

SOLDEO CON ALAMBRE TUBULAR

INDICE

	Pág
1. PRINCIPIOS DEL PROCESO	2
1.1 Descripción y denominaciones	2
1.2 Aplicaciones : Ventajas y limitaciones.....	3
2. EQUIPO DE SOLDEO.....	5
2.1 Rodillos.....	5
2.2 Pistola	6
3. MODOS DE TRANSFERENCIA.....	9
4. ALAMBRES TUBULARES	10
4.1 Transferencia y absorción de impurezas	10
4.2 Protección contra la humedad	11
5. GASES DE PROTECCIÓN.....	11
6. CONTROL DEL PROCESO.....	12
6.1 Extensión libre del alambre.....	12
6.2 Ángulo inclinación de la pistola	12
7. DEFECTOS TÍPICOS EN LAS SOLDADURAS.....	14

1.1.Descripción y denominaciones

En el proceso de soldeo por arco con electrodo tubular la soldadura se consigue con el calor de un arco eléctrico establecido entre un alambre-electrodo consumible continuo y la pieza que se suelda. La protección se obtiene del fundente contenido dentro de un alambre tubular pudiéndose utilizar con o sin gas de protección adicional.

Este proceso combina las características del soldeo con electrodo revestido, el soldeo por arco sumergido y el soldeo MIG/MAG.

La técnica de soldeo con hilo tubular se diferencia del soldeo MIG/MAG en el tipo de electrodo que, como su nombre indica, en este caso, es un alambre hueco y relleno de fundente el cual, al fundirse por la acción del arco eléctrico, deposita un metal fundido protegido con una fina capa de escoria; podríamos decir que es como un electrodo revestido al revés. En el resto hay bastantes similitudes con el proceso MIG/MAG.

Como se ha dicho, dentro del proceso hay dos variantes .:

- Autoprotegido (self-shielded ó innershielded), ver figura 1, que protege el baño de fusión gracias a la descomposición y vaporización del fundente.
- Con protección de gas (gas-shielded ó outershielded), ver figura 2, que suele ser CO₂ o mezclas de CO₂ y argón, que utiliza gas de protección además de la acción protectora del fundente.

Con ambos métodos el electrodo forma una escoria que cubre y protege el metal de soldadura hasta que solidifica y, en ambos casos, la protección del arco puede soportar el viento y los agentes atmosféricos en mayor medida que los procesos con protección gaseosa (TIG y MIG/MAG).

Es un proceso semiautomático, aunque también puede utilizarse en el soldeo mecanizado y automatizado.

El proceso de soldeo por arco con alambre tubular **con** protección gaseosa se le conoce por los siguientes nombres :

- FCAW-G, gas shielded flux cored arc welding (ANSI/AWS A3.0).
- 136, soldeo por arco con alambre tubular con protección de gas activo (EN 24063).
- 137, soldeo por arco con alambre tubular con protección de gas inerte (EN 24063).

El proceso de soldeo por arco con alambre tubular **sin** protección gaseosa se le conoce por los siguientes nombres :

2. FCAW-S, self-shielded flux cored arc welding (ANSI/AWS A3.0).
3. 114, soldeo por arco con alambre tubular sin protección gaseosa (EN 24063).

