

Hartlöten mit silberhaltigen Schweißzusätzen

Das Hartlöten mit silberhaltigen Schweißzusätzen ist aus mehreren Gründen eines der vielseitigsten Verfahren zum Verbinden von Metallen:

- Es ist preiswert und es wird nur sehr wenig Hartlot für eine Lötung benötigt. Sofern die Verbindung gut entworfen und geplant ist, schneidet das Hartlöten immer besser als jedes andere Metallverbindungsverfahren ab.
- Die Verbindungen sind sehr stark. Die Festigkeit ist normalerweise ähnlich hoch und in einigen Fällen sogar höher als die der verlöteten Grundwerkstoffe.
- Die Nähte sind duktil sowie recht stoß- und vibrationsbeständig.
- Die Lötungen sind normalerweise schnell und einfach herzustellen.
- Hartlöten ist ausgezeichnet für das artfremde Verbinden geeignet. Auch Metalle mit sehr unterschiedlichen Schmelzpunkten sind einfach zu verbinden.
- Auch Metalle mit unterschiedlichen Querschnitten können verbunden werden. Beispielsweise ist das Verlöten einer 0,1 mm starken Kupferfolie mit einem 2,5 mm starken Stahlblech relativ einfach. Es ist aber fast unmöglich, diese Verbindung zu schweißen.
- Die Nähte verteilen Spannungen und Wärme ausgezeichnet. Die gebildete Kehlnaht hat die ideale Form, um Ermüdungserscheinungen zu vermeiden.
- Das Verfahren ist besonders für die Automatisierung geeignet. Die typischen Automatisierungsverfahren sind Flamm-, Ofen-, Induktions- und Widerstandshartlöten.
- Nach dem Hartlöten ist es nur selten nötig, nachzuschleifen, aufzufüllen oder die Naht mechanisch zu bearbeiten. Das spart Kosten und ist besonders für Baugruppen geeignet, die beschichtet werden sollen.
- Die Nähte entstehen durch Kapillarwirkung und komplexe Geometrien lassen sich ebenso leicht wie einfache verbinden.
- Zum Hartlöten benötigt man relativ niedrige Temperaturen, was ideal für wärmeeintragsempfindliche Werkstoffe und Werkstücke mit Heißrisseignung ist.

Der Prozess

Beim Silberhartlöten kommt eine silberhaltige Legierung mit einer Schmelztemperatur über 450°C aber unter dem Schmelzpunkt der zu verbindenden Metalle zum Einsatz. Beim Hartlöten werden die Grundmetalle normalerweise ein wenig über die Liquidustemperatur (Fließpunkt) des Lotes erhitzt, sodass es schmilzt. Der Schweißzusatz fließt dann durch die Kapillarwirkung in den Fugenzwischenraum der beiden Grundwerkstoffe und wird durch atomare Bindekräfte und Diffusion an deren Oberflächen gebunden. Im Gegensatz zu anderen Fügeverfahren für Metall muss die Legierung beim Hartlöten zwischen eng aneinandergelagerte Werkstücke fließen. Zum erfolgreichen Hartlöten muss man dessen Grundlagen verstehen. Wenn die folgenden Grundlagen klar sind, ist es auch einfach, Probleme zu beheben:

- **Gute Passung und geeigneter Abstand**
- **Saubere Grundmetalle**
- **Lötgerechte Anordnung**
- **Geeignetes Flussmittel/Atmosphäre**
- **Erwärmen der Baugruppe**
- **Reinigen der gelöteten Baugruppe**

Gute Passung und geeigneter Abstand

Alle Lötlegierungen beruhen auf die Kapillarwirkung, durch die das Lot über die gesamte Stoßfläche verteilt wird. Die Kapillarwirkung ist die Kraft, die eine Flüssigkeit durch den Zwischenraum zwischen zwei parallel angeordneten Oberflächen zieht. Beim Hartlöten ist der Zwischenraum mit der besten Kapillarwirkung 0,03-0,10 mm groß. Der Zwischenraum hat auch eine erhebliche Auswirkung auf die Verbindungsfestigkeit. Beim Hartlöten von Edelstahl wird die stärkste Verbindung (930 MPa) mit einem Zwischenraum von 0,038 mm erreicht. In der Praxis genügt aber das lockere Aneinanderlegen zweier Rohre, um eine absolut geeignete Lötnaht zu erhalten. Wenn Sie zwei flache Teile verbinden wollen, können Sie sie einfach übereinanderlegen. Die fertigungsbedingte Oberflächenrauheit reicht normalerweise aus, um Kapillare für das geschmolzene Lot zu bilden.

