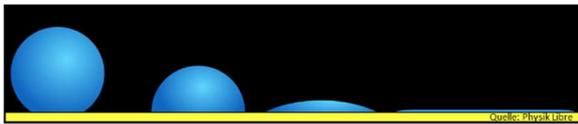


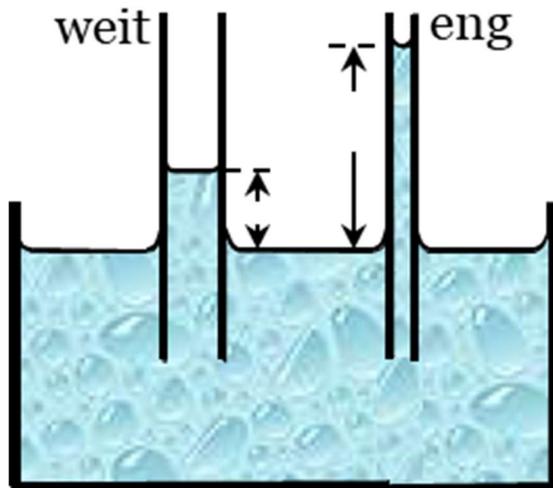
Hochtemperaturlöten

1. Grundlagen

Das Löten als Fügeprozess zeichnet sich dadurch aus, dass im Gegensatz zum Schweißen die zu verbindenden Komponenten nicht geschmolzen werden. Nur ein zugeführtes metallisches Lot wird während des Vorgangs erschmolzen. Dieses muss eine benetzende Wirkung im Verhältnis zu den zu verbindenden Komponenten haben. Durch den Kapillareffekt gelangt das Lot in den Lotspalt und füllt diesen vollständig aus.



Unterschiedlicher Benetzungsgrad einer Flüssigkeit



Der Kapillareffekt

Das Hochtemperaturlöten zählt zu den Hartlötverfahren. Aufgrund seiner guten mechanischen Eigenschaften und einem geringen Verzug gewinnt es immer stärker an Bedeutung in der industriellen Fertigung. Im Gegensatz zum Schweißen hat der Konstrukteur hier eine deutlich größere Freiheit, was die zu verlötenden Werkstoffe betrifft und auch geometrische Rahmenbedingungen werden beim Löten über die geringere Temperatur und den Kapillareffekt einfacher erfüllt.

Das Hochtemperaturlöten erfolgt in dazu geeigneten Ofenanlagen. Damit es zu keinen unerwünschten Reaktionen mit Luftsauerstoff kommt, muss der Ofen über eine entsprechende Inertgasatmosphäre oder Vakuum verfügen. Je nach Bauteilgeometrie und Stückzahlen kommen dabei Kammeröfen oder Durchlaufanlagen zum Einsatz. Bei passenden geometrischen Voraussetzungen kann auch eine induktive Erwärmung für das Hochtemperaturlöten von Vorteil sein.

2. Der Prozess

2.1. Vorbereitung

Beim Hochtemperaturlöten in Ofenanlagen muss berücksichtigt werden, dass während des Lötprozesses kein Zugriff auf die Teile möglich ist. Dies ist bei der Konstruktion, der Montage und der Beladung zu berücksichtigen.

Bei der Konstruktion und Montage ist darauf zu achten, dass die zu verlötenden Teile gegen Verrutschen gesichert sind. Im Ofen können durchaus kleinere Erschütterungen und Vibrationen auftreten. Gleichzeitig muss berücksichtigt werden, dass an einer geeigneten Stelle ein Lotdepot aufgetragen oder mit einmontiert werden kann.

Gleichzeitig ist bei der Ofenbeladung auf einen festen Halt der Teile zu achten. Teile mit schlechter Stabilität beim Löten müssen mit geeigneten Vorrichtungen gestützt werden, damit die Position im Ofen erhalten bleibt.

Zur Sicherheit sollte die Lötverbindung bereits während der Konstruktion mit dem Lötbetrieb besprochen werden.

