

# Hinweise zum Löten von Titan und Titanlegierungen

Beim Löten von Titan und Titanlegierungen ist zu beachten, daß die Titanwerkstücke im Anlieferungszustand in der Regel mit einer dünnen Oxidschicht (Passivschicht) überzogen sind, die vor dem Löten entfernt werden sollte. Folgende Beizbehandlung hat sich dafür bewährt:

- Vorreinigen mit Azeton,
- Spülen mit Wasser,
- Beizen mit 35 %  $\text{HNO}_3$  + 5 %  $\text{HF}$  + Rest  $\text{H}_2\text{O}$ ,
- Spülen mit Wasser,
- Trocknen mit warmer Luft.

Besonders dicke Oxidschichten bzw. Verzunderungen müssen mittels mechanischer Entzunderungsverfahren, wie Sandstrahlen, Schleifen oder Bürsten entfernt werden. Anschließend ist mit der oben genannten Behandlung fortzufahren. Jede Reinigung sollte unmittelbar vor dem Löten beginnen und nach Möglichkeit mit gründlichem Spülen und Trocknen in warmer Luft beendet werden.

Weichgelötet wird am besten mit Loten auf Blei-Zinn-Basis bei Arbeitstemperaturen zwischen 200 und 300 °C, nachdem die Berührungsflächen mit Kupfer oder Silber galvanisiert oder tauchplattiert sind. Durch diese Oberflächenvorbehandlung wird die Benetzbarkeit und Haftung wesentlich verbessert.

Für das unmittelbare Auftragen mit der Flamme oder dem LötKolben können auch Aluminium-Zinn- und Zinn-Zink-Lote verwendet werden.

Bei den höheren Temperaturen des Hartlötens ist die Bildung von intermetallischen Phasen durch die Auswahl des Lötwerkstoffes zu vermeiden.

Titan bildet mit fast allen Metallen spröde intermetallische Phasen in der Schmelzzone. Lediglich Silber macht eine Ausnahme, so daß dieses Metall für Zwischenschichten verwendet wird und Hauptbestandteil einer Reihe von Loten für Titan ist. Darüber hinaus weisen Silberbasislegierungen ein ausgezeichnetes Fließ- und Benetzungsverhalten in Verbindung mit Titangrundwerkstoffen auf, wodurch sich auch komplexe Bauteile löten lassen.

Die Silberbasislote und auch die Aluminiumbasislote kommen trotz eines guten Benetzungsverhaltens aufgrund der mangelnden Korrosions- und Festigkeitseigenschaften nur in diesbezüglich unkritischen Bauteilen zum Einsatz.

Mit dem kommerziell verfügbaren Titanbasislot (Schichtenlot) Ti-Cu-Ni (15 % Cu, 15 % Ni) sind Verbindungen möglich, die sowohl mechanisch und auch chemisch nahezu grundwerkstoffähnliche Eigenschaften aufweisen. Die Nachteile dieses Lotes sind jedoch in den eingeschränkten Fließeigenschaften und der relativ hohen Arbeitstemperatur von 950°C zu sehen. Deutlich verbesserte Fließeigenschaften weist hingegen das weiterentwickelte Ti-Cu-Ni-Lot mit 20 % Cu und 20 % Ni auf.

Eine Verringerung der Arbeitstemperaturen bei ähnlich guten Festigkeitseigenschaften wird mit Hilfe von Titan-Zirkonium-Basis-Loten Ti-Zr-Cu-Ni erreicht. Die Anwendungsgebiete sind allerdings durch das schlechtere Korrosionsverhalten auf Lötverbindungen beschränkt, bei denen die Festigkeitsanforderungen im Vordergrund stehen.

Mit dem Kupfer-Titan-Lot CuTi30 lassen sich ebenfalls Hochtemperatur-Lötverbindungen mit hohen Festigkeiten herstellen. Nachteilig wirken sich bei diesem Lot allerdings die hohen Anforderungen an die Vorbereitung der Fügeflächen und die vereinzelt auftretenden spröden Phasen in der Lötnaht bzw. die Schädigungen des Grundwerkstoffes aus.