Reinigen der Metalle

Es entsteht nur eine ausreichende Kapillarwirkung, wenn die Oberflächen der Metalle sauber sind. Kontaminationen wie Öl, Fett, Rost, Zunder oder Schmutz müssen entfernt werden. Wenn dies nicht geschieht, formen sie eine Barriere zwischen den Grundmetalloberflächen und dem Lot. Entfernen Sie zuerst Öl und Fett, indem Sie das Werkstück in ein entfettend wirkendes Lösungsmittel tauchen, oder per Dampfenfettung oder mit alkalinen oder wässrigen Reinigungsmitteln. Wenn die Metallflächen mit Rost oder Zunder bedeckt sind, entfernen Sie diese Schicht chemisch oder mechanisch. Verwenden Sie für die chemische Entfernung eine Metallbeize. Die mechanische Entfernung sollte mit einem Scheuermittel erfolgen. Insbesondere bei der Reparatur können die zu verlöteten Teile sehr verschmutzt oder gerostet sein. Sie können die Reinigung mit Schmirgelpapier, einer Schleifscheibe, einer Feile oder durch Abstrahlen recht schnell vornehmen.

Sobald die Teile gründlich gereinigt sind, sollte schnellstmöglich das Flussmittel aufgetragen und gelötet werden. So besteht die geringste Wahrscheinlichkeit, dass die Oberflächen wieder kontaminiert werden.

Flussmittel auftragen

Flussmittel sind chemische Verbindungen, die vor dem Hartlöten auf die Stoßoberflächen aufgetragen werden. Sie sind unentbehrlich für das Hartlöten, da die Flussmittelschicht im Stoßbereich die Oberflächen von der Luft abschirmt und so die Oxidation verhindert. Das Flussmittel löst außerdem alles Oxid auf, was sich während der Erhitzung bildet oder während der Reinigung nicht vollständig entfernt wurde, und absorbiert es. Die HILCO Flussmittel werden in Pulverform verkauft und vor der Verwendung mit Wasser zu einer Paste angerührt. Tragen Sie das Flussmittel wenn möglich erst kurz vor dem Hartlöten auf.

Das Auftragen des Flussmittels ist ein entscheidender Schritt beim Hartlöten. Es gibt jedoch einige Ausnahmen zu dieser Regel. Kupfer kann ohne Flussmittel mit Kupfer verbunden werden, sofern ein eigens dafür hergestelltes Lot wie beispielsweise eine Silber-Kupfer-Phosphor-Legierung ((L-Ag2P, L-Ag5P, L-Ag15P) verwendet wird. Der Phosphoranteil in diesen Legierungen dient als Flussmittel für Kupfer.

Lötgerechte Anordnung

Wenn es die Form und das Gewicht der Teile zulassen, ist die Schwerkraft die einfachste Art, sie zusammenzuhalten. Falls Sie mehrere Bauteile hartlöten müssen, kann eine Stützvorrichtung eine gute Lösung sein. Wenn Sie die Stücke nahe am Stoß stützen müssen, verwenden Sie einen unbenetzbaren Werkstoff wie beispielsweise Titan.

Erhitzen der Baugruppe

In diesem Schritt wird der Stoß verlötet. Er umfasst die Erhitzung des Stoßes auf Löttemperatur und das Fließen des Lotes durch die Fuge. Beide Metalle sollten so gleichmäßig wie möglich erhitzt werden, damit sie die Löttemperatur gleichzeitig erreichen. Daher sollte bei der Verbindung unterschiedlich dicker Werkstücke dem dickeren Teil mehr Wärme zugeführt werden. Oder bei Werkstoffen mit unterschiedlicher Wärmeleitfähigkeit (z. B. Kupfer und Edelstahl) muss dem leitfähigeren Material (Kupfer) mehr Wärme zugeführt werden. Das Flussmittel dient als Indikator für die gleichmäßige Erhitzung.

Wenn beim manuellen Hartlöten die Löttemperatur erreicht ist, halten Sie den Lotstab vorsichtig an den Stoß. Erhitzen Sie den Lotstab nicht direkt. Die erhitzte Baugruppe schmilzt einen Teil des Lotstabs ab, der dann durch die Kapillarwirkung im gesamten Stoßbereich verteilt wird. Es ist zu empfehlen, die Seite der Baugruppe zu erhitzen, die sich gegenüber der Stelle befindet, an der Sie das Lot zuführen.

Falls Sie vorgeformte Lote (Kugeln, Scheiben oder Sonderformen) verwenden, platzieren Sie sie vor der Erhitzung im Stoß.

Reinigen der gelöteten Baugruppe

Die Reinigung von gelöteten Baugruppen erfolgt hauptsächlich, um Flussmittelreste zu entfernen. Dieser Vorgang ist einfach aber sehr wichtig, um zu verhindern, dass Flussmittelreste das Grundmetall angreifen und so möglicherweise die Verbindung schwächen. Die meisten Flussmittel sind wasserlöslich. Die einfachste Möglichkeit, Flussmittel zu entfernen, ist es, die Baugruppe in heißes Wasser zu tauchen.