

***SOLDEO MANUAL
CON
ELECTRODOS REVESTIDOS
(SMAW)***



Departamento de Formación
Lincoln-KD, S.A

INDICE

| | Pág. |
|--|------|
| 1. Principios del proceso | 2 |
| 1.1 Descripción y denominaciones | 2 |
| 1.2 Ventajas y limitaciones | 3 |
| 1.3 Aplicaciones | 3 |
| 2. Tipo de corriente | 4 |
| 3. Equipo de soldeo | 5 |
| 3.1 Fuente de energía | 6 |
| 3.2 Portaelectrodo | 6 |
| 3.3 Conexión de masa..... | 6 |
| 4. Electroodos revestidos | 7 |
| 5. Tipos de revestimiento | 9 |
| 5.1 Revestimiento de los electroodos de acero al carbono..... | 9 |
| 5.2 Revestimiento de los electroodos de aceros aleados y materiales no férreos..... | 12 |
| 5.3 Electroodos con polvo de hierro en el revestimiento..... | 12 |
| 6. Manipulación y conservación de los electroodos | 14 |
| 7. Parámetros de soldeo | 15 |
| 7.1 Diámetro del electrodo..... | 15 |
| 7.2 Intensidad de soldeo..... | 15 |
| 7.3 Longitud del arco | 17 |
| 7.4 Velocidad de desplazamiento | 18 |
| 7.5 Orientación del electrodo..... | 18 |
| 8. Técnicas operativas | 19 |
| 8.1 Punteado | 19 |
| 8.2 Inspección antes de soldar..... | 19 |
| 8.3 Cebado del arco..... | 20 |
| 8.4 Observación del baño de fusión..... | 21 |
| 8.5 Ejecución del soldeo | 22 |
| 8.6 Interrupción del arco | 22 |
| 8.7 Empalmes de los cordones de soldadura..... | 23 |
| 8.8 Retirada de la escoria..... | 24 |
| 8.9 Soplo del arco | 24 |
| 9. Defectos típicos de la soldadura | 25 |
| ANEXOS : Extracto Normas AWS y Europeas de clasificación de electroodos | |

1. PRINCIPIOS DEL PROCESO

1.1 Descripción y denominaciones

El soldeo por arco con electrodos revestidos es un proceso en el que la fusión del metal se produce gracias al calor generado por un arco eléctrico establecido entre el extremo de un electrodo y el metal base de la unión a soldar.

El material de aportación se obtiene por la fusión del electrodo en forma de pequeñas gotas (ver figura 1). La protección se obtiene por la descomposición del recubrimiento en forma de gases y en forma de escoria líquida que flota sobre el baño de fusión y, posteriormente, solidifica.

Al soldeo por arco con electrodos revestidos se le conoce con las siguientes denominaciones:

- 1) SMAW: Shielded Metal Arc Welding.
- 2) MMA: Manual Metal Arc Welding

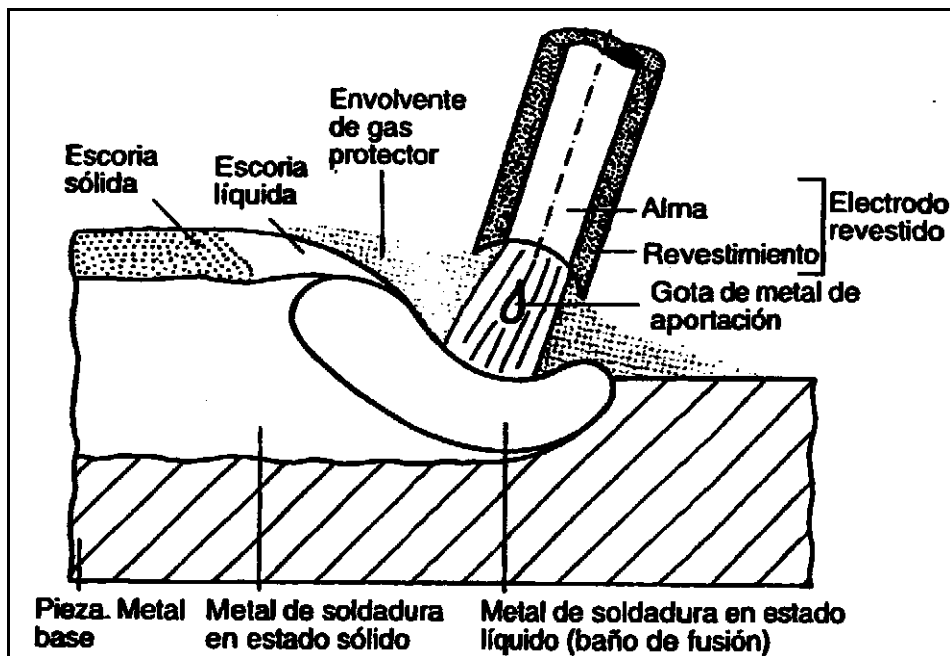


FIGURA 1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

1.2 Ventajas y limitaciones

Ventajas

- El equipo de soldeo es relativamente sencillo, no muy caro y portátil.
- El metal de aportación y los medios para su protección durante el soldeo proceden del propio electrodo revestido. No se necesita protección adicional mediante gases auxiliares o fundentes granulares.
- Es menos sensible al viento y a las corrientes de aire que los procesos por arco con protección gaseosa. No obstante, el proceso debe emplearse siempre protegido del viento, lluvia y nieve.
- Se puede emplear en cualquier posición, en locales abiertos y en locales cerrados, incluso con restricciones de espacio. No requiere conducciones de agua de refrigeración ni tuberías o botellas de gases de protección, por lo que puede emplearse en lugares relativamente alejados de la fuente de corriente.
- Es aplicable para una gran variedad de espesores, en general mayores de 2 mm.
- Es aplicable a la mayoría de los metales y aleaciones de uso normal.

Limitaciones

- Es un proceso lento, por la baja tasa de deposición, y por la necesidad de retirar la escoria, por lo que en determinadas aplicaciones ha sido desplazado por otros procesos.
- Requiere gran habilidad por parte del soldador.
- No es aplicable a metales con bajo punto de fusión, como plomo, estaño, zinc y sus aleaciones, debido a que el intenso calor del arco es excesivo para ellos. Tampoco es aplicable a metales de alta sensibilidad a la oxidación como el Ti, Zr, Ta y Nb, ya que la protección que proporciona es insuficiente para evitar la contaminación por oxígeno de la soldadura.
- No es aplicable a espesores inferiores a 1,5-2 mm.
- La tasa de deposición es inferior a la obtenida con procesos con hilo continuo.
- El proceso no resulta productivo para espesores mayores de 38 mm. Serán más adecuados los procesos SAW y FCAW.

1.3 Aplicaciones

Es uno de los procesos de mayor utilización, especialmente en soldaduras de producción cortas, trabajos de mantenimiento y reparación, así como en construcciones de campo. La mayor parte de aplicaciones se dan con espesores entre 3 y 38 mm.

El proceso es aplicable a aceros al carbono, aceros de baja aleación, aceros altamente aleados (: inoxidables), fundiciones y metales no féreos como aluminio, cobre, níquel y sus aleaciones.

Los sectores de mayor aplicación son la construcción naval, de máquinas, estructuras, tanques y esferas de almacenamiento, puentes, recipientes a presión y calderas, refinerías de petróleo, oleoductos y gasoductos y en cualquier otro tipo de trabajo similar. Se puede emplear combinado con otros procesos de soldeo. Por ejemplo, en tubería se suele utilizar en combinación con el proceso TIG. La raíz se realiza con TIG completándose la unión con electrodos revestidos.

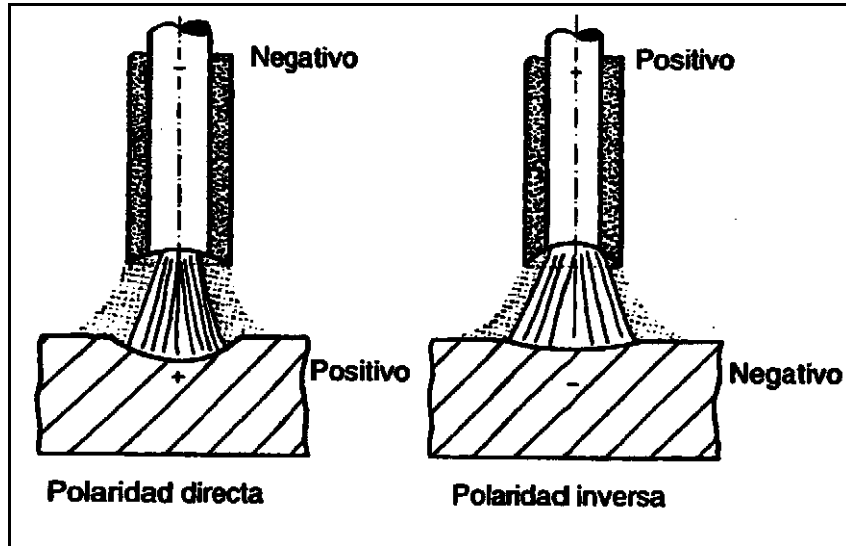
2. TIPO DE CORRIENTE

El soldeo por arco con electrodos revestidos se puede realizar tanto con corriente alterna como con corriente continua*. La elección de una u otra dependerá del tipo de fuente de corriente disponible, del electrodo a utilizar, y del material base. A continuación se muestra una tabla con la corriente más adecuada en función de una serie de parámetros.

