

Wenn es ums Löten geht ...

Von Ögussa Löttechnik - Christian Apeltauer

Literatur :

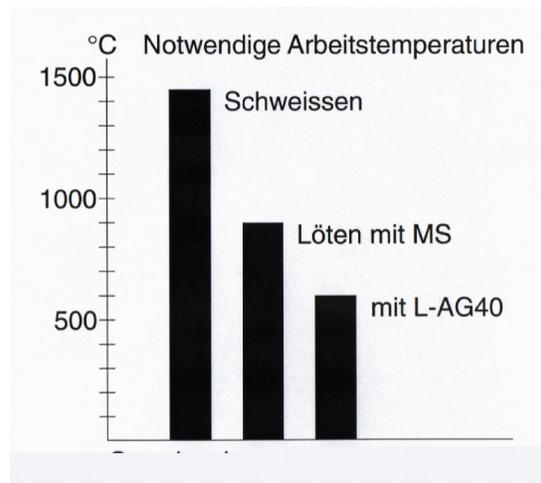
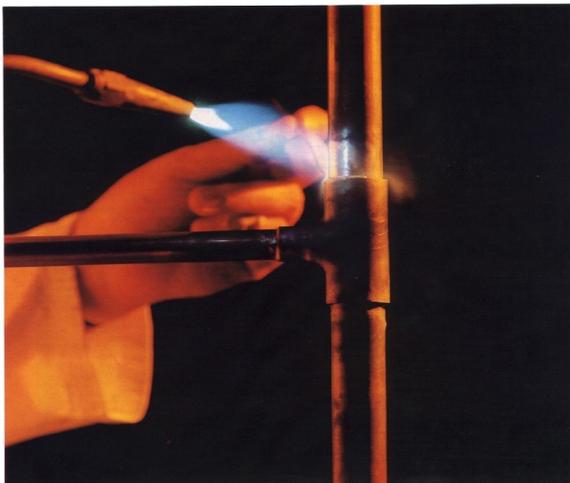
Hart- und Weichlöten Ing. Ernst Pichler

Degussa Technik die verbindet

Hartlöten

Die Technik des Hartlöten mit niedrigschmelzenden Silberhartloten und darauf abgestimmten Flußmitteln hat in Industrie und Handwerk ganz Europas in den vergangenen 25 Jahren einen bedeutungsvollen Aufschwung erfahren.

Das Hartlöten hat bereits seit Jahren seinen festen Platz neben den zahlreichen Schweißverfahren auf allen Gebieten der metallverarbeitenden Industrie und des Installationshandwerkes. Hartgelötete Verbindungen werden dabei wegen ihrer guten Festigkeitseigenschaften in steigendem Umfang eingesetzt.



Unter Hartlöten versteht man das Löten mit Loten, deren Liquiduztemperatur oberhalb von 450 °C liegt. In der Praxis beträgt die Arbeitstemperatur mehr als 600 ° C. Zum Schweißen lässt sich das Hartlöten im wesentlichen wie folgt abgrenzen :

- Die Schmelztemperatur des Lotes ist niedriger als die des Grundwerkstoffes.
- Bei Löttemperatur benetzt das flüssige Lot den Grundwerkstoff und füllt den Lötspalt durch „Kapillarkräfte“.

In Tabelle 1 sind weitere wichtige Unterschiede zwischen dem Löten und dem Schweißen einander gegenübergestellt.

Tabelle 1.

Merkmale	Gasschweißen	Hartlöten (Spalt-, Flammlötung)
Grundwerkstoff	artgleich oder artähnliche Metalle	Metallkombinationen
Ausbildung des Spaltes	verhältnismäßig grobe Zurichtung,	genaue Zurichtung
Grundprinzip des Fügeverfahrens	Aufschmelzen der Grundwerkstoffe	Benetzen des Grundwerkstoffes ohne ihn anzuschmelzen
Temperatur	hohe Schmelztemperatur (Grundwerkstoff)	niedrige Arbeitstemperatur (Lot)
Füllen der Fügestelle	mit Hilfe der Schwerkraft	mit Hilfe des kapillaren Fülldrucks
Nahtaussehen	raupenartig	Glatt
Handhabung des Zusatzes in Stabform	Schweißstab entlang der Fuge geführt	Lotstab an Lötspalt angesetzt
Erwärmungsart	punktförmig, Schweißbad	gleichmäßig über Lötstellenbereich
Flammentyp	scharfe Flamme	meist weiche, breite Flamme
Brennerbewegung	geradlinig oder pendelförmig fortschreitend	fächernd, weitflächig

Vielfältige Lotlegierungssysteme

Silberhartlote

Erhältlich sind die verschiedensten Lotlegierungssysteme. Für das Hartlöten von Kupfer untereinander und mit anderen Werkstoffen wie mit Stählen zum Beispiel eignen sich vor allem die silberhaltigen Hartlote auf der Basis Silber-Kupfer, Silber-Kupfer-Zink, Silber-Kupfer-Zink-Cadmium oder Silber-Kupfer-Zink-Zinn. Bei deren Verwendung zum Löten unter Atmosphäre ist immer ein Flußmittel erforderlich.

