

# Seguridad en soldadura aluminotérmica de cobre

*Safety in copper aluminothermic welding  
Sécurité en soudure aluminothermique de cuivre*

## Redactores:

José M<sup>a</sup> Tamborero del Pino  
*Ingeniero Industrial*

CENTRO NACIONAL DE  
CONDICIONES DE TRABAJO

Emilio Polo Martí  
*Licenciado en Química*

Paula Fernández Manzini  
*Técnico de calidad*

*Esta NTP pretende dar a conocer las técnicas de la soldadura aluminotérmica de cobre, sus riesgos y factores de riesgo y las medidas de prevención y protección.*

*Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La soldadura aluminotérmica de cobre es un proceso para unir molecularmente conductores de cobre, acero inoxidable, galvanizado, bronce, etc., en instalaciones eléctricas que requieren tomas de tierra. También recibe el nombre de soldadura exotérmica, en comparación con otros procesos de soldeo que requieren un aporte de energía externa muy superior.

El proceso se desarrolla en un crisol y tiene como base una reacción química exotérmica en la que se produce la reducción del óxido de cobre por el aluminio dando como resultado cobre. Este producto funde total o parcialmente los conductores a soldar proporcionando una conexión superior a cualquier unión mecánica (con pernos, pinzas, tornillos, etc.), respecto de sus propiedades mecánicas y eléctricas.

Esta Nota Técnica de Prevención (NTP) tiene como objetivo dar a conocer las técnicas de soldadura aluminotérmica del cobre describiendo los materiales utilizados y sus características para cada método de ignición; los riesgos y factores de riesgo asociados a las mismas, las medidas de prevención y protección con indicación de los procedimientos de trabajo seguros en la realización de dichas soldaduras.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS DE IGNICIÓN

Se describen a continuación los materiales empleados y sus características, los métodos de ignición y los elementos accesorios necesarios para ello.

### Moldes

Para realizar cualquier trabajo de soldadura aluminotérmica se utiliza un molde o crisol en el que se produce la

reacción y la soldadura en sí. El molde es generalmente de grafito si bien pueden emplearse otros materiales, que suelen ser desechables tras cada uso.

En cada molde se indican los conductores que pueden soldar y la geometría de la suelta (una o varias), así como la carga de soldadura necesaria para realizarla y los accesorios necesarios para una segura manipulación del molde.

### Cargas

Cada unión por soldadura exotérmica requiere de una determinada cantidad de material de aporte (cobre) dependiendo de los tipos de conductores, de sus secciones y de la geometría de la unión (lineal, en cruz, en paralelo, etc.). Este material de aporte es el resultado de la reacción aluminotérmica de un compuesto de partida.

Este compuesto (carga) puede variar en porcentaje o en algún aleante, pero la reacción principal tiene como reactivos fijos óxido de cobre y aluminio, que al reaccionar dan cobre y óxido de aluminio como producto.

### Métodos de ignición y sus elementos accesorios

Se enumeran dos métodos para la ignición de las cargas de soldadura. Cada uno de ellos conlleva sus propios elementos para funcionar correctamente:

#### *Ignición electrónica a distancia*

- Consumibles de ignición (iniciadores electrónicos): Son casquillos u otros elementos que únicamente inician el proceso cuando se le aplica el equipo de encendido a distancia. Se trata de materiales no inflamables.
- Equipo de ignición a distancia: Dispositivo electrónico que activa los consumibles de ignición.

### Ignición tradicional con chisquero

- Consumibles de ignición (iniciador en polvo). Es un compuesto similar a las cargas pero más fino y más reactivo. Suele estar considerado como inflamable según clasificación 4.1 del Acuerdo Europeo sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR).
- Chisquero de ignición. Su aplicación produce una chispa que activa el iniciador en polvo, que a su vez activa la carga que lleva a cabo la soldadura.

### Elementos accesorios

Pueden clasificarse en tres grupos:

- Elementos de sujeción del molde: pinzas que sujetan el molde con la doble función de cerrarlo a las fugas de material y evitar el contacto directo del usuario con este.
- Herramientas de limpieza: cepillos y herramientas para la limpieza del molde y de los conductores.
- Herramientas especiales: en ocasiones para determinados trabajos pueden requerirse pinzas de sujeción de los conductores, pasta de sellado, casquillos de cobre, martillo, etc.

