

***SOLDEO
DE
ALUMINIO
Y SUS
ALEACIONES***



Departamento de Formación
Lincoln-KD, S.A

INDICE

	Pág.
1. Propiedades del Aluminio	2
2. Aleaciones del Aluminio	2
2.1 Designación de las aleaciones de aluminio para forja.....	3
2.2 Comportamiento de las aleaciones de aluminio frente al soldeo	4
3. Factores influyentes en la realización de las uniones soldadas	5
3.1 Temperatura de fusión del aluminio.....	5
3.2 Conductividad térmica	5
3.3 Dilatación térmica	5
3.4 Óxido de aluminio	6
4. Procesos de soldeo	6
5. Recomendaciones para la realización del soldeo	6
5.1 Geometría de la unión	6
5.2 Pre calentamiento	7
5.3 Limpieza y preparación de las superficies antes del soldeo.....	8
5.4 Punteado	8
5.5 Metales de aportación.....	9
5.6 Tratamiento térmico postsoldeo	10
6. Soldeo TIG	10
6.1 Gas de protección.....	11
6.2 Imperfecciones típicas.....	11
6.3 Soldeo TIG con corriente alterna.....	12
6.4 Soldeo TIG con corriente continua electrodo negativo (CC-).....	12
7. Soldeo MIG	13
7.1 Equipo de soldeo	13
7.2 Gases de protección y transferencia del metal de aportación.....	14
7.3 Técnicas de soldeo	14
8. Soldeo por arco eléctrico con electrodo revestido	15
9. Soldeo Oxigás	15
10. Soldeo Fuerte	16
11. Soldeo Blando	17

ANEXO : Clasificación según Norma AWS A5.3 y AWS A5.10

1. PROPIEDADES DEL ALUMINIO

El aluminio es un metal ligero, de color blanco plateado y relativamente blando.

Si comparamos dos piezas de las mismas dimensiones, una de aluminio y otra de acero, observaremos que el peso de la primera es aproximadamente tres veces superior a la de la segunda, por lo que podemos decir que la densidad del aluminio es la tercera parte de la del acero.

El aluminio es conocido también por su resistencia a la corrosión frente al aire, agua, aceites, alimentos y muchos agentes químicos. Esta resistencia se debe a la existencia de una capa de óxido de aluminio, llamada alúmina, que impide la corrosión del metal. Se trata de una capa refractaria, es decir, que posee una temperatura de fusión muy elevada por lo que se debe retirar antes o durante la operación de soldeo para permitir una buena fusión del metal base.

El aluminio es un metal muy dúctil (incluso a muy bajas temperaturas) y con baja resistencia mecánica. Sin embargo las aleaciones de aluminio tienen mayor resistencia mecánica que el aluminio puro ya que los elementos de aleación endurecen y mejoran las características mecánicas del aluminio.

El aluminio puro se utiliza principalmente en aplicaciones eléctricas, debido a su excelente conductividad eléctrica, superior a la de las aleaciones de aluminio.

2. ALEACIONES DE ALUMINIO

El aluminio se alea principalmente con el Cobre (Cu), Magnesio (Mg), Silicio (Si), y Zinc (Zn). También se suelen añadir pequeñas cantidades de Cromo (Cr), Hierro (Fe), Níquel (Ni) y Titanio (Ti). Existen multitud de aleaciones de aluminio, con la ventaja de que cada una de ellas posee alguna característica superior a la del aluminio sin alea.

Las piezas de las aleaciones de aluminio pueden obtenerse por moldeo, consiguiéndose así piezas de formas variadas, o mediante procesos que conllevan una deformación, como la laminación o la forja, con los que se obtienen chapas, barras, tubos, alambres, perfiles, etc. A las aleaciones destinadas a la obtención de este tipo de productos se les denominan aleaciones para forja.

Tanto en el grupo de aleaciones para forja, como en el de aleaciones para moldeo, se pueden distinguir dos tipos de aleaciones :

X- Aleaciones tratables térmicamente (también llamadas bonificables).

Y- Aleaciones no tratables térmicamente (también llamadas no bonificables).

El tratamiento térmico de bonificado consiste en un calentamiento a 500°C con enfriamiento rápido; posteriormente, y dependiendo de la aleación, se realizará una maduración natural o artificial. La maduración natural consiste en el mantenimiento a temperatura ambiente y la artificial a unos 200°C.