*(excepto algunos tipos especiales de recubrimiento básico y los electrodos para la soldadura del Aluminio y sus aleaciones, que sólo se pueden soldar con corriente continua).

TABLA 1. COMPARACIÓN ENTRE SOLDADURA CON CORRIENTE CONTINUA Y CON CORRIENTE ALTERNA

| Parámetros | Corriente continua | Corriente alterna |
|--|---|--|
| Soldeo a gran distancia de la fuente de corriente. | | Preferible |
| Soldeo con electrodos de pequeño diámetro que requieren bajas intensidades de soldeo. | La operación resulta más fácil. | Precaución. El material se puede deteriorar debido a la dificultad de encendido del arco. |
| Cebado del arco. | Resulta más fácil. | Más difícil, en especial si se emplean electrodos de pequeño diámetro. |
| Mantenimiento del arco. | Más fácil por la mayor estabilidad. | Más difícil, excepto cuando se emplean electrodos de gran rendimiento. |
| Soplo magnético. | Puede ser un problema en el soldeo de materiales ferromagnéticos. | No se presentan problemas. |
| Posiciones de soldeo. | Se prefiere en el soldeo en posiciones vertical y bajo techo, porque deben utilizarse intensidades bajas. | Si se utilizan los electrodos adecuados se pueden realizar soldaduras en cualquier posición. |
| Tipo de electrodo | Se puede emplear con cualquier tipo de electrodo. | El revestimiento del electrodo debe contener sustancias que restablezcan el arco. |
| Espesor de la pieza. | Se prefiere para espesores delgados. | Se prefiere con espesores gruesos. Se obtiene mayor rendimiento. |
| Salpicaduras. | Poco frecuentes. | Más frecuentes. |
| Soldeo utilizando longitudes de arco pequeñas (importante en algún tipo de electrodos, sobre todo los de tipo básico). | El soldeo resulta más fácil. | |
| Polaridad. | Posibilidad de elección de la polaridad en función del metal a soldar y del electrodo a emplear. | No hay polaridades. |

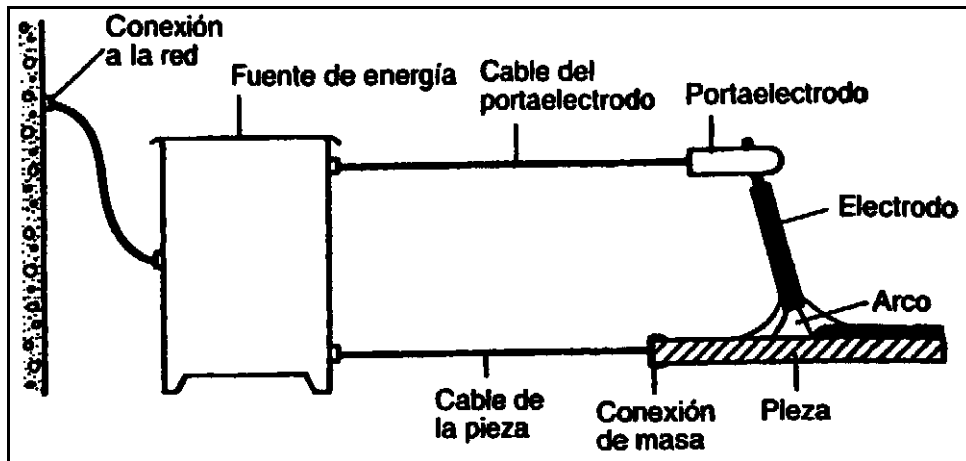


Polaridad directa CCEN
Polaridad inversa CCEP

Figura 2. Penetración obtenida en función de la polaridad

3. EQUIPO DE SOLDEO

El circuito de soldeo consta de: fuente de energía, pinza portaelectrodos, conexión a masa y cables de soldeo.



3.1 Fuente de energía

La fuente de energía para el soldeo debe presentar una característica descendente (de intensidad constante), para que la corriente de soldeo se vea poco afectada por las variaciones en la longitud del arco.

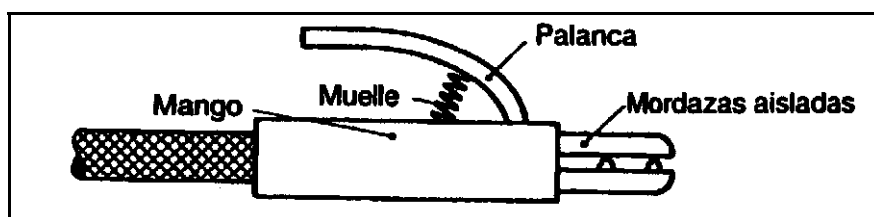
Para el soldeo con corriente continua se utilizan rectificadores, mientras que para el soldeo con corriente alterna se utilizan transformadores.

Para la selección de la fuente de energía adecuada se debe tener en cuenta el electrodo que se va a utilizar, de forma que pueda suministrar el tipo de corriente (cc o ca), rango de intensidades y tensión de vacío (OCV) que se requiera.

Los electrodos básicos necesitan mayores tensiones de vacío que los otros tipos de revestimientos.

3.2 Pinza portaelectrodo

Su misión es conducir la corriente hasta el electrodo y sujetarlo. Las mordazas deben mantenerse en perfecto estado para evitar un sobrecalentamiento que se traduciría en una disminución de la calidad, y dificultaría la ejecución del soldeo. Se debe seleccionar la pinza adecuada al diámetro del electrodo que se va a utilizar.



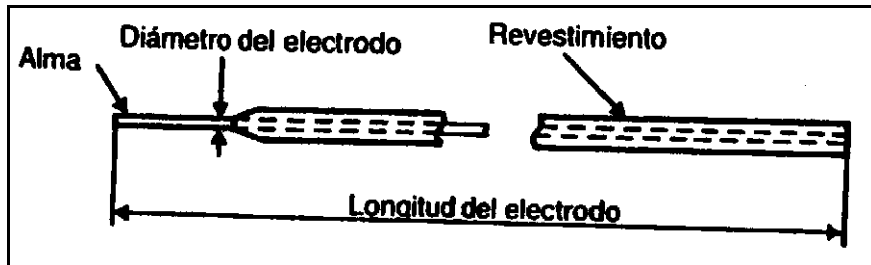
3.3 Conexión de masa

Es importante que la conexión del cable de masa sea correcta. La situación del cable es de especial relevancia en el soldeo con cc. Una situación incorrecta puede provocar el soplido magnético, dificultando el control del arco. Más aún, el método de sujetar el cable también es importante. Un cable mal sujeto no proporcionará un contacto eléctrico consistente y la conexión se calentará, pudiendo producirse una interrupción en el circuito y la desaparición del arco. El mejor método es emplear una zapata de contacto de cobre sujeta con una mordaza tipo C. Si fuese perjudicial la contaminación por cobre del metal base con este dispositivo, la zapata de cobre debe adherirse a una chapa que sea compatible con la pieza, chapa que, a su vez, se sujeta a la pieza. Para piezas giratorias el contacto debe efectuarse mediante zapatas que deslizan sobre la pieza, 2 como mínimo para evitar que se extinga el arco si se suelta una de ellas, o mediante rodamientos en el eje sobre el que la pieza va montada.

4. ELECTRODOS REVESTIDOS

El elemento fundamental de este proceso es el electrodo, que establece el arco, protege el baño de fusión y que, al consumirse, produce la **aportación del material** que, unido al material fundido del metal base, va a constituir la soldadura.