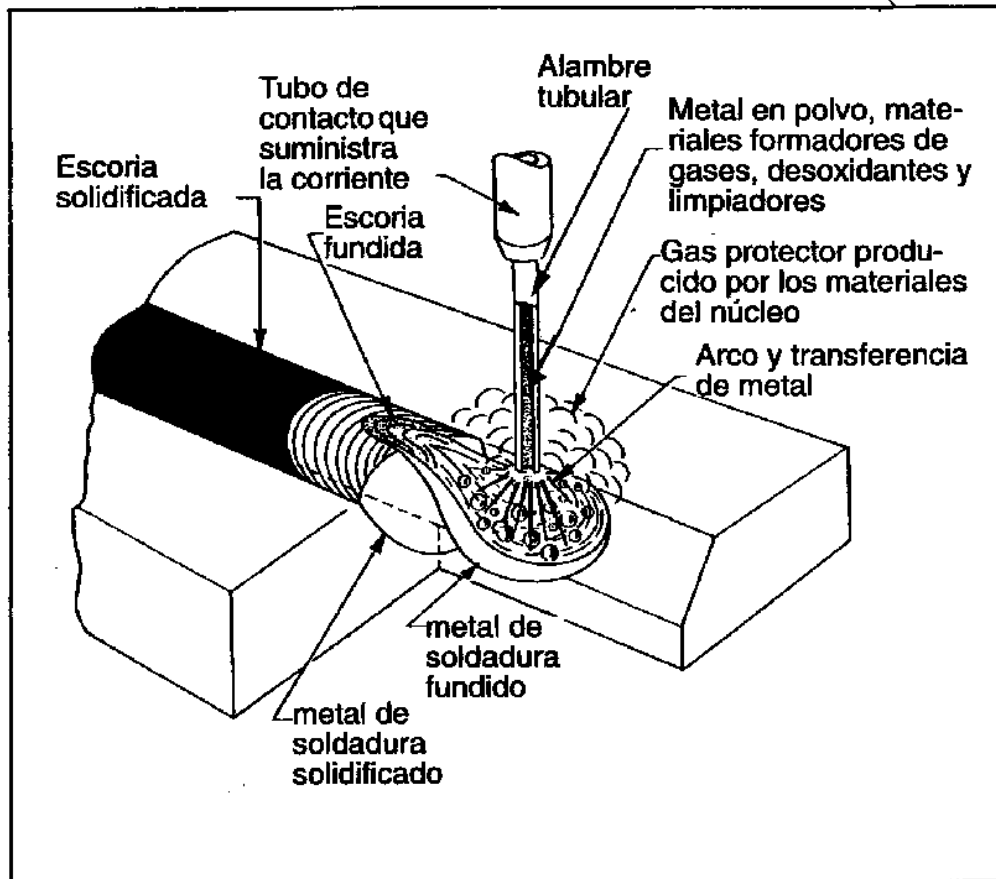


FIGURA 1: PROCESO CON ALAMBRE TUBULAR AUTOPROTEGIDO

1.2. Aplicaciones. Ventajas y limitaciones

Este proceso se utiliza para el soldeo de aceros al carbono, aceros de baja aleación, aceros inoxidables y fundiciones, también se suele utilizar para realizar recargues.

