

Heißrissfreies Remotelaserstrahlfügen von 6xxxer Aluminiumwerkstoffen

Aufgrund stetig steigender Forderungen nach Kosten- und Gewichtseinsparungen und einer hohen Recyclingfähigkeit finden Aluminiumwerkstoffe vor allem im Hinblick auf die zukünftigen Entwicklungen im Bereich Elektromobilität einen größeren Einsatzbereich. Ein hohes Einsparpotential liegt im Karosserieleichtbau. Eine erfolgreiche Umsetzung verlangt aber nach zuverlässigen und effizienten industriellen Fertigungstechniken.

Eine wesentliche Herausforderung beim Fügen von Aluminiumwerkstoffen besteht in der Vermeidung von Heißrissen, welche während des Laserstrahlfügeprozesses auftreten und die Festigkeit stark herabsetzen. Mit Hilfe von Zusatzwerkstoffen, welche während des Fügeprozesses in Form von Draht- oder Pulver in das Schmelzbad hineingeschmolzen werden, können Heißrisse weitgehend vermieden werden. Die Zuführung des Zusatzwerkstoffes in Prozessnähe erfolgt zumeist nur in Kombination mit konventionellen Laseroptiken. Ein Einsatz von Scanneroptiken ist wünschenswert, da die Prozesseffizienz massiv gesteigert werden kann. Diese Technik kann allerdings bisher nur für heißrissfrei schweißbare Werkstoffe angewendet werden, da eine Drahtzuführung nur in den seltensten Fällen umsetzbar ist. Mit der Entwicklung neuartiger Aluminium-Walzprodukte der Firma Novelis können in Zusammenarbeit mit dem IFSW in Stuttgart nun auch heißrissanfällige Aluminiumwerkstoffe mit dem Strahlwerkzeug Laser zuverlässig remote gefügt werden.

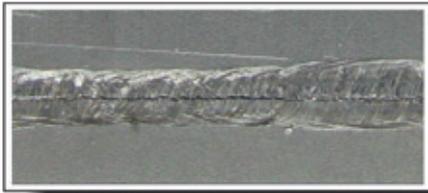


Bild 1: Heißriss längs der Nahtoberraupe.

Aufgrund seiner niedrigen Festigkeitswerte ist Reinaluminium für technische Anwendungen nur eingeschränkt verwendbar. Erst die Beimengung von Legierungselementen, wie zum Beispiel Silizium, Magnesium, Mangan und Kupfer, führt zu einer Festigkeitssteigerung und macht die Aluminiumlegierung zu einem interessanten Werkstoff für technische Anwendungen. Neben der Festigkeit kann so auch die Eignung für die eingesetzten Fertigungsverfahren in weiten Bereichen gesteigert werden. Das Zulegieren von Silizium und Magnesium steigert vor allem die Festigkeit, wobei jedoch die relative Heißrissanfälligkeit stark zunimmt. In Bild 1 ist ein Heißriss zu sehen, welcher sich längs der Schweißnaht ausgebildet hat. Der Begriff Riss ist nach DIN 4761 definiert als eine örtliche Trennung des Werkstoffgefüges von geringer Breite, aber oft beträchtlicher Länge und Tiefe. In der DIN 8524 wird der Riss als eine begrenzte Werkstofftrennung mit überwiegend zweidimensionaler Ausdehnung bezeichnet. Ein „Heißriss“ wird nach Merkblatt DVS 1004-1 verstanden

als Risserscheinung, die in Anwesenheit von niedrigschmelzenden sowie spröden Substanzen auf den Korngrenzen bei hohen Temperaturen im Verlauf und nach Beendigung des Schweißprozesses entstehen können.

Der große Einfluss der Legierungselemente auf die Heißrissneigung bietet zugleich einen Ansatzpunkt, gezielt Einfluss auf die Heißrissbildung zu nehmen. So ist die relative Heißrissanfälligkeit von AlSi-Gusslegierungen geringer als bei AlMgSi-Knetlegierungen. Aus diesem Grund kann durch Beeinflussung der Legierungszusammensetzung im Schmelzbad, beispielsweise durch Zugabe von Zusatzwerkstoff in Pulver- oder Drahtform, die Heißrissneigung reduziert werden. Dieser Zusammenhang ist in Bild 2 dargestellt.