El electrodo revestido está formado por:



- Un núcleo metálico, denominado **alma**. Es un alambre de sección circular uniforme que sirve como material de aportación. Su composición química varía, y su selección se hace de acuerdo al material de la pieza a soldar.
- El **revestimiento** es un cilindro concéntrico de espesor uniforme que envuelve el alma del electrodo. Está compuesto por diferentes sustancias químicas que caracterizan el electrodo. Cumple las siguientes funciones, las cuales evitan los inconvenientes del electrodo desnudo:

1. Dirige el arco, conduciendo a una fusión equilibrada y uniforme.
2. Protegen el metal fundido impidiendo la entrada del oxígeno y del nitrógeno del aire, que sería muy perjudicial para la soldadura. Para ello,
 - Produce gases que envuelven el arco.
 - Produce una escoria que cubre el metal fundido hasta que solidifique y se enfríe. La escoria protege el metal fundido desde el primer momento de la formación de las gotas.



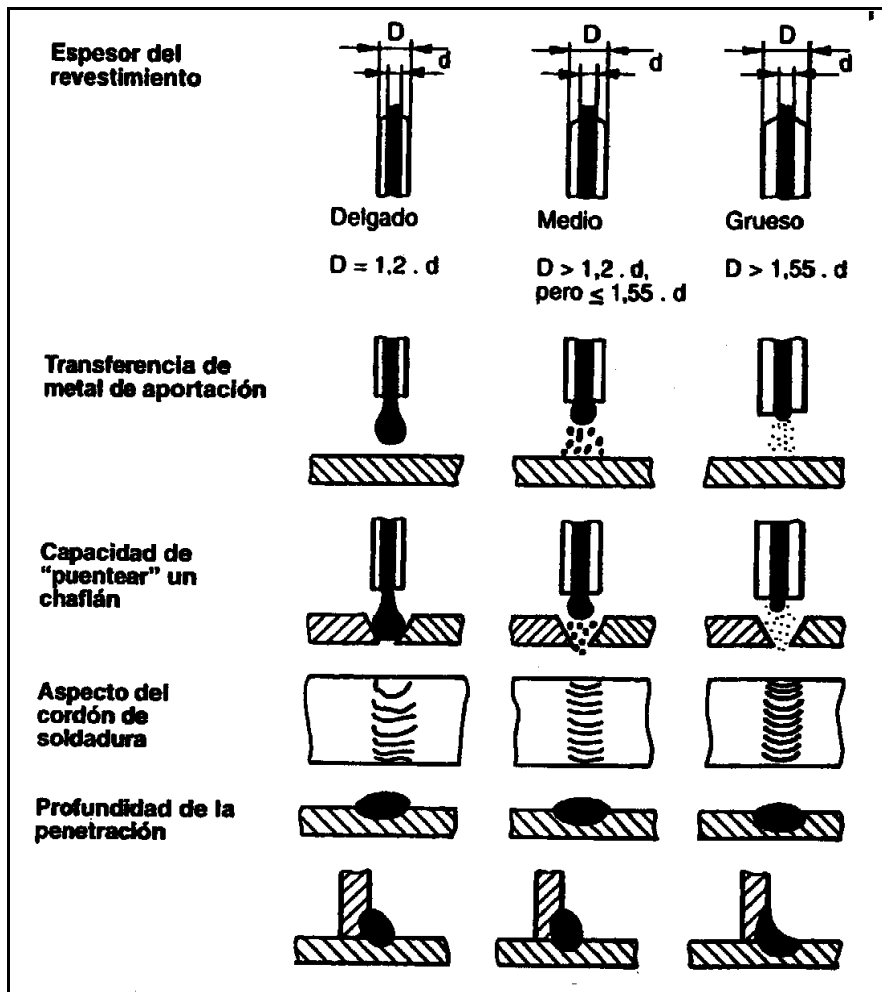
Los electrodos tienen longitudes normalizadas de 150, 200, 250, 300, 350, y 450 mm, en función del diámetro del electrodo. Un extremo del alma, de 20 a 30 mm, no lo cubre el revestimiento, y es la parte que se inserta en la pinza portaelectrodos. Los diámetros también están normalizados: 1,6; 2; 2,5; 3,2; 4; 5; 6, son los más habituales.

Atendiendo al espesor del revestimiento, podemos clasificar los electrodos en:

Delgados: protegen poco el metal fundido, por lo que sólo se utilizan en el aprendizaje de las técnicas de soldeo.

Medios: obtienen mayor estabilidad del arco, permiten el soldeo con corriente alterna y protegen mejor al metal soldado. La escoria recubre al metal ya solidificado reduciendo su velocidad de enfriamiento y la oxidación.

Gruesos: los electrodos con revestimiento grueso permiten obtener las mejores cualidades del metal soldado.



5. TIPOS DE REVESTIMIENTO

5.1 Revestimiento de los electrodos de acero al carbono

El revestimiento se clasifica en función de su composición que determinará sus cualidades y aplicaciones. Según EN 499:

- Ácidos (A)
- Básico (B)
- Celulósico (C)
- Rutilo (R)
- Rutilo - Ácido (RA)
- Rutilo - Básico (RB)
- Rutilo - Celulósico (RC)
- Rutilo grueso (RR)

En las siguientes tablas se indica la composición, características y aplicaciones de cada tipo de revestimiento.

Electrodos ácidos (A)

| | |
|---------------------------------------|--|
| Composición del revestimiento: | Óxidos de hierro y manganeso. |
| Características de la escoria: | Bastante fluida, de aspecto poroso y abundante. |
| Ventajas: | Velocidad de fusión y penetración bastante elevadas. Se puede utilizar con intensidades elevadas. |
| Limitaciones: | Sólo se puede utilizar con metales base con buena soldabilidad, contenidos muy bajos de azufre, fósforo y carbono, de lo contrario presenta fisuración en caliente,. |
| Posición: | Especialmente indicados para posición plana, pero también pueden utilizarse en otras posiciones. |
| Tipo de corriente: | c.c. y c.a. |

Electrodos básicos (B)

| | |
|---------------------------------------|---|
| Composición del revestimiento: | Carbonato cálcico y otros carbonatos también básicos. |
| Características de la escoria: | Densa, no muy abundante, de color pardo oscuro y brillante, se separa fácilmente y asciende con facilidad por lo que se reduce el riesgo de inclusiones de escoria. |
| Ventajas: | Metal de soldadura muy resistente a la fisuración en caliente. Metal depositado de bajo contenido en hidrógeno lo que reduce el riesgo de fisuración en frío. |
| Limitaciones: | Su manejo es algo dificultoso, debiéndose emplear con un arco muy corto y con intensidades poco altas. |

| | |
|---------------------------|---|
| Aplicaciones: | Son muy higroscópicos (absorben humedad con facilidad) por lo que es necesario mantenerlos en paquetes herméticamente cerrados y conservarlos en recintos adecuados que los mantengan perfectamente secos. A veces se deben secar en estufas adecuadas justo antes de su empleo, extremando las precauciones cuando vayan a ser utilizados en soldaduras de aceros con problemas de temple. |
| Posición: | Soldaduras de responsabilidad. Su gran tenacidad los hace recomendables para soldar grandes espesores y estructuras muy rígidas. Aceros débilmente aleados e incluso aceros que presentan baja soldabilidad. |
| Tipo de corriente: | Todas posiciones. Corriente continua y polaridad inversa, aunque hay algún tipo de electrodo preparado para ser empleado también con corriente alterna. |

Electrodos celulósicos (C)

| | |
|---------------------------------------|---|
| Composición del recubrimiento: | Sustancias orgánicas que generan gran cantidad de gases por el calor. |
| Características de la escoria: | Escasa y se separa con gran facilidad. |
| Ventajas: | Los gases forman una gran envoltura gaseosa en torno al arco, e imprimen a las gotas metálicas gran velocidad, por lo cual se consigue gran penetración. Gran velocidad de fusión. |
| Limitaciones: | Muchas proyecciones. Superficie de la soldadura muy irregular. |
| Posición: | Todas. |
| Aplicaciones: | Se emplea principalmente para el soldeo de tuberías en vertical descendente, por la buena penetración que consiguen y por la rapidez del trabajo, debida a su alta velocidad de fusión. |
| Tipo de corriente: | Corriente continua y polaridad directa. Para utilizarlos con corriente alterna se necesita emplear una máquina con tensión en vacío elevada. |

Electrodos rutilo (R)

| | |
|---------------------------------------|---|
| Composición del revestimiento: | Rutilo (óxido de titanio TiO ₂). |
| Características de la escoria: | Muy densa y viscosa. |
| Ventajas: | Fácil cebado y manejo del arco. Fusión del electrodo suave. Cordón de soldadura muy regular y de buen aspecto. |
| Posición: | Todas. Especialmente indicados para soldar en posición vertical y bajo techo gracias a las características de su escoria. |
| Aplicaciones: | Es el electrodo más comúnmente utilizado. |
| Tipo de corriente: | c.c. y c.a. |

Electrodos rutilo grueso(RR)

Sus propiedades son iguales a los electrodos de rutilo, pero con el recubrimiento más grueso.

