur Anoden- und Kathodenbeschichtung konzipiert und unter anderem wässrige Rezepturen auf Graphit-, Lithium-Eisenphosphat- und Silizium-Graphit-Basis erfolgreich erprobt (PEM der RWTH Aachen University, MEET Batterieforschungszentrum der Universität Münster). Als Wärmequelle diente ein hocheffizientes Diodenlasersystem mit einem elektrischen Wirkungsgrad von mehr als 50 Prozent und einer neuen Bearbeitungsoptik mit koaxialer Thermographiekopplung und rechteckigem Laserspot von über 0,5 Metern Breite (Laserline). Für eine kontaktlose, automatische Prozessüberwachung und -steuerung wurde eine hochintegrierte Thermographiekamera mit Industrie-PC-kompatibler Datenausgabe entwickelt,

die auch bei wechselnden Bahngeschwindigkeiten und Beschichtungsdicken eine konstante Einhaltung der Zieltemperatur sicherstellt (Optris, Laserline, Fraunhofer ILT). Auf der Grundlage dieser Systemkomponenten entstand als Demonstrator eine modulare Lasertrocknungseinheit mit spezialisiertem Luftkonzept und maßgeschneiderten Doppelkammer-Breitschlitzdüsen zum schnellen und sicheren Auftrag der wasserbasierten Batteriepasten (Coatema). Innerhalb dieses Demonstrators wurde der laserbasierte R2R-Trocknungsprozess auf industrietypische Vorschubgeschwindigkeiten hochskaliert und zugleich die optimale Prozesskonfiguration eruiert und validiert (Fraunhofer ILT, FFB).

Hybridverfahren ermöglicht industrielle Skalierung

Da für den Trocknungsprozess neben der Erwärmung auch ein Massentransport durch Luftabfuhr benötigt wird, wurde als technisch und wirtschaftlich erfolversprechendster Ansatz eine Hybridkonfiguration mit Heißluft- und Lasermodulen realisiert. In dieser R2R-Prozesskonfiguration wird die Lasertrocknung vorgeschaltet und für die schnelle Erwärmung und Vortrocknung des Slurrys genutzt, während der nachgelagerte Konvektionsofen die Temperaturhaltezeit verlängert und die Durchtrocknung der Aktivpaste finalisiert. Dieser Ansatz ermöglicht es, die Vorteile des neuen Verfahrens auch bei Bestandsanlagen zu nutzen, die dann nachträglich mit Lasermodulen aufgerüstet werden können. Die Erschließung technischer Optimierungspotenziale wird so mit einer nachhaltigen Nutzung von Investitionsgütern verknüpft. In diesem Sinne entwickelten die Projektbeteiligten ein innovatives hybrides Trocknungssystem, das erstmals eine Bahngeschwindigkeit von 30 Metern pro Minute realisiert und die Trocknungszeiten um mehr als 60 Prozent verkürzt. Durch den Laser-Booster zu Prozessbeginn wird zudem die erforderliche Ofenlänge halbiert, was wertvolle Prozessfläche spart und den Bedarf an energieintensiven Trockenräumen spürbar verringert. Die operativen Kosten des Trocknungsprozesses sinken so insgesamt um 20 bis 30 Prozent, durch den reduzierten Ofenbetrieb bei gleichzeitiger Anlagennutzung bis zum Ende der Lebensdauer wird überdies die CO₂-Bilanz deutlich optimiert. Der neue Ansatz ermöglicht somit wirtschaftlichere und klimaschonendere Verfahren, was auch die ökonomische und ökologische Gesamtbilanz der Batterieproduktion signifikant verbessert.

Untersuchungen zeigen Gleichwertigkeit der Ergebnisse bei erhöhtem Durchsatz

Auch im Hinblick auf die Prozessergebnisse lässt das neue Hybridverfahren keine Nachteile erwarten. Experimentelle Untersuchungen des Fraunhofer ILT, des PEM der RWTH Aachen University, des MEET Batterieforschungszentrums und der FFB zeigten, dass die Resultate der hybriden Trocknung den Ergebnissen der etablierten Konvektionstrocknung nicht nachstehen. Trotz erhöhter Durchsatzrate ist bei Adhäsion, Restfeuchte, elektrischer Leitfähigkeit und elektrochemischen Eigenschaften eine mindestens gleichwertige Ergebnisqualität sichergestellt. Die Industrierelevanz des neu entwickelten Verfahrens ist damit vollumfänglich nachgewiesen. Der im Rahmen des IDEEL-Projekts entwickelte Hybridprozess wird dementsprechend in die Arbeit der FFB eingehen, die zum Entwicklungszentrum einer modernen Batteriezellproduktion für Deutschland und seine europäischen Partner ausgebaut werden soll.

Über Coatema Coating Machinery GmbH:

Die Coatema Coating Machinery GmbH ist ein führender Anbieter von Beschichtungs- und Drucklösungen für eine Vielzahl von Industrien, darunter High-Tech-Märkte wie Batterien, Solar, Prepregs, Medizin, Brennstoffzellen, grüner Wasserstoff und gedruckte Elektronik. Das Unternehmen hat sich auf die Entwicklung und Herstellung von Bogen- und Rollenanlagen für die Beschichtungs-, Druck- und Laminierindustrie spezialisiert und fokussiert sich auf die Bereitstellung hochskalierbarer lab2fab-Technologien, um die Bedürfnisse seiner Kunden zu erfüllen. Das Unternehmen verfügt über mehr als 10 Pilotlinien in Europas größtem R&D-Zentrum und beschäftigt ein Team, welches an mehr als 12 öffentlich geförderten Projekten forscht. Neben dem Kerngeschäft Anlagenbau bietet Coatema eine breite Palette an Dienstleistungen für die Prozess- und Produktentwicklung an, um Kunden bei der Erreichung ihrer Ziele zu unterstützen. Weitere Infos unter <https://www.coatema.com>

Kontakt Laserline:

Laserline GmbH

Stefan Aust
Fraunhofer Straße 5
D-56218 Mülheim-Kärlich
Tel. +49 (0) 2630 964-1440
Fax +49 (0) 2630 964-1018
Stefan.Aust@laserline.com
www.laserline.com

Kontakt Agentur:

Riba:BusinessTalk GmbH

Michael Beyrau
Klostergut Besselich
D-56182 Urbar/Koblenz
Tel. +49 (0)261-963 757-27
Fax +49 (0)261-963 757-11
mbeyrau@riba.eu
www.riba.eu

Marketing Contact:

Tanja Simone, Marketing Manager
Phone +49 (0) 21 33 / 97 84 – 121
tsimone@coatema.de | www.coatema.com