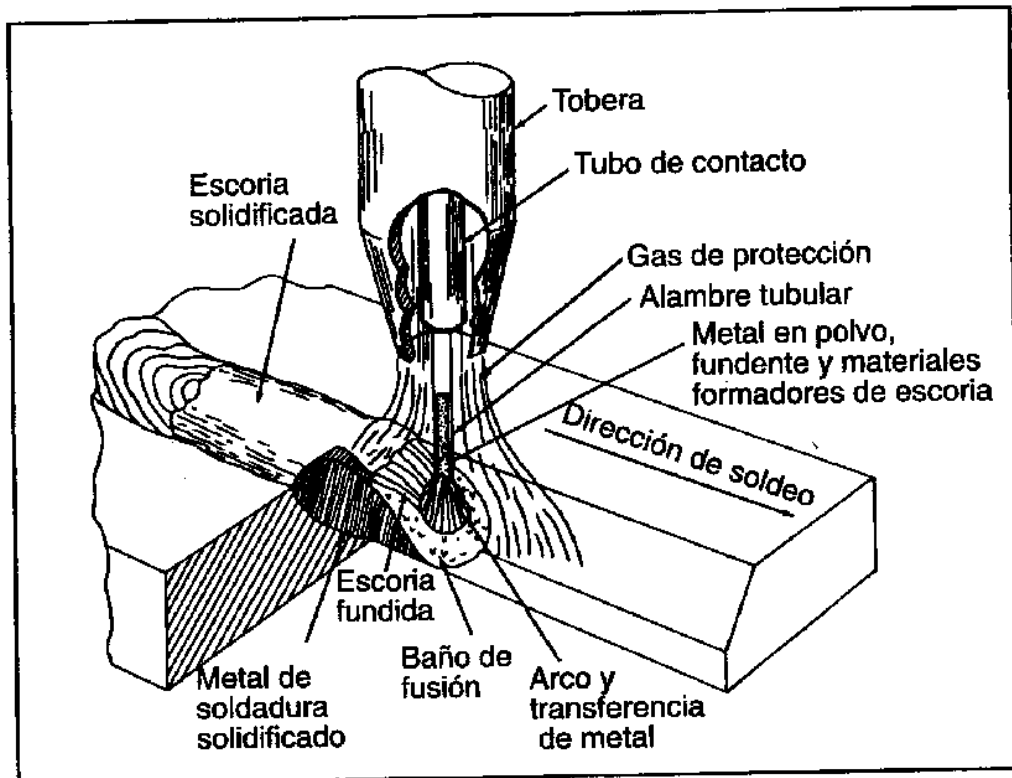


FIGURA 2 : PROCESO CON ALAMBRE TUBULAR CON PROTECCIÓN GASEOSA

La elección del tipo de proceso (autoprotegido o protegido con gas) depende de las propiedades mecánicas deseadas, del tipo de alambre disponible y del tipo de unión ; generalmente se utiliza el autoprotegido en las mismas aplicaciones en las que se elegiría el soldeo con electrodo revestido, mientras que el proceso protegido por gas se utilizaría en aquellas aplicaciones en las que se selecciona el proceso MIG/MAG.

Los procesos semiautomáticos con protección de gas (como MIG/MAG), cuando son utilizados al aire libre han de ser necesariamente aislados del viento que desplazaría el gas y dejarían desprotegido el baño de fusión.

Al igual que los electrodos revestidos, los alambres utilizados en este proceso de soldeo generan por sí mismos el gas protector. Dicho gas se produce dentro del arco por lo que le afecta en menor medida las corrientes de aire, haciendo al proceso idóneo para utilizarlo en lugares donde las condiciones climatológicas sean adversas.

La principal desventaja frente al proceso MIG/MAG es el tiempo que se emplea en retirar la escoria, que puede convertirle en un proceso no competitivo, especialmente en las pasadas de raíz. Otra desventaja es la gran cantidad de humos que se producen durante el soldeo.

Respecto al soldeo con electrodo revestido, este proceso tiene la ventaja de su mayor productividad que se traduce en una reducción del coste de los productos. La mayor desventaja respecto al soldeo con electrodo revestido es el mayor coste del equipo, que supone una mayor inversión inicial.

Otras características del proceso son :

- No se requiere tanta limpieza del metal base como en el soldeo MIG/MAG.
- Los electrodos tubulares son más caros que los macizos, excepto para algunos aceros de alta aleación.
- En la actualidad está limitado al soldeo de todo tipo de aceros y aleaciones base níquel.

El campo de aplicación de este proceso se centra, con preferencia, en construcciones tales como : astilleros, estructuras de edificios, depósitos de almacenamiento, plataformas petrolíferas, tuberías para gaseoductos y oleoductos, puentes, reparación de maquinaria, etc., siendo posible utilizarlo en cualquier posición.

Este proceso de soldeo es sumamente similar al proceso de soldeo MIG/MAG, por lo que sólo se destacarán los aspectos diferenciadores.

2. EQUIPO DE SOLDEO

Para el soldeo con alambre tubular se puede utilizar el equipo de soldeo MIG/MAG ya que ambos son similares, como gran diferencia en el caso del soldeo con alambre autoprotegido destaca la ausencia de gas de protección. En la figura 3 se ha representado el esquema del equipo de soldeo.