5.2 Revestimiento de los electrodos de aceros aleados y materiales no férreos

Los revestimientos más comunes para los aceros aleados (baja, media y alta aleación) son los de tipo básico y de tipo rutilo, siendo más frecuentes los primeros.

El revestimiento de los electrodos de aleaciones no férreas suele depender en gran medida de la aleación en cuestión, aunque predominan los recubrimientos básicos.

5.3 Electrodo con polvo de hierro en el revestimiento

Se pueden introducir polvos de diferentes metales en el revestimiento para compensar la pérdida de elementos de aleación que se produce durante la fusión del electrodo, o para aportar elementos de aleación y mejorar así las propiedades mecánicas del metal de soldadura.

Uno de los elementos que se agregan al revestimiento de los electrodos es el polvo de hierro, que permite aumentar la cantidad de metal depositado y mejorar el comportamiento del arco.

Ventajas:

- El arco es más estable.
- Se requiere menor destreza para utilizarlo correctamente, ya que el crisol formado en el extremo del electrodo es mayor y puede arrastrarse a lo largo de la superficie de la pieza manteniéndose el arco de soldadura. A los electrodos con polvo de hierro se les denomina “electrodos de arrastre” por poder utilizar esta técnica.
- Aumenta la cantidad de metal depositado para un determinado diámetro del alma del electrodo, ya que aporta también el hierro procedente del revestimiento. De esta forma aumenta la tasa de deposición y la velocidad de soldadura.

Limitaciones:

- Sólo se pueden emplear en posición plana.

El rendimiento gravimétrico de un electrodo es la relación entre el metal depositado durante la soldadura y el peso del alma de los electrodos empleados, multiplicado por 100 para determinarlo en tanto por cien.

$$\text{Rendimiento gravimétrico en \%} = \frac{\text{Peso del metal depositado}}{\text{Peso del alma fundida}} \times 100.$$

Electrodos de gran rendimiento:

Cualesquiera que sean las características del electrodo, y siempre que su rendimiento gravimétrico sea superior al 110%, el electrodo se denomina de gran rendimiento.


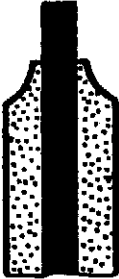
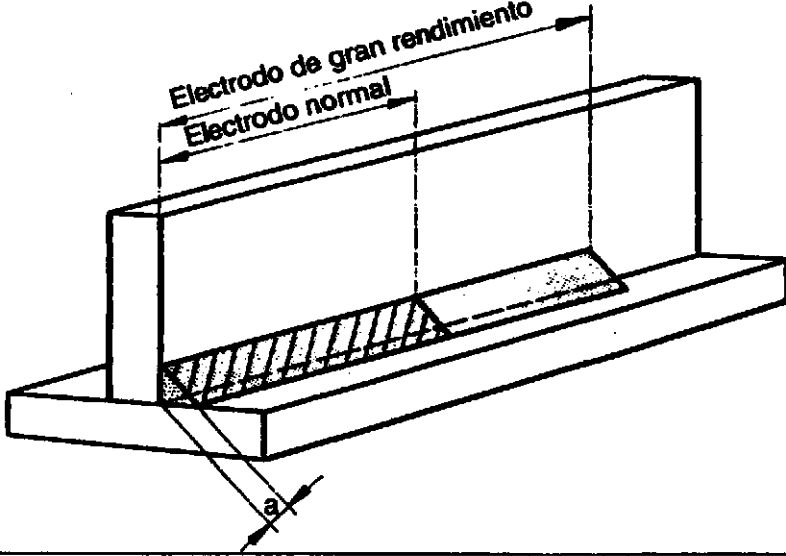
| Electrodo normal (sin polvo de hierro) 4 mm x 450 mm | Electrodo con polvo de hierro 4 mm x 450 mm |
|--|---|
|  |  |
| Peso del alma = 40 gramos. | Peso del alma = 40 gramos. |
| Peso del metal depositado = 40 gramos | Peso del metal depositado = 70 gramos |
| Rendimiento gravimétrico = (40/40) . 100 = 100% | Rendimiento gravimétrico = (70/40) . 100 = 175% |
| Tiempo de soldeo = 70 segundos | Tiempo de soldeo = 70 segundos |
| Resultado | |
| Longitud de soldadura mayor en el mismo tiempo. | |
|  | |

FIGURA 8. COMPARACIÓN ENTRE ELECTRODOS DE GRAN RENDIMIENTO Y LOS ELECTRODOS NORMALES.

6. CONSERVACIÓN Y MANIPULACIÓN DE LOS ELECTRODOS

El revestimiento del electrodo es muy frágil. Si se emplean electrodos con el revestimiento agrietado o desprendido, la protección del baño de fusión no será perfecta y disminuirá la estabilidad del arco: por tanto se deben transportar y almacenar en recipientes suficientemente resistentes evitando cualquier golpe en su manipulación. No se deben utilizar los electrodos que presenten algún defecto en su revestimiento.

Nunca se debe transportar un número de electrodos mayor que el que se va a necesitar para una tarea determinada.

Manipular los electrodos con guantes limpios y secos. No exponer los electrodos a ambientes excesivamente húmedos ni depositarlos sobre superficies manchadas de grasa, polvo, pintura o suciedad.

Los revestimientos de los electrodos son higroscópicos (absorben y retienen humedad). Un electrodo húmedo puede provocar poros y grietas en frío. Para disminuir estos problemas, los electrodos deben ser empaquetados, almacenados y manejados en las condiciones adecuadas, en locales limpios dotados de una regulación de temperatura y humedad adecuadas.

Los electrodos básicos (de bajo contenido en hidrógeno), que hayan permanecido expuestos a la humedad ambiente durante algún tiempo, deben ser sometidos a un proceso de secado en estufa. Para seleccionar la temperatura y tiempo de secado se deberán seguir las recomendaciones del fabricante del electrodo, dado que los límites de temperatura y tiempo pueden variar de un fabricante a otro, incluso para los electrodos de la misma clasificación. Un calentamiento excesivo puede dañar el revestimiento del electrodo. Cuando se emplean este tipo de electrodos se debe disponer de pequeñas estufas, en lugares cercanos a los de trabajo, donde se mantengan los electrodos a temperaturas uniformes de 65 a 150°C de la que se vayan sacando en número reducido para su utilización más inmediata. En la Figura 9 se representa el proceso de secado de los electrodos de bajo contenido en hidrógeno.

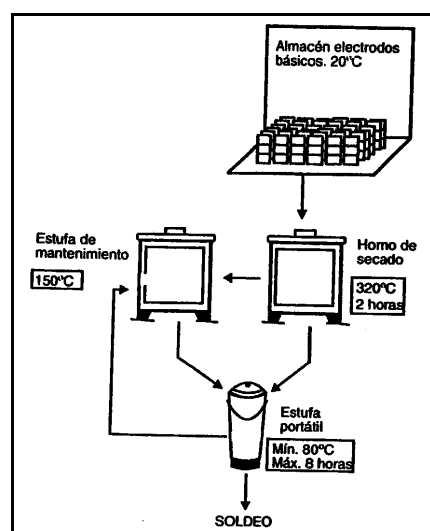


FIGURA 9. PROCESO DE SECADO DE ELECTRODOS BÁSICOS (BAJO HIDRÓGENO)

7. PARÁMETROS DE SOLDEO

7.1 Diámetro del electrodo

En general, se deberá seleccionar el mayor diámetro posible que asegure los requisitos de aporte térmico y que permita su fácil utilización, en función de la posición, el espesor del material y el tipo de unión, que son los parámetros de los que depende la selección del diámetro del electrodo.

Los **electrodos de mayor diámetro** se seleccionan para la soldadura de materiales de gran espesor y para la soldadura en **posición plana (PA)**.

En la soldadura en **posición cornisa (PC)**, **vertical (PF)** y **bajo techo (PE)**, el baño de fusión tiende a caer por efecto de la gravedad, este efecto es tanto más acusado y tanto más difícil de mantener el baño en su sitio, cuanto mayor es el volumen de éste, es decir, cuanto mayor es el diámetro del electrodo, por lo que en estas posiciones convendrá utilizar **electrodos de menor diámetro**.

En el soldeo con pasadas múltiples el cordón de raíz conviene efectuarlo con un electrodo de pequeño diámetro, para conseguir el mayor acercamiento posible del arco al fondo de la unión, y asegurar una buena penetración.