Wärmequellen für das Löten sind die Acetylenflamme, Hochfrequenz-Induktionsspulen, Infrarotstrahler sowie der Schutzgaslichtbogen mit Graphit- oder Wolframelektroden, in einzelnen Fällen das Widerstandserwärmen mit Hilfe einer Punktschweißmaschine oder das Erwärmen im Muffelofen unter Argonschutz sowie Hochvakuumöfen, insbesondere für das Hartlöten.

Als Schutzgas ist Argon mit einem Reinheitsgrad von mindestens 99,99 % zu verwenden.

Darüber hinaus ist der Feuchtigkeitsgehalt des Argons, der häufig in der Analyse nicht mit angegeben wird, von Interesse. Zum Löten kommt nur Argon mit besonders niedrigem Feuchtigkeitsgehalt in Betracht. Der Taupunkt sollte möglichst unter  $-50^{\circ}\text{C}$  liegen.

Sofern nicht im Vakuum oder unter Schutzgas gelötet wird, sind Flußmittel erforderlich, die die Oxidschicht auflösen und vor weiterer Gasaufnahme schützen sollen. Für Silberlote sind Flußmittel geeignet, die aus Mischungen von Alkalichloriden und -fluoriden mit geringen Zusätzen an  $\text{AgCl}$  und  $\text{CuCl}_2$  bestehen, wobei  $\text{AgCl}$  beim Löten zersetzt wird und das Silber die Titanoberfläche schützt.

Flußmittel sind zum größten Teil patentrechtlich geschützt, wie zum Beispiel für das Hartlöten

- 25 bis 35 %  $\text{LiF}$
- 10 bis 37,5 %  $\text{KCl}$  und
- 37,5 bis 55 %  $\text{HKF}_2$

und für das Weichlöten

- 25 %  $\text{NaCl}$ ,
- 20 %  $\text{KCl}$ ,
- 5 %  $\text{LiF}$ ,
- 6 %  $\text{AgCl}$ ,
- 22 %  $\text{ZnCl}_2$  und
- 22 %  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .

Die aufgeführten Hinweise zum Löten von Titan und Titanlegierungen sollten jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, daß diese Verbindungstechnik große Sorgfalt erfordert und einer gewissen Erfahrung bedarf.

In erster Linie bereiten die spröden intermetallischen Phasen Schwierigkeiten, die sich bei der Reaktion der Lote mit dem Titan bilden und die Festigkeits- und Duktilitätseigenschaften der Lötverbindungen merklich beeinträchtigen. Weiterhin können die Flußmittel die erwähnten Werkstoffzonen nicht restlos gegen eine Aufnahme von atmosphärischen Gasen schützen. Es sind deshalb Vorversuche an entsprechenden Werkstückmustern erforderlich, die jeweils die Eignung der Flußmittel und Lote bei dem gewählten Lötverfahren bestätigen müssen.

Weitere Einzelheiten zum Löten von Titan und Titanlegierungen können Sie den nachfolgend aufgeführten Veröffentlichungen entnehmen:

1. J. Breme, V. Wadewitz, U. Fink "Investigations on Samples Joined with Different Brazing Materials" Proceedings of the Fifth International Conference on Titanium, 1984 Published by Deutsche Gesellschaft für Metallkunde, Vol. 2, p. 869/76
2. E. Lugscheider, L. Martinez "Brazing of TiAl6V4 with Al-, Ag-, Au- and Ti-base Filler Metals" Proceedings of the 18. International AWS-WRC Brazing and Soldering Conference; March, 23.-27. 1987, Chicago/USA
3. B. Norris "The Development of Titanium Brazing Technologies" Proceedings of the Sixth International Conference on Titanium, 1988 Published by les éditions de physique, Vol. 3, p. 1209/13
4. B. Wielage, D. Ashoff "Beitrag zur Festigkeitssteigerung von hochtemperaturgelöteten Titanwerkstoffen" Mat.-wiss. u. Werkstofftech. 20 (1989), S. 125/32
5. E. Lugscheider, L. Martinez "Löten - Stoffschlüssiges Fügen moderner Werkstoffe am Beispiel von Titanlegierungen" VI-Berichte Nr. 734 (1989), S. 359/70
6. M.W. Ko, A. Suzumura, T. Onzawa "Brazing of Titanium Using Low Melting Point Ti-Base Filler Metals" Proceedings of the 1990 International Conference on Titanium Products and Applications, Vol. 2, p. 592/601 Published by Titanium Development Association, Dayton, Ohio