



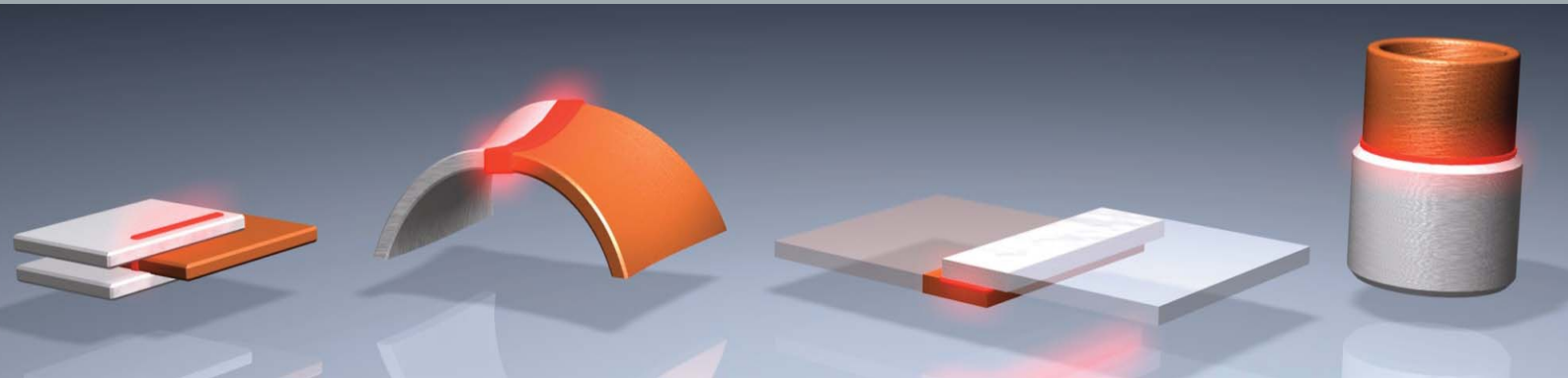
Fraunhofer

IWS



Dresden

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND STRAHLTECHNIK IWS



FÜGEN VON AL-CU-MISCHVERBINDUNGEN

Technologien für die Elektromobilität

Motivation

Das Stichwort Elektromobilität ist in aller Munde; die deutsche Automobilindustrie und ihre Zulieferer stellen sich mit intensiven Entwicklungsanstrengungen darauf ein, neue Firmen z. B. zur Batterieherstellung etablieren sich. Eine zentrale fügetechnische Herausforderungen der Elektromobilität ist das effektive Fügen von Aluminium mit Kupfer. Durch die langfristigen Erfahrungen beim Fügen schwer schweißbarer Werkstoffe und konventionell nicht schmelzschweißbarer Werkstoffkombinationen ist das Fraunhofer IWS Dresden in der Lage, der Industrie verschiedene neue Fügetechnologien anbieten zu können, die für die Fügeaufgabe Aluminium / Kupfer imstande sind, unterschiedliche Aufgabenstellungen und Einsatzszenarien abzudecken.

Verfahren 1: Laserschweißen mit hochdynamischer Strahlableitung

Das Schweißen von Kombinationen aus verschiedenen Werkstoffen ermöglicht es, die spezifischen Eigenschaften der Stoffe optimal zu nutzen. Besonders das Laserstrahlschweißen ist vergleichsweise gut geeignet, Mischverbindungen wirtschaftlich zu erzeugen. Jedoch führen die unterschiedlichen thermophysikalischen und stofflichen Eigenschaften der Fügepartner oft zu Qualitätsverlusten, da entstehende intermetallischen Phasen die erreichbare Festigkeit der Naht stark einschränken können. Durch den Einsatz einer hochdynamischen Strahlableitung am Fraunhofer IWS konnten Qualitätsverbesserungen beim Laserschweißen der Mischverbindungen Al-Cu erzielt werden.

