

Tanz der Elektronen

>> Die Nutzung von wertvollen Metallen und Legierungen hat in der metallverarbeitenden Branche deutlich zugenommen. Der Bedarf an Verbindungsverfahren, die sogenannte Mischverbindungen prozesssicher zusammenfügen, wächst mit der Vielfalt an Metallen und ihren Funktionen.

Die vorteilhaften Eigenschaften unterschiedlicher Metalle innerhalb einer «Anordnung» sind bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Sie bieten daher noch viele Herausforderungen für Metallurgen, Konstrukteure oder Schweissfachkräfte. Die Anforderungen an Mischverbindungen sind nicht nur wirtschaftliche Motivation, sondern beruhen meist auch auf dem Wunsch nach Neuerungen wie etwa verbesserte mechanische, chemische oder physikalische Eigenschaften.

Doch auch technologische Notwendigkeiten sind Gründe für die Herstellung solcher Verbindungen. Nur deren Umsetzung ist ungleich komplexer als deren eigentliche Idee: Viele ungleiche Materialien können miteinander verbunden werden; doch stellt sich die Frage, ob diese Verbindungen auch imstande sind, den notwendigen Anforderungen zu entsprechen.

Aufgrund der sehr hohen Energiedichte ist es beim Elektronenstrahl-Schweißverfahren möglich, höchstschmelzende Metalle sowie Mischverbindungen, z.B. Stahl mit Kupfer oder auch unterschiedliche Stahlliegierungen, zu verschweißen. Dabei treten spezifische Herausforderungen auf, da die Struktur und Eigenschaften der Basismetalle eine Veränderung in der Schmelze erfahren, auch wenn ähnliche Metalle normalerweise mit optimalen Schweissparametern gefügt werden können.

Zwischenschichten

Die SwissBeam AG, ein Lohndienstleister aus Schlieren bei Zürich, hat in der Vergangenheit zahlreiche metallische Werkstoffkombinationen mittels Elektronenstrahl verschweisst. Auf Grundlage der visuellen, metallographischen sowie zerstörungsfrei-

en Werkstoffprüfung wurden die Komponenten auch untersucht und bewertet.

Das Elektronenstrahl-Schweißverfahren hat diverse Vorteile. Einer ist die sehr präzise Regulierung der Schweissenergie und die ausgeklügelte Prozessführung der nahezu trägheitslosen Strahl- und Ablenkpositionierung des Elektronenstrahls. Dies ermöglicht ein genau kontrolliertes Schweissgut im gewünschten Verhältnis bei einem minimalen Energieeintrag in die beiden unterschiedlichen Metalle. Dabei kann das metallurgische Verhältnis der sehr schmalen Schmelze bei beiden Metallen (auch bei unterschiedlichen Schmelzpunkten und Wärmeleitfähigkeiten) prozesssicher gewährleistet werden.

Wenn eine metallurgische Inkompatibilität (zwei Werkstoffe passen aufgrund unterschiedlicher Gitterstrukturen nicht zueinander) auftritt, können entweder geeignete



Bild: SwissBeam

Simulationsschweissung: Der Elektronenstrahl schweisst auf einer Kupferplatte einzelne Kreissegmente (Schweisstiefe 28 mm).



Bild: SwissBeam

Ein einfacher Halter wird am Aussenring eines Kugellagers auf der Vorder- und Rückseite homogen verschweisst.



SwissBeam AG

Die SwissBeam AG hat sich auf das Elektronenstrahlschweißen spezialisiert und hat folgende Werkstoffpaarungen realisiert:

- unlegiert mit niedrig legiert
- un- oder niedrig legiert mit austenitischem CrNi-Stahl
- austenitischer CrNi-Stahl mit ferritischem Cr-Stahl
- Stahl mit Nichteisenmetallen (z.B. Kupfer mit Stahl)
- verschiedene Nichteisenmetalle miteinander (z.B. Molybdän mit Titan oder Tantal mit Niob)