2.1. Rodillos

El proceso requiere el empleo de unos rodillos que no aplasten ni deformen al alambre tubular; la selección de los rodillos, por tanto, debe ser cuidadosa. Se preferirá los rodillos moleteados o con bisel en V en lugar de los clásicos lisos. Además es también imprescindible seleccionar el rodillo de acuerdo con la dimensión del alambre.

2.2 Pistola

Las pistolas para soldeo por arco con alambre tubular son muy parecidas a las empleadas para el soldeo por arco con protección de gas.

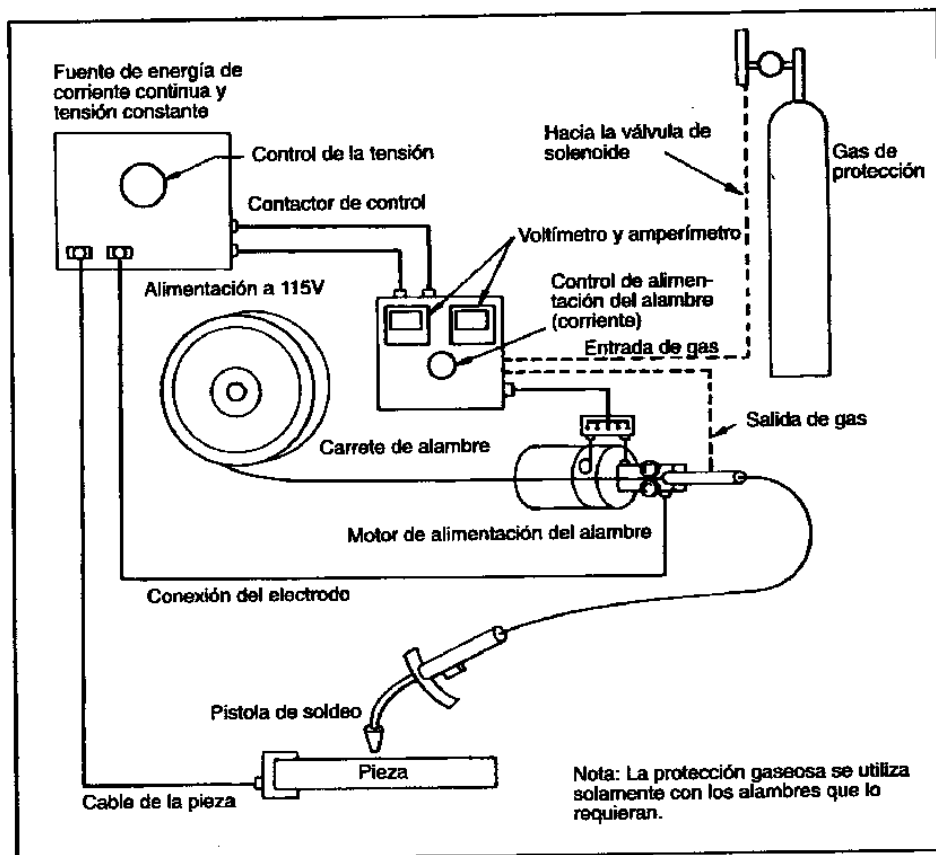


FIGURA 3 : EQUIPO PARA EL SOLDEO POR ARCO CON ALAMBRE TUBULAR

En la figura 4 (A) se representa una pistola para soldeo con alambre autoprotegido y en la 4 (B) la pistola para soldeo con protección gaseosa (iguales que las de soldeo MIG/MAG).

Algunos alambres para el soldeo autoprotegido requieren que gran parte de la extensión libre del mismo quede dentro de la boquilla para conseguir la máxima protección; las pistolas para estos alambres suelen tener guías con una prolongación aislada (ver figura 5) para dar apoyo al alambre.