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Winterbergstraße 28, 01277 Dresden

Fax +49 351 83391-3210

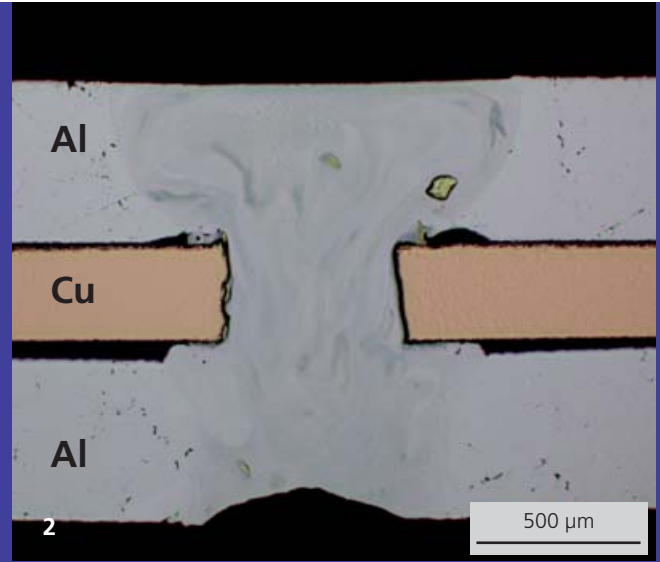
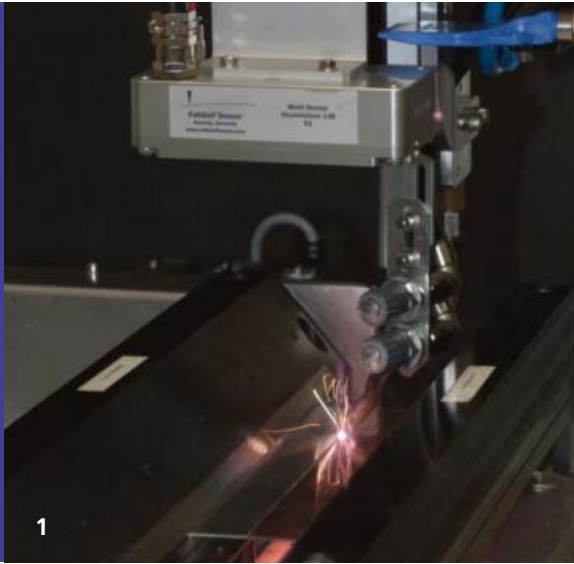
www.iws.fraunhofer.de

Ansprechpartner:

Dr. Jens Standfuß

Telefon +49 351 83391-3212

jens.standfuss@iws.fraunhofer.de



Bei dieser Technologie wird ein brillanter Laserstrahl über schnell verkippbare Spiegel abgelenkt und auf den Fügestoß projiziert. Die gute Fokussierbarkeit der Laserstrahlen hoher Brillanz ermöglicht extrem schmale Schweißnähte mit hohen Schachtverhältnissen und extrem kurzen Schmelzbadlebensdauern. Der Energieeintrag in das Werkstück wird dadurch erheblich reduziert und die Bildung der spröden intermetallischen Phasen wesentlich verringert.

Die dargestellten Ergebnisse werden im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes »WELDIMA – Verfahrens- und systemtechnische Entwicklungen zum Schweißen von Mischverbindungen mit brillanten Laserstrahlquellen« erarbeitet.

Verfahren 2: Rührreißschweißen (FSW - Friction Stir Welding)

FSW ist ein mechanisches Fügeverfahren, welches die Fügepartner in der festen Phase verbindet. Dadurch werden unerwünschte schmelzmetallurgische Effekte wie intermetallische Phasen von vornherein weitgehend vermieden. Das rotierende FSW-Werkzeug übt über eine sogenannte Schulter Druck auf die Materialoberfläche an der Fugestelle aus und plastifiziert mittels Reibungswärme den Werkstoff. Ein in das Material eingetauchter Pin reguliert den Werkstofffluss. So entsteht ein feinkörniges, thermomechanisch verfestigtes Nahtgefüge mit hohen Festigkeitswerten.

Der Prozess wurde am IWS auf einem 3D-fähigen Fräsbearbeitungszentrum umgesetzt, welches auf dem Konzept der Parallelkinematik basiert – einem sogenannten Pentapod. In Zusammenarbeit mit dem Anlagenhersteller Metrom GmbH wurden die erforderlichen Prozessregelstrategien umgesetzt. Das Maschinenkonzept ermöglicht sowohl das dreidimensionale Rührreißschweißen komplexer Bauteile als auch eine vorgelagerte mechanische Bearbeitung der Fugekanten in einer Aufspannung.