Si se realizara este tratamiento sobre las aleaciones bonificables, aumentarían su dureza y resistencia mecánica, mientras que sobre las aleaciones no bonificables, no experimentarían ningún cambio significativo sobre sus propiedades.

2.1. Designación de las aleaciones de aluminio para forja.

Sólo se expondrán las aleaciones para forja puesto que son las que más se destinan a trabajos de soldeo.

Según la norma UNE 38-300 “Aluminio y aleaciones para forja. Generalidades”, el aluminio y las aleaciones de aluminio para forja constituyen la serie L-3XXX. Esta serie se clasifica en grupos, atendiendo a los principales elementos de aleación. Se consideran los grupos siguientes que se indican en la siguiente tabla.

Designación de grupo	Aleación
Grupo L-30XX	Aluminio
Grupo L-31XX	Aleaciones de Aluminio-Cobre (Al-Cu)
Grupo L-33XX	Aleaciones de Aluminio-Magnesio (Al-Mg)
Grupo L-34XX	Aleaciones de Aluminio-Magnesio-Silicio (Al-Mg-Si)
Grupo L-35XX	Aleaciones de Aluminio-Silicio (Al-Si)
Grupo L-36XX	Aleaciones varias
Grupo L-37XX	Aleaciones Aluminio-Zinc (Al-Zn)
Grupo L-38XX	Aleaciones Aluminio-Manganeso (Al-Mn)
Grupo L-39XX	Aleaciones Aluminio-Estaño (Al-Sn)

Nota : En la designación de las aleaciones plaqueadas se sustituirá L por LP

ALUMINIO Y SUS ALEACIONES PARA FORJA NOMENCLATURA DE ACUERDO CON UNE 38-300

La designación americana, según la Aluminium Association (AA), consiste en cuatro dígitos. El primer dígito identifica el grupo de aleación, el segundo dígito indica una modificación de la aleación inicial o el límite de impurezas en el caso de aluminio no aleado. En la siguiente tabla se indican los grupos de aleación.

Grupo de aleación	Designación de la serie
Aluminio, pureza mínima: 99,00%	1XXX
Aluminio-Cobre	2XXX
Aluminio-Manganeso	3XXX
Aluminio-Silicio	4XXX
Aluminio-Magnesio	5XXX
Aluminio-Magnesio-Silicio	6XXX
Aluminio-Zinc	7XXX
Aluminio-otros elementos	8XXX

DESIGNACIÓN DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES PARA FORJA
NOMENCLATURA DE ACUERDO CON ALUMINIUM ASOCIATION

2.2 . Comportamiento de las aleaciones de aluminio para forja

Las aleaciones no bonificables según la designación AA son las 1XXX, 3XXX y algunas 4XXX y 5XXX, siendo las aleaciones de este tipo soldables.

Las aleaciones bonificables según la AA son las 2XXX y algunas 4XXX, 5XXX, 6XXX y 7XXX. El soldeo no es recomendable para muchas de las aleaciones de este tipo, sin embargo si se pueden soldar casi todas las aleaciones 5XXX, 6XXX y las aleaciones 2219, 7005 y 7039. En la siguiente tabla se indica la soldabilidad de algunas aleaciones de aluminio, habiéndose seleccionado casi todas las que son soldables por procesos TIG y MIG.

Tipo de aleación	Designación		Proceso			
	UNE	Aluminum Association	MIG TIG	Por resistencia por puntos o por costura	Soldeo fuerte	Soldeo blando
No bonificable	L-3001	1100	A	A	A	A
	L-3810	3003	A	A	A	A
	L-3820	3004	A	A	B	B
	L-3360	5052	A	A	C	C
		5652				
	L-3321	5083	A	A	X	X
	L-3322	5086	A	A	X	X
	L-3390	5454	A	A	X	X
		5456	A	A	X	X
Bonificable	L-3140	2024	C	A	X	C
	L-3191	2219	A	A	X	C
	L-3420	6061	A	A	A	B
	L-3441	6063	A	A	A	B
	L-3431	6101	A	A	A	A
	L-3451	6351	A	A	A	A
	L-3741	7005	A	A	B	B
	L-3731	7039	A	A	C	B
	L-3710	7075	C	A	X	C

SOLDABILIDAD DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO SEGÚN EL PROCESO DE SOLDEO

- X- Aleación soldable por el proceso indicado.
- Y- Aleación soldable por el proceso indicado en la mayoría de los casos. Puede requerir técnicas o ensayos especiales para determinar las técnicas adecuadas.
- Z- Difícilmente soldable mediante el proceso indicado.
- X- No se recomienda el soldeo por el proceso indicado.

