



Im vorliegenden Merkblatt werden Maßnahmen zur Reinigung und Oberflächenvorbereitung für das flußmittelfreie Hart- und Hochtemperaturlöten von verschiedenen metallischen Werkstoffen beschrieben und für den Einsatz in der Praxis empfohlen. Verbesserungsvorschläge und Ergänzungsvorschläge zu diesem Merkblatt nimmt der DVS gerne entgegen.

Inhalt:

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Allgemeine Voraussetzungen für lötegeeignete Oberflächen
- 3 Oberflächenvorbereitung zum Löten
 - 3.1 Chemische Reinigungsverfahren
 - 3.2 Mechanische Reinigungsverfahren
 - 3.3 Thermische Reinigungsverfahren
 - 3.4 Spezielle Verfahren
 - 3.5 Maßnahmen zur Aufrechterhaltung lötegeeigneter Oberflächen
- 4 Werkstoffspezifische Reinigungsverfahren
- 5 Arbeits- und Umweltschutz
- 6 Schrifttum

1 Anwendungsbereich

Qualitativ hochwertige Hart- und Hochtemperaturlötverbindungen von Stählen, Aluminiumlegierungen und anderen metallischen Werkstoffen bedingen eine sorgfältige Oberflächenvorbereitung. Hierzu können mechanische, chemische oder thermische Reinigungsverfahren oder deren Kombinationen eingesetzt werden. Dieses Merkblatt beschreibt die wesentlichen Aspekte, die es hinsichtlich dieser Verfahren zu beachten gibt. Darüber hinaus werden noch Hinweise zur Benetzungsverbesserung der so gereinigten Oberflächen gegeben.

2 Allgemeine Voraussetzungen für lötegeeignete Oberflächen

Lötungen hoher Qualität und Bauteilsicherheit sind erreichbar, wenn die zu lötenden Oberflächen eine ausreichende Benetzung durch das gewählte Lot zulassen. Dies wird erreicht, wenn die zu lötenden Teile sauber und frei von benetzungshemmenden Rückständen (zum Beispiel Rost, Oxide, Schmelzdemulsionen, Fett, Öl, Schmutz, Farben) sind. Das Benetzungsverhalten des gewählten Lotes hängt auch von den Eigenschaften des Grundwerkstoffes, dessen Oberflächenbeschaffenheit (Rauigkeit), den Eigenschaften des Lotes, dem Lothilfsmittel und von der Wärmeleitung beim Lötprozeß ab. Eine Reinigung der zu lötenden Teile ist grundsätzlich notwendig und ist abhängig von den zu lötenden Werkstoffen, der Luftatmosphäre, der Verschmutzungsart und der Bauteilgeometrie.

Bei Werkstoffen, die mit der Atmosphäre rasch reagieren (Oxidbildung) – dazu zählen Aluminium, Beryllium, Tantal, Titan und weitere Legierungen –, sollte der Lötvorgang unmittelbar nach der Reinigung und Oberflächenbehandlung erfolgen, in der Regel innerhalb einer Stunde.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muß jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

3 Oberflächenvorbereitung zum Löten

Die Maßnahmen zur Vorbereitung metallischer Metalloberflächen lassen sich wie folgt einteilen:

- 3.1 Chemische Reinigungsverfahren
- 3.2 Mechanische Reinigungsverfahren
- 3.3 Thermische Reinigungsverfahren
- 3.4 Spezielle Verfahren
- 3.5 Maßnahmen zur Aufrechterhaltung lötegeeigneter Oberflächen

3.1 Chemische Reinigungsverfahren

Unter chemischen Oberflächenreinigungsverfahren sind das Entfetten und das Beizen zu verstehen. Sie variieren von einem einfachen manuellen Tauchen bis hin zu aufwendigeren Behandlungen. Im wesentlichen ist zu unterscheiden zwischen den folgenden verschiedenen Verfahren, die teilweise auch in Verbindung mit Ultraschall angewendet werden können, wodurch sich ihre Wirksamkeit erhöht.

