



Bild 2: Unterschiede bei der Anwendung von Aluminium-Flußmitteln

Flammlöten

Beim Flammlöten werden die Bauteile mit dem Brenner auf Ltemperatur erwärmt. Als Brenngase finden Erdgas bzw. Stadtgas sowie Propan aber auch Azetylen Verwendung. Die Brenngase werden kombiniert mit angesaugter Luft, Druckluft und gelegentlich auch mit Sauerstoff.

Beim Brennerlten von Hand wird das Bauteil im Ltbereich mit Flußmittel eingestrichen und das Lot nach Aufschmelzen des Flußmittels meistens als Stab an der Lötstelle angesetzt und abgeschmolzen. Aber auch der Einsatz von Lotformteilen findet bei der Handltung Anwendung. Bei größeren Stückzahlen wird in den letzten Jahren zunehmend die Verarbeitung auf brenner-beheizten Ltmaschinen vorgenommen. Die Arbeitsweise ähneln der des Handlöten, es werden aber in stärkerem Ma Lotformteile angewendet. Bei Ltmaschinen kommt häufig Lotpaste zum Einsatz, soweit die Bauteilgeometrie ihre Anwendung ermöglicht. Beim Pastenlten muss eine Deponiermglichkeit für die Paste gegeben sein.

Zudem muss der Wärmeführung besondere Beachtung geschenkt werden, da das Pastenlten auf Fehler in der Wärmeführung empfindlich reagiert. Pasten sind grundsätzlich Mischungen aus Lotpulver, Flußmittel und einem organischen Binder. Der organische Binder hat die Aufgabe, die Mischung aus Lotpulver und Flußmittel in eine dosierbare Form zu bringen. Darüber hinaus erwartet man vom Pastenbinder spezifische Eigenschaften, so z.B. Verbleiben an der Lötstelle bis zum Aufschmelzen des Flußmittels, danach aber rückstandsfreie Verbrennung bzw. Verdampfung bis zum Erreichen der Ltemperatur.

Pasten können sowohl korrosives als auch nicht korrosives Flußmittel enthalten. Bei Flammltungen werden heutzutage noch überwiegend Pasten mit korrosivem Flußmittel eingesetzt, vor allem deshalb, da optisch blanke, gut aussehende Bauteile gewünscht werden, was durch die Wasserlöslichkeit der Flußmittelreste erreicht wird. Die nicht korrosiven Flußmittel berziehen

dagegen die Lötstelle mit einem gleichmäßigen Salzfilm.

Induktionslöten

Das Induktionslöten von Aluminium wird fast ausschließlich zum Kompensbodenlten eingesetzt. Beim Kompensbodenlten handelt es sich um die Verbindung einer Aluminiumplatte mit einem Chromnickelstahl-Kochtopf. Die Lötung wird wie folgt durchgeführt:

Das Flußmittel wird mit Wasser oder mit Wasser-Alkohol-Mischungen im Verhältnis von ca. 1 : 1 bis 1 : 2 zu einer Paste angefeigt. Diese Paste wird mit dem Pinsel auf den Kompensboden aufgetragen. Auf den mit Flußmittel benetzten Kompensboden wird dann Lotkrnung des Typs AL 104, Körnung 100- 315 pm, aufgestreut. Anschließend werden die beiden Bauteile positionsgenau in einer Ltpresse zusammengefügt. In einem der beiden Pressstempel ist eine Mittelfrequenz-Induktionsspule eingebaut. Durch den Mittelfrequenzstrom wird das Bauteil auf Ltemperatur erwärmt.

Nach dem Schmelzen des Lotes wird ein definierter Druck aufgebracht, der den Kompensboden fest an den Kochtopfboden anpresst. Danach wird der Strom abgeschaltet und die Lötverbindung erkaltet im gepressten Zustand.

