

LASERSTRAHLSCHWEISSEN VON MISCHVERBINDUNGEN

DIE AUFGABE

Getrieben von der allgemeinen Forderung, Bauteile möglichst effizient eigenschafts- und gewichtsoptimiert herzustellen, haben sich stoffschlüssig gefügte Mischverbindungen in vielen Anwendungsbereichen etabliert. Das Schweißen von Kombinationen aus verschiedenen Werkstoffen ermöglicht es, die spezifischen Eigenschaften der Stoffe optimal zu nutzen. Eine stärkere Funktionsintegration und hocheffiziente gewichtsoptimierte Bauteile erreicht man vor allem über einen beanspruchungsgerechteren Werkstoffeinsatz und eine bessere Ausnutzung der Werkstoffeigenschaften.

Leider gestaltet sich das Schweißen von Mischverbindungen häufig schwierig, da sich die Komponenten deutlich in ihren thermophysikalischen und stofflichen Eigenschaften unterscheiden können. Stark unterschiedliche Schmelztemperaturen, Wärmeleitfähigkeiten und thermische Ausdehnungskoeffizienten führen nicht selten zu Problemen im Aufschmelzverhalten beider Fügepartner und zu Schmelzbadturbulenzen. Erstarrt die Schmelze, bilden sich neuartige Mischkristalle und Legierungsphasen mit extremer Härte und Sprödigkeit, wie z. B. intermetallische Phasen. Diese entstehen auch durch Wärmebehandlung oberhalb werkstoffspezifischer Temperaturen infolge von Diffusionsprozessen. In beiden Fällen beeinflussen sie entscheidend die metallurgische Verträglichkeit einer Werkstoffkombination.

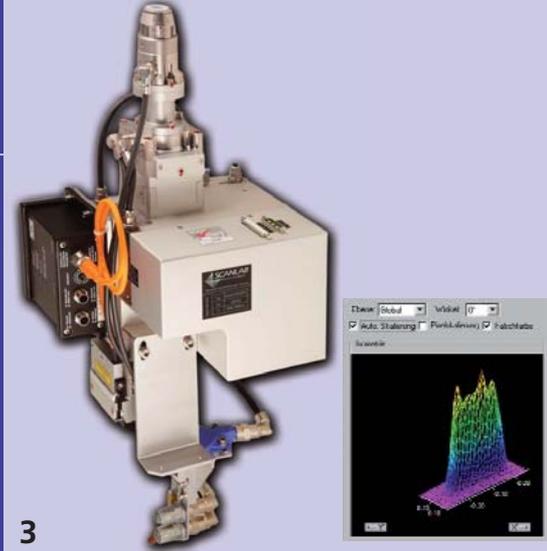
Trotzdem sind insbesondere Strahlschweißverfahren vergleichsweise gut geeignet, Mischverbindungen wirtschaftlich zu erzeugen. So sind zum Beispiel mit Hilfe von Lasern die Werkstoffkombinationen Al / Stahl, HSS / Vergütungsstahl

oder auch Gusseisen / Einsatzstahl wirtschaftlich hoch effektiv schweißbar. Auch mit dem Elektronenstrahl erweitert sich die erzeugbare Palette von Mischverbindungen beträchtlich. Allerdings erfordert die Umsetzung erheblich höhere Investitionskosten. Zudem ist die Integrierbarkeit des Verfahrens in bestehende Prozesse aufgrund des erforderlichen Vakuums äußerst aufwändig. Diese Erkenntnisse erfordern die Suche nach neuen flexiblen und prozesseffizienten Technologien.

UNSERE LÖSUNG

Qualitätsverbesserungen beim Laserschweißen der Mischverbindungen Al / Cu, Edelstahl / Cu und Al / Mg konnten am Fraunhofer IWS durch den Einsatz einer hochdynamischen Strahlablenkung erzielt werden. Bei dieser Technologie wird ein brillanter Laserstrahl über schnell verkippbare Spiegel abgelenkt und auf den Fügestoß projiziert. Dazu erfolgte im Rahmen des Verbundprojektes WELDIMA die Entwicklung eines hochdynamischen 2D-Scanners mit Ablenkfrequenzen von bis zu 2,5 kHz (Abb. 3).

