

HOCHTEMPERATUR-VAKUUMLÖTEN UND SCHWEISSEN IM VERGLEICH

Eine gleichwertige Alternative?

Karl-Heinz Reuter, Alzenau

Das Hochtemperatur-Vakuumlöten ist ein alternatives Fügeverfahren für gestanzte und durch Laser- oder Wasserstrahl geschnittene Bleche. Sinnvoll eingesetzt, ist es eine bedeutende Alternative oder Ergänzung zum Schweißen und bietet oft Vorteile unter anderem hinsichtlich Homogenität und Festigkeit der Verbindung. „Rapid-ProtoBrazing“ ist eine Variante des Verfahrens zum Herstellen komplexer Bauteile als Einzelstücke oder Kleinserien, die sich mit traditionellen Techniken nicht ohne weiteres fertigen lassen.

Bekanntermaßen sind Schweiß- und Löttechnik innerhalb von Fertigungsprozessen wichtige Verfahren beim Herstellen von Komponenten und Baugruppen. Vielfach wird dabei die Löttechnik, insbesondere die Hochtemperatur-Löttechnik unter Vakuum, auch heute noch von den Möglichkeiten stark unterschätzt. Dabei befindet sich die Hartlöttechnik auf einem technischen Stand, der mit dem der Schweißtechnik gleichzusetzen ist.

Unter Hochtemperaturlöten versteht man das Löten oberhalb 900°C unter Vakuum- oder Schutzgasatmosphäre und grundsätzlich ohne Flussmittel. Das Spektrum der Einsatzmöglichkeiten reicht dabei von der Haushaltstechnik über hoch beanspruchte Maschinenbauteile bis hin zu extrem belasteten Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt. Das Verfah-

ren ist heute aus vielen Bereichen nicht mehr wegzudenken.

Dennoch sind diese Technologie und die damit verbundenen Vorteile einem breiten Feld potenzieller Anwender aus Industrie und Forschung nicht umfänglich bekannt. Denn gerade die vielfältigen Möglichkeiten, die sich mit dieser Technologie eröffnen, machen das Hochtemperaturlöten auch wirtschaftlich attraktiv und interessant.

Gut darstellbar ist dies am Beispiel von Konstruktionselementen, die bisher als Schweiß- oder Gussteile gefertigt wurden (**Bild 1**). Während es besonders beim Feingießen physikalische Gründe gibt, die die Größe eines Bauteils begrenzen, so sind es beim Schweißen oft Fragen zum Auftreten hoher innerer Spannungen oder Gefügeveränderungen im Nahtbereich des Werkstücks.

Insbesondere, wenn es um komplexe Profile zum Beispiel aus S235 oder hochwertigen Werkstoffen wie Edelstahl, Kupfer oder Titan geht, zeigen sich bei der Hochtemperatur-Vakuumlöttechnik Vorteile. So lässt sich eine Vielzahl von durch Stanzen, Laserstrahl- oder Wasserstrahlschneiden vorbereiteten Einzelstücken in einem Prozess löttechnisch hochfest fügen. Auf diese Weise können 50 oder mehr Bauteile zu einer Baugruppe unlösbar verbunden werden (**Bilder 2 und 3**).

