



**SOLVAY**

asking more from chemistry®

**7**

**pasos para lograr  
una buena soldadura  
de aluminio**

**NOCOLOK®**



**Soldadura de aluminio  
con NOCOLOK®**

# Paso 1

## Escoja la aleación adecuada para las condiciones de atmósfera controlada

Las aleaciones de aluminio se clasifican en función de los elementos de aleación. En la siguiente tabla se indican las denominaciones que utiliza la Asociación del Aluminio:

### Sistema de denominaciones para aleaciones de aluminio forjado

Alloys series	Descripción de las series de aleaciones o elemento principal de la aleación
1xxx	99.00% mínimo aluminio
2xxx	Cobre
3xxx	Manganeso
4xxx	Silicona
5xxx	Magnesio
6xxx	Magnesio y Silicona
7xxx	Cinc y Magnesio
8xxx	Otro Elemento
9xxx	Inutilizado Serie

La Asociación del Aluminio registra la composición química de cada aleación AA. Se describen algunos ejemplos:

### Ejemplos de límites de la composición de aleaciones de aluminio expresados en porcentaje en peso\*

No de aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Cr	Otro elemento	Total otros
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

\*La velocidad máxima, a menos que se muestra como un rango

Las aleaciones de 2xxx, 5xxx, 7xxx y 8xxx no son adecuadas para la soldadura con fundentes no corrosivos. La única excepción es la aleación 7072.

## Paso 2 Limpie las superficies

Elimine completamente toda suciedad, condensados, restos de lubricante y aceite de la superficie. Si las piezas metálicas a soldar no fueron preparadas de forma satisfactoria, el fundente no se distribuirá uniformemente y el metal de aporte no fluirará de manera continua o se decolorará. La consecuencia sería una unión incompleta.

Por esta razón el primer paso será eliminar todo resto de aceite y grasa de los componentes. Para la limpieza pueden utilizarse productos químicos, productos acuosos o métodos térmicos.

### Limpieza con productos acuosos

La limpieza con agua o productos hidrosolubles es un método totalmente eficiente y probado, aunque puede dejar restos de humedad.

Para la limpieza acuosa se utiliza un agente limpiador de metales que se diluye en agua en una proporción entre 1% y 5% (v/v). La composición de una solución de limpieza es un dato que conoce cada suministrador, aunque normalmente contiene una mezcla de tensioactivos, detergentes e ingredientes activos como carbonato de sodio para aumentar el pH. Una vez diluida, la solución de limpieza tendrá un pH elevado del orden de 9 a 12. También existen las soluciones ácidas, aunque estas están menos difundidas.

Los mejores productos de limpieza acuosos contienen agua, tensioactivos, un agente limpiador e ingredientes activos como carbonatos.

La solución de limpieza tiene mayor eficacia a mayor temperatura. Normalmente se recomienda una temperatura entre 50°C y 80°C. Con una mayor temperatura de la solución, la limpieza será más rápida.

### Desengrasado térmico

Para el desengrasado térmico se aumenta la temperatura de las piezas que se desean soldar, de modo que se evapora el lubricante que haya sobre la superficie. Este método sólo es útil con determinados tipos de lubricantes conocidos como aceites evaporables o volátiles. Los aceites volátiles son aceites ligeros utilizados principalmente para la fabricación de aletas de cambiadores de calor, aunque ahora también se están utilizando para estampar y moldear otros componentes de los cambiadores de calor. No deben aplicarse este método con lubricantes que no estén especificados para el desengrasado térmico, ya que estos podrían dejar productos de descomposición y residuos carbonados que en mayores cantidades dificultan la soldadura, podrían desmejorar la apariencia del producto y favorecer la corrosión.

## Paso 3 Elimine la capa de óxido

Para lograr una buena unión de las piezas de aluminio debe eliminarse antes todo resto de óxido. El fundente NOCOLOK® en estado fluido disuelve y elimina la capa de óxido de las superficies. De esta manera el propio fundente limpia la superficie metálica, quedando esta preparada para que el metal de aporte pueda unir las piezas. Por esta razón es muy importante aplicar fundente a las superficies de unión.

## Paso 4

### Escoja el fundente y el metal de aporte adecuados

El metal de aporte típico para soldar con fundente NOCOLOK® es una aleación de aluminio y silicona. Hay diferentes materiales de aporte disponibles: Para soldaduras en horno se utilizan principalmente aleaciones con 6,8 a 8,2 % de Si (AA4343) y también con 9 a 11 % de Si (AA4045).

A continuación adjuntamos una tabla con las aplicaciones y el fundente adecuado.

Aplicación	Fundente	NOCOLOK® Flux	NOCOLOK® Flux Drystatic	NOCOLOK® Sil Flux 2:1	NOCOLOK® Sil Flux 2:1/3:1 (fine grade)	NOCOLOK® CB Flux	NOCOLOK® Cs Flux	NOCOLOK® Zn Flux	NOCOLOK® Li Flux	CSAlF-Complex/CSAlF <sub>4</sub>	KaCeFlux
Fundente estándar para soldadura de aluminio	●										●
Fundente para revestimiento seco/electrostático		●						●			
Reactive flux for brazing of aluminium		●	●	●							
Fundente reactivo alternativo a revestimiento de Zn por pulverización con arco voltaico						●					
Fundente para soldadura de aleaciones de aluminio con elevado contenido de magnesio				●							
Fundente de bajo punto de fusión para soldadura de aluminio a la llama									●		
Fundente para soldadura de aluminio con baja solubilidad de residuos y características de corrosión mejoradas						●	●				

## Paso 5

### Escoja la medida de capilaridad (holgura)

Las piezas que se desean unir deben tener el espacio de separación adecuado entre sí. Sólo así el metal de aporte fundido podrá fluir por efecto de capilaridad.

