

Sauber und trocken – Sichere lufttechnische Lösungen für die Lithium- Ionen-Batteriefertigung



Seit gerade etwas über 50 Jahren wird Lasertechnologie zur Bearbeitung von Materialien eingesetzt. Sowohl ein besseres Verständnis der Strahlerzeugungs- und Strahlformungstechnologie, als auch komplexere Stoffstrukturen aktueller Produkte erschließen dem Laser regelmäßig neue, herausfordernde Anwendungen.

Ein jüngstes Beispiel ist die Fertigung von Lithium-Ionen-Akkumulator-Zellen. Diese werden in hoher Stückzahl in Elektromobilen angewendet. Ein Markt, der aktuell exponentiell wächst, und ein Produkt, das höchste Anforderungen an Zuverlässigkeit und Lebensdauer legt.

Eine solche Zelle wird im Basis-Fertigungsprozess in gut 20 grundlegenden Fertigungsschritten aufgebaut. Angefangen vom Mischen der Aktivmaterialien, über das Beschichten der Elektroden, das Stapeln der Zellen, dem Verschließen und dem Formieren. Insbesondere dieser letzte Schritt, das „Formieren“ zeigt auf, wie erfolgreich und genau die Fertigung verlief. Kleinste Partikel in der Zelle oder auch minimale Mengen an Wasser können schon an dieser Stelle für Ausschuss verantwortlich sein.

Doch das ist noch nicht alles. Da während des Betriebes durch kontinuierliche Lade- und Entladevorgänge Wechsellasten auftreten, würde ein Partikel in der Zelle das Dendritenwachstum begünstigen können. Wasser in der Zelle führt zur Zersetzung des Elektrolyten, was wiederum die Lebensdauer einer Zelle negativ beeinflusst. Beide Effekte verringern die Betriebszeit einer Batterie und müssen daher streng kontrolliert werden. Der berühmte Dreiklang der Absaug- und Filtertechnik „für Mensch, Maschine und Produkt“ wird in der Lithium-Ionen-Zelltechnologie auf besondere Weise mit Leben erfüllt.



Abb. 1: Aufstellungsort der Messgeräte an der Laserschneidanlage

Abbildung 1 zeigt einen Messaufbau am Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS). Hier wurden Anoden aus Lithium durch den Laser konturiert. Aus Messdaten vom Konfektionieren von Lithiumanoden konnte nachgewiesen werden, dass der Abgasvolumenstrom die Elemente wie in Tabelle 1/Abbildung 2 gezeigt enthält.

	M1	M2
Filter-Bezeichnung	24/06/SI-IWS#01	24/06/SI-IWS#02
Absaugvolumen	16,615 m ³	22,792 m ³
Kobalt [µg absolut]	6,34	6,23
Mangan [µg absolut]	6,96	6,52
Nickel [µg absolut]	24,44	23,88
Kobalt [µg/m ³]	0,4	0,3
Mangan [µg/m ³]	0,4	0,3
Nickel [µg/m ³]	1,5	1,0

Abb. 2: Arbeitsplatzmessung, Messergebnisse gravimetrische Untersuchung

So entstanden unter anderem auch so genannte „KMR-Stoffe“, welche in der TRGS 910 einer gesonderten Betrachtung unterliegen. Diese „krebserregenden, mutagenen und reproduktionstoxischen Stoffe“ können massiven negativen Einfluss auf die menschliche Gesundheit haben. Sie müssen nach aktuellem Stand der

Technik abgesaugt, mit dem Luftstrom über HEPA-Filter (High-Efficiency Particulate Air) geleitet und abgeschieden werden. Zudem ist die Luft nach außen abzuführen, sofern Mitarbeiter dieser ausgesetzt werden könnten.

Da die Erfassung der Schadstoffe an der Entstehungsstelle stets eine besondere und wichtige Rolle spielt, fordert sie im Auslegungsprozess eine herausragende Aufmerksamkeit. An dieser Stelle sind Strömungs-Simulationen und Versuche zur Visualisierung zu empfehlen.