FSW-typische Vorteile:

- Fügen von Werkstoffen, die mit Schmelzschweißverfahren schwer schweißbar sind

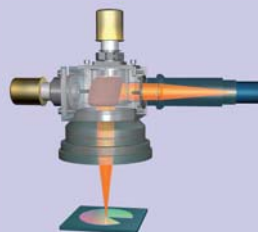
Gegenüberstellung der Fügeverfahren

Verfahrensprinzip (schematisch)

Besonderheiten

Anwendungen

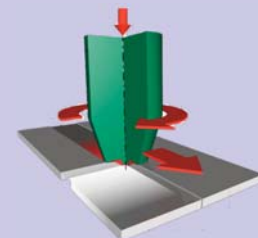
Laserschweißen mit Strahlableitung



- Definierter Aufmischungsgrad

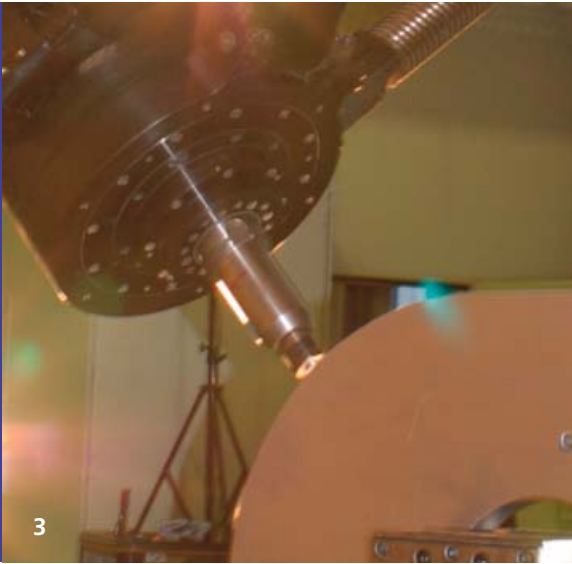
- Dünnwandige Bauteile
- Beispiel: Kontaktierung von Al-Cu-Ableitern für Li-Ionen-Zellen
- Weitere Materialien: z. B. Al + Mg, Edelstahl + Kupfer

Rührreißschweißen (FSW)

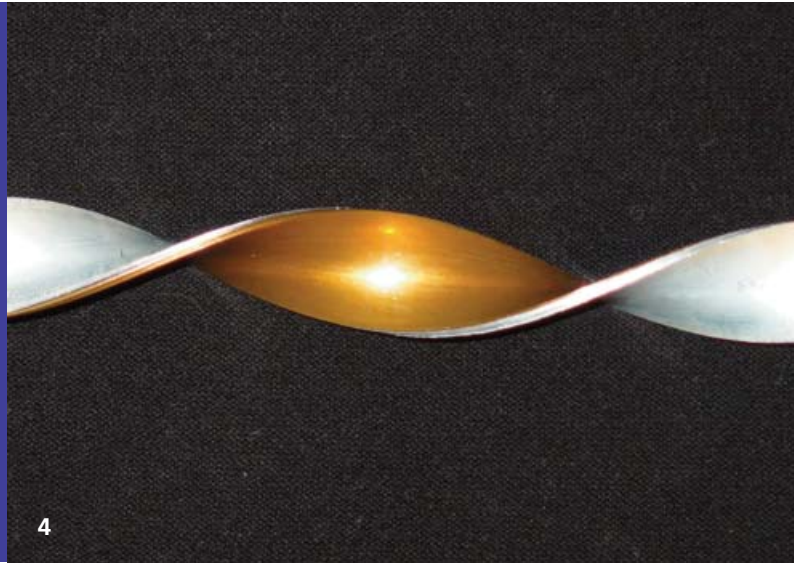


- Festphasen-Fügeverfahren

- Für (dreidimensional gekrümmte) linienförmige Fugestellen, auch an Al-Druckguß, etwa an Gehäusen
- Weitere Materialien: Al + Mg



3



4

- geringer Bauteilverzug
- kein Schweißzusatzwerkstoff nötig
- Herstellung von Mischverbindungen möglich
- hohe Festigkeit

Vorteile durch neues Anlagenkonzept:

- deutlich einfacherer und kostengünstiger Anlagenaufbau
- großer Arbeitsraum
- hohe Steifigkeit und Positionsgenauigkeit
- schnelle und flexible Prozessregelung

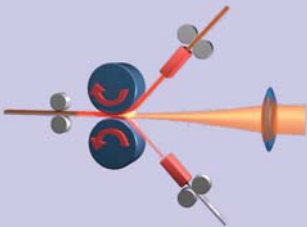
Verfahren 3: Laserinduktions-Walzplattieren

