

# Löten von Aluminium

## Vorteil der Hartlötverfahren

Der Einsatz von Aluminiumlegierungen in Wärmetauscher-Anwendungen ist in den 80-er und 90-er Jahren des vergangenen Jahrhunderts stetig gestiegen. Aluminium hat Kupfer und Messing nahezu vollständig ersetzt. Die Gründe dafür sind das anhaltende Streben nach Leichtbaulösungen und Kostenreduktion, wobei die Hersteller von Wärmetauschern die Vorteile von Aluminium hinsichtlich Festigkeit, Gewicht, Wärmeleitfähigkeit, Verformbarkeit und der Korrosionsbeständigkeit für sich nutzen. Folglich ist heute das Aluminiumhartlöten das bevorzugte Verfahren zur Herstellung von Kraftfahrzeug-Wärmetauschern wie zum Beispiel Ölkühlern, Kondensatoren, Verdampfern, Ladeluftkühlern und Klimageräten. Geometrisch komplexe Bauteile mit vielen Verbindungsstellen können in einem Arbeitsgang stoffschlüssig gefügt werden. Der unverminderte Erfolg des Aluminium-Wärmetauschers ist eng mit der Weiterentwicklung des Hartlötprozesses verbunden.

## Geschichte

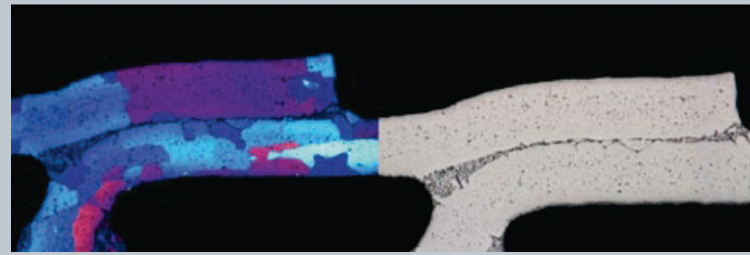
Zu Beginn der 1970er Jahre wurden Aluminium-Wärmetauscher noch mechanisch gefügt. Mitte dieser Dekade erfolgte die Einführung des flussmittelfreien Vakuumlöten (VAC) in der Massenproduktion. Das auf Flussmittel basierende CAB-Ofenlöten unter kontrollierter Atmosphäre (CAB - Controlled Atmosphere Brazing) der frühen 1980er Jahre hat zu einem steigenden Einsatz von lotplattierten Aluminiumwerkstoffen für Wärmetauscher-Anwendungen geführt.

## VAC-CAB Prozess

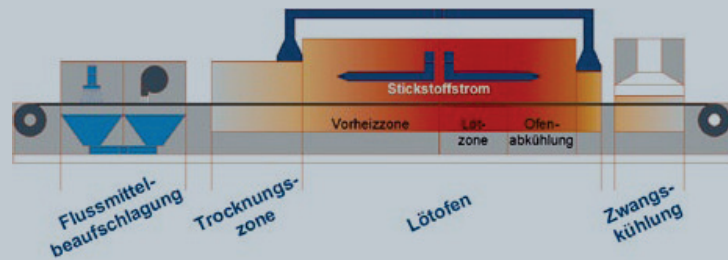
Da Aluminiumlegierungen einen stabilen und hochschmelzenden Oxidfilm bilden, muss die natürliche Oxidschicht entfernt werden. Dafür werden bei dem Vakuumlötprozess (VAC) und dem CAB-Verfahren unterschiedliche Methoden angewandt:

Beim Vakuumlöten werden vorwiegend Hartlote mit 1,0 – 2,0 % Magnesium eingesetzt. Das Magnesium diffundiert während des Lötvorgangs an die Oberfläche und verdampft aufgrund des niedrigen Drucks von  $10^{-5}$  mbar bei 600°C. Das Ausdampfen von Magnesium sowie die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungen von Al-Oxid und reinem Metall reißt die Oxidhaut an der Oberfläche auf und ermöglicht so das Fließen der Lotlegierung. Dieser Magnesiumdampf kondensiert an den kalten Ofenwänden und muss daher regelmäßig entfernt werden um einen optimalen Ofenbetrieb zu gewährleisten.

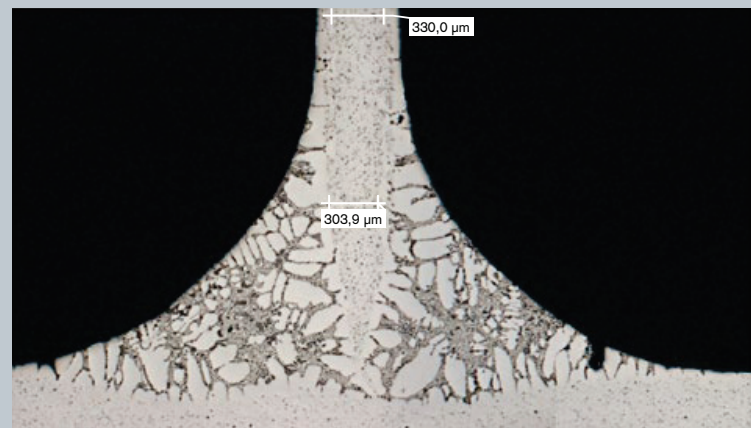
Beim CAB-Löten unter Schutzgas wird ein nichtkorrosives Flussmittel auf Basis schwach hygroskopischer Kalium- und Natriumfluoride verwendet, das im geschmolzenen



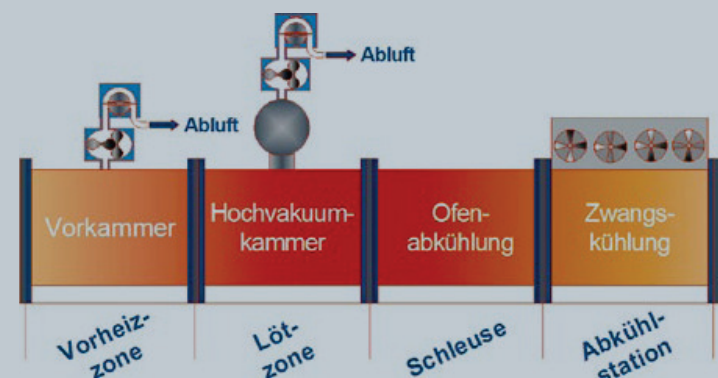
Korngröße und Lötnaht einer Schalenverlötung



Durchlauföfen für CAB-Schutzgaslöten



Typische Lötnaht mit ausgeprägtem AlSi-Eutektikum



Mehr-kammer-Durchlauföfen für Vakuumlöten

Zustand die Oxidschicht entfernt und damit ein weiteres Oxidieren verhindert. Jedoch gilt es zu beachten, dass ein Mg-Gehalt von größer 0,3 % im flüssigen Hartlot stabile Magnesiumoxide bzw. hochschmelzende Kalium-Magnesium-Fluoride bildet. Diese Verbindungen reduzieren die Fließfähigkeit des geschmolzenen Lotes und führen zu mangelhaften Lötverbindungen. Für das Löten von Aluminium-Magnesium-Legierungen wurden spezielle Cäsium-haltige Flussmittel entwickelt.