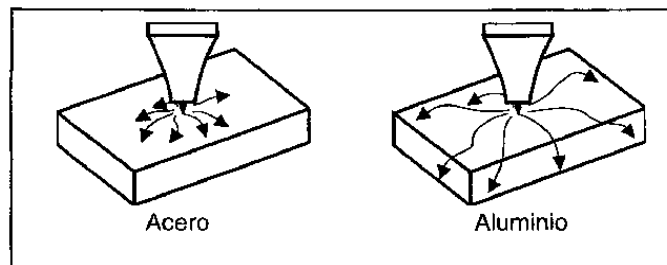
3. FACTORES INFLUYENTES EN LA REALIZACIÓN DE LAS UNIONES SOLDADAS.

3.1. Temperatura de fusión del aluminio

El aluminio puro funde a unos 600°C y las aleaciones de aluminio a unos 560°C, temperaturas muy bajas en comparación con la del acero (1535°C) y la del cobre (1082°C). Sin embargo las aleaciones de aluminio no cambian de color durante el calentamiento, por lo que se corre el riesgo de perforar la pieza.

3.2 .Conductividad térmica

Las aleaciones de aluminio conducen el calor tres veces más rápido que el acero, por lo que se requerirá un aporte térmico más elevado para soldar una pieza de aluminio que una de acero, aunque ambas tengan las mismas dimensiones. Para conseguir una buena fusión cuando la pieza tenga gran espesor, es necesario realizar un precalentamiento.



COMPARACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DEL ACERO Y DEL ALUMINIO.

3.3. Dilatación térmica

Las aleaciones de aluminio se dilatan dos veces más que el acero al calentarse, lo que puede provocar grandes tensiones internas y deformaciones en las piezas durante el soldeo. También es mayor la tendencia a la disminución de la separación en la raíz en las piezas a tope. El soldeo a bajas velocidades y con gran cantidad de metal de aportación incrementa las deformaciones y la tendencia a la rotura.

3.4. Óxido de aluminio

En las aleaciones de aluminio, en presencia de aire, se forma **alúmina** (óxido de aluminio) con gran facilidad. Este óxido tiene una temperatura de fusión muy elevada, entre 1200°C y 2000°C mayor que la temperatura de fusión del aluminio. Por tanto el aluminio funde antes que su óxido y, cuando esto sucede, la película de óxido impide la fusión entre el metal base y el metal de aportación, por lo que es imprescindible eliminar o retirar la capa de óxido mediante un decapado químico, un fundente, amolado o mediante la acción decapante del arco eléctrico.

En el soldeo MIG y TIG (con CC+ o CA respectivamente) el arco eléctrico decapa la superficie de la pieza eliminando el óxido y la envoltura del gas inerte previene la contaminación del baño.

En algunas ocasiones, y debido a una mala limpieza, se puede quedar atrapado algún óxido en el baño de fusión que dará lugar a una imperfección en la soldadura. Es imprescindible limpiar las piezas antes del soldeo y cepillarlas utilizando cepillos con púas de acero inoxidable. Estos cepillos deberán destinarse exclusivamente a la limpieza de aluminio.

4. PROCESOS DE SOLDEO

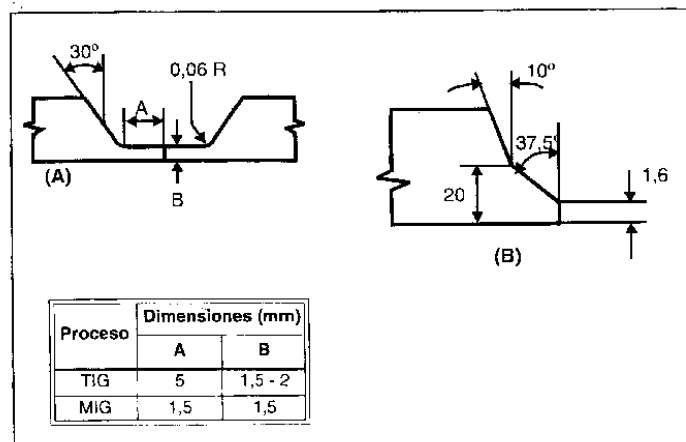
El aluminio y sus aleaciones pueden soldarse mediante la mayoría de los procesos de soldeo por fusión, así como por soldeo blando, fuerte y soldeo en estado sólido. El soldeo por fusión se puede realizar mediante TIG, MIG, por resistencia, plasma, láser y haz de electrones. El soldeo con electrodos revestidos y oxigás sólo se emplea en reparaciones, o cuando no es posible utilizar otro proceso por carencia de medios. El proceso por arco sumergido no se realiza.