Phosphorlote

Nickelfreie Kupferwerkstoffe können auch mit den preisgünstigen phosphorhaltigen Hartloten (Kupfer-Phosphor mit oder ohne Silber) gelötet werden. Bei der Hartlötverbindung Kupfer mit Kupfer können phosphorhaltige Hartlote an der Atmosphäre ohne Flußmittel verlötet werden. Bei der Erwärmung verbrennt ein Teil des einlegierten Phosphors zu Phosphorpentoxid, das sich mit dem auf der Kupferoberfläche entstehenden Kupferoxidul zu Kupfermetaphosphat umsetzt. Dieses besitzt Flußmittelwirkung und überzieht gleichzeitig das geschmolzene Lot und die nähere Umgebung der Lötstelle mit einer schützenden dunkelgrauen Schicht. Dieser Belag kann, sofern es aus optischen Gründen nicht stört, auf der Lötstelle verbleiben und muß nicht wie z.B. Flußmittelreste, aus Gründen einer Korrosionsgefahr entfernt werden.

Phosphorlote werden überall in großem Umfang eingesetzt :

- bei der Kupferrohrinstallation (technische Gase)
- in der Industrie (Elektromotorenbau, Transformatorenbau, Wärmetauscher)
- in der Kälte- und Klimatechnik

Phosphorhaltige Hartlote dürfen allerdings nicht für Verbindungen mit Stahl oder Nickellegierungen verwendet werden. Denn durch Reaktion des Phosphors mit Eisen oder Nickel entstehen spröde Reaktionsschichten, die zu einer Zerstörung der Lötstelle führen kann.

Zinkhaltige Kupferwerkstoffe (Messing, Rotguß) können in Verbindung mit geeigneten Flußmitteln auch mit Phosphorloten verlötet werden.

Messinghartlote

Messinghartlote sind Lotlegierungen aus Kupfer und Zink. Die Arbeitstemperatur liegt über 900 °C. Ihre Anwendungsgebiete finden sich im Stahlbau (Möbelbau, Behälterbau, Ladenbau) oder beim Hartlöten von verzinkten Stahlrohren, welches im Fugelötverfahren ausgeführt wird. Da beim Fugelötverfahren relativ große Lotmengen erforderlich sind, scheiden silberhaltige Hartlote aus wirtschaftlichen Gründen meist aus. Bewährt haben sich vor allem flußmittelumhüllte oder gefüllte bzw. gedrillte Messinglote.

Neusilberlote

Sind Messinglote mit 10 % zulegierten Nickel , welche bei annähernd gleicher Arbeitstemperatur eine höhere Festigkeit und ein Fließverhalten ähnlich den der Silberhartlote bewirkt.

Aluminium Hartlote

Zum Hartlöten von Aluminium und Aluminiumlegierungen kommt überwiegend das Hartlot SL- AlSi12 zum Einsatz. Da dessen Arbeitstemperatur bei 590 °C liegt, können damit nur solche Aluminiumlegierungen hartgelötet werden, die eine Solidustemperatur von mindestens 640 °C aufweisen. Aluminiumwerkstoffe werden überwiegend unter Verwendung von Flußmittel hartgelötet. Sie können mit Nickel- und Nickellegierungen wie auch mit Chrom-Nickel-Stählen verbunden werden. Eine Hartlötverbindung Aluminium mit Kupfer ist nicht möglich. Sofort nach dem Benetzen des Lotes legieren sich Aluminium und Kupfer miteinander; dabei erniedrigt sich der Schmelzpunkt so sehr, daß die feste Form der Bauteile verloren geht.

Optimale Voraussetzungen für eine gute Hartlötverbindung

Der kapillare Fülldruck hat bei der Hartlötung entscheidende Bedeutung. Er entsteht nach dem Benetzen des Lotes in engen Lötspalten. Unter seiner Wirkung füllen sich diese selbsttätig mit Lot. Eine gute Benetzung verlangt zunächst metallisch reine Stoßflächen. Flußmittel, Schutzgas oder Vakuum dienen dazu, solche metallisch reine Oberflächen bei Grundwerkstoff und Lot zu gewährleisten. Die Lötbedingungen müssen jeweils werkstoff- und verfahrensspezifisch abgestimmt werden. Die optimale Spaltbreite für eine Spaltlötung liegt zwischen 0,05 und 0,2 mm. Durch den Einfluß des kapillaren Fülldruckes werden auch Lötspalte entgegen der Schwerkraft vom flüssigen Lot gefüllt.

Die Festigkeit der Lötverbindung beruht auf der metallischen Bindung zwischen Lot und Grundwerkstoff. Die bereits beim Benetzen entstehende Bindezone liegt im Bereich weniger Atomlagen und kann deshalb mikroskopisch nicht sichtbar gemacht werden. Diese ursprüngliche Bindezone erweitert sich anschließend durch Diffusion und Antikristallisation zur Übergangszone und ist dann mikroskopisch nachzuweisen. Beim Löten von zum Beispiel Kupferwerkstoffen bildet sich in der Lötnaht bei Verwendung sowohl von Silber- wie von Kupfer-Phosphor-Loten eine schmale Zone auf den Grundwerkstoffen aus, die aus dem zuerst kristallisierenden Gefügebestandteil des jeweiligen Lotes besteht. Diese verformungsfähigen Übergangszonen erklären die guten mechanischen Eigenschaften der Lötverbindungen. Bei Kupfer liegt deren Zugfestigkeit vergleichsweise zum Grundwerkstoff höher, und der Bruch erfolgt immer in diesem. Im Falle von Kupferlegierungen entspricht die Zugfestigkeit der Lötung mindestens der Streckgrenze des Grundwerkstoffes. Biegeversuche ergeben große Biegewinkel, und bei Berstdruckversuchen an hartgelöteten Kupferrohren reißt die Rohrwand.

