AiF-Nr. 15.687 N / DVS-Nr. 05.001

Zwischenbericht zum 22.09.2009 FA 5

Institut für Schweißtechnik
und Fügetechnik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen
Institutsleiter

1 Forschungsthema

Untersuchung des konduktiven Rührreibschweißens an Stahl- und Aluminiumwerkstoffen

2 Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Der Leichtbau und damit der Einsatz von Aluminium steht bei modernen Konstruktionsaufgaben immer mehr im Mittelpunkt, um das Leistungsgewicht über die Masse zu verringern. Der wirtschaftliche Einsatz von Aluminiumwerkstoffen ist nur dann möglich wenn qualitativ hochwertige aber dennoch wirtschaftliche Fügetechniken zur Verfügung stehen. Beim Lichtbogenschweißen ist mit vermehrter Porenbildung, starkem Verzug und ggf. Entfestigung des Grundwerkstoffes zu rechnen.

Das Rührreibschweißen fügt die Werkstoffe unterhalb der Schmelztemperatur und verhindert damit die Bildung von Poren, eine Entfestigung in der Schmelzzone wird so weitgehend vermieden. Auch die Oxidschicht besitzt aufgrund der hohen Prozesskräfte einen nur unwesentlichen Einfluss. Allerdings eignet sich das Rührreibschweißen nur begrenzt zur Erzeugung von Punktschweißverbindungen, da die initiale Erwärmung des Werkstoffs vor dem Eintauchen des Werkzeugs zeitaufwändig ist. Deshalb soll beim zu untersuchenden Rührreib-Punktschweißen zusätzlich zur Erzeugung von Wärmeenergie durch die Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück ein zwischen dem Werkzeug und dem Werkstück fließender Strom im kA-Bereich die Erweichung durch konduktive Erwärmung unterstützen. Dies kann eine wesentliche Verringerung der Prozesskräfte und eine deutliche Verkürzung der Eintauchzeit bewirken und damit durch eine leichtere Ausführung von Werkzeug und Schweißanlage eine Reduzierung der Investitionskosten nach sich ziehen.

Da die Fügepartner nicht schmelzflüssig werden, ist es auch möglich, Mischverbindungen wie Aluminium und Stahl zu fügen. Aufgrund der stark unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe, wie elektrische und thermische Leitfähigkeit, soll durch eine gezielte Wärmeführung über Widerstandserwärmung ein Fügepartner gezielt vorgewärmt werden, um den FSW-Prozess zu beschleunigen. Im Forschungsvorhaben soll dies über eine vorlaufende Elektrode erfolgen.

3 Forschungsziel / Ergebnisse / Lösungsweg

Die Schweißungen von Aluminiumblechen ohne konduktive Erwärmung unter Verwendung eines 3 mm Pins wurden abgeschlossen. Ein geeignetes Parameterfeld wurde sowohl für die AW-5754 als auch AW-6016 Legierung ermittelt.

Die Zugfestigkeit der Schweißverbindung lag bei den Schweißungen mit der AW-5754 Legierung über der Zugfestigkeit des Grundmaterials, so dass die Probe nicht im direkten Fügebereich versagte. Die Drei-Punkt-Biegeversuche verliefen ebenfalls erfolgreich, eine Durchschweißung der Proben war gegeben. Die Zugprüfung der geschweißten AW-6016-Bleche ergab eine Zugfestigkeit von 90% der Zugfestigkeit des Grundmaterials eine Durchschweißung war bei allen Proben vorhanden. Im Rahmen des Clusters wurde die gewünschte Anzahl an Proben Mitte August zur zerstörungsfreien Prüfung an die Projektpartner weitergegeben. Die Schweißungen mit dem konturierten Pin wurden begonnen. Da es bei der ersten Charge der konturierten Pins vermehrt zu Brüchen aufgrund des verwendeten Materials gekommen ist, wurde der Vorschlag des PBA verfolgt, so dass nun vakuumgehärtete Pins aus 1.2344 zum Einsatz kommen. Seither sind keine Abbrüche mehr zu verzeichnen.

Bei den ersten Schweißversuchen mit Strom wurden Blindnähte hergestellt. Es konnte kein wesentlicher Rückgang der Prozesskräfte festgestellt werden. Lediglich auf der Blechoberfläche war zu beobachten, dass die Naht breiter wird. Der Vorschlag durch den PBA und den Lenkungskreis wurde aufgenommen eine möglichst hohe Verfahrgeschwindigkeit in Nahtrichtung zu wählen, um eine eventuell auftretende Reduzierung der Prozesskräfte messen zu können. Aber auch bei der Maximalgeschwindigkeit von 3 m/min ist die Kraftreduzierung kaum messbar. Aus diesem Grund wurden Parameter gewählt bei denen das konventionelle Rührreibschweißen nicht mehr fehlerfrei möglich ist. Dabei stelle sich als Nachteil heraus, dass die Fräse keine Kraftregelung besitzt sondern nur eine Wegsteuerung. In den Momenten, wo kein Strom fließt, kommt es durch die ansteigenden Kräfte vermehrt zu Pinbrüchen.