El aporte térmico depende directamente de la intensidad, tensión del arco y velocidad de desplazamiento, parámetros dependientes del diámetro del electrodo, siendo mayor cuanto mayor es el diámetro del electrodo. Por tanto, cuando se requiera **aporte térmico bajo**, se recurrirá a **electrodos de pequeño diámetro**.

Por lo tanto, se deberá emplear:

- Electrodo de poco diámetro (2; 2,5; 3,2; 4 mm) en: punteado, uniones de piezas de poco espesor, primeras pasadas, soldaduras en posición cornisa, vertical y bajo techo, y cuando se requiera que el aporte térmico sea bajo.
- Electrodo con mayores diámetros para: uniones de piezas de espesores medios y gruesos, soldaduras en posición plana y recargues.

7.2 Intensidad de soldeo

Cada electrodo, en función de su diámetro, posee un rango de intensidades en el que puede utilizarse. Si se utilizara intensidades por encima de este rango, se producirían mordeduras, proyecciones, intensificación de los efectos del soplo magnético, e incluso grietas.

La intensidad a utilizar depende de la posición de soldeo y del tipo de unión. En la figura 10 se indica el nivel de intensidad dentro del rango recomendado en función de las diferentes posiciones de soldeo, tomando como ejemplo un electrodo de 2,5 mm de acero al carbono.

Como regla práctica y general, se deberá ajustar la intensidad a un nivel en el que “la cavidad” del baño de fusión sea visible (ver figura 11). Si esta cavidad, conocida como ojo de cerradura, se cierra, significa que la intensidad de soldadura es demasiado baja, y si se hace muy grande indica que la intensidad es excesiva.

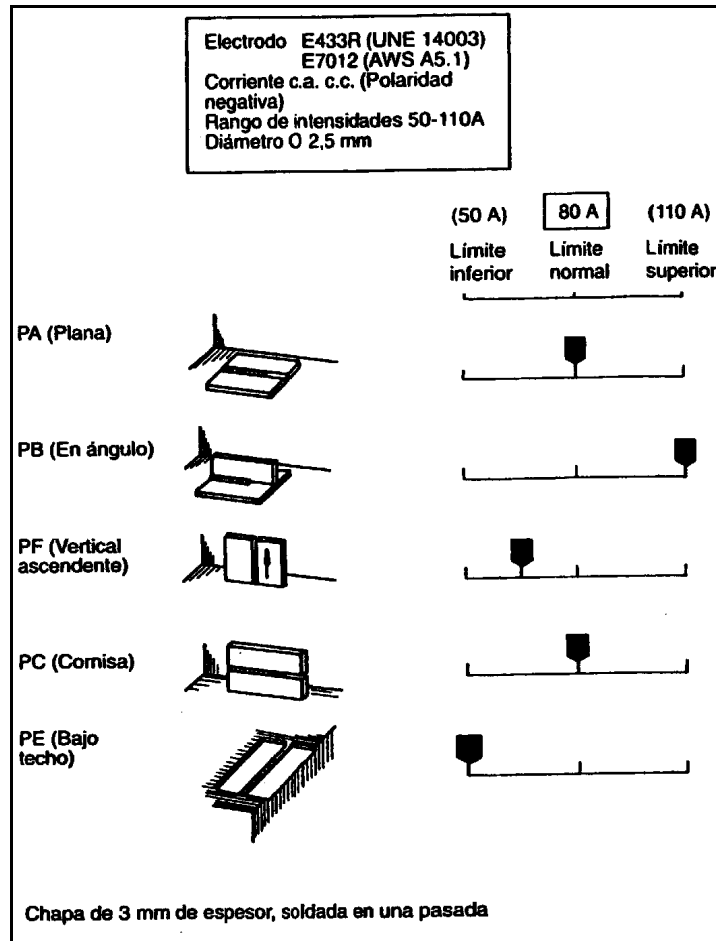


FIGURA 10. INTENSIDAD DE SOLDADURA EN FUNCIÓN DE LA POSICIÓN

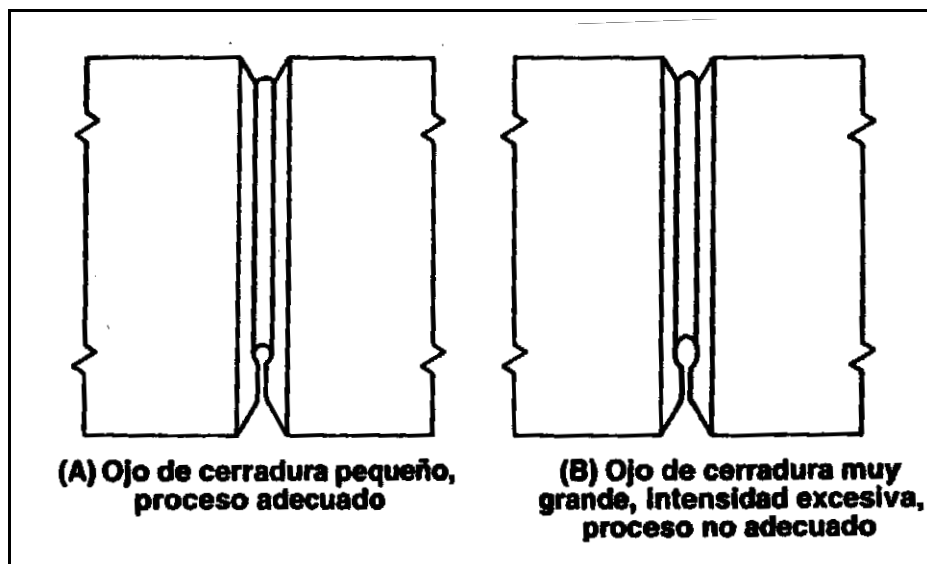


FIGURA 11. TAMAÑO DE LA CAVIDAD (OJO DE CERRADURA)

7.3 Longitud del arco

La longitud del arco a utilizar depende del tipo de electrodo, su diámetro, la posición de soldadura y la intensidad de corriente. En general, debe ser igual al diámetro del electrodo, excepto cuando se emplee el electrodo básico, que deberá ser igual a la mitad de su diámetro (ver figura 12).

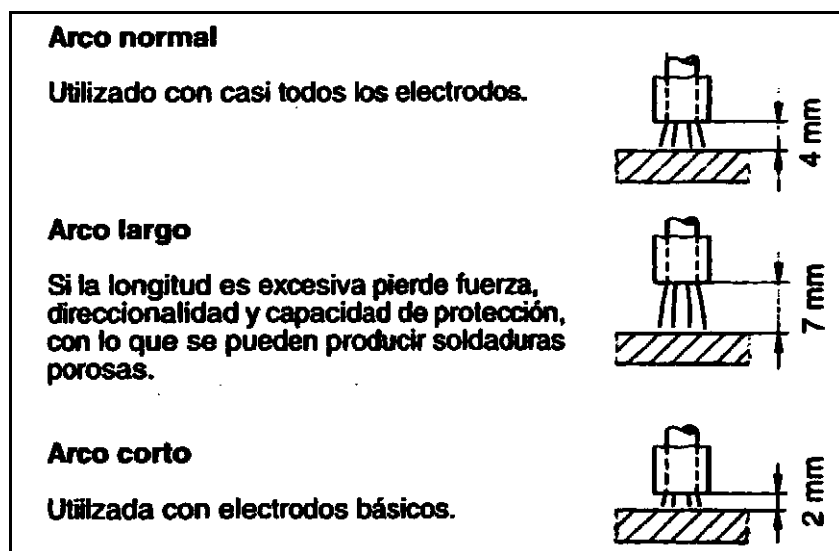


FIGURA 12. LONGITUDES DE ARCO NORMALES PARA UN ELECTRODO DE 4 mm.

Es conveniente mantener siempre la misma longitud de arco, con objeto de evitar oscilaciones en la tensión e intensidad de la corriente y con ello una penetración desigual. En la soldadura en posición plana, se puede arrastrar ligeramente el extremo del electrodo, con lo que la longitud del arco vendrá automáticamente determinada por el espesor del revestimiento. En las primeras pasadas de uniones a tope y en las uniones en ángulo, el arco se empuja hacia la unión para mejorar la penetración. Cuando se produzca sopleo magnético, la longitud del arco se debe acortar todo lo posible.

Un arco demasiado corto puede ser errático y producir cortocircuitos durante la transferencia de metal. Un arco demasiado largo perderá direccionalidad e intensidad, además el gas y el fundente generados por el revestimiento no son tan eficaces para la protección del arco y del metal de soldadura, por lo que se puede producir porosidad y contaminación del metal de soldadura con oxígeno e hidrógeno.