5. RECOMENDACIONES PARA LA REALIZACIÓN DEL SOLDEO

5.1. Geometría de la unión

Se puede emplear un diseño especial (fig. A) cuando sólo se puede realizar el soldeo TIG o MIG por una sola cara y sea imprescindible obtener una raíz suave y lisa. Se puede utilizar para espesores mayores de 3mm y en cualquier posición. Aunque se consigue con relativa facilidad una buena penetración se requiere gran cantidad de metal de aportación y las deformaciones pueden ser mayores que las que se producen con diseños convencionales. Se aplica principalmente en tubería, sobre todo en posición fija.

En las uniones en V no se recomiendan ángulos de chaflán menores de 60°. Para espesores gruesos se puede emplear una geometría como la de la figura B.



GEOMETRÍA DE LA UNIÓN PARA CASOS ESPECIALES

5.2.PRECALENTAMIENTO

No suele ser necesario el precalentamiento. Como excepción se consideran las piezas de gran espesor, en las que un precalentamiento adecuado puede disminuir el aporte térmico requerido para conseguir la fusión y penetración requeridas. Aunque puede ser habitual precalentar cuando se realizan soldaduras TIG, no lo es cuando se emplea el MIG.

No se debe abusar del precalentamiento pues puede ser perjudicial para el aluminio. En las aleaciones bonificables, como la AA 6061, un precalentamiento a temperatura elevada disminuirá las propiedades mecánicas. Las aleaciones con un 3-5.5% de magnesio (Mg), como las 5XXX, no deben precalentarse por encima de 115°C y la temperatura entre pasadas será inferior a 150°C.

En muchas ocasiones se utilizan lápices térmicos para determinar la temperatura de la pieza. A continuación se indican las temperaturas de precalentamiento recomendadas

TUBERÍA				CHAPA		
Diámetro Exterior (mm)	Espesor (mm)	Temperatura de Pre calentamiento (°C)		Espesor (mm)	Temperatura de Pre calentamiento (°C)	
		TIG (c.a.)	MIG		TIG (c.a.)	MIG
25 - 150	3	Ninguna	NR	3 - 9	Ninguna	Ninguna
25 - 75	6	65	Ninguna	9 - 12	150 - 175	Ninguna
75 - 150	6	65 - 150	Ninguna	19 - 75	NR	65 opcional

TEMPERATURAS DE PRECALENTAMIENTO PARA UNIONES EN TUBERÍAS Y CHAPA, A TOPE, DE ALEACIONES DE ALUMINIO

5.3. LIMPIEZA Y PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES ANTES DEL SOLDEO

Para preparar las superficies se suele utilizar corte y chaflanado por plasma.

Es de la mayor importancia realizar una limpieza de las piezas antes de proceder al soldeo, ya que cualquier resto de grasa, aceite u óxido puede empeorar la calidad de la soldadura. Se pueden utilizar disolventes alcalinos que no producen vapores tóxicos. Un método muy común es limpiar con un trapo empapado en un disolvente como alcohol o acetona. Las superficies deberán estar completamente secas antes de comenzar el soldeo, de lo contrario se producirán poros. Las capas de óxido se retirarán mediante cepillado (cepillos con púas de acero inoxidable) y mejor aún mediante rasqueteado.

Cualquier piedra de esmeril, cepillo o lija que se utilice deberá emplearse exclusivamente para aluminio. No se deberá trabajar acero y aluminio en la misma zona ya que se pueden contaminar las piezas de aluminio.