3.1.1 Entfettung mit handelsüblichen Lösungsmitteln (zum Beispiel Isopropanol, Methylthylketone, Aceton).

3.1.2 Dampfenfettung mit Kohlenwasserstoffen und chlorierten Kohlenwasserstoffen.

Reinigungen mit chlorierten Kohlenwasserstoffen dürfen nur in speziell dafür konzipierten, geschlossenen Anlagen durchgeführt werden.

3.1.3 Alkalische Reinigung mit wäßrigen Lösungen

– bei 60 °C in einer Lösung aus 5 g Natriumhydroxid (NaOH) mit 100 ml H₂O

– mit einer Lösung aus 5-10 g Natriumkarbonat (Na₂CO₃) und 5-10 g Trinatriumkarbonat in 100 ml H₂O. Anstelle von Natriumkarbonat kann auch Natriumhydroxid verwendet werden.

3.1.4 Emulsionsreinigung mit Mischungen aus Kohlenwasserstoffen, Fettsäuren, benetzenden Mitteln und Oberflächenaktivatoren.

3.1.5 Beizbehandlungen mit Säuren oder Säuregemischen, Laugen oder Salzen. (Die entsprechenden Anwendungsgebiete sind in Abschnitt 4 aufgeführt.)

Die Auswahl des Verfahrens hängt vom Grundwerkstoff, von der Art und dem Umfang der Verschmutzung, von den Reinheitsforderungen und von der Geometrie der zu reinigenden Oberflächen ab. Zu beachten ist, daß alle beim Reinigungsprozeß abgelösten Verunreinigungen durch ausreichende Spülung mit vollentsalztem Wasser kontrollierbar entfernt werden.

3.2 Mechanische Reinigungsverfahren

Mechanische Reinigungsverfahren, wie Schleifen, Feilen oder andere spanende Bearbeitungsverfahren, Strahlen und Draht-

Tabelle 1. Übersicht über Strahlmittel und Verfahren.

Strahlmittel, Strahlverfahren	Vorteil	Nachteil
Hartgußsplitterstücke oder gehärtete Stahlsplitterstücke	Aufgeraute Oberflächen bei harten Werkstoffen verbessern den Lotfluß	Einlagerung von Partikeln in weichen Werkstoffoberflächen (z.B. Kupfer), Fremdrosteintrag bei nichtrostenden Stählen durch Strahlreste
Rostbeständige Splitterstücke	Aufgeraute Oberfläche bei rostbeständigem Stahl verbessert den Lotfluß	Einlagerung von Partikeln in weiche Werkstoffoberflächen
Rostbeständige Stahlkörner	Verbessert den Lotfluß auf Edelstahloberflächen	Geringere Reinigungswirkung, Oberflächenverfestigung
Kugelige metallische Strahlmittel	Verkleinerung der spezifischen Oberfläche	Geringere Reinigungswirkung, Oberflächenverfestigung
Glaskugeln	Keine Einlagerung von kantigen Partikeln, verbessert Lotfluß durch geglättete Oberfläche	Geringere Reinigungswirkung, Oberflächenverfestigung
Nichtmetallische, eisenfreie Strahlmittel wie Al_2O_3 , ZrO_2 , SiC ,...	Gute Reinigungs- und Aufrauhwirkung, SiC gut geeignet für harte Werkstoffe	Strahlmittel kann sich in weiche Grundwerkstoffe einlagern und Lotfluß behindern
Naßstrahlmethoden, Dampfstrahlen, Naßstrahlen mit nichtmetallischen Strahlmitteln	Einfache Handhabung, schonende Reinigung	Begrenzte Reinigungsfähigkeit, kaum Wirkung gegen problematischen Oberflächen wie Walzhaut; Verschmutzung durch eingesetzte Emulsion

bürstenbearbeitung, können eingesetzt werden, um unerwünschte Oberflächenschichten (Oxide, Walzhäute) zu entfernen.

Falls eine maschinelle Bearbeitung durchgeführt wird, ist darauf zu achten, daß keine Anlauffer auftreten, zum Beispiel Oxid- oder Nitridschichten, die die Benetzung des Grundwerkstoffs durch das Lot beeinträchtigen. Der bei der Reinigung und Oberflächenvorbereitung mögliche Werkstoffabtrag muß bei der Festlegung des Lötspalts berücksichtigt werden. Bei Oberflächen mit zu geringerer Rauhtiefe, hervorgerufen beispielsweise durch Feinschleifen, Läppen oder Polieren, kann eine ungenügende Benetzung auftreten. In solchen Fällen müssen die Flächen mechanisch oder chemisch leicht aufgeraut werden, so daß die Bearbeitungsriefen möglichst in Lotflußrichtung liegen. Kühlmittel oder Öle, die bei der Bearbeitung benutzt wurden, müssen vor dem Löten entfernt werden.