2.2. Lotmittel

Für das Hochtemperaturlöten stehen eine Vielzahl an Loten zur Verfügung. Die Lotauswahl richtet sich nach den zu verlötenden Werkstoffen, den geforderten mechanischen Eigenschaften und nicht zuletzt auch nach wirtschaftlichen Bedingungen.

Die Lotwerkstoffe sind üblicherweise als Pulver (Pasten), Drähte oder Bleche verfügbar.

Lotwerkstoff	Temperaturbereich
Silberhartlote	650 - 1.100°C
Phosphorhaltige Kupferhartlote	650 - 800°C
Messinghartlote	900 - 910°C
Hochtemperaturlote auf Nickelbasis	900 - 1.200°C
Hochtemperaturlote auf Kupferbasis	1.040 - 1.120°C
Aluminiumhartlote	560 - 600°C

Gruppen der wichtigsten Hochtemperaturlote

2.3. Anforderungen an die Komponenten

Ein gleichmäßiger und enger Lotspalt ist Grundvoraussetzung für einen erfolgreichen Lötprozess. Dieser Lotspalt muss auch nach der Montage der beiden Komponenten und bei kleinen Erschütterungen so erhalten bleiben. Im Bereich des Lotspaltes muss ein geeignetes Lotdepot angebracht werden können.

Die Sauberkeit der Oberflächen kann einen direkten Einfluss auf die Benetzung und damit auf den Kapillareffekt haben, im schlimmsten Fall wird das Lot nicht in den Lotspalt hineingezogen. Gegebenenfalls muss mit flussmittelhaltigen Loten gearbeitet werden, um eine gute Benetzung sicherzustellen.

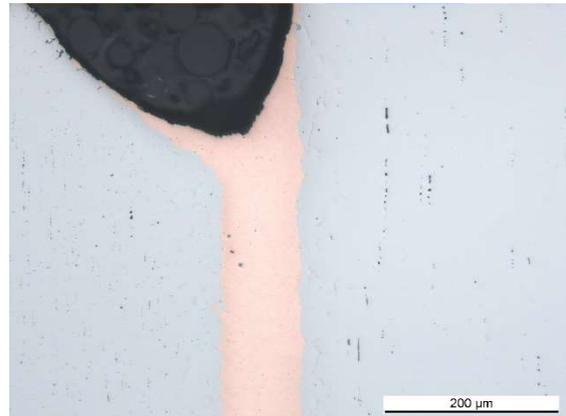
Bei zu verlötenden Komponenten mit stark unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten muss man berücksichtigen, dass beim Abkühlen Eigenspannungen entstehen. Hierfür müssen entsprechende geometrische oder löttechnische Vorkehrungen getroffen werden.

Insbesondere beim Löten in Vakuumhärteöfen nutzt man bei den dafür geeigneten Werkstoffen gern die Möglichkeit, das Löten und folgende Härten in einem Prozesszyklus durchzuführen.

3. Anwendungen

Beispiele für Anwendungen des Hochtemperaturlötens finden sich in verschiedenen Bereichen:

- Kfz-Industrie
- Werkzeug- und Formenbau
- Maschinenbau
- Luftfahrt
- Nahrungsmittelindustrie



Beispiel für Lötverbindung mit Kupferlot



Gelötete Formplatte mit optimierten Kühlkanälen



Gelötete Kraftstoffleitung

Die WOW Partner

Die Rheintal Härtetechnik GmbH in Röthis, Österreich verfügt über umfangreiche Kenntnisse beim Löten in Vakuumöfen, bietet aber auch das klassische Flammlöten als Dienstleistung an.



Die Vacuheat GmbH in Limbach-Oberfrohna ist vor allem für das Hochtemperaturlöten von größeren Stückzahlen ein erfahrener Partner.



Die Indulaser AG in Steinach am Bodensee (CH) stellt sich bevorzugt diffizilen Lötanforderungen für das induktive Löten mit einem umfassenden know how.