5.4. PUNTEADO

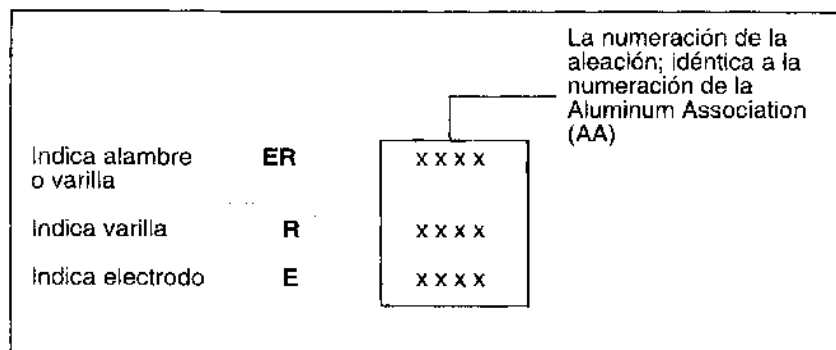
Debe ser cuidadoso y se recomienda eliminar los puntos a medida que avanza la soldadura. En el caso de ser incorporados a la soldadura, se resanarán las grietas o defectos de los puntos antes del soldeo, preparándose el principio y el final del punto para permitir una buena fusión de éste. En las soldaduras por ambos lados, se resanará antes de realizar la primera pasada por el otro lado. Como regla general cada punto tendrá una longitud de 10 veces el espesor de la pieza.

5.5. METALES DE APORTACIÓN

Se pueden utilizar tanto varillas como alambres y electrodos recubiertos.

Clasificación

La designación más utilizada es la de la AWS. En la especificación AWS A5.3 se indica la designación de los electrodos recubiertos y en la AWS A5.10 se indica la designación de las varillas y alambres para el soldeo TIG y MIG. La designación de los metales de aportación está representada en la siguiente figura.



DESIGNACIÓN DE LOS METALES DE APORTACIÓN DE ALUMINIO CONFORME A AWS

Electrodos recubiertos

Todos ellos se utilizan con corriente continua polaridad inversa (CC+). Su revestimiento tiene tendencia a absorber humedad, por lo que deberán almacenarse en lugares con temperatura y humedad controladas, debiéndose realizar un secado antes del soldeo, ya que un electrodo húmedo producirá poros en la soldadura.

Designación	Composición química
E 1100	Aluminio puro
E 3003	Aluminio – 1% Manganeso
E 4043	Aluminio – 5,2% Silicio (Aleación destinada a la fabricación de electrodos y varillas para soldeo)

ELECTRODOS RECUBIERTOS PARA ALUMINIO Y SUS ALEACIONES DE ACUERDO CON AWS A5.3

Alambres y varillas

Los alambres y varillas empleados son los de la siguiente tabla, siendo los más comunes los que aparecen en negrita.

Designación	Composición química
ER 1100	Aluminio puro
ER 2319	Aluminio – 6% Cobre – 0,3% Manganeso (Es una variante de la 2219)
ER 4043	Aluminio – 5,2% Silicio (Aleación destinada a la fabricación de electrodos y varillas)
ER 4047	Aluminio – 12% Silicio
ER 4145	Aluminio – 10% Silicio – 4% Cobre
ER 5183	Aluminio – 4,5% Magnesio – 0,65% Manganeso (Es una variante de la 5083)
ER 5356	Aluminio – 5% Magnesio – 0,3% (Manganeso + Cromo)
ER 5554	Aluminio – 2,9% Magnesio – 0,65% Manganeso
ER 5556	Aluminio – 5% Magnesio – 0,7% Manganeso
ER 5654	Aluminio – 3,5% Magnesio

ALAMBRES Y VARILLAS PARA EL SOLDEO DE ALUMINIO DE ACUERDO CON AWS
A5.10

5.6. TRATAMIENTO TÉRMICO POSTSOLDEO

En algunas ocasiones se realiza el tratamiento térmico de bonificado a las piezas soldadas de aleaciones de aluminio tratables térmicamente.

En otras ocasiones se realizan tratamientos para disminuir las tensiones internas. Puede ser beneficioso realizar un martilleado de las soldaduras, que solo se realizará en las soldaduras de gran espesor.

6. SOLDEO TIG

Atendiendo al tipo de corriente empleado se pueden presentar las siguientes posibilidades :

CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD INVERSA CC+

Se produce un calentamiento excesivo del electrodo y una gran intensidad del arco. Debido al bombardeo de iones positivos, que se producen en el electrodo y que impactan en la pieza, el arco tiene un buen efecto decapante sobre el baño de fusión lo que origina la destrucción de la capa de alúmina.

CORRIENTE CONTINUA POLARIDAD DIRECTA CC-

Por ser la pieza el ánodo (polo positivo), no existe acción decapante sobre ella pues los iones positivos son emitidos por la pieza y no impactan en ella.

La capa de alúmina no se disgrega y la soldadura tiene tendencia a incorporar óxidos. Para soldar en estas condiciones es imprescindible una buena limpieza previa.

