

LA SOLDADURA EN ALUMINIO

Las aleaciones de aluminio se sueldan al arco, bajo atmósfera inerte (argón, helio o una mezcla de los dos) y hay dos técnicas:

1-. SOLDADURA AL ARCO BAJO ATMÓSFERA INERTE CON ELECTRODO REFRACTARIO O PROCEDIMIENTO TIG (Tungsténe Inert Gas). En este procedimiento se hace saltar un arco eléctrico entre un electrodo refractario de tungsteno y la pieza a soldar, mientras que un chorro de gas inerte, generalmente argón, rodeando el electrodo, protege el baño de fusión contra la oxidación. Una varilla de aportación sujeta con la mano alimenta el baño de fusión. Este procedimiento utiliza una fuente alimentada por corriente alterna estabilizada por HF específicamente concebida para la soldadura de las aleaciones de aluminio. Se utiliza en espesores comprendidos entre 1 y 6 mm y se puede robotizar.

2-. LA SOLDADURA AL ARCO BAJO ATMÓSFERA INERTE CON ELECTRODO CONSUMIBLE O PROCEDIMIENTO MIG (Metal Inert Gas). En este procedimiento de soldadura, el aluminio o la aleación de aluminio sirve a la vez de electrodo y de metal de aportación. Se suministra en hilo previamente enrollado en una bobina, el cual se desenrolla automáticamente hasta la herramienta de soldadura, pistola, a medida que se consume. La energía para la soldadura se suministra por una fuente de corriente continua. La conexión se efectúa con polaridad inversa (-) en la pieza para asegurar a la vez el decapado y la fusión del hilo del electrodo. Este procedimiento, utilizable para los productos con espesor superior a 2,5 mm., es igualmente automatizable. La versión manual de MIG se llama comunmente soldadura semi-automática.

Desde hace algunos años, los constructores de material de soldadura proponen fuentes de corriente pulsante. Este equipo permite soldar espesores delgados de 1,5 a 4 mm. con mucha facilidad. Para los espesores medios y gruesos, su ventaja con relación a las fuentes clásicas no está demostrada.

■ **MATERIALES DE APORTACIÓN:** En la soldadura MIG se utilizan siempre materiales de aportación, mientras que en la soldadura TIG se puede o no utilizar. Las mejores propiedades de la junta soldada en lo que se refiere a la resistencia, corrosión y ausencia de fisuras, se obtiene cuando se usan materiales de aportación de acuerdo con la tabla que en otras páginas detallamos.

No existe una norma general para la elección de los materiales de aportación debido al tipo de utilización y al parámetro que interese más en cada caso. Las de alto contenido en magnesio AlMg5 (EN AW 5356-5556) dan mayor resistencia, mientras que la de AlSi5 (EN AW 4043) es más resistente a la fisuración y proporciona mejor flujo de metal durante el proceso de fusión de las aleaciones templables. Este tipo de aleaciones (AlCu - AlMgSi - AlZn), no se deben soldar con material de aportación del mismo grupo de aleación por el proceso de fisuración. En el caso de que el material se vaya a anodizar posteriormente a la soldadura, se evitará el material de aportación AlSi5 porque cogerá en la zona de soldadura un color muy oscuro. Con el fin de reducir el peligro de la corrosión bajo tensión y aumentar la resistencia, se ha añadido Cu a las aleaciones de AlZnMg. Al hacer esto también empeora la soldabilidad. Diversas investigaciones señalan que se puede añadir como máximo 0,2% de Cu, antes de que el peligro de fisuración en caliente aumente considerablemente. Se elige en este caso el AlSi5 (EN AW 4043).

■ **LIMPIEZA ANTES DE SOLDAR:** La limpieza antes de la soldadura es esencial para conseguir buenos resultados. La suciedad, aceites, restos de grasas, humedad y óxidos deben ser eliminados previamente, bien sea por medios mecánicos o químicos. Para trabajos normales de taller se puede elegir el siguiente procedimiento:

- 1º Eliminación de la suciedad y desengrasado en frío con alcohol o acetona.
- 2º Lavar con agua y secar inmediatamente para evitar el riesgo de oxidación.
- 3º Eliminación mecánica mediante:
 - Cepillado con un cepillo rotativo inoxidable.
 - Raspado con lija abrasiva o lima.
 - Por chorreado.

Cuando hay demandas más exigentes respecto a la preparación, se puede realizar una limpieza química según el esquema siguiente:

- Eliminación de la suciedad.

