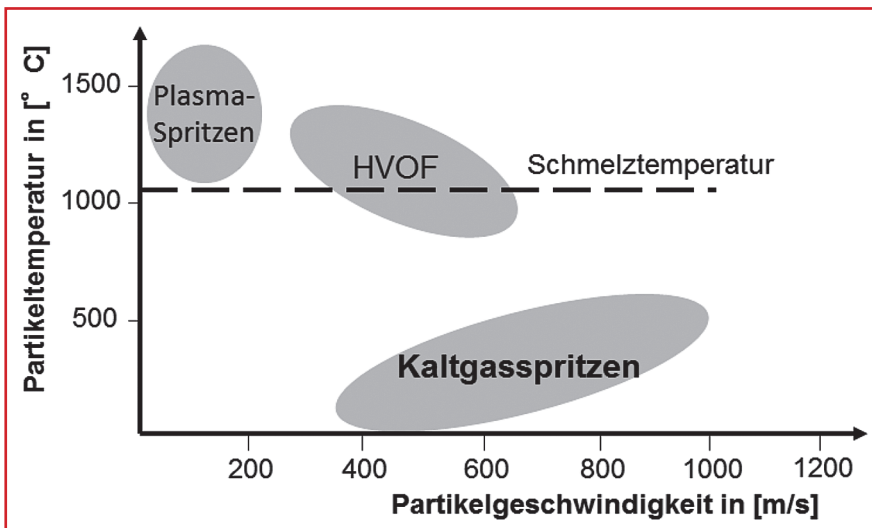


# Kupfer-Aluminium- Verbundhalbzeuge durch Kaltgasspritzen

Schillinger, W. (1); Krebs, S. (2); Gärtner, F. (2); Klassen, T. (2)

**Li-Ion-Batteriezellen (die derzeit vielversprechendsten Energiespeicher für die Elektromobilität) besitzen prinzipbedingt einen Aluminium-Ableiter an der Kathode und einen Kupfer-Ableiter an der Anode. Bei der Zusammenschaltung von Li-Ion-Zellen zu Batterien müssen daher zwangsläufig Kupfer und Aluminium entweder innerhalb oder auch außerhalb des Zellgehäuses miteinander kontaktiert werden. Stand der Technik hierfür sind Schraubverbindungen. Diese besitzen jedoch signifikante Defizite hinsichtlich Produktivität, Materialeinsatz und Langzeitstabilität des Übergangswiderstands. Für eine künftige Massenfertigung werden daher stoffschlüssige Verbindungen gefordert.**



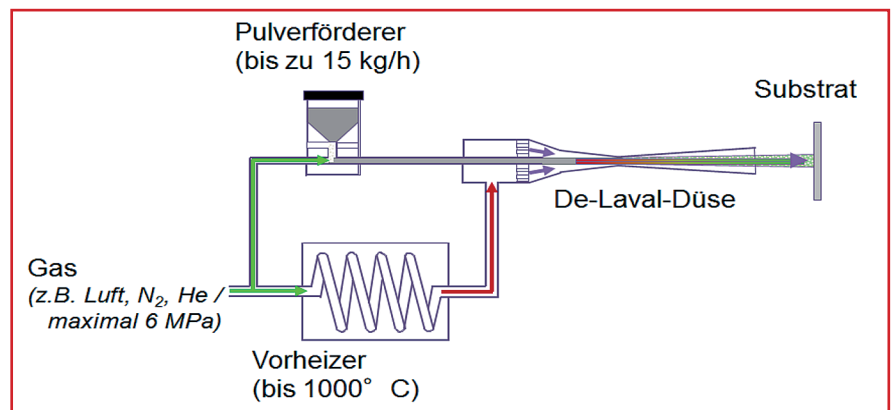
**Bild 1: Vergleich von thermischen Spritzverfahren mit dem Kaltgasspritzen**

Beim Schmelzschiessen von Kupfer und Aluminium bilden sich intermetallische Phasen, die die Verbindung spröde und unzuverlässig machen und den Übergangswiderstand massiv erhöhen.

Als Lösung bietet sich der Einsatz von bandförmigen Verbundhalbzeugen mit einer Kupfer- und einer Aluminiumseite an, die sich mit ihren jeweiligen Pendanten der Batteriezellen mit gängigen Verfahren verschweißen lassen.

Vollflächig oder auch partiell beschichtete Kupfer-Aluminium-Verbundhalbzeuge können durch das Kaltgasspritzen, einem kinetischen Spritzverfahren, gefertigt werden, bei denen im Vergleich zu thermischen Spritzverfahren (siehe Bild 1) keine