Nach Erstarren des Lotes wird der fertige Topf aus der Presse herausgenommen und anschließend gesäubert, d.h. eventuelle Flussmittelreste werden entfernt, Unebenheiten der Lothohlkehle werden mit einem Stichel auf der Drehbank überarbeitet. Für diese Lötung wird lediglich das nicht korrosive Flussmittel verwendet, in zunehmendem Maße in Form von Hartlotpaste. Diese enthält - wie bereits ausgeführt - sowohl das Lot als auch das nicht korrosive Flussmittel und wird mit dem Pinsel gleichmäßig auf die Ronde aufgetragen. Da die Paste bereits Lot enthält, entfällt das Aufstreuen des Lotpulvers. Man spart somit einen Arbeitsgang.

Salzbadlöten

Beim Salzbadlöten werden die zusammengesetzten, gegeneinander fixierten Bauteile in das geschmolzene Flussmittel eingetaucht. In der Regel wird mit eingelegetem Lotformteil gearbeitet oder mit lotdubliertem Material. Die Vorteile des Verfahrens sind:

- Das Eintauchen in das geschmolzene Flussmittelbad erspart eine besondere Flussmittelapplikation.
- Die Wärmeübertragung ist recht gleichmäßig, so dass dünnwandige, kompliziert geformte Bauteile bearbeitet werden können. Das Einhalten enger Fertigungstoleranzen ist möglich.
- Wie beim Ofenlöten können viele eng beieinanderliegende Lötstellen in einem Arbeitsgang gelötet werden.

- Bedingt durch die stützende Wirkung des geschmolzenen Flussmittelbades unter gleichmäßiger Wärmeerbringung hat sich dies, vor allem für die Lötung dünnwandiger Teile wie Radiatoren, Konvektoren usw. bewährt.

Nachteilig ist, dass das Verfahren die Umwelt stark belastet. Es entstehen nicht nur korrosive Dämpfe, sondern es wird auch vergleichsweise viel Flussmittel verbraucht. Da meistens korrosive Flussmittel verwendet werden, entstehen große Mengen Abwasser, die mit entsprechendem Aufwand zu entsorgen sind. Die Anwendung des Verfahrens ist daher rückläufig.

Offenes Ofenlöten

Beim offenen Ofenlöten werden überwiegend lotplattierte Bauteile verarbeitet, aber auch die Anwendung von Lotformteilen ist üblich. Die Lötstellen werden mit Flussmittel benetzt, anschließend fährt man das Bauteil durch den Ofen. Da die Lötung an Luft erfolgt, muss für diesen Lötvorgang ein korrosives Flussmittel eingesetzt werden. Folglich entstehen korrosive Dämpfe, die den Ofen in kurzer Zeit zerstören würden. Zum Schutz des Ofens verwendet man Chromnickelstahl-Muffeln (teuer), die die Ofenausmauerung und Heizung gegen die Flussmitteldämpfe schützen.

Bei ständigem Betrieb kann aber eine solche Muffel auch innerhalb eines halben Jahres zerstört werden. Darüber hinaus ist ein Abziehen und Neutralisieren der Dämpfe notwendig. Nach dem Löten müssen die Flussmittelreste gründlich vom Bauteil abgewaschen werden.

Bedingt durch die hohe Umweltbelastung bzw. Kosten für Muffel und Entsorgung für Waschwasser geht die offene Ofenlöten ständig zurück.

Ofenlöten unter kontrollierter Atmosphäre

Aus Bild 1 ist zu entnehmen, dass die Reduktion der Aluminiumoxidschicht selbst unter reinem Wasserstoff bei Löttemperatur nicht möglich ist. Daraus ergibt sich der Zwang zum Einsatz von Flussmitteln auch unter Schutzgasatmosphäre. Es wird jedoch nur der nicht korrosive Typ eingesetzt. Das meistverwendete Schutzgas ist Stickstoff, aber es werden auch Stickstoffwasserstoffmischungen eingesetzt.