Wurden die zu lötenen Oberflächen durch Strahlen vorbereitet, sind einige Faktoren zu beachten. Gestrahlt wird, um die Oxidschichten zu entfernen und die Oberflächen aufzurauben, so daß die Benetzung durch das Lot verbessert wird. Das Strahlgut muß sauber sein und aus einer Substanz bestehen, die keine benetzungshindernden Rückstände auf den zu verbindenden Oberflächen hinterläßt. Durch zu starkes Aufrauen kann unter Umständen die bevorzugte Fließrichtung des Lotes behindert werden. Die gestrahlten Oberflächen sollten danach möglichst schnell gelötet werden, damit eine Wiederbelegung der so aktivierten Oberflächen weitgehend vermieden wird. In Tabelle 1 ist eine Übersicht gegeben.

3.3 Thermische Reinigungsverfahren

Je nach Verunreinigungsgrad und den auf der Oberfläche vorhandenen Elementen wird ein Reinigen in reduzierender Atmosphäre (Vakuum, H_2 , HF) erforderlich. Dieses Verfahren wird in einem Temperaturbereich oberhalb $300^\circ C$ durchgeführt.

3.4 Spezielle Verfahren

Mitunter bleiben bei bestimmten Metallen und Legierungen auch nach einer sorgfältig durchgeführten Reinigung noch festhaftende Fremdschichten auf der Oberfläche zurück, die auch unter Lötbedingungen stabil bleiben und die Benetzung des Lotes behindern. In diesen Fällen werden Oberflächen durch Aufbringen von vom Lot gut benetzbaren Zwischenschichten, vorzugsweise aus Kupfer, Nickel oder Silber, zum Löten vorbereitet. Diese Zwi-

schenschichten können galvanisch, chemisch (zum Beispiel stromloses Abscheiden Cu), physikalisch (PVD) oder mechanisch (Aufbürsten von Metallpulvern) aufgebracht werden.

3.5 Maßnahmen zur Aufrechterhaltung löteigneter Oberflächen

Nach dem Reinigungsvorgang ist sicherzustellen, daß der Oberflächenzustand bis zum Zeitpunkt des Lötprozesses aufrechterhalten bleibt. Folgende Maßnahmen sind, je nach Anwendungsfall, zweckmäßig:

- Zeitraum zwischen Reinigung und Löten möglichst gering halten,
- bei der Handhabung der gereinigten Bauteile sind diese vor Hand schweiß zu schützen (Handschuhe tragen),
- Lagerung in inerter (z. B. Flutung mit Stickstoff) und trockener Atmosphäre (z. B. Trockenbeutel),
- Lagerung unter Vakuum (z. B. Vakuumverpackung),
- vor Neuverschmutzung schützen (z. B. mit Trockenvliesfolie abdecken).

Wird die Fixierung der Lötteile durch Schweißen vorgenommen, so sollten die zu lötenen Oberflächen durch einen geeigneten Schutzgasschleier vor Oxidation bewahrt werden.

4 Werkstoffspezifische Reinigungsverfahren

Bei stark oxidierten Bauteilen (zum Beispiel mit Gußhaut, Walzhaut, funkenenerodierte Oberflächen) hat sich der folgende Arbeitsablauf bewährt:

1. Entfetten (z. B. mit einem Lösungsmittel im Ultraschallbad),
2. Mechanische Reinigung (z. B. Strahlen mit einem geeigneten Strahlgut),
3. Beizen (siehe folgende Hinweise),
4. Spülen mit vollentsalztem Wasser mit anschließender Trocknung.

In Tabelle 2 sind die üblichen werkstoffspezifischen Beizverfahren in alphabetischer Reihenfolge aufgelistet. Eine vorangehende Entfettung und eine anschließende Spülung werden immer vorausgesetzt.