

Zerner, Ingo:

Prozessstabilisierung und Ergebnisse für Laserstrahlfügen von Aluminium-Stahl-Verbindungen

Strahltechnik, Bd. 16, Bremen; BIAS Verlag, 2002. Hrsg.: G.Sepold, W. Jüptner

Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2001.

ISBN 978-3-933762-05-4

Schlüsselwörter: Aluminium, Eisen, Stahl, Mischverbindungen, Diffusion, Intermetallische Phasen, Fügetechnik, Prozesssicherheit

Das lasergestützte thermische Fügen von Aluminium und Stahl wurde 1996 entwickelt, /RAD97/. Die Grundzüge des Verfahrens erlauben das Fügen dieser Werkstoffe als dünne Bleche im Laborbereich. Für industrielle Applikationen und intensive werkstoffkundliche Untersuchungen ist das Prozessfenster des Grundverfahrens nicht ausreichend. Die vorliegende Arbeit setzt hier an und zeigt Wege auf, wie das Prozessfenster erweitert werden kann. Dazu wird zum einen ein Arbeitskopf vorgestellt, der mit taktiver Nahtverfolgung und Andruckfunktion das Prozessfenster erweitert. Weiterhin wird gezeigt, dass durch den Einsatz von Zusatzwerkstoffen mit hohem Siliziumanteil das Prozessfenster zusätzlich erweitert werden kann.

Dieses optimierte Fügeverfahren wird zur Probenherstellung eingesetzt, um Ausgangsmaterial für eine werkstoffkundliche Untersuchung zu erhalten. Mit REM, ESMA und TEM kann an diesen Proben nachgewiesen werden, dass der für dieses Verfahren typische intermetallischen Phasensaum zweischichtig aufgebaut ist und zum einen aus der Überstruktur FeAl, zum anderen aus einer Ansammlung von intermetallischen Phasen besteht, von denen FeAl₃ eindeutig identifiziert werden kann. Weiterhin kann gezeigt werden, dass bei vorgegebenen Temperatur-Zeit-Verläufen die intermetallischen Phasen in größeren Konzentrationsbereichen vorliegen, als es auf Grundlage des binären Phasensystems zu erwarten wäre. Darüber hinaus gelingt der Nachweis, dass Silizium im gesamten Phasenbereich gelöst wird, dort aber nicht in einem stöchiometrischen Verhältnis vorliegt.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen wird das Wachstum des intermetallischen Phasensaums simuliert. Hierzu wird ein Ansatz vorgestellt, der auf dem 1. Fick'schen Diffusionsgesetz beruht. Zur Simulation der Übergangsbereiche zwischen Phasensaum und Grundwerkstoff werden wesentliche Abhängigkeiten der Diffusionskoeffizienten an dieser Stelle aufgezeigt und mit Hilfe von „entarteten Zellen“ im Modell nachgebildet. Über eine Variationsrechnung werden die geeigneten Diffusionskoeffizienten identifiziert. Es zeigt sich, dass die Richtung des Phasenwachstums nur untergeordnet von den Diffusionskoeffizienten bestimmt wird und weitgehend durch das begrenzte Lösungsvermögen des Aluminiums für Eisen vorgegeben ist. Die Phasen wachsen daher verstärkt in das Aluminium hinein.

Process Stabilizing and Results for Laser Beam Joining of Aluminium to Steel

Keywords: Aluminium, Iron, Steel Joining of Dissimilar Metals, Diffusion, Intermetallics, Joining Technology, Process Stability

Thermal joining of aluminium to steel by use of laser beams was developed in 1996 /RAD97/. The basic of this process allow joining of thin sheet on a laboratory scale. The defined process window is not sufficient for industrial use and fundamental scientific approach. One aim of this work is to show ways for an enlarged process window. In order to enhance the process window a working head is developed with a tactile seam tracker and additional pressing function. Further it is shown that filler wire with high silicon content can additionally widen the process window.

The optimized joining process is used for specimens undergoing material science related research. With SEM, EPMA and TEM it can be proved at these specimens that the intermetallic layers typically consists in two different layers of FeAl type and a conglomeration of different intermetallics, where FeAl₃ is definitely identified. Further it is shown, that with the given temperature-time-curves intermetallics are formed in an enlarged range of concentration as predicted in the binary phase system. Furthermore it is demonstrated that silicon is dissolved in the intermetallics but does not stay in constant relation to other components.

Basing on these results the formation of the phase layer is simulated. An approach is presented using the 1.Fick'sche law. For simulating the transitions between phase layers and base material, dependencies on the diffusion parameters at these locations are shown and simulated with "degenerated cells". Suitable diffusion coefficients are identified by a comparison of calculated versus experimental data. One result is that the direction of phase grow is not meanly impacted by ratio of the diffusion coefficients and mostly affected by the limited ability of aluminium to solve iron. Therefore the phases grow mainly into the aluminium.