CORRIENTE ALTERNA

Es el tipo de corriente más utilizada para el soldeo de aluminio.

La limpieza o decapado de la pieza tiene lugar cuando el electrodo se encuentra en el semiciclo positivo, aunque en éste la penetración es reducida y el electrodo se calienta.

Cuando actúa el semiciclo negativo, el electrodo se enfría y no se produce el decapado de la pieza, pero la penetración es buena.

Como resultado, en corriente alterna se consigue una penetración y limpieza intermedias.

6.1. GAS DE PROTECCIÓN

Se emplea normalmente argón, aunque para el soldeo de piezas de gran espesor, se puede utilizar mezclas de argón + helio. En el caso de utilizar corriente continua polaridad directa (CC-), se utiliza helio o argón + helio.

No es necesario el empleo de gas de respaldo.

El caudal de gas de protección suele ser mayor que el empleado para el soldeo de acero al carbono, siendo tanto mayor cuanto mayor sea el espesor de la pieza. Se deberá utilizar un caudal mayor cuando se suelda en posición vertical ascendente y tubería en posición cornisa, debido al efecto chimenea. Cuando se suelda tubería fija, puede llegar a ser de 17-38 l/min.

6.2. IMPERFECCIONES TÍPICAS

Las más comunes son las inclusiones de wolframio y de óxidos, poros y grietas de cráter. La protección y limpieza serán adecuadas si se obtienen soldaduras brillantes con ambos bordes plateados. Un cordón oxidado es el resultado de una baja intensidad, poca cantidad de gas de protección o una longitud de arco excesiva.

6.3. SOLDEO TIG CON CORRIENTE ALTERNA

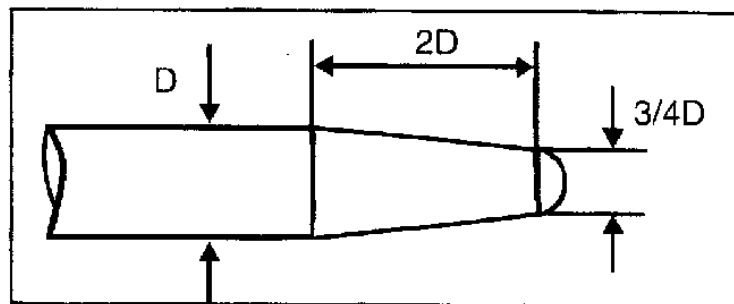
En el soldeo TIG con corriente alterna se suele utilizar una corriente de alta frecuencia para facilitar el cebado del arco sin necesidad de tocar con el electrodo en la pieza, así como para conseguir el reencendido del arco.

Se suelen emplear fuentes de energía de onda cuadrada con control de balance de la onda, de forma que se puede alargar el período de tiempo en el que el electrodo es positivo y se produce el decapado de la pieza.

Electrodo de wolframio

En soldeo con corriente alterna se emplean electrodos de wolframio puro aunque a veces se utiliza wolframio con óxidos de circonio. En el caso de onda cuadrada también se pueden emplear electrodos de wolframio con torio.

Después del soldeo la punta del electrodo debe quedar en forma de media esfera brillante. En el soldeo con corriente alterna, el extremo del electrodo debe ser ligeramente redondeado. En la siguiente figura se muestra la forma del electrodo para en soldeo con CA de aleaciones de aluminio.



El electrodo sobresaldrá de la tobera una longitud aproximadamente igual a la mitad del diámetro de la tobera.

6.4. SOLDEO TIG CON CORRIENTE CONTINUA ELECTRODO NEGATIVO (CC-)

El soldeo con corriente continua electrodo negativo (CC-) se utiliza para el soldeo de grandes espesores sin necesidad de precalentamiento. Suele utilizarse en soldeo automático y con helio como gas de protección. Es imprescindible realizar un decapado previo al soldeo y entre pasadas.

La superficie de la soldadura después del soldeo permanecerá con una capa de óxido que se retirará mediante cepillado.

7. SOLDEO MIG

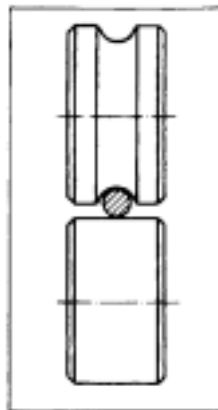
7.1. EQUIPO DE SOLDEO

El sistema de alimentación del alambre puede ser de arrastre, de empuje o arrastre-empuje. En la siguiente tabla, se indica las aplicaciones de cada uno de ellos.