Für das Fügen mit dem Laser stellt die Zuführung von Zusatzwerkstoff in Pulver- oder Drahtform eine große Beschränkung dar. Vor allem die von der Industrie geforderte Steigerung der Prozesseffizienz führt zu einem immer breiteren Einsatz von Scanneroptiken. Die Remote-Technologie wird seit längerer Zeit am IFSW eingesetzt und weiterentwickelt. Der große Vorteil liegt dabei in den schnellen Versatzbewegungen und dem fast vollständigen Entfallen von Nebenzeiten. In Verbindung mit einem Roboter, dessen Bewegungsablauf an die zu schweißende Kontur angepasst wird, kann die Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu herkömmlichen Schweißoptiken

gesteigert werden. Ein weiterer Vorteil dieser Technologie ist der große Abstand zwischen Werkstück und Optik, was Verschmutzungen der Optik reduziert und eine bessere Zugänglichkeit der Bauteile ermöglicht.

Allerdings wurden mit dieser Technik

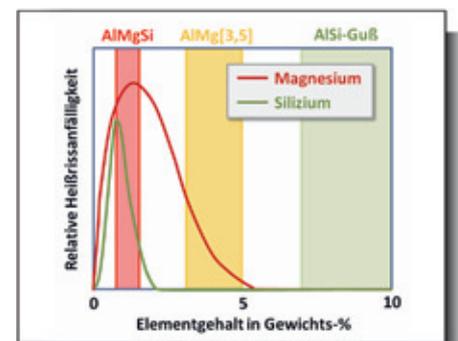


Bild 2: Relative Heißrissanfälligkeit für die Legierungselemente Magnesium und Silizium nach Dudas, Collins 1966.

bisher vornehmlich heißrissfrei schweißbare Werkstoffe gefügt, da eine Zusatzwerkstoffzuführung nur in den seltensten Fällen realisierbar ist.

Für das große Feld von heißrissanfälligen Aluminiumlegierungen entwickelt die Firma Novelis unter dem Namen „Novelis Fusion™“ Multi-Alloy-Barren, die mit einem Kern und einer Randschichtlegierung gegossen werden. In Bild 3 ist der Walzvorgang eines solchen Barrens dargestellt.

Die Kombination verschiedener Aluminiumlegierungen zu einem metallur-

gischen Verbund ermöglicht eine zielgerichtete Auslegung des Halbzeugs, sowie eine Aufgabenverteilung der jeweiligen Kern- und Randschichten. Das in diesem Artikel beschriebene Novelis Fusion™ - Produkt ist eine maßgeschneiderte Lösung, die unter anderem für den Einsatz des Remote-Laserstrahlschweißens von Aluminium entwickelt worden ist. Schweißversuche mit einem Scheibenlaser und einer Scanneroptik wurden am Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) der Universität Stuttgart durchgeführt. In Bild 4 ist die

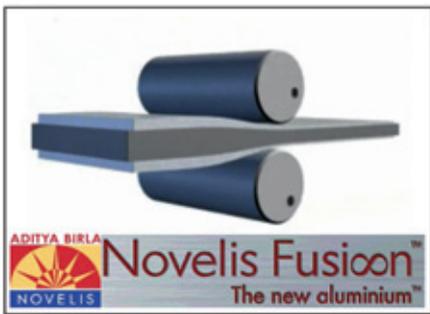


Bild 3: Walzvorgang der Multi-Alloy-Barren.

Scanneroptik während eines Fügeprozesses dargestellt. Das Bild zeigt den Vorteil eines großen Arbeitsabstandes und verdeutlicht die Schwierigkeit einer Zusatzwerkstoffzuführung. Untersucht wurden verschiedene Stoßarten wie Kehlnähte und I-Nähte am Überlappstoß. Erste Auswertungen zeigen, dass heiß-



Bild 4: Scanneroptik während eines Remote-Schweißprozesses.

risskritische 6xxxer Legierungen rissfrei gefügt werden können und das Einbringen eines Zusatzwerkstoffes an der Fugestelle nicht mehr erforderlich ist. Ein exemplarischer Querschliff einer rissfreien Remote-Schweißung einer I-Naht am Überlappstoß ist in Bild 5 dargestellt. Die nachträglich eingezogene Linie stellt die Abgrenzung des aufgeschmolzenen Bereiches dar. An den jeweiligen Nummern im Querschliff wurden quantitative Elementmessungen durchgeführt, welche eine gute Schweißnahtdurchmischung des Legierungspa-