Geeignete, an die konkreten Bauteilanforderungen angepasste Verbundhalbzeuge aus Aluminium und Kupfer könnten neue konstruktive Freiräume für die Umsetzung möglichst kompakter, leichter und dennoch mechanisch hoch belastbarer elektrischer Antriebskomponenten eröffnen. Für die Realisierung derartiger Verbundhalbzeuge eignet sich das am Fraunhofer IWS entwickelte Verfahren des Laserinduktionswalzplattierens (LIWP). Hierbei werden ein Aluminiumband und ein Kupferband durch einen einzigen Walzvorgang und geringe Gesamtverformung (< 11 %) miteinander

verbunden. Die Besonderheit dieses Verfahrens liegt in der Kombination aus einer konventionellen Vorwärmbehandlung der beiden zu fügenden Bänder und einem zur Linie geformten Laserstrahl. Dieser heizt nur unmittelbar vor dem Walzspalt die Innenseiten der beiden Bänder auf die für den Plattierprozess notwendigen Temperaturen auf. Dieses Verfahren eignet sich sehr gut für die Herstellung von z. B. Bimetall-Verbindern (Transition Joints). Durch das lokale Wirken der Verformung ergibt sich ein vergleichsweise großer Freiheitsgrad bei der Kombination der zu fügenden Halbzeuge. Diese müssen dabei nicht geometrisch deckungsgleich sein.

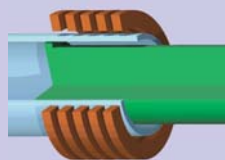
Die dargestellten Ergebnisse werden im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes »DeLIZ - Produktionstechnisches Demonstrationszentrum für Lithium-Ionen-Zellen« erarbeitet.

Laserinduktions-Walzplattieren



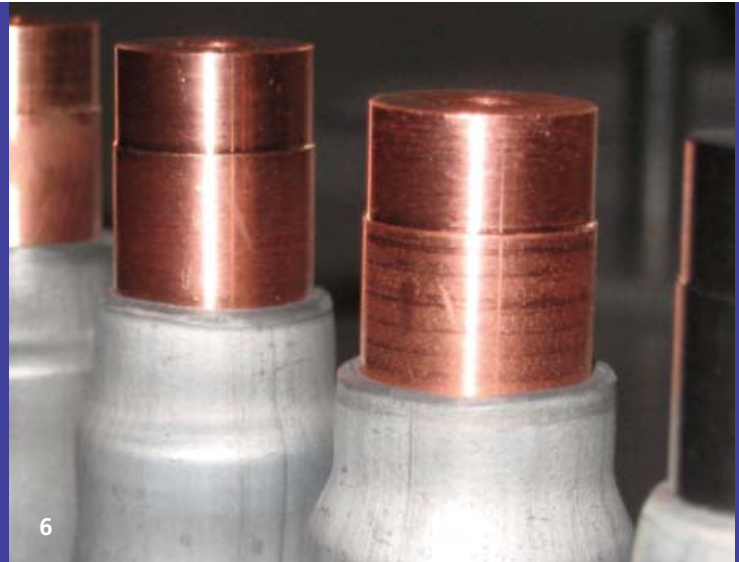
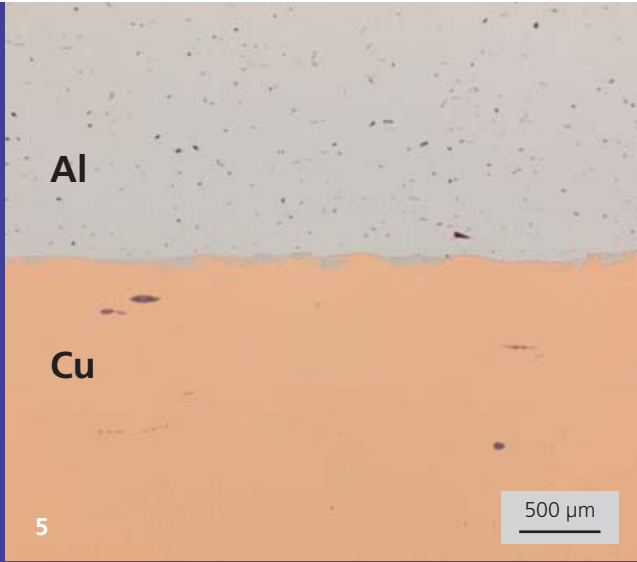
- Fügen durch Verformung und lokal erhöhte Temperatur
- Bandförmige Halbzeuge, geplant: Band auf Profil
- Beispiel: Fügen von Al-Cu-Verbindern für Li-Ionen-Zellen
- Weitere Materialien: Stahl + Stahl, Al + Stahl, Cu + Stahl