## 3. RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

Los principales riesgos y factores de riesgo asociados a la realización de este tipo de trabajos de soldadura se relacionan a continuación:

- Quemaduras por contacto debidas a la existencia de materiales calientes como el molde y los conductores, ya que tras una soldadura y hasta que se realiza la siguiente, el molde y los conductores ya soldados se encuentran a temperaturas alrededor de los 400°C.
- Quemaduras debidas a proyecciones de material desde el molde durante la reacción debidas a:
  - La intensidad de la reacción que posibilita el aumento de proyecciones conforme se incrementa la cantidad de soldadura utilizada.
  - Presencia de cantidades elevadas de agua o disolventes orgánicos en el molde o en los conductores.
- Quemaduras por reacciones incontroladas o inesperadas debidas a la utilización de métodos de ignición no descritos en esta NTP tales como sopletes, pólvora, cerillas, etc., que no son los indicados para esta técnica de soldadura.
- Riesgo de incendio o explosión debido a:
  - Proyecciones de material inflamado derivadas de la existencia de cualquier contaminante en el molde.
  - Conductores que pueden provocar el incendio del área circundante.
  - Existencia de materiales inflamables o explosivos al alcance de las proyecciones durante la reacción.
- Caídas de personas a distinto nivel debidos a la existencia de zanjas necesarias para la instalación de tomas de tierra.
- Caídas de personas al mismo nivel debidas a la existencia de herramientas y material diverso en la zona de trabajo.
- Golpes o cortes por objetos o herramientas (cepillos y pinceles de limpieza, rascador de escoria, pistola de ignición y martillo, moldes, conductores, etc.), utilizados durante el trabajo.

## 4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

Las medidas de prevención y protección relativas a los riesgos descritos, se desarrollan describiendo los procedimientos de trabajo para la realización de la soldadura de forma segura, incluyendo las recomendaciones de seguridad en la preparación y colocación de los materiales y para los distintos tipos de ignición. Complementariamente se indican otras recomendaciones específicas frente a otros riesgos descritos, equipos de protección individual y la formación.

### Procedimientos de trabajo

Se desarrollan los procedimientos de trabajo seguros con los moldes de grafito que es el tipo más ampliamente utilizado.

#### *Inicio del proceso: Preparación y colocación de los materiales*

- Limpieza y eliminación de cualquier impureza de los conductores y del molde: es muy importante que los conductores estén limpios y secos, de lo contrario, pueden producirse soldaduras inaceptables y reacciones violentas (con fugas de material) al entrar en contacto el fundido de soldadura con el material sucio o húmedo.

Con carácter general, se deben limpiar los conductores a soldar con un cepillo de carda (ver figura 1). Para uniones más específicas a superficies metálicas de acero, hierro, galvanizado o no, pueden ser necesarios tratamientos consistentes en la eliminación del recubrimiento del metal (óxido, galvanizado, etc.), realizados normalmente con un cepillo de carda o con una radial dependiendo del tipo de recubrimiento. En cualquier caso, no afectan a la seguridad del trabajador puesto que lo único que puede suceder es que los materiales no se suelden correctamente, pero nunca que haya mayor riesgo de quemaduras o de cualquier otro de los riesgos citados.

- Calentamiento del molde: Antes de realizar la primera de una serie de soldaduras, se debe calentar el molde de grafito con un soplete hasta alcanzar los 120°C. El grafito absorbe humedad a temperatura ambiente, por lo que es necesario calentarlo por encima del punto de ebullición del agua para eliminarla por completo. Ver figura 2.

Este paso resulta además muy importante para conseguir una primera soldadura aceptable y para la seguridad del usuario. La principal causa de salpicaduras de material y de soldaduras porosas es la humedad en el molde.

Estos dos primeros pasos, e inspeccionar que la zona de trabajo esté libre agua, disolventes orgánicos, combustibles, explosivos, etc., evitan los riesgos más importantes de la soldadura: *“Quemaduras debidas a proyecciones de material durante la reacción”* e *“Incendio y explosión”*.

- Colocación de los conductores en el molde y cierre de pinzas: asegurar que las pinzas cierran el molde correctamente de manera que no puedan producirse fugas de material fundido, y que los conductores quedan bien sujetos al mismo.
- Colocación del número de tabletas o la carga en polvo

indicada en la tolva del molde: el número de tabletas o la carga en polvo necesarias para el tipo de soldadura a realizar debe ir indicado tanto en la etiqueta exterior del embalaje como en el propio molde. Ver figura 3.

- Cierre de la tapa del molde. Ver figura 4.