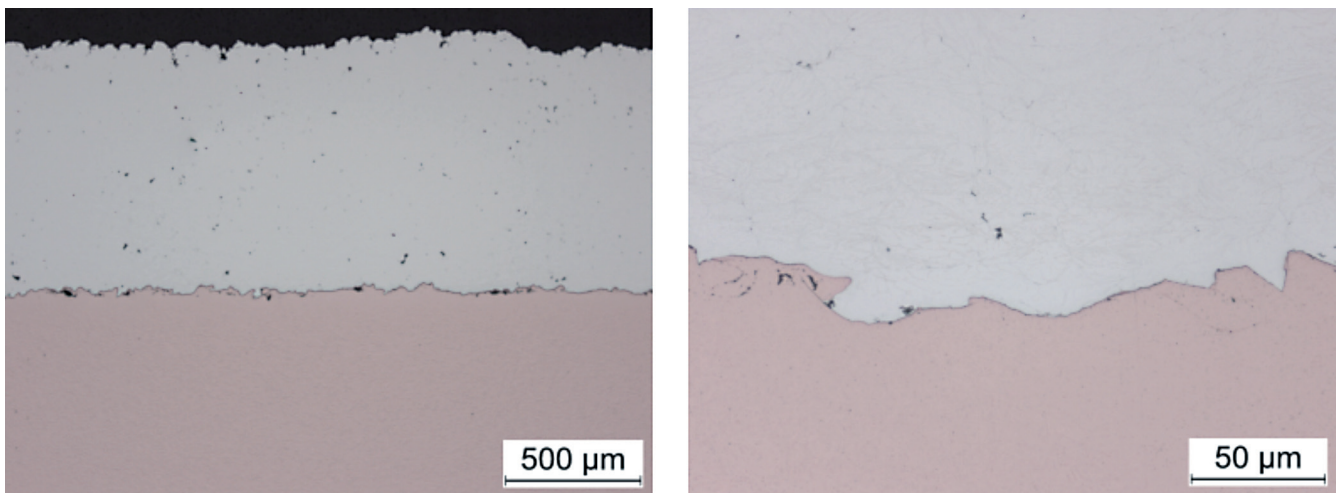
schmelzflüssigen Phasen in der Fügezone gebildet werden. Beim Kaltgasspritzen (siehe Bild 2) werden möglichst duktile Pul-



**Bild 2: Schema des Kaltgasspritzens**

verpartikel in Größenordnungen von optimal 25 - 50 µm mittels eines Trägergases, typischerweise Stickstoff oder Helium, mit Drücken bis zu 6 MPa in einer De-Laval-Düse beschleunigt und treffen mit hohen Geschwindigkeiten auf eine Substratoberfläche. Aufgrund der hohen kinetischen Energie verformen sich die Partikel plastisch beim Aufprall auf das Substrat und generieren so Wärme. In der Grenzfläche bilden sich adiabatische Scherinstabilitäten aus, die Partikel verschweißen mit der Oberfläche und bilden eine dichte Schicht. Zu langsame und zu kalte Partikel haben hierbei einen erosiven Effekt, ähnlich dem des Sandstrahlens, wohingegen zu schnelle Partikel durch hydrodynamische Prozesse ebenfalls zu einem Abtrag führen. Weitere Einflussfaktoren auf die Spritzparameter sind die thermischen und mechanischen Eigenschaften des Ausgangsmaterials im Zusammenhang mit der Partikelgröße. Große Partikel besitzen eine höhere Wärmekapazität, werden jedoch langsamer beschleunigt. Somit muss ein Optimum zwischen der Partikelerwärmung und der Partikelgeschwindigkeit gefunden werden.

Da das Pulver jedoch unterhalb der schmelzflüssigen Phase verarbeitet wird, können durch die vergleichsweise geringen Prozessgastemperaturen von maximal 1.000 °C sehr hohe Reinheiten ohne Oxide und damit hohe Leitfähigkeiten erreicht werden. Etwaige oberflächliche Oxidschichten werden beim Partikelauflauf durchbrochen, so dass sich zusätzlich geringe Übergangswiderstände zwischen Al und Cu ergeben. Bild 3 zeigt Ergebnisse der Vorversuche von Al-Schichten auf einem Cu-Substrat mit einer hohen Reinheit und geringer Porosität. In der weiteren Studie wurde der Einfluss von unterschiedlich harten Cu-Substraten und deren Oberflächenvorbereitung untersucht.



**Bild 3:** Querschliff einer kaltgasgespritzte Al-Schicht auf einem Cu-Substrat unter einem Lichtmikroskop

#### Literatur:

- [1] Basic principles and application potentials of cold gas spraying / Bindemechanismen und potentielle Anwendungen des Kaltgas-spritzens; T. Klassen, F. Gärtner, T. Schmidt, J.-O. Kliemann, K. Onizawa, K.-R. Donner, H. Gutzmann, K. Binder, H. Kreye; Materialwissenschaft und Werkstofftechnik / Materials Science and Engineering Technology, 41 (2010) p. 575–584.
- [2] On parameter selection in cold spraying; Assadi, H.; Schmidt, T.; Richter, H.; Kliemann, J.-.; Binder, K.; Gärtner, F.; Klassen, T.; Kreye, H.: Journal of Thermal Spray Technology, 20, 2011, Issue 6, S. 1161-1176.
- (1) *Wieland-Werke AG, Graf-Arco-Str. 36, D-89079 Ulm*
- (2) *Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr Hamburg, Holstenhofweg 85, 22043 Hamburg*