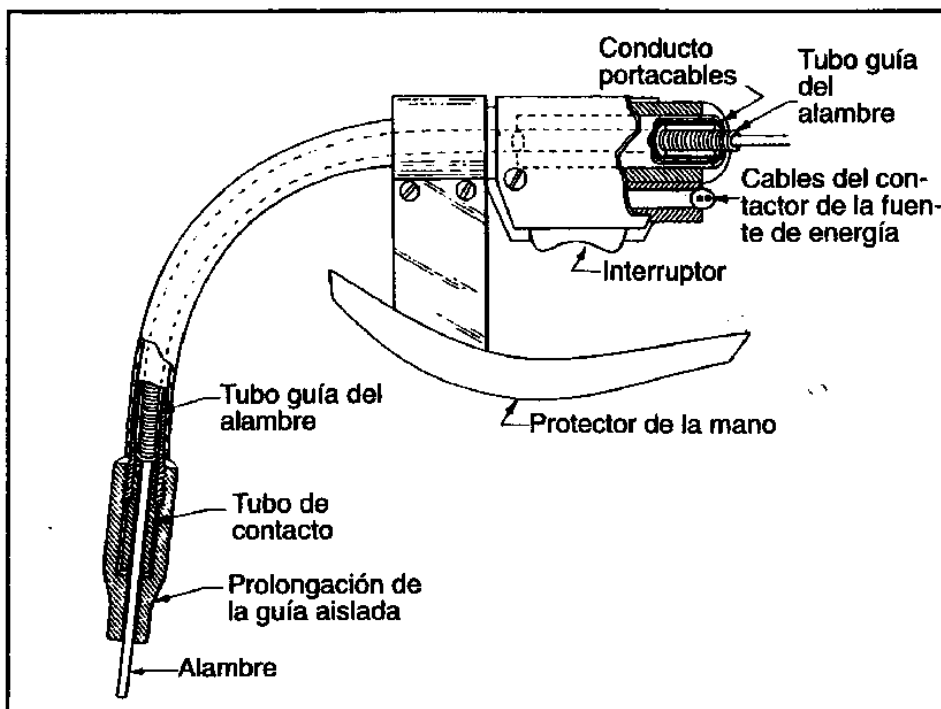


FIGURA 4 (A) : PISTOLA PARA SOLDEO CON ALAMBRE AUTOPROTEGIDO

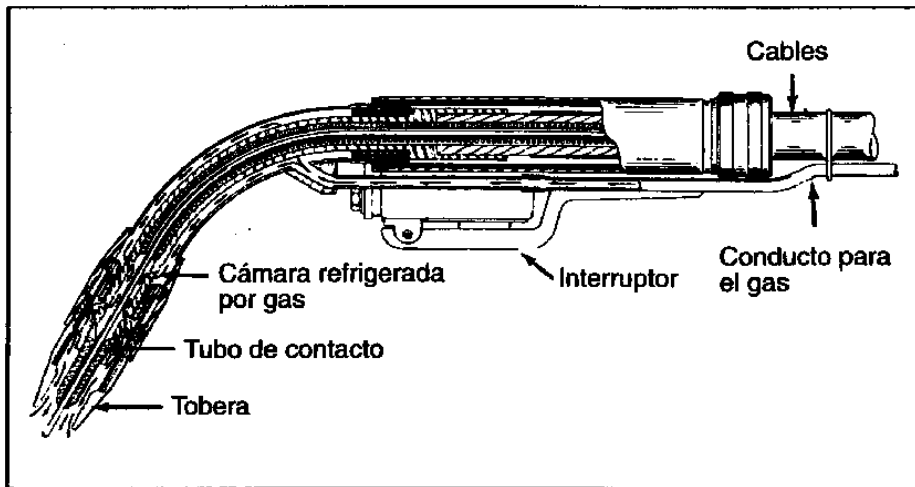


FIGURA 4 (B) : PISTOLAS PARA EL SOLDEO CON PROTECCIÓN DE GAS

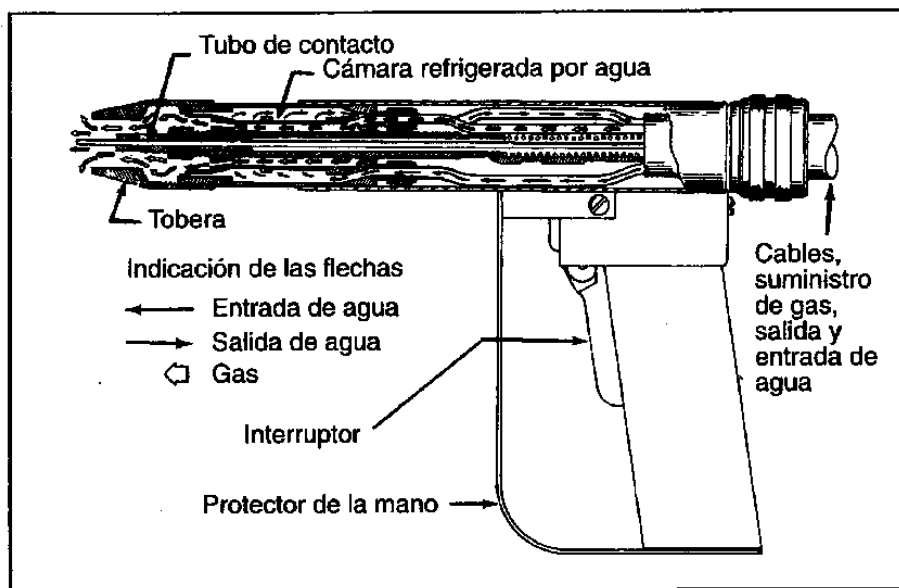


FIGURA 4 (B) (CONTINUACIÓN) : PISTOLAS PARA EL SOLDEO CON PROTECCIÓN DE GAS

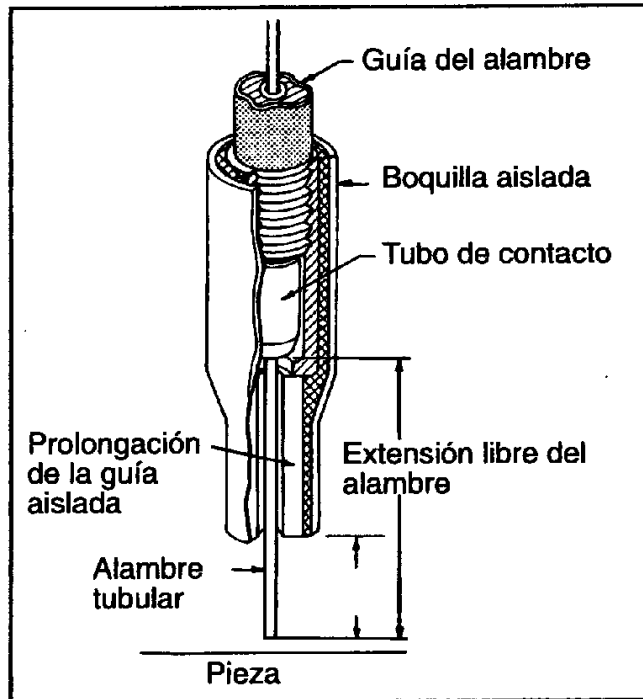


FIGURA 5 : BOQUILLA PARA ALAMBRES AUTOPROTEGIDOS

3. MODOS DE TRANSFERENCIA

En cualquier caso la transferencia de metal en el soldeo con alambre tubular se puede realizar de forma globular, spray, cortocircuito o por arco pulsado. El tipo de transferencia depende del tipo de fundente, del gas de protección, cuando se utiliza, y de la intensidad y tensión de soldeo. No obstante el tipo de transferencia suele ser de tipo spray. Las fuentes de arco pulsado, muy utilizadas en el soldeo MIG/MAG, no lo son tanto en este proceso, por no ser necesarias.