Figura 1. Limpieza de conductores

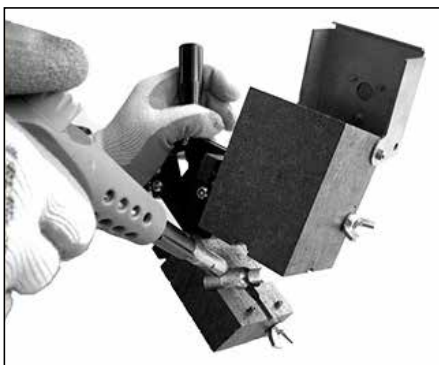


Figura 2. Calentamiento del molde

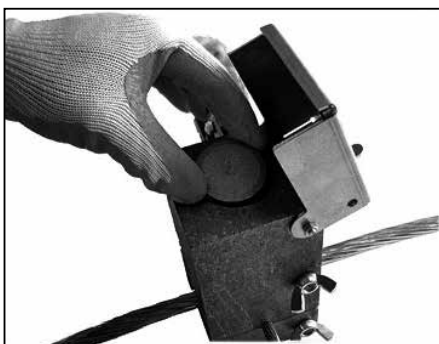


Figura 3. Colocación de tabletas en molde

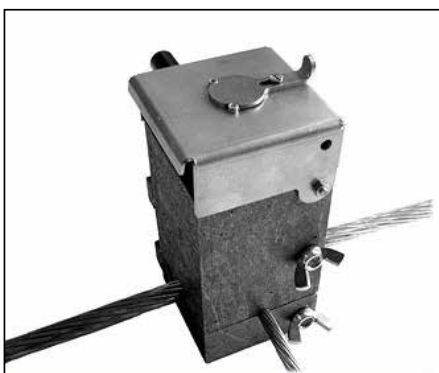


Figura 4. Cierre de la tapa del molde

### Tipos de ignición y final de proceso

Distinguiremos entre la ignición electrónica y la ignición con chisquero y reactivo iniciador:

- Ignición electrónica: El método de ignición electrónica, descrito a continuación es el más recomendable en la realización de soldaduras exotérmicas, pues incorpora importantes mejoras de seguridad respecto a cualquier otro. Ver figura 5.



Figura 5. Procesos de ignición electrónica y reactivo iniciador

Los consumibles (cargas y reactivos de ignición) no **son inflamables** según la clasificación 4.1 del Acuerdo Europeo sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por carretera (ADR).

El encendido del proceso **se lleva a cabo a distancia** alejando al usuario de chispas y ocasionales proyecciones de material que produce la reacción. Además, elimina los riesgos ante cualquier error operacional por parte del usuario. El encendido del proceso consiste en los siguientes pasos:

1. Una vez cerrada la tapa, se debe colocar el iniciador electrónico e inmovilizar su posición con la palanca de seguridad. Ver figura 6.



Figura 6. Colocación del iniciador electrónico inmovilizándolo con la palanca de seguridad

2. Conectar los dos pares de bananas en el equipo de encendido. Es indiferente cómo se conecten éstas al dispositivo, puesto que el casquillo detonador no tiene polaridad. Introducir la banana del otro extremo del cable en el conector lateral del molde. Conectar la pinza al contacto superior del iniciador electrónico. Ver figura 7.
3. Alejarse del molde a la distancia máxima que ofrezca el cable de conexión (1-2 m). Encender el equipo y presionar simultáneamente los dos botones de ignición, hasta que comience la reacción. Ver figura 8.



Figura 7. Conexión de los dos pares de bananas al equipo de encendido



Figura 8. Encendido del equipo

4. Esperar 15 segundos tras la reacción y abrir el molde. Ver figura 9.

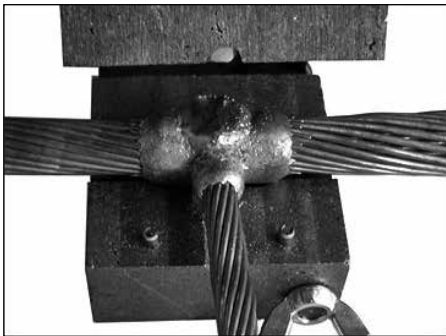


Figura 9. Apertura del molde tras la reacción

5. Al abrir el molde, extraer los conductores siempre utilizando las pinzas adecuadas y con guantes de seguridad, extremando la precaución, pues todo el sistema estará muy caliente.
6. Limpiar el molde con las herramientas adecuadas para la eliminar la escoria y limpiar la tolva. Un pincel es el adecuado para limpiar la cámara de soldadura.
7. Una vez el molde esté limpio, ya se puede realizar una nueva soldadura sin necesidad de calentarlo de nuevo, siempre y cuando la nueva conexión se realice en los siguientes 10-15 minutos.