7.4 Velocidad de desplazamiento

La velocidad de desplazamiento durante el soldeo debe ajustarse de tal forma que el arco adelante ligeramente el baño de fusión. Cuanto mayor es la velocidad de desplazamiento menor es la anchura del cordón, menor es el aporte térmico y más rápidamente se enfriará la soldadura. Si la velocidad es excesiva se producen mordeduras, se dificulta la retirada de la escoria, y se favorece el atrapamiento de gases (produciéndose poros).

7.5 Orientación del electrodo

En la tabla 2 se relacionan las orientaciones típicas de los electrodos y las técnicas de soldeo con electrodos para acero al carbono, que pueden variar para otros materiales.

| Tipo de unión | Posición de soldadura | Ángulo de trabajo | Ángulos de desplazamiento | Técnica de soldeo |
|---------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| Chaflán | Plana | 90° | 5° - 10° | Hacia atrás |
| Chaflán | Horizontal | 80° - 100° | 5° - 10° | Hacia atrás |
| Chaflán | Ascendente | 90° | 5° - 10° | Hacia adelante |
| Chaflán | Bajo Techo | 90° | 5° - 10° | Hacia atrás |
| Ángulo | Horizontal | 45° | 5° - 10° | Hacia adelante |
| Ángulo | Ascendente | 35° - 55° | 5° - 10° | Hacia adelante |
| Ángulo | Bajo Techo | 30° - 45° | 5° - 10° | Hacia atrás |

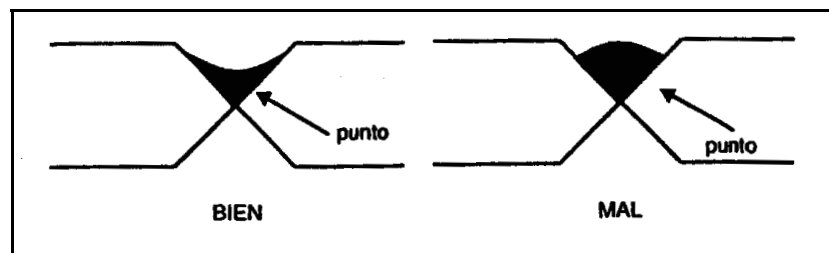
Tabla 2. ORIENTACIONES DE LOS ELECTRODOS Y TÉCNICAS DE SOLDEO TÍPICAS EN EL SOLDEO MANUAL CON ELECTRODOS REVESTIDOS PARA ACEROS AL CARBONO

8. TÉCNICAS OPERATIVAS

8.1 Punteado

A continuación se resume lo indicado por la norma UNE 14055 referente al punteado con electrodos revestidos:

- El punteado se realizará con el mismo precalentamiento que se vaya a realizar en el soldeo.
- El punteado que vaya a ser incorporado a la soldadura se realizará con el mismo tipo de electrodo que se vaya a utilizar en el soldeo. Una vez realizado el punteado y eliminada la capa de escoria, debe inspeccionarse cuidadosamente cada punto buscando posibles grietas o cráteres. En caso de que se detectara alguno de los defectos citados, éste se eliminará completamente.
- El punteado que no vaya a ser incorporado a la soldadura será eliminado, repasando posteriormente la zona hasta garantizar la ausencia de defectos.
- El punto de soldadura debe tener siempre una forma cóncava (nunca convexa). En caso de que se produjese abombamiento se reparará el punto hasta dejarlo con forma cóncava, de lo contrario podrían formarse grietas.



- Si la longitud a soldar es larga, el punteado se iniciará en el centro de la pieza. En las cruces y esquinas, los últimos puntos deben darse como mínimo a 200mm.

8.2 Inspección antes de soldar

Antes de comenzar a soldar se debe hacer una inspección ocular comprobando que:

- Las uniones estén perfectamente limpias de óxidos, grasas, aceite, agua y proyecciones y se ha efectuado la limpieza especificada en función del material base.
- Las chapas están bien niveladas y alineadas.
- Los puntos previos están bien realizados, sin poros, grietas ni abultamientos. Si existe alguna de estas anomalías se eliminarán, empleando piqueta, cepillo, soplete... Si fuese necesario se resanarán o se eliminarán los puntos.

8.3 Cebado del arco

El arco se establece golpeando ligeramente el extremo del electrodo sobre la pieza en las proximidades del lugar donde el soldeo vaya a comenzar. A continuación se retira lo suficiente de forma rápida para producir un arco de la longitud adecuada. Otra técnica de establecer el arco es mediante un movimiento de raspado similar al que se aplica para encender una cerilla. Cuando el electrodo toca la pieza, se manifiesta una tendencia a mantenerse juntos, lo cual se evita por medio del golpeteo y del raspado. Cuando el electrodo se pega es necesario apartarlo rápidamente, de otra forma se sobrecalentará y los intentos de retirarlo de la pieza sólo conseguirán doblarlo, necesitando un martillo y cortafrío para su retirada.

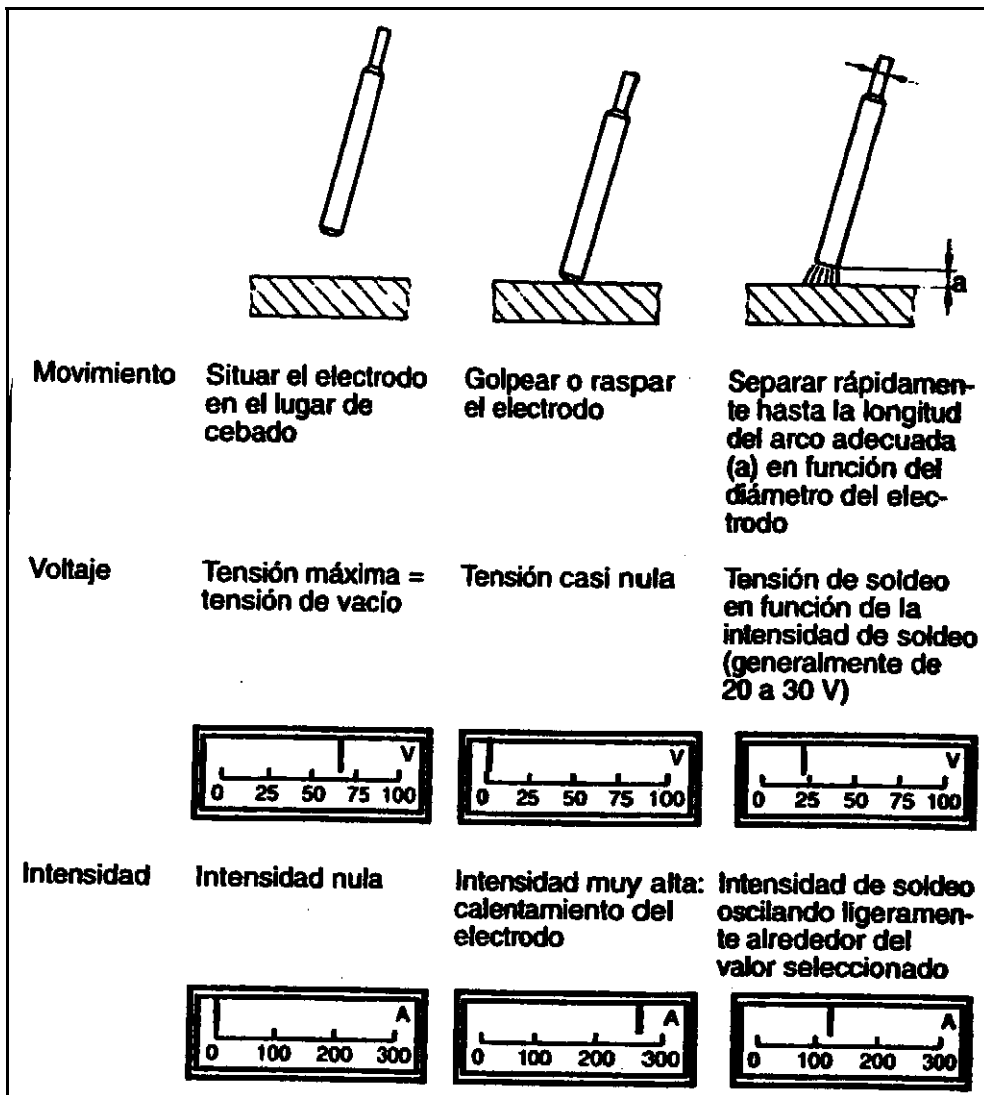


FIGURA 13. ESTABLECIMIENTO DEL ARCO

El establecimiento del arco con electrodos de bajo hidrógeno requiere una técnica especial para evitar la porosidad de la soldadura donde el arco se inicia. La técnica consiste en establecer el arco a una distancia de unos pocos diámetros del electrodo por delante de donde vaya a comenzar el soldeo. A continuación el arco se mueve hacia atrás y el soldeo se comienza de modo normal. El soldeo continúa sobre la zona en la cual el arco fue establecido refundiendo cualquier pequeño glóbulo de metal de soldadura que pudiese haberse producido cuando se estableció el arco.