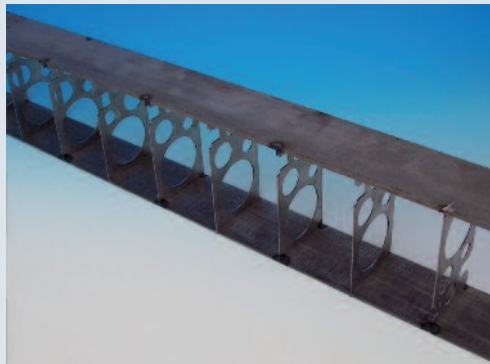
Homogenität der Lötverbindungen

Im Gegensatz zu ähnlichen Aufgabenstellungen, die durch Schweißen vorgenommen werden, werden beim Hochtemperatur-Vakuumlöten durch ein gleichmäßiges Erwärmen des Werkstücks und ein ebenfalls gleichmäßiges Absenken der Temperatur vorhandene Spannungen aus dem Werkstück herausgenommen. Eventuell später notwendige Glühprozesse lassen sich hier gleich mit durchführen. Interessant ist hier ein Vergleich beider Technologien – Löten und Schweißen – durch eine Klangprobe am Bauteil. Die Homogenität der Lötverbindungen kann man in diesen Fällen sozusagen hören. Weiterer Vorteil des Hochtemperaturlötens unter Vakuum ist neben dem Fügen von NE-Metallen untereinander (zum Beispiel massive Kupfer-Kupfer-Verbindungen) auch die Kombination mit anderen Werkstoffen wie Edelstahl-Kupfer oder Keramik-Edelstahl (**Bild 4**).

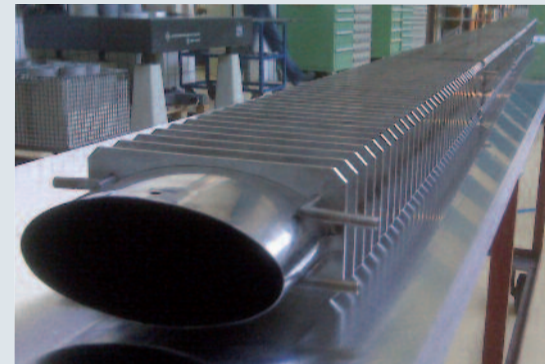
Beim Löten unter Vakuum entsteht eine oxidationsfreie Verbindung mit absolut reinen Oberflächen. Durch das Eindringen des Lots in den an die Verbindungszone angrenzenden Grundwerkstoff kann bei be-



▲ Bild 1. Ausschnitt eines mit Kupferlot gefügten Profils aus S235



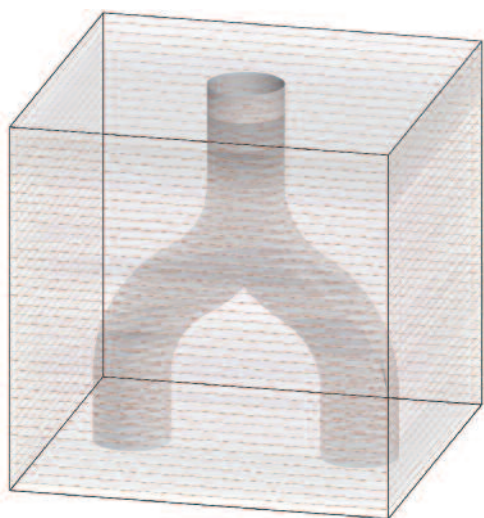
▲ Bild 2. Vorbereitung eines Prototypen-Prozesses für ein Profil zum Hochtemperatur-Vakuumlöten



▲ Bild 3. Aufbau eines Profil-Bauteils mit integrierten Kühlkanälen

stimmten Werkstoffen eine höhere Festigkeit als die des Grundwerkstoffs erzielt werden. Ein weiterer Vorteil ist das Nutzen der Kapillarwirkung beim Hochtemperatur-Vakuumlöten. So kann Lot bis zu einer Höhe von 200 mm an Stellen fließen, die schweißtechnisch nicht oder nur schwer erreichbar wären. Dieser Vorteil kommt insbesondere beim Ersatz von geschweißten Profilen und Feingussbauteilen durch Lotkonstruktionen zum Tragen.