- Desengrasado con percloroetileno a 121°C.
- Lavado con agua y secado inmediato.
- Eliminación del óxido de aluminio de la siguiente forma:
 - Limpieza alcalina con p.e. NaOH.
 - Limpieza ácida con p.e. HNO₃ + HCl + HF.
 - Lavado con agua y secado inmediato.
 - Neutralización con HNO₃ (después del tratamiento con NaOH).
 - Baño en agua desionizada.

- Secado inmediato con aire caliente. Los métodos químicos requieren equipos costosos para el tratamiento superficial y no se pueden usar siempre por esta razón. Sin embargo no se debe nunca prescindir de la eliminación del óxido o el desengrasado en el área de soldadura.

■ **ATMÓSFERA CONTROLADA:** Como gases de protección para la soldadura MIG y TIG, se usan siempre los gases inertes Argón y Helio. Durante la soldadura el gas inerte enfría la boquilla de soldadura y protege, al mismo tiempo, al electrodo y al baño de fusión. El gas también participa en el proceso eléctrico en el arco. Los gases comerciales que generalmente se usan son los siguientes:

- Argón, pureza 99,95 %.
- Argón + Helio (30/70, 50/50) para soldadura MIG, da un baño de fusión más amplio y caliente.
- Helio para corriente continua. En la soldadura TIG proporciona una fusión más caliente y velocidad de soldadura mayor, pero es más caro y requiere mayor consumo.

El Argón puro es el gas que con mayor frecuencia se usa y se debe emplear en la soldadura normal de taller, puesto que es mucho más económico y requiere menor flujo de gas. El Helio se usa sólo cuando se exige mayor penetración, por ejemplo, en soldadura en ángulo o cuando se suelda un material muy grueso.

■ **AMBIENTE:** Cuando se suelda el aluminio, se producen diferentes tipos de humos y gases; lo mismo que en el caso de la soldadura de acero, con el fin de evitar la propagación de esta contaminación es aconsejable la instalación de extractores de humos y gases. La intensidad del arco es mucho mayor que en la soldadura de acero y bajo ningún concepto se debe mirar al arco sin una máscara de protección adecuada. La radiación ultravioleta (UV) intensa puede dañar los ojos y la piel, por lo cual el soldador de aluminio debe llevar ropa de protección que cubra todo el cuerpo. La cantidad de gas depende del método de soldadura, material de aportación y tipo de aleación. La soldadura TIG produce una cantidad de humo considerablemente menor que la soldadura MIG, debido al contenido menor de energía en el arco. En la soldadura MIG las cantidades mayores de humo se producen soldando aleaciones de AlZnMg con AlMg5 (EN AW 5356-5556) como material de aportación. Por esta razón es necesaria una buena ventilación general en combinación con medidas individuales como máscaras de aire fresco o dispositivos de aspiración de humos local (In situ).

■ **EL ARCO:** El proceso eléctrico en el arco es de gran importancia para comprender lo que pasa en la soldadura de aluminio. En principio se puede soldar con corriente continua (CC) o con corriente alterna (CA). Si observamos primero la CC, podemos elegir entre dos casos de polaridades diferentes, polaridad negativa y polaridad positiva.

La polaridad negativa cede la mayor parte de su energía a la pieza de trabajo, 70 %, de modo que obtenemos un baño de fusión profundo, con buena penetración. La carga sobre el electrodo es reducida, lo cual es una ventaja en la soldadura TIG. Una gran desventaja, al emplear esta polaridad es que el arco rompe la película de óxido, de modo que se impone un tratamiento previo de material, como la preparación cuidadosa de los bordes, limpieza muy cuidadosa y bordes biselados.

En combinación con arco pulsado se puede soldar chapa fina desde 0,06 mm. La soldadura con corriente continua y polaridad positiva (polaridad invertida) se usa para la soldadura MIG. Es típico que en la distribución de calor, el 70 % corresponda al electrodo. El baño de fusión es relativamente ancho y de escasa profundidad resultando en poca penetración.

La ventaja determinante para el uso de polaridad positiva consiste en el efecto rompedor de la película de óxido del arco, con tal eficacia, que dicha película ya no sea obstáculo para conseguir una buena calidad en la soldadura. El mecanismo para este efecto rompedor de la película de óxido no es completamente conocido, pero una explicación, es que se debe al bombardeo de la superficie de iones metálicos positivos análogo a la limpieza de superficies por chorreo.

