



**SOLVAY**

asking more from chemistry®

**7**

**Schritte zum  
erfolgreichen  
Aluminiumlöten**

**NOCOLOK®**



**Aluminiumlöten  
mit NOCOLOK®**

# Schritt 1 Auswahl einer geeigneten Legierung für das Löten unter Schutzatmosphäre

Aluminiumlegierungen werden gemäß den Legierungselementen klassifiziert. Die Bezeichnungen der Aluminum Association sind in nachfolgender Tabelle aufgeführt:

## Bezeichnungssystem für Aluminiumknetlegierungen

Legierungsreihe	Beschreibung oder wesentliche Legierungsbestandteile
1xxx	99,00% mind. Aluminium
2xxx	Kupfer
3xxx	Mangan
4xxx	Silizium
5xxx	Magnesium
6xxx	Magnesium und Silizium
7xxx	Zink und Magnesium
8xxx	Sonstige Bestandteile
9xxx	Nicht verwendet

Die chemische Zusammensetzung einer jeden AA-Legierung wird von der Aluminum Association registriert; einige Beispiele finden Sie nachfolgend:

## Beispiel der Zusammensetzung einer Aluminiumlegierung in Gewichtsprozenten\*

Nr. der Legierung	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Andere jeweils	Andere gesamt
1100	0,95	(Si + Fe)	0,05–0,20	0,05	–	0,10	–	0,05	0,15
1435	0,15	0,30–0,50	0,02	0,05	0,05	0,10	–	0,03	0,03
3003	0,60	0,70	0,05–0,20	1,00–1,50	–	0,10	–	0,05	0,15
3005	0,60	0,70	0,30	1,00–1,50	0,20–0,60	0,25	0,10	0,05	0,15
6063	0,20–0,60	0,35	0,10	0,10	0,45–0,90	0,10	0,10	0,05	0,15

\*Maximum, es sei denn als Bereich dargestellt

Legierungen aus 2xxx, 5xxx, 7xxx und 8xxx sind nicht für das Löten mit nicht-korrosiven Flussmitteln geeignet, (einzige Ausnahme: Legierung 7072).

## Schritt 2 Oberfläche reinigen

Staub und Schmutz, Kondensat, Schmierstoffe und Öle müssen sorgfältig entfernt werden. Sind die zu lötenden Metallteile ungenügend vorbereitet, kann sich das Flussmittel nicht gleichmäßig verteilen, das Lot kann nicht kontrolliert fließen, sich nicht ausbreiten oder wird sich verfärben. Eine unvollständige Verbindung wäre die Folge.

Zunächst gilt es daher, alle Teile von Öl und Fettverbindungen zu befreien. Die Oberflächen können dabei entweder mit chemischen, auf Wasser basierenden oder thermischen Reinigungsverfahren und -mitteln gereinigt werden.

### Reinigung mit Wasser

Wässrige oder auf Wasser basierende Reinigungsverfahren stellen durchaus sehr effektive und robuste Prozesse dar; ein Nachteil dabei sind jedoch die entstehenden Abwässer.

Wässrige Reinigungslösungen sind Lösungen, die auf einem konzentrierten Metallreinigungsmittel beruhen, welches dann mit Wasser auf 1–5 % (V/V) verdünnt wird. Die Zusammensetzung einer vorgefertigten Reinigungslösung ist herstellerabhängig, besteht aber üblicherweise aus einer Mischung aus oberflächenaktiven Stoffen, Waschsubstanzen und aktiven Bestandteilen wie Natriumkarbonat, das der Anhebung des pH-Wertes dient. Nach der Verdünnung weist die Reinigungslösung normalerweise einen erhöhten pH-Wert im Bereich zwischen 9 und 12 auf. Es gibt auch auf Säure basierende Reinigungslösungen, die jedoch nicht so verbreitet Verwendung finden.

Die besten auf Wasser basierenden Reiniger enthalten Wasser, Tenside, Reinigungsmittel und aktive Bestandteile wie Karbonate.

Die Reinigung erfolgt bei höheren Lösungstemperaturen schneller und ist in dem empfohlenen Bereich zwischen 50 °C und 80 °C am effektivsten.

### Thermische Entfettung

Die thermische Entfettung basiert auf dem Prinzip der Erwärmung des Werkstücks auf eine Temperatur, bei der Schmiermittel auf der Werkstückoberfläche abgasen. Dieses Verfahren funktioniert jedoch nur mit bestimmten Schmiermitteltypen, auch bekannt als verdunstende oder flüchtige Öle. Flüchtige Öle sind für leichte Aufgaben und Einsatzzwecke geeignet und werden meist bei der Herstellung von Wärmetauscherlamellen verwendet, wobei sie mittlerweile auch beim Stanzen und Formen anderer Wärmetauscherkomponenten Verwendung finden. Schmiermittel, die nicht für die thermische Entfettung geeignet sind, sollten nicht verwendet werden. Sie könnten nach der thermischen Behandlung Zersetzungsrückstände und kohlenstoffhaltige Rückstände hinterlassen, die bei konzentriertem Auftreten das Löten verhindern und über das Potential verfügen, das Produkterscheinungsbild massiv zu beeinträchtigen und eine Korrosion zu fördern.