Durch die zeitliche und leistungsmäßige Strahlmanipulation verbessern sich Aufmischungsgrad und Schmelzbadturbulenz. Zudem kann das Aufschmelzverhalten beider Fügepartner entscheidend beeinflusst werden. Die gute Fokussierbarkeit der Laserstrahlen hoher Brillanz ermöglicht extrem schmale Schweißnähte mit hohen Schachtverhältnissen und extrem kurzen Schmelzbadlebensdauern. Der Energieeintrag in das Werkstück kann dadurch erheblich reduziert und die Bildung der spröden intermetallischen Phasen erheblich verringert werden.



3

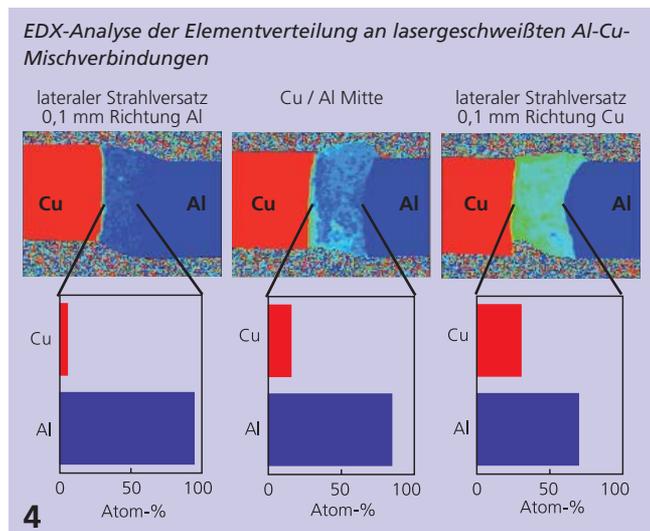
ERGEBNISSE

Die Beeinflussung des Mischungsverhältnisses beider Werkstoffpartner im Schweißgut über lateralen Strahlversatz zum Fügestoß und hochfrequente Strahloszillation ermöglicht es, den Anwendern gezielt und reproduzierbar die Breite des sich bildenden harten intermetallischen Phasensaums einzustellen. Abb. 4 zeigt die Ergebnisse einer lasergeschweißten Mischverbindung des Systems Al / Cu.

Durch den Einsatz von brillanten Lasern im kW-Bereich lässt sich die Phasensaumbreite in Abhängigkeit vom Strahlversatz für die Mischverbindung Al / Cu auf Werte kleiner 10 µm senken. Dies bedeutet für die geschweißte Mischverbindung, dass bei Werkstoffdicken im Millimeterbereich Zugfestigkeiten von 70 % des Niveaus des schwächeren unbeeinflussten GW-Partners erreicht werden. Gegenüber der artgleichen Verbindung des schwächeren Partners werden sogar identisch große Zugfestigkeiten erreicht.

Mit Hilfe der hochfrequenten 2D-Strahlableitung und überlagerter Leistungsmodulation ist es möglich, den metallphysikalischen Grenzen noch näher zu kommen und so dem Laser bisher verschlossen gebliebene Anwendungsfelder zu erschließen. Damit eröffnen sich neue Möglichkeiten, Mischverbindungen wie z. B. Cu / Stahl, Cu / austenitischer Stahl, Cu / Al oder Ni / härtpbarer Kohlenstoffstahl wirtschaftlich zu erzeugen.

Die dargestellten Ergebnisse entstanden im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes WELDIMA (Förderkennzeichen 13N 10197).



4

- 1 Schliffbild einer laserstrahlgeschweißten Mischverbindung Edelstahl / Cu
- 2 Schliffbild einer laserstrahlgeschweißten Mischverbindung Al / Cu
- 4 Laserstrahlschweißkopf WSS intelliscan 20 FC zur hochdynamischen 2D-Strahlableitung

KONTAKT

Dr. Jens Standfuß
 Telefon: +49 351 83391-3212
 jens.standfuss@ivs.fraunhofer.de