Aunque el arco tiene esta propiedad no se debe prescindir de la eliminación del óxido antes de empezar la soldadura. El arco no es capaz de romper las películas de óxido gruesas formadas durante la laminación de chapas en caliente, sino sólo las capas finas que se forman después de la limpieza. La soldadura con corriente alterna (CA) implica que la polaridad se cambia aproximadamente 100 veces por segundo y, por lo tanto, se pueden considerar las propiedades de la soldadura con CA como el promedio entre los dos casos en la soldadura con corriente continua. La distribución del calor es casi la misma entre el electrodo y la pieza de trabajo; la penetración y ancho del baño de fusión cae entre los valores que rigen para los dos casos anteriores. El arco tiene todavía un efecto rompedor de la película de óxido. La corriente alterna se usa en la soldadura TIG normal con argón como gas protector. La corriente absorbida por el equipo se altera debido a la acción rectificadora del arco; por esta razón se ha diseñado una máquina para soldadura TIG que compensa este efecto.

■ **SOLDADURA MIG:** Para la soldadura MIG de aluminio se puede usar el mismo equipo que en la soldadura de aceros con CO₂. La capacidad de la fuente de energía se elige según la producción prevista. Para la soldadura de espesores de hasta 10 mm. es generalmente de 250-300 A. El sistema de alimentación debe ser con preferencia del tipo «push-pull», es decir, una combinación de efecto empuje-tiro, pero se pueden usar también tipos con efecto sólo de empuje para guías de hilo corto y diámetro de hilo de 1,6 mm. Debido a su menor resistencia, el aluminio permite el empuje en longitudes cortas. Sin embargo, aleaciones como las del grupo AlMg5 (EN AW 5356-5556) son mucho más duras que las del grupo AlSi5 (EN AW 4043) y la de aluminio puro Al 99,5 (EN AW 1050) permiten el empuje en longitudes mayores. En todo caso la longitud del conducto del hilo ha de ser siempre lo más corta posible, y en su trayecto, los radios de curvatura habrán de ser amplios evitando bucles y contornos pronunciados.

Deberá vigilarse periódicamente el estado de boquillas y conductos limpiándolos de viruta y restos de material en ellos depositados. La soldadura MIG se lleva a cabo siempre con corriente continua (CC), con argón puro como gas de protección y es adecuada para todas las posiciones de soldadura, incluso sobre techo. La soldadura en posición vertical se hace siempre en sentido ascendente. La calidad de la soldadura es generalmente alta pero el riesgo de porosidad es siempre mayor que en la soldadura TIG, pues debido a que el arco es autorregulado, temporalmente puede hacerse inestable, lo cual puede causar interferencias en la aportación de material. Este método es muy adecuado tanto para la soldadura manual como mecanizada, en espesores de 3 mm. o más. Los soldadores expertos pueden soldar material todavía más delgado. En el caso de que los requerimientos de la calidad de soldadura sean bajos, se pueden soldar materiales todavía más delgados, pero en este caso el arco no trabaja en el área de «spray» puro, debido al bajo voltaje, que induce a una tendencia de arco corto. La velocidad de soldadura es para la soldadura manual de 0,3 a 0,75 mts./min. y para la soldadura robotizada de 2 a 3 mts./min. Esta velocidad relativamente alta hace que el método sea más productivo que el TIG y en combinación con la densidad de energía alta en el arco, se obtiene una zona afectada por el calor (HAZ) más estrecha que en el TIG. Ese es un factor favorable ya que la deformación debido a la soldadura decrece cuando disminuye la aportación de energía calorífica. Los campos de aplicación del método MIG son muchos, lo que ha conducido al desarrollo y refinamiento de la técnica de la soldadura.

■ **SOLDADURA POR PUNTOS MIG:** La manera corriente de unir dos placas en una unión solapada, es mediante la soldadura de puntos por resistencia. Este método sin embargo, requiere una inversión elevada en maquinaria y se limita a espesores de hasta 4 mm. Como método alternativo se puede usar el método MIG para soldadura por puntos que se puede llevar a cabo con algunos de los equipos MIG corrientes, completados con un relé de tiempo y una boquilla de gas. La soldadura se verifica presionando la pistola contra la chapa superior. El tiempo de soldadura se ajusta mediante un relé de tiempo, con lo cual se consigue una buena reproducibilidad. La penetración se puede controlar para conseguir que la parte fundida penetre entre las dos chapas. El método preferido depende del espesor de la chapa inferior. Las ventajas desde el punto de vista de construcción se basan en que se pueden aceptar grandes diferencias de espesor entre la chapa superior y la inferior. Cuando se trata de espesores grandes, en la chapa superior se puede facilitar la soldadura haciendo un taladro.