En cualquier caso es imprescindible establecer el arco dentro de la zona de soldeo y por delante de ella, nunca fuera de los bordes de la unión. Se evita de esta forma la formación de pequeñas grietas en la zona de cebado.

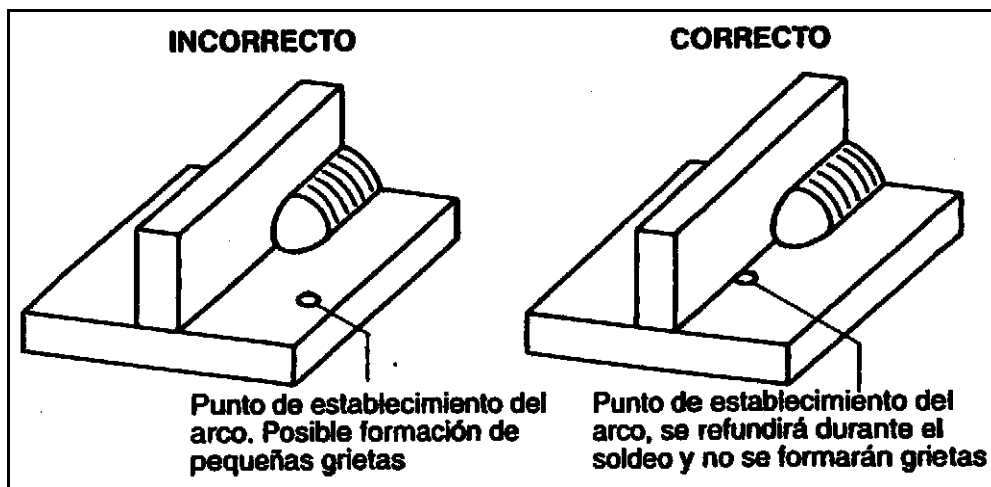


FIGURA 14. ESTABLECIMIENTO DEL ARCO EN LA POSICIÓN CORRECTA.

La técnica para restablecer el arco varía con el tipo de electrodo. Generalmente el revestimiento en el extremo del electrodo se hace conductor cuando se calienta durante el soldeo. Esto ayuda a restablecer el arco si ello se efectúa antes de que el electrodo se enfríe. El establecimiento y restablecimiento del arco es mucho más fácil con los electrodos que contienen cantidades importantes de polvos metálicos en su revestimiento. Cuando se emplean electrodos con revestimiento grueso no conductor, tales como los de bajo hidrógeno y los de acero inoxidable, puede ser necesario tener que romper algo el revestimiento para que el núcleo quede descubierto en el extremo y el arco se establezca con mayor facilidad.

8.4 Observación del baño de fusión

Es muy importante distinguir entre el baño de fusión y escoria. Hay que procurar que la escoria no se adelante al baño de fusión y que éste bañe por igual ambos lados de la unión. Un defecto muy corriente, cuando no se controla bien la escoria, es su inclusión en el cordón de soldadura una vez solidificado éste. Para contener la escoria se podrá hacer un movimiento de vaivén del electrodo.

8.5 Ejecución del soldeo

Durante el soldeo el soldador deberá mantener la longitud del arco lo más constante posible, moviendo uniformemente el electrodo hacia la pieza según se vaya fundiendo. Al mismo tiempo, el electrodo se mueve también uniformemente a lo largo de la unión en la dirección del soldeo.

La elección entre cordones rectos o con balanceo dependerá de las exigencias del procedimiento y del tipo de cordón. En general las primeras pasadas se hacen con cordones rectos (menos cuando la separación en la raíz es muy grande). Cuando se realicen cordones con balanceo en posiciones PB y PC se deberá llevar más avanzada la parte baja del cordón (ver figura 15).

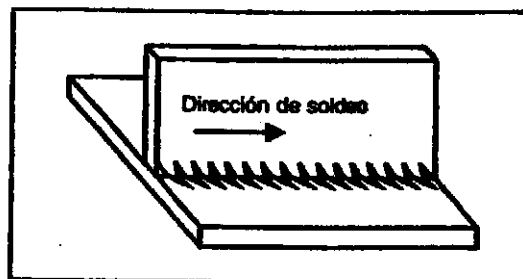


FIGURA 15. AL REALIZAR CORDONES CON BALANCEO EN POSICIÓN PB SE DEBE LLEVAR MÁS AVANZADA LA PARTE BAJA DEL CORDÓN

El movimiento debe ser simétrico y el avance uniforme, ya que de ello depende el buen aspecto de la soldadura, así como su calidad y reparto uniforme de calor.

En las posiciones cornisa y bajo techo a tope, cuando la unión tiene excesiva separación de raíz, las primeras pasadas deben depositarse dando, además del movimiento oscilatorio, un pequeño vaivén de avance y retroceso del electrodo, a fin de dar tiempo a que se solidifique el baño de fusión, evitando así la caída del material fundido.

8.6 Interrupción del arco

Nunca se debe interrumpir el arco de forma brusca, ya que pueden producirse grietas y poros en el cráter del cordón.

El arco puede interrumpirse por medio de cualquiera de las diferentes técnicas posibles:

- Acortar el arco de forma rápida, y a continuación mover el electrodo lateralmente fuera del cráter. Esta técnica se emplea cuando se va a reemplazar el electrodo ya consumido, continuando el soldeo a partir del cráter.
- Detener el movimiento de avance del electrodo y permitir el llenado del cráter, retirándose a continuación el electrodo.
- Dar al electrodo una inclinación contraria a la que llevaba y se retrocede, sobre el mismo el cordón, unos 10 ó 12 mm, antes de interrumpir el arco: de esta forma se rellena el cráter.

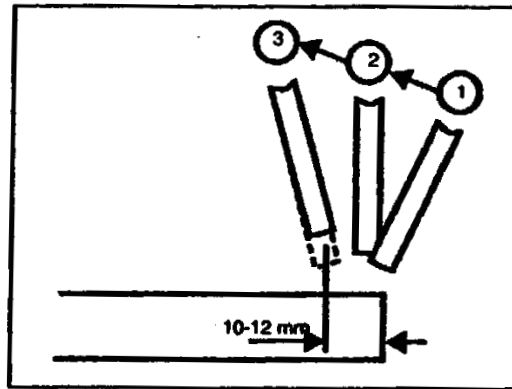


FIGURA 16. FORMA DE INTERRUMPIR EL ARCO

8.7 Empalmes de los cordones de soldadura

Deben realizarse de forma cuidada, para evitar fisuras e inclusiones de escoria. Tal como se indica en la figura 17, se rellena el cráter y se evita la porosidad y las inclusiones de escoria.

La limpieza de los cordones de soldadura es esencial para que la unión entre metales se realice correctamente y sin defectos. Se utilizará una piqueta y un cepillo de alambre. El material de los alambres del cepillo y de la piqueta dependerá del material base; por ejemplo nunca se utilizará de acero al carbono cuando el material base sea acero inoxidable, sino que será también de este mismo material.

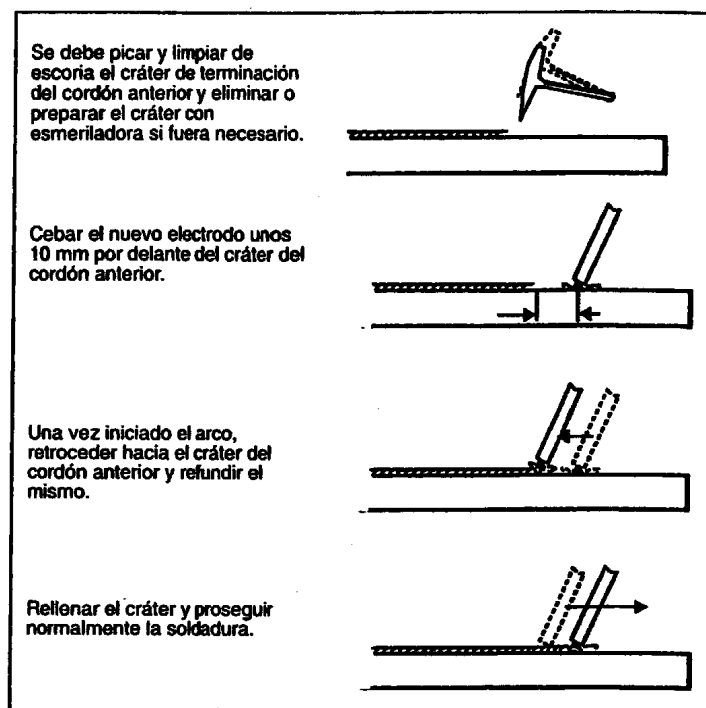


FIGURA 17. REALIZACIÓN CORRECTA DE LOS EMPALMES DE LOS CORDONES DE SOLDADURA

8.8 Retirada de la escoria

Una vez depositada la pasada completa de soldadura, debe picarse la escoria y cepillar la totalidad del cordón antes de realizar la pasada siguiente.