## Schritt 3 Oxidschicht entfernen

Die erfolgreiche Aluminiumverbindung verlangt nach dem vorherigen Entfernen der Oxidschicht. NOCOLOK® Flux durchdringt im geschmolzenen Zustand teilweise die Oxidschicht und beseitigt sie. Die Metalloberfläche wird auf diese Weise durch das Flussmittel gereinigt und wird damit ideal auf das Lot – das spätere Verbundmaterial – vorbereitet. Es ist daher von großer Bedeutung, das Flussmittel auf die später zu verbindenden Teile aufzubringen.

## Schritt 4 Auswahl des richtigen Flussmittels und Lots

Für Lötungen mit NOCOLOK® Flux besteht das typische Lot aus einer schmelzbaren Legierung aus Aluminium und Silizium. Es stehen viele unterschiedliche Lote zur Verfügung: Für Ofenlötungen werden sowohl 6,8 % bis 8,2 % Si (AA4343) als auch 9 % bis 11 % Si (AA4045) verwendet.

In der nachstehenden Tabelle sind verschiedene Anwendungen mit den für diese geeigneten Flussmitteln aufgeführt.

### Anwendungen

Anwendungen	Flussmittel	NOCOLOK® Flux	NOCOLOK® Flux Drystatic	NOCOLOK® Sil Flux 2:1 (feinkörnig)	NOCOLOK® Sil Flux 2:1/3:1 (extra feinkörnig)	NOCOLOK® CB Flux	NOCOLOK® Cs Flux	NOCOLOK® Zn Flux	NOCOLOK® Li Flux	CSAlF-Complex/CSAlF <sub>4</sub>	KaCeFlux
Standard-Flussmittel für Aluminiumlöten	●										●
Flussmittel für elektrostatische / trockene Pulverbeschichtung		●							●		
Lotbildendes Flussmittel zum Hartlöten von Aluminium		●	●	●							
Lotbildendes Flussmittel alternativ zur Zinkbeschichtung						●					
Flussmittel zum Löten von magnesiumhaltigen Aluminium-Legierungen					●						
Niedrigschmelzendes Flussmittel zum Flammlöten von Aluminium									●		
Flussmittel zum Löten von Aluminium mit reduzierter Rückstandslöslichkeit und verbesserten Korrosionsschutzeigenschaften							●	●			

## Schritt 5 Kapillargröße wählen (Spaltmaß)

Zu verbindende Teile müssen den richtigen, passgenauen, geringen Abstand (Spaltmaß) vorweisen. Nur dann, wenn das Spaltmaß stimmt, kann das Lot nach dem Schmelzen per Kapillarwirkung fließen.

Es muss genügend Lot, aber es darf auch nicht zuviel Lot vorhanden sein, um den Spalt zu füllen. Zwischen den beiden zu verbindenden Teilen und dem Lot muss entlang der Verbindungsstelle irgendwo direkter Kontakt vorliegen. Als Faustregel gilt der Satz „Lot kann fließen, aber nicht springen“. Die Kontaktstellen initiieren den Kapillarfluss des Lots.

Ein Abstand zwischen zwei zu verbindenden Komponenten ist erforderlich, damit

- das geschmolzene Flussmittel zwischen die Teile fließen kann, seine Reinigungswirkung entfalten und die Oxide auflösen kann und
- das Lot behinderungsfrei und gleichmäßig durch die Kapillarwirkung eingezogen wird. Das Spaltmaß bestimmt die Stärke der Kapillarwirkung und damit die Fügung.

Für das Löten unter kontrollierter Atmosphäre (CAB – Controlled Atmosphere Brazing) sind Abstände von 0,10 bis 0,15 mm bei nicht-plattierten Komponenten (wenn das Lot extern zugeführt wird) empfehlenswert. Bei plattierten Teilen, wie z. B. in einer Rohr-zu-Behälter-Verbindung, bei der das Rohr plattiert ist, wird der Spielraum durch die Stärke der Plattierung vorgegeben, so dass ein enger Kontakt empfehlenswert ist.

Größere Abstände reduzieren die Kapillarwirkung, während zu geringe Abstände den Lotfluss behindern und damit unvollständigen Lötfluss verursachen können. Bei nicht-plattierten Teilen sind Pressverbindungen zu vermeiden.

## Schritt 6 Angemessene Flussmittelmenge aufbringen

In der Praxis liegt die empfohlene Menge Flussmittel bei  $5 \text{ g/m}^2$ , das gleichmäßig auf alle zu lötenden Oberflächen aufgetragen wird. Denkt man an ein staubiges Auto, bekommt man eine Vorstellung davon, wie  $5 \text{ g/m}^2$  Flussmittel aussehen. Mit der Zeit gewinnen die Hersteller von Wärmetauschern an Erfahrung, wie viel Flussmittel für das jeweilige Produkt und den Lötprozess erforderlich ist. Die benötigte Menge kann variieren, wichtig ist das Lötresultat.