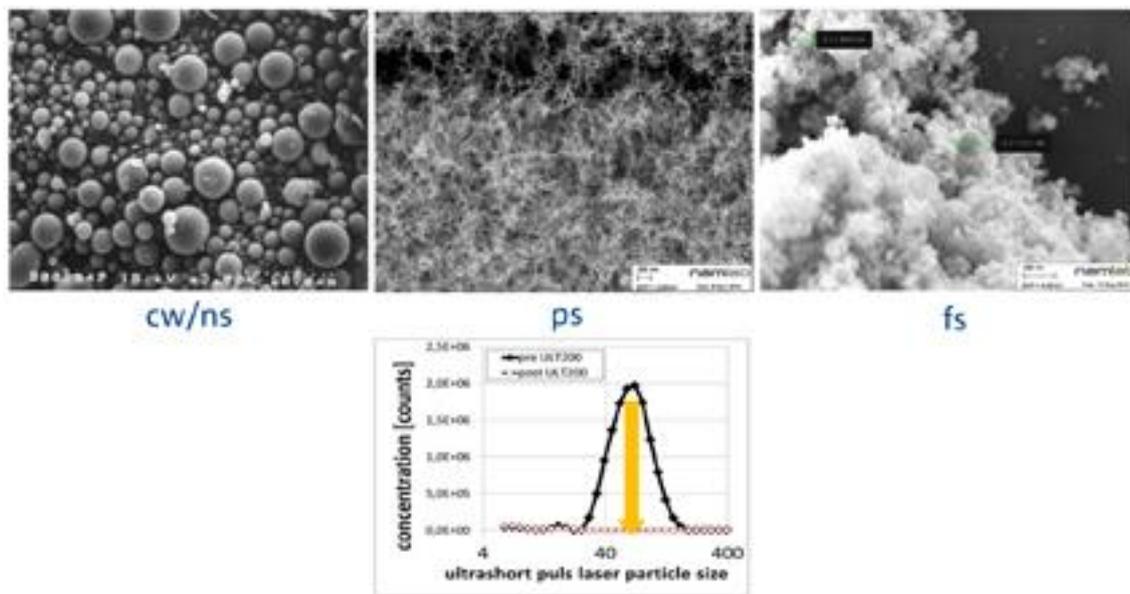


Abb. 3: Partikelformen nach deren Bearbeitung mit verschiedenen Lasertechniken

Entscheidend für die nachgelagerte Filtration kann auch sein, welcher Laserprozess angewandt wurde. Abbildung 3 zeigt Partikelformen nach deren Bearbeitung mit verschiedenen Lasertechniken. Auch wenn heutzutage aufgrund der Arbeitsgeschwindigkeit zum Großteil Continuous Wave (cw) und Nanosekunden (ns) gepulste Laser verwendet werden, spricht doch die Qualität der Schnittkanten oft auch für Pikosekunden (ps) gepulste Laserverfahren. Insbesondere bei Letzteren entstehen extrem feine „Ablations-Partikel“. Diese agglomerieren zu Aerosolen mit Größen um 100 nm. Die Filtertechnologie in der Absauganlage muss für solche Partikelgrößen und -formen besonders ausgelegt sein.

Eine für diese Anforderungen ausgelegte Anlage ist in Abbildung 4 zu sehen. Die Absauganlage LAS 800 für Luftvolumenströme von rund 800 m³/h kann durch ihre integrierte Zudosierung besonderer Filterhilfsmittel schnell auf komplexe

Staubgemische adaptiert werden. Dazu zählen unter anderem die Laserrauche aus ps-Anwendungen, aber auch Kunststoffabgase von Laserprozessen.



Abb. 4: Absaug- und Filteranlage LAS 800 für Laseremissionen

Mit Hilfe des hier skizzierten Vorgehens einer exakten Auslegung der Absaugung verbunden mit einer hochwertigen Filtertechnik gelingt es, den Fertigungsprozess für Lithium-Ionen-Batteriezellen so zu gestalten, dass zuverlässige Zellen hoher Lebensdauer aus Partikelsicht geschaffen werden können.

Somit wurde zumindest eine der eingangs beschriebenen kritischen Szenarien – die für die Dentritenbildung verantwortlichen Partikel – ausgeschaltet.

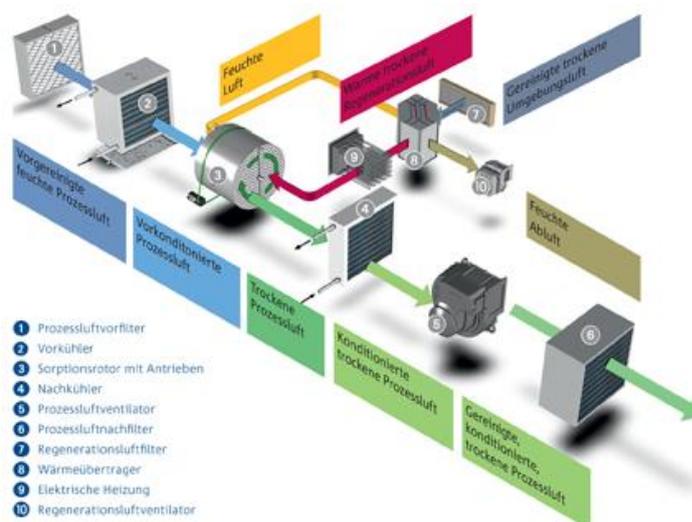


Abb. 5: Funktionsschema der Sorptions-Lufttrocknung

Offen blieb, wie die Feuchtigkeit im Prozess minimiert werden kann. Hierfür bietet sich die in Abbildung 5 gezeigte Technik der Sorptionsentfeuchtung an. Der große Vorteil dieser Herangehensweise ist, dass durch das eingesetzte Sorptionsrad eine kontinuierliche Entfeuchtung bei konstantem Luftfeuchtegehalt möglich ist. Mit Hilfe einer guten Regelungstechnik und Wärmerückgewinnung kann dieser Prozess so gestaltet werden, dass der Energieverbrauch minimiert wird.

Besonders kritisch sind die in Abbildung 6 „Zellaufbau“ gezeigten Fertigungsschritte, für die es entscheidend ist, dass keine Feuchtigkeit mehr in die Zelle eindringen kann. Diese Schritte werden daher bevorzugt bei Raumluftfeuchten mit einem Taupunkt von kleiner -60°C (T_p) durchgeführt. Auf diese Weise gelingt es auch, den zweiten negativ auf die Zuverlässigkeit einer Batteriezelle wirkenden Punkt der Luftfeuchte auszuschalten.



Abb. 6: Prozessschritte der Batteriezellfertigung

Großes Potenzial zur Prozessoptimierung und Kostensenkung liegt in einer gemeinsamen Abstimmung der beiden Schritte – Partikelabsaugung und Luftentfeuchtung. Die Prozesskontrolle und Zuverlässigkeit werden verbessert, während die TCO (total cost of ownership/Betriebs-Gesamtkosten) signifikant verringert werden.

Autoren:

Dr. Stefan Jakschik (ULT AG), Madeleine Berger (ULT AG), Dirk Kessler (ILK Dresden)