Se deberá retirar la escoria especialmente en las proximidades de las caras del chaflán que es donde puede quedar ocluida, utilizando esmeriladora si fuera necesario. También se deberá eliminar el sobreespesor del cordón cuando éste sea excesivo antes de depositar el siguiente (ver figura 18).

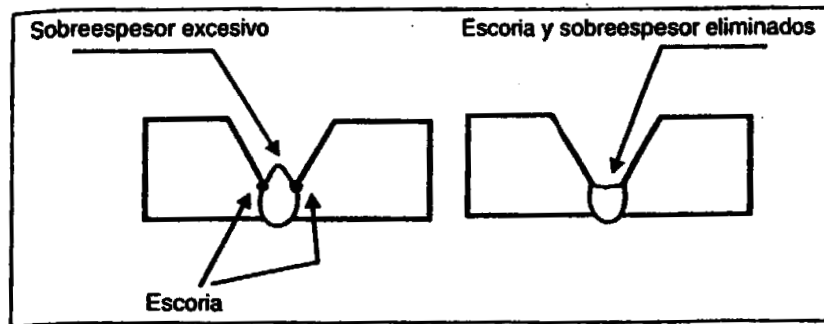


FIGURA 18. ELIMINAR EL SOBREESESOR EXCESIVO Y LA ESCORIA ATRAPADA ANTES DE DEPOSITAR EL SIGUIENTE CORDÓN

Al finalizar la unión deben quitarse, además de la escoria, las proyecciones más pronunciadas y cepillar totalmente la unión soldada.

Como medida de protección de los ojos, el soldador debe utilizar para picar y cepillar la soldadura unas gafas con los cristales transparente.

8.9 Soplo del arco

En el soldeo SMAW puede producirse con frecuencia el soplo magnético.

En la figura 19 se muestra una manera de aminorar el efecto soplo magnético cuando se produzca.

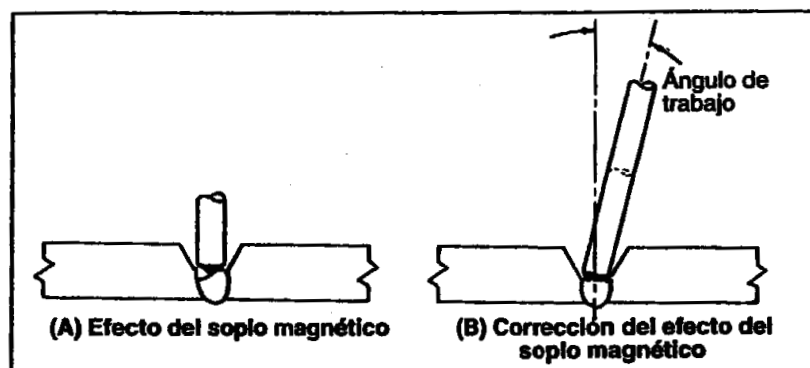
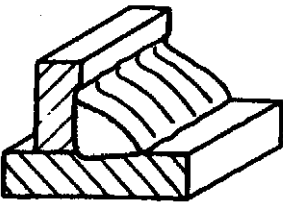
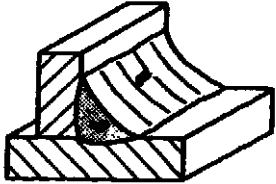
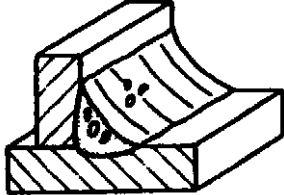
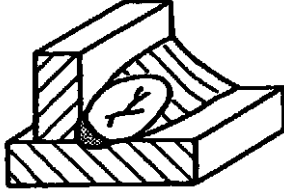
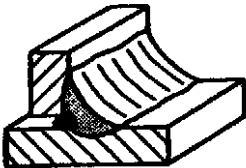
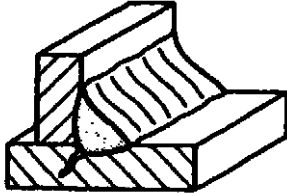




FIGURA 19. CORRECCIÓN DEL EFECTO DEL SOPLO MAGNÉTICO

9. DEFECTOS EN LAS SOLDADURAS

| | |
|---|--|
| <p>Defecto: Mordeduras</p> |  |
| <p><i>Causa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de soldeo demasiado elevada. • Ángulo de desplazamiento excesivamente pequeño. • Arco largo. | <p><i>Remedio:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar la intensidad adecuada para el diámetro, posición y tipo de electrodo. • Inclinar el electrodo hasta que el ángulo de desplazamiento sea de 5-10°. • Utilizar longitud de arco igual al diámetro del electrodo, o a la mitad si el electrodo es básico. |
| <p>Defecto: Inclusiones de escoria</p> |  |
| <p><i>Causa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de soldeo muy baja. • Velocidad de desplazamiento elevada, que provoca el enfriamiento rápido de la soldadura no permitiendo la salida de la escoria. • Soldeo multipasadas sin retirar la escoria del cordón anterior. | <p><i>Remedio:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar la intensidad suficiente que permita la salida de la escoria antes de que el metal aportado solidifique. • Reducir la velocidad de desplazamiento. • Extremar la limpieza; siempre retirar totalmente la escoria antes de realizar el siguiente cordón. |

| | |
|--|--|
| <p>Defecto: Porosidad</p> |  |
| <p><i>Causa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Suciedad en el metal base (óxidos, grasa, recubrimientos). • Arco demasiado largo. • Electroodos húmedos. | <p><i>Remedio:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Eliminar los restos de grasa o suciedad, y los recubrimientos antes de soldar. • Utilizar una longitud de arco adecuada y mantenerla durante el soldeo. • Conservar los electroodos adecuadamente evitando su contacto con cualquier fuente de humedad. Con electroodos básicos utilizar estufas y secar en el horno. |
| <p>Defecto: Grietas en el cráter</p> |  |
| <p><i>Causa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Interrumpir el arco de forma brusca, especialmente al soldar con altas intensidades. | <p><i>Remedio:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar una técnica de interrupción del arco adecuada. |
| <p>Defecto: Inclusiones de escoria en la raíz</p> | |
|  | <p><i>Remedio:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Posicionar las piezas de forma que entre ellas siempre haya contacto. |
| <p>Defecto: Grietas que parten de la intercara (metal de soldadura-metal base) de la unión</p> |  |
| <p><i>Causa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • El material no es soldable. • Enfriamiento de la soldadura excesivamente rápido. | <p><i>Remedio:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar las precauciones necesarias para soldar ese material. No soldar. • Evitar enfriamientos rápidos. |

| | |
|---|--|
| <p>Defecto: Falta de fusión en los bordes</p> |  |
| <p><i>Causa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Inadecuada limpieza, presencia de algún óxido o material extraño que impide la correcta fusión del material base. • Orientación inadecuada del electrodo. • Intensidad de soldeo insuficiente o velocidad excesiva. | <p><i>Remedio:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpiar el material base, los chaflanes y por lo menos 25 mm a cada lado de la unión. Extremar la limpieza o decapado del acero inoxidable y de las aleaciones de aluminio. • Orientar el electrodo correctamente. • Elegir los parámetros de soldeo de forma adecuada. |
| <p>Defecto: Falta de penetración</p> |  |
| <p><i>Causa:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Talón de raíz excesivo o separación en la raíz insuficiente. Desalineamiento entre las piezas excesivo. • Intensidad de soldeo insuficiente o velocidad excesiva. • Diámetro del electrodo demasiado grande que no permite el acercamiento del electrodo a la raíz de la unión. • Diámetro del electrodo demasiado fino que no tolera la intensidad necesaria para conseguir buena penetración. | <p><i>Remedio:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparar y ensamblar las piezas de forma adecuada. • Elegir los parámetros de soldeo de forma adecuada. • Seleccionar el diámetro adecuado. • Seleccionar el diámetro adecuado. |