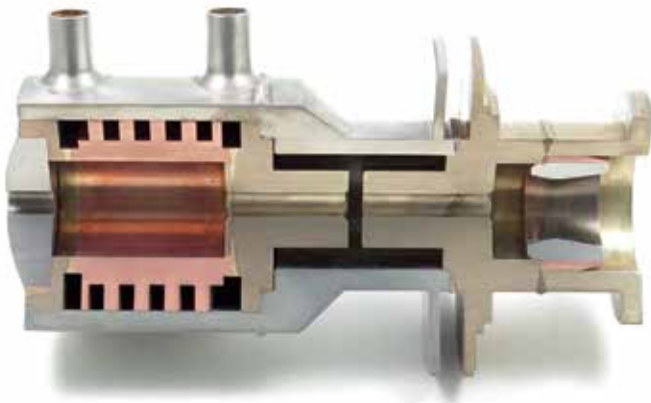


Bild: SwissBeam

Die vollkommene Mischverbindung zeigt sich an diesem Bauteil, bei dem folgende Materialpaarungen radial als auch axial gefügt wurden: Bronze/Stahl, Rostfreier Stahl/Kupfer, Molybdän/Kupfer, Nickellegierung/Kupfer und Titan/Niob.

te Zwischenschichten (sowohl Puffer als auch Bimetall) oder speziell legierte Füllstoffmetalle zwischen die beiden Werkstoffe eingebracht bzw. eingeschweisst werden.

Intermetallische Phasen

Die Schweißseignung unterschiedlicher Werkstoffe kann aufgrund der abgebildeten Matrix für die metallurgische Verträglichkeit einer bestimmten Werkstoffkombination bestimmt werden. Die Bildung von Mischkristallen und Legierungsphasen, die oberhalb der werkstoffspezifischen Temperaturen infolge von Diffusionsprozessen entstehen, sind die sogenannten intermetallischen Phasen. Sie entstehen beim Erstarren der Schmelze. Solche «Beeinflussungen» bedürfen einer Beachtung: Die Wahrscheinlichkeit einer intermetallischen Phasenbildung ist vor allem bei mehrfach legierten Werkstoffen vorhanden.

Unter Berücksichtigung der erwähnten Grundsätze und Einflüsse können zwei verschiedenartige Werkstoffe mit akzeptablen Eigenschaften für den jeweils beanspruchten Anwendungsfall sowohl wirtschaftlich als auch qualitätsgerecht miteinander verschweisst werden. Zwei vorliegende Praxis-

beispiele der SwissBeam AG beleuchten den Entstehungsprozess solcher Mischverbindungen.

1.5752/15NiCr13 mit 1.3503/100Cr6

Angetrieben vom Bedarf eines Kugellagers für die Maschinenindustrie, das möglichst gewichtsoptimiert hergestellt werden musste, wurde eine stoffschlüssige Mischverbindung zwischen einem Nickel-Chrom-legierten Einsatzstahl (15NiCr13) und einem Wälzlagerstahl (100Cr6) von der Konstruktion favorisiert. Das Schweißen dieser Werkstoffkombination erlaubt einen Verzicht auf konventionell verschraubte Lager-schalenhalter. Anstelle dessen wurde ein einfach herzustellender und entsprechend leichter Stahlhalter montiert. Hohe Anforderungen an die Schweissnaht bzgl. Festigkeitseigenschaften sind genauso bedeutend wie die Sicherstellung eines möglichst langen Lebenszyklus des Standardlagers.

Strahlmanipulation

Die Umsetzung stellte sich anfangs als komplex heraus, da Lager und Halter sich in