Sistema de alimentación	Situación de los rodillos	Distancia máxima desde la bobina a la pistola (m)	Aplicaciones
Empuje “push”	Próximos a la bobina de alambre	3 – 3,6	Aleaciones de aluminio de alta resistencia de diámetros mayores de 1,6 mm
Arrastre “pull”	En la pistola	3 – 3,6	Aleaciones de aluminio blandas y diámetros alambre inferiores a 1,6 mm
Arrastre-empuje “push – pull”	En la pistola y próximos a la bobina de alambre	7,5	Aplicable a todo tipo de aleaciones y diámetros

UTILIZACIÓN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE ALAMBRE PARA EL SOLDEO MIG DE ALEACIONES DE ALUMINIO

Los rodillos deben ser con forma de U y la guía del alambre debe ser de teflón, no una espiral de acero como la que se utiliza en el soldeo MAG de acero al carbono.



RODILLOS PARA SOLDEO MIG DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES

Para el soldeo MIG con alambres de pequeño diámetro se utilizan fuentes de energía de tensión constante con alimentadores de alambre de velocidad constante. Para el soldeo con alambres de gran diámetro se pueden utilizar fuentes de energía de intensidad constante y alimentadores de velocidad variable.

7.2. GASES DE PROTECCIÓN Y TRANSFERENCIA DEL METAL DE APORTACIÓN

Como gas de protección normalmente se utiliza el argón, aunque en algunos casos se utilizan mezclas de argón+helio. El tipo de transferencia utilizada se indica en la siguiente tabla:

Tipo de transferencia	Aplicación
Transferencia "spray"	Es la transferencia normal en el soldeo MIG del aluminio
Transferencia por arco Pulsado	Se utiliza para el soldeo en cualquier posición
Transferencia globular	No se utiliza porque sólo se consigue una fusión incompleta
Transferencia por cortocircuito	No se utiliza porque no permite una buena fusión ni buena limpieza persistiendo la capa de óxido

TIPOS DE TRANSFERENCIA EN EL SOLDEO MIG DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES

7.3. TÉCNICA DE SOLDEO

En el soldeo multipasada se utilizará para la primera pasada la tensión más baja que permita una buena fusión y limpieza, aumentando la tensión en las pasadas siguientes.

Se suele utilizar una técnica de soldeo hacia adelante, de forma que comience la limpieza antes de la fusión del metal base, inclinando la pistola unos 7° a 12° hacia la dirección de soldeo. En el soldeo en cornisa se dirige el arco hacia la pieza superior. En el soldeo de dos piezas de diferente espesor se dirigirá hacia la pieza de mayor espesor. Para apagar el arco se aumenta la velocidad de soldeo hasta separar el electrodo de la pieza, o se cambia el sentido de soldeo y se corta el arco en el cordón de soldadura. En otras ocasiones se utilizan apéndices de forma que se puede apagar el arco sobre éstos.

Las aleaciones bonificables se soldarán con cordones rectos.

Las imperfecciones típicas en el soldeo MIG del aluminio son faltas de fusión, grietas en el cráter, porosidad e inclusión de óxidos.

8. SOLDEO POR ARCO ELÉCTRICO CON ELECTRODO REVESTIDO

Este es un procedimiento poco utilizado por la falta de homogeneidad del cordón obtenido. Solo se utiliza en reparaciones y para realizar soldaduras de pequeño tamaño y poca importancia.

Los aspectos más importantes a tener en cuenta durante y después del soldeo son :

Contenido de humedad de los electrodos : éstos deberán permanecer en una atmósfera seca y proceder a su secado antes de utilizarlos. Limpieza del material base y del electrodo. Pre calentamiento del material base, necesario en el soldeo de espesores grandes y piezas complicadas.

Eliminación de la escoria tanto entre pasadas como al final del soldeo, ya que si permaneciera tras el soldeo favorecería la corrosión del aluminio, por lo que se eliminará mediante medios mecánicos (cepillo y piqueta) y mediante agua caliente o algún disolvente.

El espesor mínimo recomendado para el soldeo por arco con electrodos revestidos es de 3 mm. A las piezas de más de 6 mm de espesor se les ha de realizar un chaflán en V de 60° a 90°. Para espesores mayores, se recomiendan preparaciones en U. En función del espesor el talón será de 1,5 hasta 6 mm y la separación en la raíz entre 0,7 – 1,5 mm.