■ **SOLDADURA DE PULSO CORTO CON MIG:** Sobreponiendo una corriente con la frecuencia de 16 - 100 Hz. sobre la corriente normal, es posible obtener una pulsación de corta duración, con unas propiedades tales que se puede soldar material con espesores inferiores a 3 mm. En cada máximo pulso, se desprende una gota de material de aportación. Las ventajas de este método son las siguientes:

- Se puede soldar metal más delgado, 1,5 mm.
- Diferentes espesores se pueden soldar con más facilidad.
- Un arco estable hace disminuir el riesgo de defectos de soldadura.
- Es más fácil soldar con aberturas variables.
- Se pueden utilizar materiales de aportación más gruesos.

■ **SOLDADURA MIG DE MATERIAL GRUESO:** El uso reciente de aluminio grueso, particularmente de la aleación AlMg4,5Mn (EN AW 5083), ha conducido al desarrollo de una técnica, especialmente adaptada a estos fines, basada en el método MIG. En este sentido se puede mencionar el método NARROW GAP de Sciaky, que con soportes colocados oblicuamente uno detrás de otro, permite la soldadura a tope sin preparación de bordes y con una abertura de 6-9 mm. para materiales gruesos. En Japón se ha desarrollado el método NHA (NARROW GAP HORIZONTAL welding process for aluminium) para aberturas horizontales. Un soplete de doble envoltura con movimiento oscilante es guiado automáticamente a lo largo de la unión. Las ventajas de estas dos variantes del método MIG consisten en la mejor utilización del calor y el menor volumen de la junta, lo cual lleva consigo un incremento de la productividad.

Tabla de amperios aconsejada para la soldadura MIG

Diámetro del hilo	Corriente (A)
0,8 mm	80 ÷ 140
1,2 mm	120 ÷ 210
1,6 mm	160 ÷ 300
2,4 mm	240 ÷ 450

■ **SOLDADURA TIG:** En la soldadura de aluminio con arco de tungsteno y gas de protección inerte (TIG) se usa una fuente de corriente alterna de 50 Hz., una corriente de alta frecuencia superpuesta (CA). El electrodo es no fusible de tungsteno puro o tungsteno aleado con circonio. Este método de soldadura se puede usar en todas las posiciones y utilizado correctamente permite la obtención de una soldadura de gran calidad. El peligro de porosidad es menor que en la soldadura MIG. El arco rompe la película de óxido y por lo tanto, para la automática se usa hilo en bobinas. Como regla, se usa la soldadura TIG para espesores de 0,7 a 10 mm. pero no hay realmente un límite máximo. La velocidad de soldadura es más baja que en la SOLIM. Se deben preparar los bordes cuidadosamente para que no haya aberturas entre las placas, ya que es mucho más fácil de controlar el baño de fusión si la separación es mínima. En espesores superiores a 5 mm. se deben biselar las aristas de las uniones a soldar. Cuando se trata de soldadura de chapa fina resulta más ventajoso el uso de plantilla para evitar las distorsiones debidas al calor de la soldadura y las separaciones entre bordes debidas a aquellas.

■ **SOLDADURA DE PULSO LARGO:** Muchas fuentes de energía para TIG tienen capacidad para soldadura de pulso. Para otras se puede fácilmente conectar una unidad adicional. El principio es similar al descrito en la soldadura MIG - pulso, con la sola diferencia de que la soldadura TIG se lleva a cabo con una frecuencia mucho más baja, aproximadamente 10 Hz. Esto implica que los pulsos son bien visibles lo cual, a la larga, puede ser una fuente de imitación para el soldador. La técnica se puede aplicar tanto a la soldadura con CA como con CC. Se trabaja con dos niveles de corriente. El más bajo se elige para que no se apague el arco. El nivel más alto es generalmente más elevado que en la soldadura normal TIG. Los periods de los diferentes niveles pueden variar. La ventaja consiste en que se puede conseguir una soldadura perfecta con una intensidad de corriente media más baja que en la soldadura normal. La aportación de calor es más baja y se puede soldar material más delgado: 0,3 a 0,4 mm. Con las combinaciones de CC y pulso se pueden soldar espesores del orden de 0,05 mm.