Wesentliches Problem war Anfangs, dass die im Cluster verwendeten Pinaufnahmen (Schulter) ungeeignet sind, da sie partiell zu stark thermisch belastet werden und abscheren. Bei der neu entworfenen Pinaufnahme treten diese Probleme nicht mehr auf. In Anlehnung an die DIN EN ISO 18594 wurden die Systemwiderstände und der Gesamtwiderstand des Versuchsaufbaus bestimmt. Der Systemwiderstand beträgt 680 µΩ, der Kontaktwiderstand 820 µΩ (FSW-Werkzeug/Blech/Blech/Unterlage) und der Gesamtwiderstand liegt damit bei 1500 µΩ. Der Gesamtwiderstand unterscheidet sich bei dem in diesem Projekt verwendeten Werkstoffen und Werkzeugen nur geringfügig.

Die Herstellung von Mischverbindungen aus Stahl und Aluminium verliefen erfolgreich sowohl im Stumpfstoß als auch im Überlappstoß. Verwendet wurde zunächst das AW-5754-Blech in Kombination mit dem DC04 Stahlblech. Die maximal erreichbaren Zugkräfte lagen im Stumpfstoß bei 2,1 kN und im Überlappstoß bei 1,8 kN (Probenbreite: 12 mm). Bei der Verwendung des 3 mm Pins, sollte die Eindringtiefe in den Stahl nicht mehr als 0,7 mm betrag, da sonst ein überproportional hoher Verschleiß des Pins zu erwarten ist.

4 Wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (kmU)

Die Automobil- und Luftfahrtbranche besteht unter anderem aus einer Vielzahl von kleinen und mittelständischen Unternehmen. Diese Unternehmen sind aufgrund ihrer Personalausstattung meist nicht in der Lage, aufwändige Forschungen zur Optimierung und Erweiterung eines Fertigungsprozesses durchzuführen. Die Anschaffung einer Rührreibschweißmaschine ist mit hohen Kosten verbunden, die durch die eingeschränkte Nutzung der Anlage häufig nicht erwirtschaftet werden können. Das Forschungsprojekt kann durch Erarbeitung von Prozessparametern und durch die Erweiterung des Anwendungsbereichs des Schweißprozesses die Amortisation der Investitionskosten erleichtern. Kleine und mittlere Unternehmen können somit ohne aufwändige eigene Entwicklungsarbeit eine Entscheidung treffen und gegebenenfalls ihr Geschäftsfeld erweitern. Insbesondere wird die wesentlich günstigere Ausführung der Anlage, da diese infolge der signifikant reduzierten Prozesskräfte weniger steif und massiv gestaltet sein wird zu deutlich reduzierten Anlagenkosten führen. Eine damit verbundene verringerte Baugröße der Rührreibschweißmaschine wird die Investitionsentscheidung für eine solche Anlage weiter erleichtern.

5 Beabsichtigte Umsetzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Da bisher das durch Widerstandserwärmung unterstützte Rührreibschweißen keine Anwendung in der in der Industrie findet und kein Hersteller solcher Anlagen bekannt ist, sollen in dieser Arbeit erste mögliche anlagentechnische Konzepte sowie sich daraus für den Anwender ergebende Vorteile vorgestellt werden.

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens werden umgehend an die industriellen Anwender weitergeleitet werden. Für kleine und mittlere Unternehmen ist dieses Projekt von besonderem Interesse, da sie durch die Ergebnisse des Projekts direkt die Möglichkeit bekommen, mit geringem finanziellen Aufwand die in Ihrem Betrieb vorhanden Fräsmaschine mit einer Widerstandsschweißanlage zu kombinieren und so das Einsatzgebiet der Anlage zu erweitern. Außerdem kann bei vorhandener Widerstandschweißanlage und Roboter, der Roboter mit einem Rührreibpunktschweißkopf ausgerüstet werden und durch die schlankere Ausführung auch komplexere Bauteile fertigen. Neben dem Erkenntnistransfer durch den projektbegleitenden Ausschuss in die Unternehmen erfolgt die Darstellung der Ergebnisse in Veröffentlichungen und Vorträgen in Fachorganen der DVS sowie in den von den beteiligten Instituten durchgeführten Tagungen. Darüber hinaus sollen die erarbeiteten Ergebnisse nach Abschluss des Projekts in Form eines Merkblatts zusammengefasst und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden.

6 Durchführende Forschungsstellen

6.1 Forschungsstelle 1:

Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik
RWTH Aachen (ISF)
Pontstraße 49
52062 Aachen
Tel.: 0241/80-93 870
Fax: 0241/80-92 170

6.2.1 Institutsleiter: Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen

6.2.2 Projektleiter: Dipl.-Ing. A. Harms