9. SOLDEO OXIGÁS

El aluminio y sus aleaciones pueden ser soldadas mediante oxigás; sin embargo sólo se debe utilizar en preparaciones y para aplicaciones de poca importancia. La mayor ventaja del soldeo oxigás es la simplicidad del equipo de soldeo, sin embargo tiene numerosas desventajas como, por ejemplo, la necesidad de utilizar un fundente, la baja velocidad del proceso, la gran anchura de la zona afectada térmicamente, las grandes deformaciones producidas y la facilidad con la que se producen imperfecciones. El soldeo oxigás se suele aplicar a piezas de espesores comprendidos entre 0,7 y 25 mm.

Combustible

Como combustible se recomienda el acetileno con llama neutra, aunque a veces una llama ligeramente carburante (con exceso de acetileno) da buenos resultados pues permite reducir la formación de óxidos.

Fundente

Para retirar la capa superficial de óxido de aluminio es imprescindible el empleo de un fundente, que suele obtenerse en polvo o mezclado con agua formando una pasta. La varilla de metal de aportación se recubrirá uniformemente con el fundente, introduciendo la varilla en éste o pintándola ligeramente; igualmente se deberán recubrir las superficies a unir del metal base.

Después del soldeo se debe eliminar completamente cualquier residuo de fundente, para ello se introducen las piezas pequeñas en baños que contienen pequeñas cantidades de ciertos ácidos (nitríco o sulfúrico) y, posteriormente, se lavan con agua caliente o fría. También se pueden limpiar las piezas con vapor, especialmente las que por su tamaño o localización no pueden ser introducidas en un baño.

Geometría de la unión

Cuando las piezas tengan espesores mayores de 5 mm se realizarán chaflanes en V simple, que se emplearán hasta espesores de 12 mm. No se recomienda la utilización de placas de respaldo permanente ni tampoco las uniones a solape, ya que el fundente se puede quedar atrapado y provocar la corrosión del metal base.

Técnica de soldeo

Será necesario realizar un precalentamiento cuando el espesor de la pieza sea elevado; para realizar el soldeo, inicialmente se mueve circularmente la llama para calentar ambos bordes de la unión, la llama se mantiene sobre el lugar donde se va a comenzar el soldeo hasta que forme el baño de fusión, donde se introducirá la varilla de metal de aportación y se avanzará por la unión utilizando una técnica hacia delante y oscilando la llama para fundir ambos lados del chaflán; el cono de la llama se mantendrá a una distancia de 1,5 a 6 mm del baño de fusión.

10. SOLDEO FUERTE

Gran cantidad de aleaciones de aluminio pueden unirse mediante soldeo fuerte, sin embargo este proceso no es adecuado para todas las aleaciones de aluminio; el factor más importante que determina la utilización del soldeo fuerte es su temperatura de fusión, ya que en muchas ocasiones la temperatura de fusión del metal base es muy próxima a la del metal de aportación. En esta situación se encuentran las aleaciones Al-Cu (2XXX) y algunas 7XXX (7055, 7178, 7001).

Como metales de aportación se utilizan aleaciones de aluminio-silicio (Al-Si). Para realizar la selección se deberá tener en cuenta que su temperatura de fusión esté por debajo de la del metal base, sobre todo en el soldeo con soplete. Como de costumbre, es imprescindible realizar una limpieza previa al soldeo tanto de los metales base como de las varillas de aportación.

Se aplicará el fundente generalmente en forma de pasta (obtenida con fundente en polvo y agua o alcohol); se recomienda no utilizar un exceso de fundente ya que favorece la corrosión del aluminio.

Después del soldeo se eliminará el fundente con agua caliente ayudándose de un cepillo de fibra; no se deberá utilizar cepillos de alambre. Para ello se introduce la pieza todavía caliente en agua caliente y se cepilla. También se utilizan diversos ácidos.

11. SOLDEO BLANDO

Del mismo modo que en el soldeo fuerte debe emplearse un fundente para eliminar la capa de óxido, evitar el contacto con el aire y favorecer el mojado del material de aporte.

Los residuos del fundente deben ser siempre eliminados. Son higroscópicos, es decir absorben humedad. Su eliminación es fácil porque puede hacerse con agua caliente.

Los metales principales utilizados en los aportes son el estaño, zinc, plomo y cadmio.

Los aportes de temperatura elevada de base zinc son los que consiguen mejores propiedades mecánicas y comportamiento frente a la corrosión.