Los puntos 1-4 pueden variar ligeramente dependiendo de las particularidades de los modelos existentes en el mercado. Lo más importante en estos pasos es la utilización de materiales no inflamables y la ignición a distancia.

- Ignición con chisquero y reactivo iniciador: este segundo método de ignición puede también validarse, ya que siguiendo todos los pasos correctamente se reduce cualquier riesgo para el usuario, si bien, se recomienda el método de ignición electrónica por los motivos expuestos en el punto anterior. Ver figura 10.

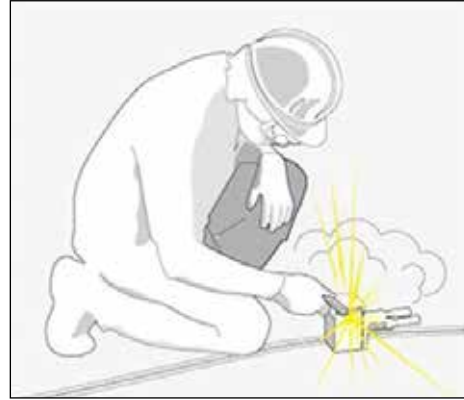


Figura 10. Procesos de ignición con chisquero y reactivo iniciador

Las distintas fases de este tipo de ignición son:

- a) Colocar el 60% del contenido del sobre con el polvo iniciador a modo de mecha sobre el borde del molde hasta la tolva.
  - b) Cubrir la superficie de la tableta o carga en polvo con el resto del iniciador en polvo.
  - c) Cerrar la tapa del molde.
  - d) Accionar el chisquero sobre el polvo iniciador extendido como una mecha desde el borde del molde hasta la tolva. Colocarse a un lado o detrás del molde para evitar ser alcanzado por una esporádica proyección de material fundido.
- IMPORTANTE: No usar en ningún caso soplete u otro elemento de ignición puesto que el proceso, para mayor seguridad se debe iniciar con chispa, nunca con llama.**
- e) Alejarse del molde una vez se inicie la reacción y mantenerse a un lado mientras tiene lugar el proceso.
  - f) Esperar 15 segundos tras la reacción y abrir el molde.
  - g) Al abrir el molde, extraer los conductores siempre utilizando las pinzas adecuadas y con guantes de seguridad, extremando la precaución, pues todo el sistema estará muy caliente.
  - h) Limpiar el molde con las herramientas adecuadas para la eliminar la escoria y limpiar la tolva. Un pincel es el adecuado para limpiar la cámara de soldadura.
  - i) Una vez el molde esté limpio, ya se puede realizar una nueva soldadura sin necesidad de calentarlo de nuevo, siempre y cuando la nueva conexión se realice en los siguientes 10-15 minutos.

NOTA:

- El reactivo en polvo es inflamable (considerado como 4.1 sólido inflamable según clasificación 4.1 del Acuerdo Europeo sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por carretera (ADR).
- El operario lleva a cabo la ignición directamente en el molde por lo que no existe distancia de seguridad. Este método de ignición es también seguro siguiendo las instrucciones de uso que se han expuesto, pero expone mucho más al usuario en caso de cualquier error en la preparación, comparado con la ignición electrónica.

## Normas de seguridad frente a otros riesgos descritos

Consideraremos las caídas de personas al mismo nivel y a distinto nivel, los golpes o cortes por objetos o herramientas, y los contactos térmicos y proyecciones de material.

### *Caídas de personas al mismo nivel*

En todo momento la zona de trabajo estará limpia y ordenada en prevención de tropiezos y pisadas sobre objetos. Se usará calzado de seguridad con suela antideslizante que satisfaga las exigencias de la norma UNE-EN ISO 20345.

### *Caídas de personas a distinto nivel*

En todo momento la zona de trabajo debe mantenerse limpia y ordenada en prevención de tropiezos en la zanja.

Las zanjas deben estar delimitadas y acceder a las mismas mediante escaleras adecuadas a la profundidad de las mismas. En cuanto se acaben los trabajos, se deben cubrir lo más pronto posible.

Se usará calzado de seguridad con suela antideslizante que satisfaga las exigencias de la norma UNE-EN ISO 20345.