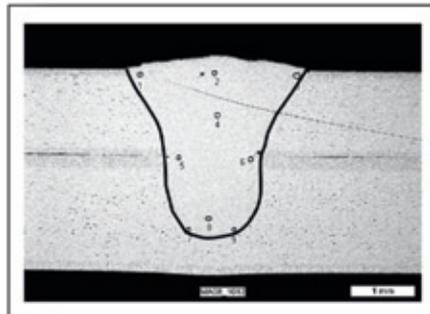


Bild 5: Heißrissfreie Remote-Laser-Schweißnaht mit zwei „Novelis Fusion™“ Blechen.

kets zeigen. Die Realisierbarkeit heißrissfreier Nähte eröffnen dem Bauteilkonstrukteur neue Möglichkeiten und Freiheitsgrade. Dies sind insbesondere

- Produktivitätssteigerung beim Aluminiumschweißen
- Neue konstruktive Bauteilauslegung
- Reduzierung von Bauteilquerschnitten (optimiertes Packaging)
- Weitere Gewichtseinsparung an Baugruppen.

Das Novelis Fusion™ Legierungspaket wird zudem ökologischen Aspekten gerecht, da es innerhalb der Aluminium-Gruppe 6xxx zu 100% recycelbar ist. Neben heißrissfreiem Laserstrahlschweißen, erfüllt dieses Produkt die typischen Eigenschaften von 6xxxer Aluminiumlegierungen, wie einer Festigkeitssteigerung durch Aushärtung, bestes Umformvermögen und ausgezeichnete Crasheigenschaften.

Die Untersuchung der Schweißnahtdurchmischung mit der am IFSW neu aufgebauten Röntgenanlage erlaubt eine Vertiefung der Erkenntnisse sowie eine weitere Optimierung der Schweiß-

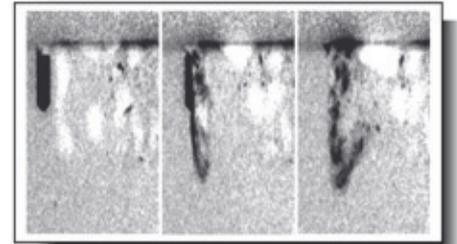


Bild 6: X-Ray Film einer Tiefschweißung in Aluminium: Durchgang der Kapillare durch eine mit Wolfram-Cobalt Pulver gefüllte Bohrung zur Visualisierung der Schmelzbad-Durchmischung.

ergebnisse. In Bild 6 sind drei Frames eines während des Prozesses erstellten HS-Filmes dargestellt. Zu erkennen ist die Bewegung der Tracerpartikel und somit die Schmelzströmung des flüssigen Aluminiums. Die Röntgenanlage ermöglicht eine Visualisierung der Schmelzbad-dynamik indem sie den Fügeprozess mit bis zu 5000 Bildern pro Sekunde aufnimmt. Ergänzend dazu wird die Schmelzbadoberfläche mit einer Hochgeschwindigkeitskamera beobachtet, so dass ein ganzheitliches Bild der Schmelzeströmung entsteht.

Weitere Informationen zu Novelis, seinen Produkten und Anwendungen finden Sie unter:

www.the-new-aluminium.com.

Die Dienstleistungen und Produkte des IFSW finden Sie unter:

www.ifsw.uni-stuttgart.de.

Autoren:

Dipl.-Ing. Axel Heß
Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW)
Universität Stuttgart
Pfaffenwaldring 43
70569 Stuttgart
Phone: +49 (0)711 685 69731
E-Mail: axel.hess@ifsw.uni-stuttgart.de

Corrado Bassi und Frank Schellinger
Novelis Switzerland SA
Rte des Laminaires 15
CH - 3960 Sierre, Switzerland
Phone: +41 27 457 7500
E-Mail: corrado.bassi@novelis.com
E-Mail: frank.schellinger@novelis.com

Kontakt / Redaktion:

Dipl.-Phys. Jan-Philipp Negel
Tel.: +49 (0)711 685 69721
Fax: +49 (0)711 685 59721
E-Mail: jan-philipp.negel@ifsw.uni-stuttgart.de