



TRENNEN VON ELEKTRODENMATERIAL MIT KURZPULSLASERN

DIE AUFGABE

Elektromobilität stellt einen zentralen Entwicklungsschwerpunkt für die weltweite Automobilindustrie dar. Elektrofahrzeuge fahren emissionsfrei und verkörpern somit die Zukunft unserer Mobilität. Um dieses Zukunftsziel zu erreichen, wird neben anderen Herausforderungen auch an kostengünstigen, großserientauglichen Produktionstechniken der erforderlichen Energiespeicher geforscht. Ein Teilaspekt der Entwicklungsarbeiten ist hierbei die Konfektionierung des bandförmigen Materials in die gewünschten Endkonturen der drei elementaren Bestandteile von Lithium-Ionen-Zellen – Anode, Kathode und Separator. Mehrschichtsysteme aus beidseitig mit Graphit bzw. Lithium-Metalloxid beschichteten Metallfolien (Kupfer bzw. Aluminium) bilden die aktiven Elektroden. Aus der Kombination unterschiedlicher Materialien resultieren Herausforderungen für den Trennprozess.

Hochproduktive Stanzprozesse stellen den Stand der Technik beim Konfektionieren der Elektrodenmaterialien dar. Hauptnachteile der Stanztechnik liegen in der geringen Flexibilität starrer Werkzeuge und im permanenten Werkzeugverschleiß beim Trennen der keramischen Materialien, wodurch sich die Qualität der Schnittkanten fortlaufend verringert. Das Laserstrahltrennen als kontakt- und verschleißfreies Verfahren kann hier eine Alternative darstellen. Weiterer Vorteil der Lasertechnik ist die hohe Flexibilität des Verfahrens insbesondere bei variablen Schneidkonturen. Die verglichen mit dem Stanzen höheren Taktzeiten stellten bisher einen entscheidenden Nachteil klassischer Laserschneidverfahren dar.

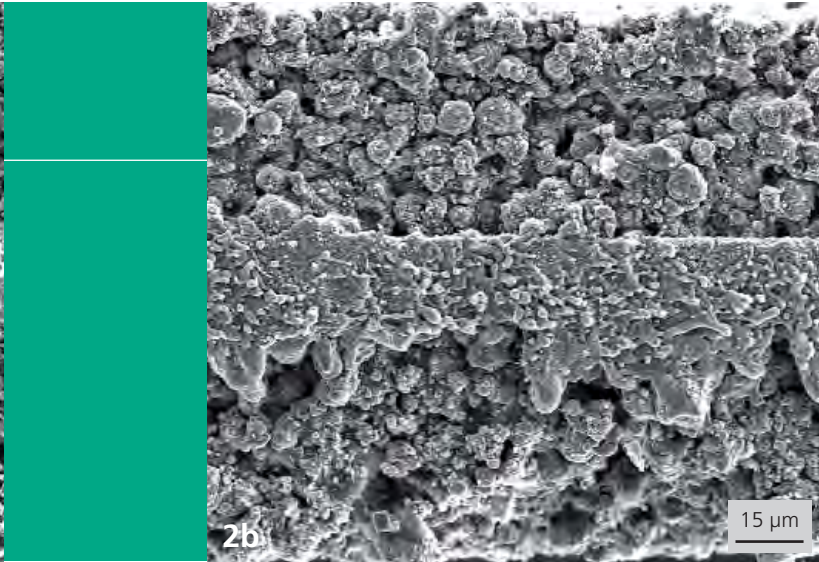
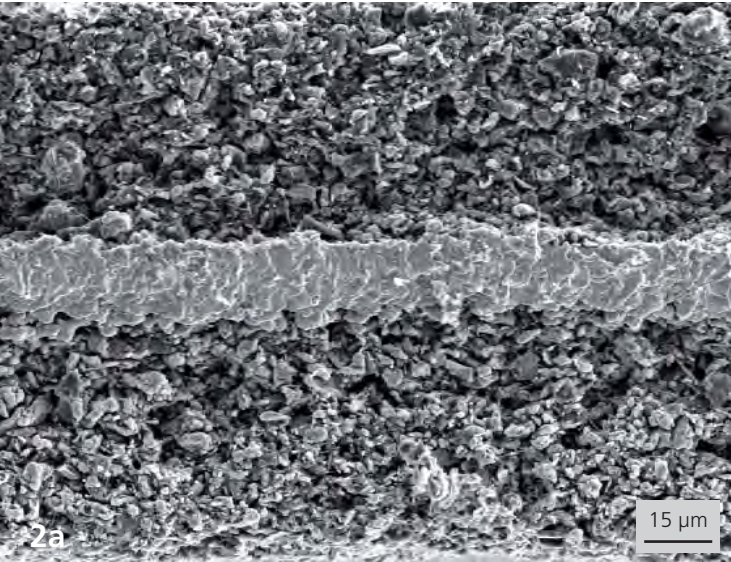
Durch den Einsatz von Laserstrahlquellen höchster Strahlqualität in Verbindung mit dynamischen Remote-Prozessen sollen diese Limitierungen überwunden werden.