### *Golpes o cortes por objetos o herramientas*

Es necesaria la utilización de guantes de protección frente a los riesgos mecánicos en aquellas tareas que evidencien posibles riesgos para las manos (manejo de moldes, uso de herramientas manuales, etc.). Los guantes satisfarán las exigencias de las normas UNE-EN 388 y UNE-EN 420.

Cada herramienta será utilizada para el fin que ha sido diseñada. Una vez finalizada su utilización se guardarán en el lugar habilitado para tal fin y no en el suelo. Utilizar el cinturón porta-herramientas para el transporte de herramientas cuando sea necesaria la utilización de las manos para otros fines.

### *Contactos térmicos y proyecciones de material*

Se deben usar los guantes de protección térmica adecuados que satisfagan las exigencias de las normas UNE-EN 420, UNE-EN 388 y UNE-EN 407.

Utilizar protección ocular mediante gafas de seguridad. La protección satisfará las exigencias de la norma UNE-EN 166.

Se deberá seguir los procedimientos establecidos para la realización de trabajos de soldadura aluminotérmica. Siempre se deberá manipular el molde caliente

con las pinzas y no situarse frente al molde durante la reacción.

Se deberá asegurar además un cierre correcto del molde con la pinza adecuada.

**Si la soldadura se realiza mediante ignición electrónica, basta colocarse a la distancia que ofrece el conector y en el lado opuesto a la cara del molde que no cubre la tapa.**

## 5. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

En función de los resultados de la evaluación de riesgos para los trabajos a realizar, los operarios deben disponer y utilizar de los EPI necesarios para cada caso en particular.

- Guantes de protección contra riesgos térmicos: Evitan las quemaduras más leves por contacto y son necesarios para cualquier trabajo en obra.
- Gafas de protección: Obligatorias durante la reacción para evitar que cualquier proyección de material alcance los ojos
- Calzado de seguridad: Obligatorio en cualquier trabajo en obra.
- Ropa de trabajo (manga larga y pantalón largo). Evita el riesgo de quemaduras leves por contacto con el molde o conductores calientes.

## 6. FORMACIÓN

La formación de los operarios debe constar de una parte teórica y otra práctica.

### Formación teórica

- Descripción de la reacción aluminotérmica: Reactivos, productos, función, propiedades y ventajas respecto a las uniones mecánicas.
- Descripción y propiedades de los materiales a utilizar: Moldes, cargas y accesorios. Asimilación y relación de códigos.
- Precauciones y riesgos del procedimiento.
- Soldadura con diferentes moldes y tipos de ignición.
- Manuales y catálogos de soldadura exotérmica.
- FAQ's teóricos.

### Formación práctica

- Demostración práctica realizada y explicada por un formador.
- FAQ's sobre la aplicación práctica.
- Ejecución de soldadura exotérmica por el operario en presencia del formador.

## BIBLIOGRAFÍA

### Legislación

**Real Decreto 110/2008** de 1 de febrero, por el que se modifica el Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego. (BOE. 12.II.2008).

**Real Decreto 97/2014**, de 14 de febrero, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español. Acuerdo europeo sobre el transporte de mercancías peligrosas por carretera (ADR).

**Real Decreto 773/1997**, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (BOE. 12. VI.1997).

**Real Decreto 1407/1992**, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual. (BOE. 28. XII.1992).

**Real Decreto 1215/1997**, de 18 de julio, sobre disposiciones mínimas en la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (BOE. 7. VIII.1997).

**Real Decreto 614/2001**, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. (BOE. 21. VI.2001).

**Real Decreto 1644/2008**, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas. (BOE. 11. X.2008).

#### **Normas técnicas**

**UNE-EN ISO 20345:2012**. Equipos de protección individual. Calzado de seguridad. AENOR.

**UNE-EN 420:2004+A1:2010**. Guantes de protección: Requisitos generales y métodos de ensayo. AENOR.

**UNE-EN 166:2002**. Protección individual de los ojos. Especificaciones. AENOR.

**UNE-EN 388:2004**. Guantes de protección contra riesgos mecánicos. AENOR.

**UNE-EN 407:2005**. Guantes de protección contra riesgos térmicos. AENOR.

#### **Empresa colaboradora:**

APLICACIONES TECNOLÓGICAS, S.A.

Parque Tecnológico de Valencia. C/ Nicolás Copérnico, 4 -46980-Paterna. Valencia