Wasserstoffhaltige Schutzgasatmosphären verwendet man vor allen Dingen dann, wenn z.B. Aluminium an Chromnickelstahl gelötet werden soll (Bild 3). Das Verfahren besitzt eine Reihe von Vorteilen:

- Gegenüber dem offenen Ofenlöten ist der Flussmittelverbrauch deutlich reduziert.
- Die Ofenmuffel kann aus einfachem Stahl gefertigt werden und hat eine Lebensdauer von deutlich mehr als 1 Jahr.
- Bei dieser Lötung verbleiben nur geringe Salzreste auf dem Bauteil.
- Es ist weder ein Waschvorgang noch sonstige Nacharbeit an den Bauteilen nach dem Löten erforderlich.

Die Bauteile werden zunächst entfettet. Dies kann erfolgen durch organische Lösungsmittel, alkalische Reiniger oder vorzugsweise durch eine Wärmebehandlung zwischen 150°C bis 250°C. Nach dem Entfetten wird das Bauteil mit einer Flussmittelsuspension eingesprüht.

Die Konzentration liegt üblicherweise zwischen 5 bis 10%. Überschüssige Suspension wird abgeblasen und dann das Bauteil bei ca. 500°C in einem Durchlaufofen getrocknet.

Alternativ hierzu sind auch Verfahren üblich, bei denen Flussmittelpulver auf das vorgewärmte Bauteil aufgebracht wird (Neuentwicklung).

Der eigentliche Lötprozess erfolgt nach dem Aufbringen des Flussmittels derart, dass das Bauteil durch einen Schutzgasofen hindurchgeführt wird. Dieser ist nach außen durch Glasfaservorhänge gegen Luft so „abgeschlossen“, dass die Bauteile ein und ausfahren können, ohne dass es zu unerwünschtem Luftzutritt in das Ofeninnere kommt. Der Wasserdampfgehalt des verwendeten Schutzgases bzw. der Sauerstoffgehalt liegt bei < 100 ppm. Nach dem Verlassen des Behandlungsovens sind die Bauteile fertig und können vom Förderband entnommen werden. Eine weitere Behandlung ist nicht erforderlich (Bild 4).



Bild 3: Pastenlötung unter Schutzgas an einem Durchlauf-erhitzer (Aluminium an vernickelten Stahl)



Bild 4: Aluminiumkühler, unter Schutzgas gelötet und lackiert; im Vordergrund ein Aluminiumverdampfer (gelötet und chromatiert)

Ausblick

Von den vorgestellten Lötverfahren stellen das Ofenlöten unter kontrollierter Atmosphäre heute das wichtigste Verfahren dar. Dieses Verfahren bietet Kostenvorteile, weil der Flussmittelverbrauch deutlich reduziert ist und die Belastung der Umwelt im Vergleich mit dem offenen Ofenlöten und dem Salzbadlöten deutlich verringert wird. Die Bedeutung dieses Verfahrens wird daher auch in Zukunft noch weiter zunehmen.

Durch Paste können Lötresultate in manchen Fällen optimiert werden, vor allem aber ist in vielen Fällen eine erhebliche Rationalisierung möglich.

Moderne Fertigungen haben schon vom getrennten Zuführen von Loten und Flussmitteln von Hand auf voll automatische Pastendosierung umgestellt. Die Anwendung von Pasten wird außerdem durch neue Appliziermethoden begünstigt.

Unter dem Namen "BrazeSkin" wurde von der BrazeTec GmbH ein Verfahren patentiert, das das Aufbringen gleichmäßig dünner Lotschichten ermöglicht. Dies ist auch bei schwierigen geometrischen Verhältnissen möglich. In vielen Fällen ist für mehrere Lötstellen an einem Bauteil nur ein einziger Appliziervorgang notwendig.

Die dünne gleichmäßige Verteilung des Lotes reduziert darüber hinaus die Neigung, den Grundwerkstoff während des Lötvorgangs anzulegieren.