



KLEBEN METALLISCHER LEITER ZUR ÜBERTRAGUNG ELEKTRISCHER ENERGIE

DIE AUFGABE

Die Entwicklung und Integration effektiver, sicherer und kostengünstiger elektrochemischer Energiespeicher bildet in zunehmendem Maße eine unverzichtbare Schlüsseltechnologie für den Einsatz in der Elektromobilität sowie zur Intensivierung einer nachhaltigen Stromversorgung aus erneuerbaren Energien. Um eine zuverlässige Stromversorgung zu gewährleisten, müssen stark diskontinuierliche und zum Teil schwer planbare Einspeisekapazitäten sowie Lastschwankungen durch Zwischenspeicher ausgeglichen werden.

Ausschlaggebend für die Funktion der in der Regel aus mehreren einzelnen Zellen aufgebauten Batteriespeicher ist eine zuverlässige Kontaktierung entlang des Strompfades. Um einen über die Lebensdauer hinweg niedrigen Verbindungswiderstand und damit einhergehend eine funktionstüchtige und sicherheitsunbedenkliche Batteriezelle zu gewährleisten, dürfen sich diese Widerstände nicht wesentlich erhöhen.

Die Zellassemblierung der voneinander elektrisch isolierten und jeweils mehrfach parallel geschalteten Anoden- und Kathodenfahnen mit den Zelleleitern erfolgt bislang weitgehend durch Ultraschallschweißen. Dabei eingebrachte mechanische Schwingungen können sogenannte Softshorts, durch Teile abgelösten Aktivmaterials zwischen den Elektroden, verursachen.

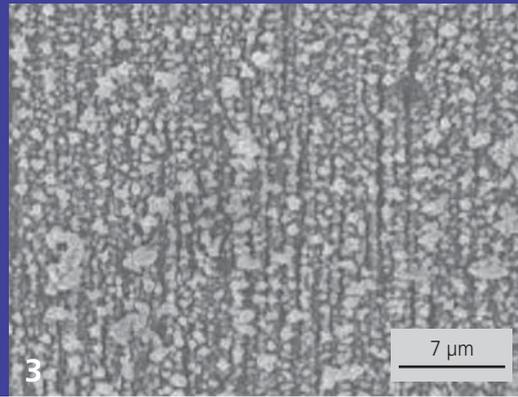
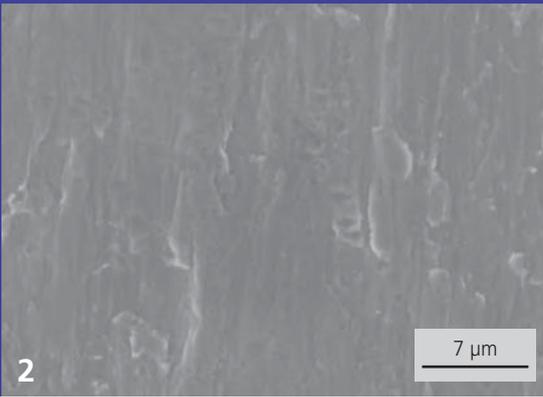
Des Weiteren erfordern alle bislang bekannten Verfahren zur Herstellung und Kontaktierung derartiger Zellstapel über den gesamten Stapelvorgang hinweg eine aufwendige Fixierung oder Positionierung der Kontaktfahnen. Gesucht werden deshalb neue Verfahrenslösungen mit industriellem Anwendungspotenzial.

UNSERE LÖSUNG

Für die elektrische Kontaktierung in Bereichen mit niedrigem Verbindungswiderstand, in denen andere Fügeverfahren aus technologischen oder ökonomischen Gründen nicht oder nur mit Einschränkungen eingesetzt werden können, bietet das Fraunhofer IWS Dresden eine alternative Verfahrenslösung.

Durch Verwendung eines speziell auf den jeweiligen Anwendungseinsatz abgestimmten Klebstoffsystems, in Kombination mit einer Oberflächenvorbehandlung oder -strukturierung wird bis zur Aushärtung des Klebstoffsystems eine ausreichend hohe Druckbeanspruchung in den Fügebereich eingebracht, so dass eine plastische Verformung der Mikrokontakte bewirkt wird. Die so ausgebildete elektrisch leitende Kontaktfläche ist dabei um ein Vielfaches kleiner als die geometrisch scheinbare Berührungsfläche der Fügeteile. Die verbleibende und nicht durch Mikrokontakte gebildete Fläche steht der Verbindung als Klebfläche zur Verfügung.