1/3
hoch
59 × 267 mm,
Satzspiegel

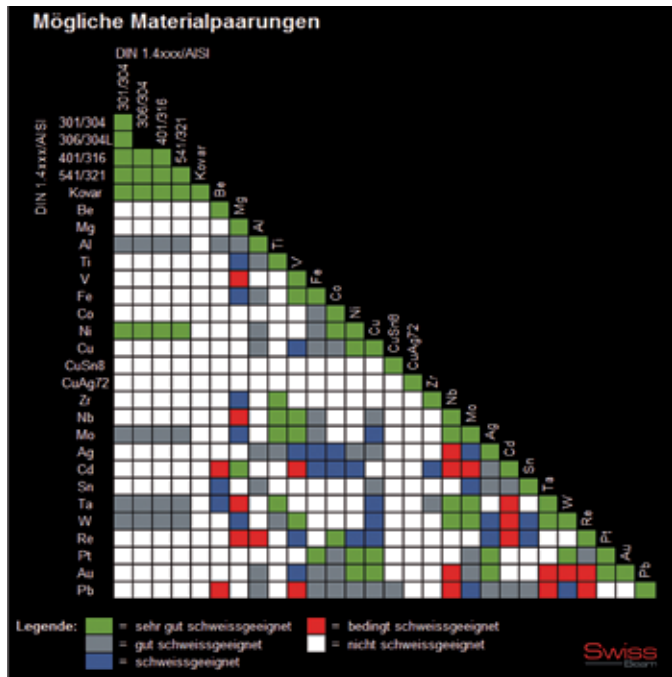


Bild: SwissBeam

Die Tabelle zeigt, wie geeignet verschiedene Materialpaarungen zum Schweissen sind.

ihren stofflichen und thermophysikalischen Eigenschaften unterschieden. Laut Datenblatt ist der Werkstoff 1.3503 nicht schweis geeignet, da er beim Abkühlen an der Luft ein sogenannter Martensitumwandler ist. Das bedeutet, dass dadurch in der Schweissnaht und der Wärmeeinflusszone eine Aufhärtung stattfindet, was zur Folge hat, dass ein darauf folgendes Spannungsfeld unweigerlich zu Funktionseinbußen des Lagers führen würde. Infolgedessen wurde eine zeitliche und leistungsangepasste Strahlmanipulation ausgeführt, die deutlich aufzeigt, dass die angestrebte Schweissnahtform ein reproduzierbares gutes Ergebnis liefert. Grundsätzlich sind etwaige Wärmevor- und -nachbehandlungen nach dem empfindlicheren Werkstoff auszurichten.

Somit wurden die Ziele der Gewichtseinsparung mit unverändert hohen Laufeigen-

schaften der Lagerung erreicht. Erfreulicherweise konnten nebenbei die Gesamtkosten gegenüber der ursprünglichen Version verringert werden.

1.4301/X5CrNi18-10 mit 2.0090/CW024A

Folgende Anwendung zeigt eine Mischverbindung aus Chromstahl und Kupfer, die aus einer physikalischen Notwendigkeit heraus von den Entwicklern so bestimmt wurde. Die Mischverbindung zeichnete sich aus durch stark unterschiedliche Schmelztemperaturen. Chromstahl hat einen Schmelzpunkt von 1450 Grad Celsius und demgegenüber Kupfer bei 1080 Grad. Beide Werkstoffpartner weisen darüber hinaus unterschiedlichste Ausdehnungskoeffizienten und Wärmeleitfähigkeiten auf, was sich

beim Aufschmelzverhalten widerspiegelt bzw. berücksichtigt werden muss. Damit das Schweißgut bei beiden Werkstoffen im gleichen Mass aufgeschmolzen wird, erfolgt die Einstellung über einen seitlichen Strahlversatz zum Függestoss. Dieser Prozess liefert eine saubere, oxidfreie und Helium-geprüfte Naht mit einem reproduzierbar gleichmässigen Aussehen.

Höhere Zugfestigkeit

Das Elektronenstrahlschweissen ist das qualitativ hochwertigste Schmelzschweissverfahren und speziell bei Mischverbindungen fast allen anderen Schweissverfahren überlegen. Für eine breitere industrielle Anwendung befinden sich derzeit weitere Qualifizierungen und Versuchsprojekte in der Realisation. Ein interessantes Anwendungsfeld könnten Aluminium/Magnesium-Verbindungen darstellen. Ziel der verfahrenstechnischen Untersuchungen sind weitere Möglichkeiten, um das Schweissen von metallischen Mischverbindungen zu erforschen und aufzuzeigen. Dabei soll festgehalten werden, dass jede Schweissverbindung mindestens eine identische, gleichwertige mechanische Zugfestigkeit aufweist als diejenige des niedrigfestere Grundwerkstoffs gewährleistet. <<

Autor:
Peter Schmidt, SwissBeam AG

Information:
SwissBeam AG
Brandstrasse 24
8952 Schlieren
Tel. 044 545 20 80
Fax 044 545 20 84
info@swissbeam.ch
www.swissbeam.ch

1/4 quer
185 x 63 mm, Satzspiegel