Debe haber metal de aporte en cantidad suficiente pero no excesiva para llenar el espacio de la unión. Si es necesario que las piezas unidas tengan contacto directo entre sí, deberá aplicarse el metal de aporte en algún punto a lo largo de la unión. En sentido figurado se dice que el metal de aporte puede fluir, pero no saltar. En los puntos de contacto se produce el flujo capilar del metal de aporte.

Debe haber un espacio de separación entre los dos componentes que se desean soldar para:

- permitir que el fundente líquido penetre pudiendo disolver y limpiar los óxidos,
- permitir que el metal de aporte penetre libremente y se distribuya de manera pareja. El tamaño del espacio de separación es el que determina la magnitud de la tensión de capilaridad.

En soldaduras en atmósfera controlada (CAB) se recomienda una separación de 0,10 mm a 0,15 mm para componentes sin revestimiento (cuando el metal de aporte se aplica externamente). Para los componentes revestidos, como en la unión de tubo y cabezal en la que el tubo está revestido, la holgura estará determinada por el grosor de la capa de revestimiento y se recomienda un contacto estrecho.

Con una mayor holgura se reduce el efecto de capilaridad, mientras que las holguras menores pueden restringir el paso de metal de aporte provocando una unión discontinua. En los componentes no revestidos debe evitarse el encaje con fricción.

## Paso 6 Aplicar la cantidad suficiente de fundente

En la práctica se recomienda aplicar 5 g/m<sup>2</sup> de fundente uniformemente distribuido en toda la superficie de soldadura activa. Para tener una idea de qué significan 5 g/m<sup>2</sup> de fundente, imagínese un coche muy sucio. A medida que el fabricante de cambiadores de calor va ganando experiencia con estos productos puede concluir que se necesita un poco más de fundente para una soldadura continua, o que es suficiente con un poco menos.

Con demasiado poco fundente el metal de aporte no fluiría bien, se formaría una junta deficiente con altas tasas de rechazo y una soldadura irregular. En otras palabras, el proceso se haría muy inestable.

Un exceso de fundente no afectaría los resultados de la soldadura. No obstante el exceso de fundente podría gotear sobre el piso del horno, el producto soldado adoptaría una coloración grisácea y dejaría signos visibles de residuos de fundente. Además, el fundente se acumularía más rápidamente en las instalaciones fijas, haciendo necesaria una mayor frecuencia de mantenimiento. Y más importante aún: utilizar demasiado fundente aumenta los costos del proceso.

También la cantidad exacta de metal de aporte es un factor crucial para la soldadura en horno. Demasiado metal de aporte puede provocar la disolución y la erosión del metal base reduciendo el grosor de la pieza. Como consecuencia de ello podrían aparecer fugas y se reduciría la vida útil del componente.

## Paso 7 Caliente las piezas de metal uniformemente

Para la soldadura en atmósfera controlada es importante que las piezas de unión alcancen una temperatura de 600°C uniformemente distribuida. Un calentamiento lento asegura una distribución uniforme de la temperatura y una unión continua. Importante: un calentamiento demasiado lento puede provocar el secado del fundente con la correspondiente reducción de efectividad. Debe haber suficiente cantidad de fundente líquido cuando el material de aporte alcanza el punto de fusión. Como norma general deberá calentarse las piezas lo más rápido posible sin que por ello se produzca una distribución despareja de la temperatura.

En la industria suelen aplicarse gradientes de calentamiento de hasta 45°C/min para temperaturas ambiente de 500°C. Se podría decir que, cuanto más rápido es el calentamiento, mejor. No obstante debe mantenerse una temperatura uniforme en todo el cambiador de calor, especialmente cuando se está cerca de las temperaturas máximas de soldadura y es cada vez más difícil mantener la uniformidad con elevados gradientes de calentamiento.

Durante el calentamiento habrá una variación de temperatura importante a lo largo del componente soldado. Esta variación se reducirá cuando se haya alcanzado la temperatura máxima. Se recomienda que a temperatura de soldadura esta variación no sea mayor que  $\pm 5^\circ\text{C}$ . Puede ser difícil cumplir con ello cuando se trabajan componentes de mayor tamaño con una distribución irregular de masas.

El producto soldado no deberá permanecer a temperatura máxima de soldadura durante un espacio de tiempo mayor que 3 a 5 minutos. Esto es porque tan pronto se funde el metal de aporte comienza a producirse un fenómeno conocido como erosión del metal de aporte. Cuanto más tiempo permanezca fundido el metal de aporte, tanto mayor será la erosión. También una temperatura máxima de soldadura demasiado alta puede provocar una mayor erosión.



#### 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.