Zur Fixierung und elektrischen Kontaktierung der Stromsammelervfolien mit den Zelleleitern während des Stapelvorgangs bei der Herstellung von Li-Ionen-Zellen wurde ein gegen den Elektrolyten chemisch beständiges Klebstoffsystem ausgewählt, welches selbst elektrisch isolierende Eigenschaften (elektr. Leitfähigkeit $5 \cdot 10^{-12} \text{ S/m}$) aufweist und innerhalb weniger Sekunden aushärtet. Um Partikelmigrationen während der auftretenden Gleichstrombelastung in den Lade- und Entladevorgängen der Zelle auszuschließen, wurde bewusst auf die Verwendung leitfähiger Additive im Klebstoff verzichtet.

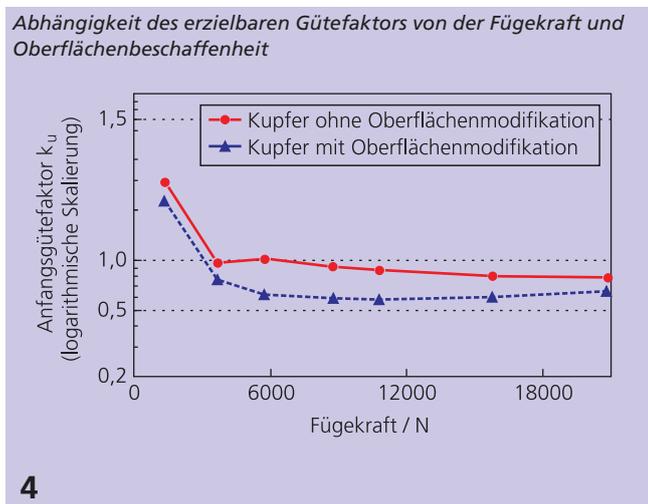


ERGEBNISSE

Gegenüber herkömmlichen Klebungen im Bereich der elektrischen Kontaktierung zur Übertragung meist kleiner Ströme oder Leistungen können mit dieser Methode stromtragfähige Kontakte erzeugt werden, welche die deutlich höheren Anforderungen der elektrischen Energietechnik erfüllen. Derartige geklebte Verbindungen können innerhalb sehr kurzer Zeiträume hergestellt werden und Verbindungswiderstände im Bereich weniger $\mu\Omega$ erzielen.

Weitere Vorteile bestehen in der einfachen Verbindung unterschiedlicher Leiterwerkstoffe und Geometrien der Kontaktpartner sowie dem Einsatz über weite Temperaturbereiche hinweg (z. B. von flüssigem Stickstoff mit -196 °C bis zu 100 °C und mehr). Darüber hinaus können die Kontaktflächen zuverlässig vor vielfältigen Medieneinflüssen geschützt werden.

Neben der Auswahl eines geeigneten Klebstoffsystems sind die Oberflächenbeschaffenheit sowie Höhe der aufgebrachtten Druckbeanspruchung entscheidende Einflussfaktoren zur Erzielung niedriger Verbindungswiderstände. Abbildung 4 verdeutlicht diesen Zusammenhang für Anodenfolien aus Kupfer, welche sowohl mit als auch ohne entsprechende Oberflächenmodifikation geklebt wurden.



Für eine vergleichbare Darstellung unterschiedlicher Werkstoffe und Leiterquerschnitte sowie zur Bewertung der Verbindungsqualität wird der Gütefaktor k_u herangezogen. Dieser ergibt sich aus dem Verhältnis des Verbindungswiderstandes R_v über der Verbindungslänge l_v zum Widerstand des homogenen Leiterstücks R_l mit gleicher Geometrie und Länge l_l . Die Verlustleistung und somit Erwärmung an der Verbindungsstelle während der Stromführung entspricht bei einem Gütefaktor $k_u = 1$ der des homogenen Leiterabschnitts.

Die Ergebnisse zeigen, dass oberhalb einer spezifischen Fügekraft elektrisch leitfähige Klebverbindungen mit Gütefaktoren $k_u \leq 1$ erreicht werden. Durch Einsatz oberflächenmodifizierter Anodenfolien lässt sich sowohl die Verbindungsqualität weiter verbessern, als auch das Prozessfenster hin zu niedrigeren Fügekräften verschieben.

Die Arbeiten werden im Verbundprojekt BamoSa (FKZ: 03X4637A) durch das BMBF gefördert. Das Fraunhofer IWS dankt dem Lehrstuhl für Hochspannungs- und Hochstromtechnik der Technischen Universität Dresden für die Unterstützung.

- 1 *Vorrichtung zur Bestimmung von Verbindungswiderständen*
- 2/3 *REM-Aufnahme der Oberflächenstruktur einer unmodifizierten (links) und einer modifizierten Kupferfolie (rechts)*

KONTAKT

Dipl.-Ing. Maurice Langer
 Telefon: +49 351 83391-3852
maurice.langer@iws.fraunhofer.de