Nicht nur bei der Serienfertigung bietet Hochtemperatur-Vakuumlöten wirtschaftlich interessante Aspekte, sondern auch beim „Rapid-ProtoBrazing“ von Einzelstücken oder Kleinserien aus verschiedenen Werkstoffen. Komplexe Hohlkörper oder Bauteile, die sich mit traditionellen Techniken nicht ohne weiteres darstellen lassen, aber dringend für Tests oder Versuchsaufbauten benötigt werden, sind eine Domäne dieser Verfahrensvariante. Wie anhand des Beispiels in **Bild 5** gezeigt, lassen sich solche Körper in dünne Blechzuschnitte zerlegen. Diese werden dann abwechselnd mit Lotfolienzuschnitten gestapelt und in einem einzigen Prozess zu einem massiven Körper verbunden. Im Gegensatz zum dreidimensionalen Sintern lassen sich die unterschiedlichsten, auch hochfesten Werkstoffe wie Titan verwenden, und das innerhalb eines Werkstücks. Die Zuschnitte werden zum Beispiel aus einem vorhandenen 3-D-Modell mit Hilfe eines CAD-Programms erzeugt und



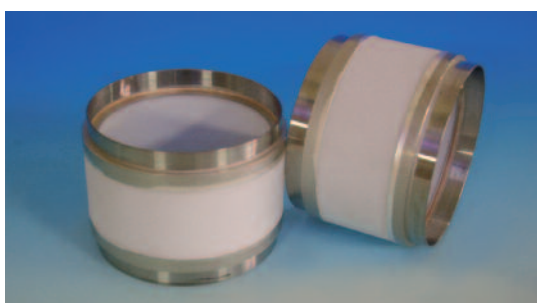
▲ Bild 5. Beispielbauteil für die Verfahrensvariante „Rapid-ProtoBrazing“

INFO

Grundlagen Hartlöten

Unter Hartlöten versteht man das Löten mit Lötmetallen, deren Arbeitstemperaturen über 450°C liegen. Durch Hartlöten lassen sich gleiche oder verschiedene metallische Werkstoffe fest, dicht und leitfähig miteinander verbinden. Gegenüber dem Schweißen lassen sich im Wesentlichen folgende Abgrenzungen vornehmen:

- Die Schmelztemperatur des Lotes ist niedriger als die des Grundwerkstoffs,
- der Grundwerkstoff wird nicht aufgeschmolzen,
- bei Erreichen der Arbeitstemperatur benetzt das flüssige Lot den Grundwerkstoff und füllt den Lötspalt (Spalt: unter 0,25 mm) oder die Lötfläche (Fuge: über 0,25 mm).



◀ Bild 4. Vakuumlötete Keramik-Edelstahl-Verbindung

per Laser- oder Wasserstrahlschneiden aus dem Blech ausgeschnitten. Der dreidimensionale Körper wird durch Aufeinanderstapeln der Zuschnitte zum Löten vorbereitet, belötet, und in einem Zug werden alle Verbindungen in einem Vakuumlötprozess hergestellt. Das „Rapid-ProtoBrazing“ lässt sich auch zum Herstellen komplexer Geometrien wie Profilleisten, Gehäuse oder Tragrahmen einsetzen, die andernfalls nur durch Gießen oder Strangpressen herzustellen sind.

Die Vorteile überwiegen

Die wesentlichen Unterscheidungsmerkmale zwischen Hochtemperatur-Vakuumlöten und Schweißen sind:

- Das Lot entspricht nicht dem Grundwerkstoff,
- der Schmelzbereich oder Schmelzpunkt des Lotes liegt unter dem des Grundwerkstoffs. Dieser wird also nicht aufgeschmolzen.

Vorteile des Hochtemperatur-Vakuumlötens im Vergleich zum Schweißen sind:

- Es können großflächige Verbindungen gefertigt werden,
- gleichzeitiges Fügen einer Vielzahl von Bauteilen,
- Nutzen der Kapillarwirkung an unzugänglichen Stellen,

- blanke Bauteiloberflächen,
- oxidationsfreie Verbindungen,
- kein Einsatz von Flussmitteln,
- präzise, verzugsarme Verbindungen,
- Löten, Härten und Anlassen in einem Prozess möglich,
- Einsparen aufwendiger Vorrichtungen für Profil- und Ziehwerkzeuge,
- durch gleichmäßiges Erwärmen und Abkühlen reduzierte Spannung im Werkstück,
- Fügen von Metallen auch mit keramischen Werkstoffen.