Zu wenig Flussmittel führt zu schlechtem Lotfluss, einer schlechten Verbindungsbildung, höheren Ausschussraten und ungleichmäßiger Lötung. Anders ausgedrückt: Der Prozess ist empfindlich und verlangt nach Präzision.

Ein Zuviel an Flussmittel beeinträchtigt das Lötresultat dagegen nicht. Die Nachteile hier sind darin zu sehen, dass überschüssiges Flussmittel auf andere Komponenten tropft, dass die Oberfläche des Lötprodukts grau wird und sichtbare Flussmittelrückstände zurückbleiben. Darüber hinaus sammelt sich Flussmittel an bestimmten Stellen, die damit ein erhöhtes Maß an Nacharbeit erforderlich machen. Das Wichtigste ist aber: Zu viel Flussmittel erhöht die Kosten.

Auch die exakt richtige Lotmenge ist ein entscheidender Faktor beim Ofenlöten: Zu viel Lot kann zu Auflösung und Erosion des metallischen Werkstücks und einer reduzierten Materialstärke führen. Das wiederum kann in Leckagen oder einer verringerten Teilelebenszeit resultieren.

## Schritt 7 Metallteile gleichmäßig erhitzen

Eine gleichmäßige Temperatur von  $600 \text{ °C}$  der zu verbindenden Werkstücke ist ein wichtiger Faktor beim Löten in kontrollierter Atmosphäre. Langsames Erwärmen gewährleistet eine gleichmäßige Temperaturverteilung und damit eine gleichbleibend gute Verbindung. Aber: Ein zu langsames Erhitzen kann das Flussmittel austrocknen, was die Wirkung beeinträchtigt. Wenn das Lot seinen Schmelzpunkt erreicht, muss genügend Flussmittel zur Verfügung stehen. Grundsätzlich gilt, dass der Erwärmungszyklus so schnell wie möglich vorgenommen werden sollte, um eine stabile Temperaturverteilung erreichen zu können.

In der Industrie sind Aufheizraten im Bereich von  $45 \text{ °C/Min.}$  von Umgebungstemperatur auf  $500 \text{ °C}$  nicht ungewöhnlich. Man könnte sagen, je schneller, desto besser ... dennoch ist eine Gleichmäßigkeit der Temperatur über den gesamten Wärmetauscher beizubehalten, besonders kurz vor Erreichen der höchsten Löttemperatur, was sich bei schnellen Aufheizraten jedoch als schwierig darstellt.

Während des Aufheizens kann es zu nicht unwesentlichen Temperaturunterschieden innerhalb des Lötprodukts kommen. Diese Temperaturdifferenzen nehmen mit Erreichen der Höchsttemperatur ab. Bei Erreichen der Löttemperatur wird empfohlen, dass diese Differenzen den Wert von  $\pm 5 \text{ °C}$  nicht überschreiten sollten. Das Einhalten dieser Empfehlung ist kein leichtes Unterfangen, wenn größere Werkstücke verarbeitet werden, die unterschiedliche Massenbereiche innerhalb des Produkts aufweisen.

Das gelötete Produkt sollte nicht länger als 3–5 Minuten bei maximaler Löttemperatur verbleiben. Der Grund dafür besteht in einem Phänomen, das Loterosion genannt wird; sie findet statt, sobald das Lot schmilzt. Darum gilt, je länger das Lot in geschmolzenem Zustand verbleibt, desto stärker liegt eine Erosionswirkung vor. Ernste Erosion wird auch durch exzessive Spitzentemperaturen beim Löten hervorgerufen.



Europe

**Solvay Fluor GmbH**  
Postfach 220  
30002 Hannover, Germany  
Tel.: +49 511 857-0  
Fax: +49 511 857-2146

North America

**Solvay Fluorides, LLC**  
3333 Richmond Avenue  
Houston, TX 77098, USA  
Tel.: +1713 525-6000  
Fax: +1713 525-7805

Asia/Pacific

**Solvay Korea CO., LTD**  
EWAH-Solvay R&I Center  
150, Bukahyun-ro  
Seodaemun-gu  
Seoul 120-140, South Korea  
Tel.: + 82 2 2125 5300  
Fax: + 82 2 2125 5380

[www.solvay.com](http://www.solvay.com)  
[www.nocolok.com](http://www.nocolok.com)

Disclaimer:

All statements, information, and data given herein are believed to be accurate and reliable but are presented without guarantee, warranty or responsibility of any kind, express or implied. Statements or suggestions concerning possible use of our products are made without representation or warranty that any such use is free of patent infringement, and are not recommendations to infringe any patent. The user should not assume that all safety measures are indicated, or that other measures may not be required. In any case, the user is not exempt from observing all legal, administrative and regulatory procedures relating to the product, personal hygiene, and protection of human welfare and the environment.