

Bericht 5144/09

Untersuchung der Prozessbedingungen und der Verbindungseigenschaften beim Orbitalreibschweißen von Metallen

Bayerische Forschungsstiftung, AZ-662-05

Abschlussbericht

Der Bericht darf nur ungekürzt und unter Nennung der Urheberschaft der SLV München, NL der GSI mbH, veröffentlicht werden. Die gekürzte oder auszugsweise Veröffentlichung bedarf der vorherigen schriftlichen Genehmigung der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt SLV München.

Der Bericht enthält 47 Seiten, zzgl. Tabellen- und Bildanhang.

Februar 2009

1 Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projektes wurde das Orbitalreibschweißen als eine für Metallverbindungen neue Fügetechnik erforscht und weiterentwickelt. Dazu wurden Untersuchungen zu den Prozessbedingungen und den erzielbaren Verbindungseigenschaften anhand typischer Fügegeometrien und Werkstoffkombinationen durchgeführt. Die Schweißversuche wurden auf einer für metallische Werkstoffe neu entwickelten "Multi-Orbitalreibschweißmaschine", Typ MOSYS-100, eines bayerischen Start-Up-Unternehmens ausgeführt.

Der Orbital-Reibschweißprozess arbeitet mit einer zirkularen Kreisschwingbewegung ohne Drehung der Teile zueinander (vergleichbar einem Kreisschwingschleifer). Beim Multiorbitalreibschweißen schwingt nicht nur eine, sondern beide Bauteilaufnahmen. Die Anlage ist dazu mit einem synchronisierten Zweifach-Schwingkopf-antrieb ausgestattet. Typische Prozesskenngößen der Reibbewegung sind die Schwingweite bis 1,5 mm (= Schwingkreisdurchmesser) und die effektive Frequenz bis 200 Hz (100 Hz je Schwingkopf). Aus diesen beiden Kenngößen ergibt sich einer Relativgeschwindigkeit bis 0,94 m/s, wobei diese Relativbewegung an jedem Ort der kontaktierenden Reibflächen einheitlich vorliegt. Weitgehend analog zum Rotationsreibschweißen erfolgt die elektromechanische Erzeugung der Anpresskraft (bis 100 kN) und ihre Aufbringung mittels mehrstufigem Kraftprogramm, sowie die Messung der Verkürzung bzw. des Abriebs. Die Reibschweißmaschine wurde mit zusätzlicher externer Messtechnik zur genaueren Analyse zusätzlicher Prozessgrößen und synchronisierter Videoaufzeichnung mit erhöhter Bildfrequenz ausgestattet.

Die untersuchten Fügegeometrien, Flachbandverbindungen mit Fügequerschnitt 40 x 5 mm und eckige Hohlprofile stellen eine Erweiterung des Geometriespektrums durch das Orbitalreibschweißen dar, die mit dem konventionellen Rotationsreibschweißen nicht gefügt werden können. Als Werkstoffkombinationen wurden artgleiche Verbindungen aus unlegiertem Stahl C35, legiertem Stahl X5CrNi18-10 und AlMgSi gewählt, um das Werkstoffverhalten beim Orbitalreibschweißen für typische Vertreter gebräuchlicher Werkstoffgruppen zu ermitteln.

Die Ergebnisse sind in Kapitel 3 dargestellt. Sie zeigen deutliche Unterschiede des Werkstoffverhaltens, der Arbeitsbedingungen und z.T. auch der Verbindungseigenschaften beim Orbitalreibschweißen gegenüber bekannten Effekten beim Rotationsreibschweißen. Auch wenn Ähnlichkeiten des Werkstoffverhaltens festzustellen sind, kann nicht generell von bekannter Schweißbeignung zum Rotationsreibschweißen,

z.B. für eine definierte Werkstoffpaarung, auf eine vergleichbare Schweißbeignung zum Orbitalreibschweißen geschlossen werden.