Nachteile des Hochtemperatur-Vakuumlötens im Vergleich zum Schweißen sind:

- nur geringe Lötspaltbreiten überbrückbar,
- Einschränkung gegenüber Zinkanteilen in Werkstoffen (zum Beispiel Messing)

Vor einer erfolgreichen Lötung steht allerdings – wie beim Schweißen auch – eine gute Vorbereitung. Diese beinhaltet die Konstruktion der Lötverbindung am CAD-Arbeitsplatz, die Auswahl der Lotdepots (Aussparungen im Werkstück, in die vor dem Erwärmen das Lot eingelegt wird), deren Gestaltung an der richtigen Stelle und in der passenden Größe. Weiter gehören dazu das geeignete Lot, der richtige Temperatur-Zeitverlauf, die geeignete Chargierung und even-

tuell das passende Medium, das die Oberflächenoxide vom Grundwerkstoff beseitigt. Als Medium kann zum Beispiel Stickstoff oder Argon dienen. All diese Parameter (und manchmal noch ein paar mehr) lassen das Hochtemperatur-Vakuumlöten für viele als ein Mysterium erscheinen, sogar das Wort „Alchemie“ ist schon gefallen. Zauberei ist bei diesem Verfahren allerdings nicht im Spiel. Aber es ist langjährige Erfahrung und großes handwerkliches Geschick erforderlich, um eine erfolgreiche und präzise Lötung sicherzustellen.

Die Reuter Vakuumlöttechnik GmbH & Co. KG in Schöllkrippen hat langjährige Erfahrung bei einer Vielzahl unterschiedlicher Aufgabenstellungen für verschiedene Bereiche aus Industrie und Forschung. Das Unternehmen bietet Lotkonstruktionen bis zu

einer Länge von 1800 mm und in Einzelfällen auch bis zu 3700 mm an. Neben sehr präzisen Vakuumlötprozessen werden auch Laserstrahl- und Wolfram-Inertgasschweißen als Dienstleistung angeboten. Schwerpunkte des Tätigkeitsfelds sind hochwertige Verbindungen aus Kupfer-, Edelstahl- (Bild 6) und Titanwerkstoffen bis hin zu Keramik und synthetischen Werkstoffen. Spezielle Glühprozesse runden das Dienstleistungsangebot ab. ■



Karl-Heinz Reuter,
Geschäftsführer, Reuter
Vakuumlöttechnik,
kh.reuter@reuter-vlt.de



▲ Bild 6. Dicht gelötet: massives Edelstahlgehäuse mit einer 0,1 mm dicken Edelstahlfolie (Bilder: Reuter)

KOMPLETT-LÖSUNGEN FÜR IHRE SCHWEISSPRODUKTION

50 Years
In welding 1961-2011
valk welding

Valk Welding entwickelt und liefert seit 30 Jahren Schweißroboter-Systeme mit PANASONIC-Robotern und 3D offline Programmierung. Über 1.700 Anlagen werden täglich mit höchster Genauigkeit für Serien- und Einzelteilfertigung eingesetzt.

Mit eigenen Niederlassungen in Holland, Belgien, Frankreich, Skandinavien und Ost-Europa bietet Valk Welding seinen Kunden europaweit Service und Wartung.

Überzeugen Sie sich von der hohen Schweißqualität, einfachen Programmierung und einwandfreien Präzision. Valk Welding wird es Ihnen gerne vorführen.

Valk Welding BV • Tel. +31 (0)78 69 170 11
info@valkwelding.com • www.valkwelding.com

OFFLINE PROGRAMMIERUNG SCHWEISSZUSATZWERKSTOFFE DRAHTFÖRDERSYSTEME

valk welding
MAKES IT HAPPEN