UNSERE LÖSUNG

Beim Laser-Remote-Schneiden mit hochdynamischer Strahlablenkung können sehr hohe Bahngeschwindigkeiten realisiert werden, da bewusst auf die Gasunterstützung des konventionellen Laserstrahlschneidens verzichtet und der Laserstrahl mittels hochdynamischer Galvanometerscanner entlang der Schnittkontur bewegt wird. In Kombination mit Strahlquellen hoher Strahlqualität werden insbesondere bei gepulsten Lasersystemen extrem hohe Intensitäten im Bearbeitungsfleck erreicht. Unter diesen Voraussetzungen lässt sich ein effektiver Trennprozess durch einen dampfförmigen Materialabtrag realisieren.

Um eine lange Lebensdauer der Lithium-Ionen-Zellen sicherzustellen, werden an die Schnittkanten hohe qualitative Anforderungen gestellt. Ein Wärmeeintrag in die Schnittflanken ist zu vermeiden, um einen unerwünschten Abtrag oder die Modifikation des aktiven Schichtmaterials entlang der Schnittkante zu minimieren. Weiterhin können Ablagerungen des abgetragenen Materials, insbesondere größere Partikel zu Kurzschlüssen in der Zelle führen.

In umfangreichen Untersuchungen mit gepulsten Laserstrahlquellen wurden am Fraunhofer IWS für das Trennen von Anoden- und Kathodenmaterialien Technologien entwickelt und optimiert. Der Einfluss zentraler Prozessgrößen, beispielsweise der Pulsdauer, auf die Qualität der Schnittkanten wurde analysiert.



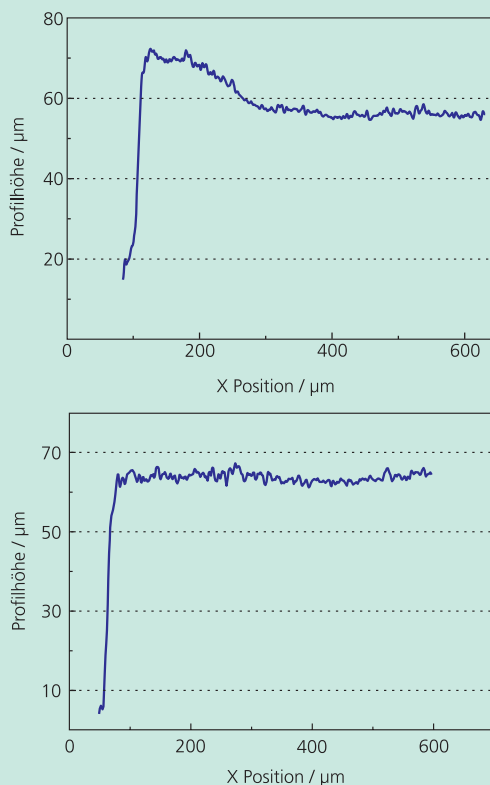
ERGEBNISSE

Abbildung 2a und 2b zeigen die REM-Bilder einer typischen Schnittkante bei Bearbeitung mit kurzgepulsten Festkörperlaser. Größe und Menge von auf den Oberflächen verbliebenen Partikeln abgetragenen Materials sind so gering, dass sie keine Einschränkung für die weitere Verarbeitung darstellen. Unter identischen Randbedingungen (40 W mittlere Leistung, Wellenlänge 1 µm, Spotdurchmesser 25 µm) konnten Anoden- und Kathodenfolien mit hoher Qualität getrennt werden und der Einfluss zweier Pulsdauern (30 ns und 10 ps) auf das Prozessergebnis ermittelt werden. Mit beiden Pulsdauern sind bei gleicher Ausgangsleistung nahezu identische Schnittgeschwindigkeiten bis 30 m min⁻¹ realisierbar. Für Trenngeschwindigkeiten im Bereich 60 m min⁻¹ werden Laserleistungen größer 100 W benötigt.

An der Schnittkante kann der Abtrag des aktiven Schichtmaterials von der metallischen Trägerfolie durch Optimierung von Fokusdurchmesser und Intensität bzw. Pulsenergie minimiert werden. Der Übergang zu ultrakurzen Laserpulsen im ps-Bereich reduziert messbar die Wärmebeeinflussung sowie die Entstehung von Ablagerungen entlang der Schnittkante. Dies zeigen die in Abbildung 3 dargestellten Oberflächenprofile deutlich am Beispiel des Anodenmaterials, bei welchem Erwärmung zur Volumenzunahme führen kann. Aufgrund der minimalen Wechselwirkungszeit erfolgt der Materialabtrag mit ps-Pulsen ohne erkennbare thermische Beeinflussung.

Die beschriebenen Ergebnisse wurden im Rahmen des vom BMBF (Förderkennzeichen 02PO2640; 02PK2641/2642) geförderten Projektes DeLIZ erarbeitet, in dem weiterhin die Eignung von Hochleistungs-cw-Faserlasern zum Trennen der Elektroden mit Geschwindigkeiten bis 700 m min⁻¹ demonstriert wurde.

Vergleich der Oberflächenprofile im Bereich der Schnittkante: messbare Überhöhung der Oberfläche aufgrund von Wärmeintrag und Ablagerungen abgetragenen Materials bei Nanosekundenpulsen (oben); ebenes Oberflächenprofil ohne messbare thermische Beeinflussung bei Pikosekundenpulsen (unten)



3

- 1 Beispiel Elektroauto
- 2 REM-Aufnahme der Schnittflanke einer lasergeschnittenen Elektrode
 - a) Kathode
 - b) Anode

KONTAKT

Dipl.-Ing. Volker Franke
 Tel.: +49 351 83391-3254
 volker.franke@iws.fraunhofer.de