Sehr gute Verbindungseigenschaften wurden mit legiertem Stahl X5CrNi18-10 erzielt. Eine gegenüber unlegiertem Stahl erhöhte Warmfestigkeit und begrenzte Wärmeableitung begünstigen hier die effektive Übertragung der Reibbewegung in die Fügeebene. Optimierte Verbindungen erreichen im Zugversuch die Festigkeit des Grundwerkstoffes (688 N/mm²) ohne Festigkeitsminderung an der Fügestelle, so dass der Bruch bei zerstörender Prüfung außerhalb der Fügezone im Grundwerkstoff erfolgt. Auch anhand artgleicher Flachband Aluminiumverbindungen und Aluminium/Kupfer-Mischverbindungen für elektrische Leiter konnte aufgezeigt werden, wie mit optimierter Prozessführung die Herstellung neuer Verbindungstypen mit guten Verbindungseigenschaften möglich ist.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen die erweiterten Fertigungsmöglichkeiten für metallische Verbindungen durch das Orbitalreibschweißen, die sich insbesondere hinsichtlich der Fügegeometrie gegenüber dem Rotationsreibschweißen ergeben. Gleichwohl sind auch partielle Einschränkungen der Anwendbarkeit bekannt geworden, z.B. bei sehr dünnwandigen Profilen oder bei Verbindungen mit Plastifizierung nur an einem Fügeeteil, wie sie z.T. bei der Kombination extrem unterschiedlicher Werkstoffe oder Wanddicken auftreten kann. Für die Umsetzung in künftige Produktionsanwendungen konnten wichtige Kennwerte für die Prozessführung und die erzielbaren Verbindungseigenschaften sowie zur Bewertung der Verbindungen erarbeitet werden. Aufgrund der veränderten Reibbewegung und Wärmeeinbringung, aber auch durch die abweichende Anwendbarkeit von Variationen des Stauchvorganges ist für das Orbitalreibschweißen z.T. eine Neubewertung der Schweißbeignung für verschiedene Werkstoffe, Werkstoffgruppen oder Mischverbindungen gegenüber der Schweißbeignung beim Rotationsreibschweißen möglich.

Mit der industriellen Einführung des Orbitalreibschweißens wird den bayerischen Fertigungs- und Zulieferbetrieben eine neue Fertigungstechnologie zur Herstellung hochwertiger Verbindungen von Metallen, auch Sondermetallen und Mischverbindungen, erschlossen, z.B. an nahezu beliebigen nichtrotationssymmetrischen Querschnitten und nicht drehbaren Teilen, die mit traditionellen Fügeverfahren oder dem Rotationsreibschweißen nicht herstellbar sind. Ein besonderer Aspekt der wirtschaftlichen Fertigung eröffnet sich zudem durch die Möglichkeit, mehrere Teile parallel gleichzeitig in einer Aufspannung zu verschweißen. In Zusammenarbeit mit dem bayerischen Anlagenhersteller M-O-SYS wurden die neuen Erkenntnisse auch direkt in die Weiterentwicklung der Gerätetechnik umgesetzt, z.B. zur Verbesserung der Prozessteuerung, der Spanntechnik und weiteren Anlagenkomponenten. Die Ergebnisse fließen direkt in die Erprobung um Umsetzung erster Serienanwen-

dungen ein. Auch bayerische Turbinenhersteller für den Kraftwerks- oder Flugtriebwerksbau zeigen großes Interesse am Orbitalreibschweißen als neue Fertigungstechnologie für höchstwertige Metallverbindungen.

Die Schweißtechnische Lehr- und Versuchsanstalt SLV mit ihrer langjährigen Erfahrung auf dem Gebiet des Reibschweißens kooperiert mit regionalen Anlagenherstellern und unterstützt die bayerischer Fertigungs- und Zulieferbetriebe bei der Einführung dieser neuer Reibschweißtechnologie.

Die Untersuchungen wurden von der Bayerischen Forschungsförderung, AZ-662-05, gefördert. Wir bedanken uns für die Förderung dieser Forschungsarbeit. Unser Dank richtet sich auch an die Firma Multi Orbital Systems GmbH (M-O-SYS), Eschenfelden, für die gerätetechnische Unterstützung der Forschungsarbeit. Der Abschlussbericht zu dem Projekt ist von der Schweißtechnischen Lehr- und Versuchsanstalt SLV München, Niederlassung der GSI mbH zu beziehen.