

1

ELEKTROMAGNETISCHES PULSFÜGEN – EIN NEUES FÜGEVERFAHREN MIT POTENZIAL

DIE AUFGABE

Für das stoffschlüssige Verbinden von Metallen rücken Hochgeschwindigkeitsverfahren immer mehr in den Fokus der industriellen Anwendung. Mit ihrer geringen thermischen Belastung der Werkstoffe bieten sie vor allem Vorteile beim Fügen von Mischverbindungen.

Beim Magnetpulsschweißen wird das Bauteil einem stark transienten Magnetfeld ausgesetzt, wodurch große Lorentzkräfte auf den Fügebereich einwirken. Das Verfahren weist gegenüber dem weitverbreiteten Explosivschweißen viele Vorteile auf. Sie äußern sich vor allem in der sichereren Handhabung, dem berührungslosen Verformen, der größeren möglichen Bauteilvariabilität und der einfacheren Vor- und Nachbereitung. Kollisionsdrücke von mehr als tausend MPa und der beim Fügen auftretende sogenannte Jet-Strom, der die Oberflächen von Oxiden und Verunreinigungen befreit, ermöglichen das Herstellen metallischer Mischverbindungen. Aufschmelzungen und die Bildung von spröden, intermetallischen Phasen lassen sich deutlich reduzieren und dadurch sehr belastbare Verbindungen erzeugen.

Das Aufbringen der erforderlichen Beschleunigungen für Festkörper-Schockschweißverfahren kann auf verschiedene Weise erfolgen. Verfahrensbedingt erschweren die sich ständig ändernden Kollisionsbedingungen jedoch die Erzeugung homogener Verbindungsbereiche. Diese sind für die Qualität und damit die Auslegung der Fügezone unerlässlich. Es besteht daher die Aufgabe, die optimalen Schweißparameter in Abhängigkeit von den beteiligten Materialien und Ausgangsgeometrien zu finden.

UNSERE LÖSUNG

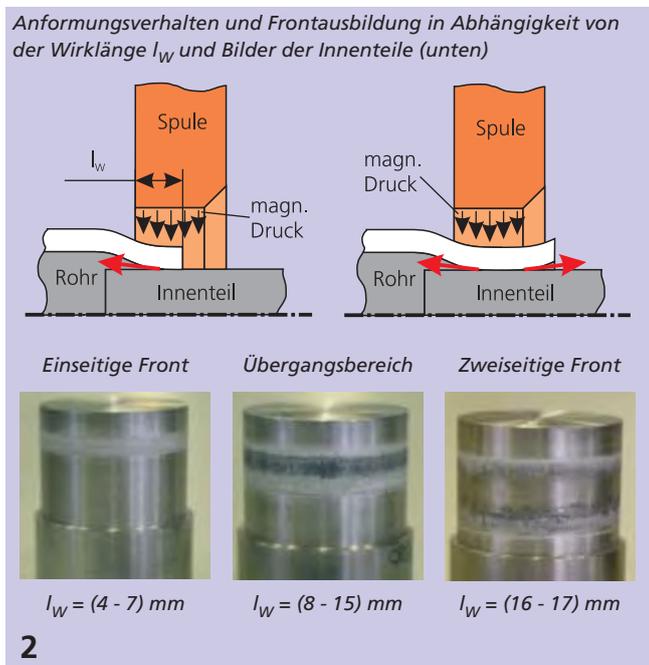
Für die Prozessuntersuchungen zum Magnetpulsfügen stehen am Fraunhofer IWS Dresden drei verschiedene Anlagen zur Verfügung. Dadurch ergibt sich ein breites Spektrum an Eingangsgrößen, was sowohl die Durchführung von Parameterstudien als auch die Auswahl der geeignetsten Maschine für eine konkrete Fügeaufgabe ermöglicht. Die maximalen Ladeenergien der Pulsgeneratoren betragen 32 kJ, 40 kJ und 160 kJ, die entsprechenden Entladefrequenzen liegen bei 25 kHz, 12 kHz und 20 kHz.

Der elektrische Strom, der in Sekundenbruchteilen fließen kann, ruft ein stark veränderliches Magnetfeld im Spuleninneren hervor. Genau dort ist das zu verformende und elektrisch leitfähige Rohr platziert. Entsprechend der Lenz'schen Regel wird in diesem ein Strom induziert, der seinerseits ein Magnetfeld erzeugt. Durch die entgegengesetzte Ausrichtung zum magnetischen Fluss der Spule kommt es zu einer mechanischen Kraftwirkung, der Lorentzkraft. Diese ist nach dem Wechselwirkungsprinzip sowohl auf die möglichst steifen Spulenwindungen nach außen gerichtet, als auch auf das Bauteil nach innen.

Die Verformungsgeschwindigkeiten können bis zu einigen hundert Metern pro Sekunde erreichen. Damit steht genügend kinetische Energie zur Verfügung, um bei einer Kollision des beschleunigten Rohres mit einem innenliegenden Teil einen Stoffschluss zu erzeugen. Als eine wesentliche Einflussgröße gilt dabei die Position des Rohres, die im Rahmen eines von der DFG-geförderten Projektes (SPP 1640) untersucht wurde. Die variierte Wirklänge l_W bezeichnet die axiale Position des Rohres zum Spulenrand.

ERGEBNISSE

Durch die Vernetzung der Erkenntnisse von numerischen Magnetfeldsimulationen, Geschwindigkeitsmessungen und metallographischen Untersuchungen der Verbindungszone sind verschiedene Zusammenhänge erkennbar. So kommt neben dem Energieeintrag, der je nach Materialsteifigkeit angepasst werden muss, der Wirklänge l_w eine entscheidende Bedeutung zu. Bei einer Variation von 4 bis 17 mm zeigen sich deutliche Unterschiede im Anformungsverhalten des Rohres.



Die Erhöhung der Wirklänge ruft demnach einen Übergang vom einseitigen zum zweiseitigen Frontverlauf hervor (Abb. 2). Die roten Pfeile stellen jeweils den beschriebenen Jet dar. Im Übergangsbereich (Abb. 2 Mitte) tritt dieser nicht auf, da die

Materialien flach aufeinander prallen und sich die Kollisionsfront nicht wie in den beiden anderen Varianten zu den Seiten hin bewegt. Infolgedessen wird die Ausbildung einer stoffschlüssigen Verbindung verhindert.

Die gegenläufigen Abrollrichtungen bei der zweiseitigen Frontausbreitung können sich als vorteilhaft erweisen, da sie die Gefahr des Abscherens beim Umformen verringern. Das Verändern der Wirklänge kann demnach dazu genutzt werden, die Verbindungseigenschaften je nach Materialkombination und gewünschter Verbindungslänge gezielt einzustellen. So wurden beispielsweise Verbindungen für industrielle Anwendungen mit hohen Anforderungen an Dichtheit und elektrische Leitfähigkeit realisiert.

- 1 *Elektromagnetisch pulsgefügte Mischverbindung (unten) aus abgesetztem Stahlrohr (rechts) und Aluminiumrohr (links)*

KONTAKT

M.Sc. Amanda Leigh Lorenz
 Telefon: +49 351 83391-3716
 amanda.leigh.lorenz@iws.fraunhofer.de