Elektromagnetisches Pulsfügen



- Atomare Schweißung, keine Wärmeeinflusszone
- Besonders geeignet für nahezu rotationssymmetrische Bauteile,
- Beispiele: Rohre, Wellen, kleinere Druckbehälter
- Weitere Materialien: z. B. Al + Stahl, Cu + Stahl, Al + Ti

- 1 Prozess des Laserstrahlschweißens von Al-Cu-Mischverbindungen
- 2 Schliffbild einer laserstrahlgeschweißten Al-Cu-Verbindung
- 3 Pentapod-Anlage zum Rührreißschweißen von Al-Cu
- 4 Laserinduktionswalzplattiertes und tordiertes Band aus Al und Cu



Verfahren 4: Elektromagnetisches Pulsfügen

Das elektromagnetische Pulsfügen ermöglicht durch Erzeugen extremer lokaler Drücke ein quasi schmelzefreies Schweißen nahezu beliebiger metallischer Fügepartner. Intermetallische Phasen an der Fugestelle werden dadurch prinzipbedingt weitgehend vermieden. Ebenso sind bei Mischverbindungen stark unterschiedliche Schmelzpunkte, Dichten oder Wärmeleitfähigkeiten der Fügepartner unkritisch. Der lokale Druckimpuls wird durch berührungsloses Einwirken eines Magnetfeld-Pulses im Bauteil selbst erzeugt. Die Technologie bietet vor allem die Möglichkeit, Metalle berührungslos umzuformen und formschlüssige Verbindungen sehr energieeffizient herzustellen. Bei entsprechender Wahl der Parameter ist aber auch eine

atomare Schweißverbindung möglich. Das Verfahren ist besonders für rohr- bzw. wellenähnliche Bauteile geeignet, es sind aber auch ebene Fügezonen möglich. Einer der beiden Fügepartner sollte eine Wanddicke von typischerweise 2 - 4 mm nicht überschreiten. Die Schweißnähte weisen einen extrem geringen Wärmeeintrag auf und haben keine Wärmeeinflusszone. Das IWS beschäftigt sich, neben systemtechnischer Forschung, mit der Optimierung der Nahtqualität durch gezielt angepasste Werkzeugspulen und Fügegeometrien.

Die Forschung wurde durch den Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung sowie das Land Sachsen gefördert.

Ansprechpartner im Fraunhofer IWS

Laserschweißen

Dr. Jens Standfuß
Tel. +49 351 83391-3212
jens.standfuss@iws.fraunhofer.de

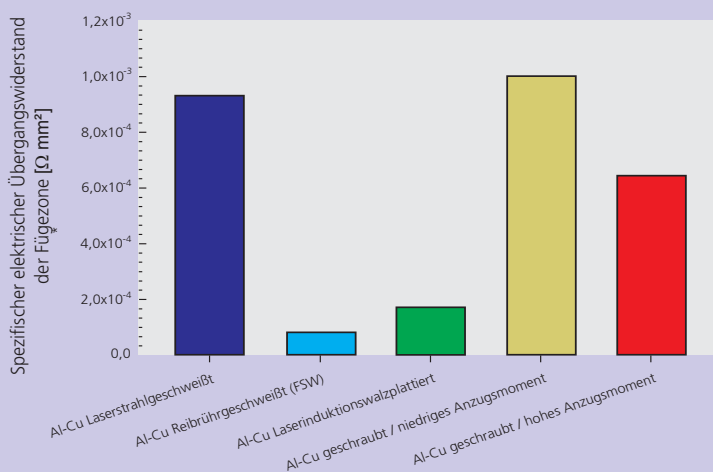
Laserinduktions-Walzplattieren

Dipl.-Ing. Volker Fux
Tel. +49 351 83391-3243
volker.fux@iws.fraunhofer.de

Rührreißschweißen & Elektromagnetisches Pulsfügen

Dipl.-Ing. Sebastian Schulze
Tel. +49 351 83391-3565
sebastian.schulze@iws.fraunhofer.de

Elektrischer Übergangswiderstand der Al-Cu-Mischverbindungen



5 Schliffbild einer durch EMP erzeugten Al-Cu-Grenzfläche
6 Rohr-Zapfen-Mischverbindungen aus Al-Cu