4. ALAMBRES TUBULARES

Los alambres tubulares son electrodos continuos similares a los empleados en soldadura MIG/MAG, con la diferencia de que son huecos y en su interior contienen un fundente que tiene funciones similares a las del revestimiento de los electrodos revestidos . (Ver figura 6). La cantidad de fundente varía de un 15 a un 35% en peso.

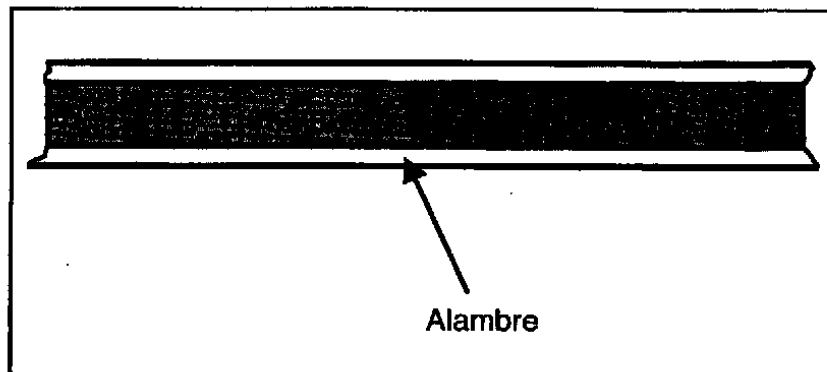


FIGURA 6 : ELECTRODO – ALAMBRE TUBULAR

4.1. Transferencia y absorción de impurezas

Los alambres de gran diámetro y de forma tubular simple presentan una transferencia globular en forma de gotas medias y gruesas. Las gotas se forman en el extremo del alambre, donde engordan, antes de ser transferidas al baño de fusión. Por el contrario, en los alambres de sección compleja se obtiene un mejor contacto térmico entre el fundente y el metal del alambre dando una transferencia en forma de gotas finas. Las gotas se inician en la sección central realizándose la transferencia a partir del eje central (transferencia axial) y las gotas están en contacto más íntimo con los productos del fundente (desoxidantes, formadores de gas, etc.).

En los alambres de pequeño diámetro la transferencia suele ser en forma de gotas finas (spray) aún cuando la forma del alambre tubular sea simple, sin olvidar que el tipo de transferencia también depende de los parámetros eléctricos y de la protección gaseosa.

4.2. Protección contra la humedad

La mayoría de los alambres tubulares tienen tendencia a absorber la humedad ambiental. Un alambre húmedo favorecerá la formación de poros. Se recomienda guardar las bobinas en su paquete durante la noche y mientras no se utilicen.

Los paquetes una vez abiertos deben mantenerse en lugares secos y cálidos. Es importante no almacenar los paquetes en un suelo frío o cerca de paredes frías. El almacén deberá mantener una temperatura de 15 – 30°C y una humedad inferior al 55%. El alambre no deberá mantenerse sin protección durante más de 24h si la humedad es superior al 55%.

En general los alambres que hayan absorbido humedad no pueden secarse.

En algunos casos se puede realizar un secado a 150-315°C, esto requiere que el alambre tubular sea devanado en algún dispositivo metálico.

5. GASES DE PROTECCIÓN

Los gases utilizados en el soldeo con alambre tubular protegido por gas de cualquier material son :

- CO₂
- Mezclas CO₂ + Argón (generalmente 25% CO₂)
- Argón + 2 % Oxígeno

En general se debe utilizar la mezcla de gases recomendada por el fabricante del alambre.

Como principales ventajas del empleo de CO₂ tenemos :

4. Bajo coste
5. Gran penetración

Cuando se suelda con CO₂ suele producirse transferencia globular, aunque existen algunos fundentes que consiguen transferencia spray incluso con CO₂.

El efecto del argón en el gas de protección, en comparación con el CO₂, se traduce en :

- Menor oxidación
- Mayor estabilidad del arco
- Mejor aspecto del cordón
- Menor fluidez de la escoria
- Penetración más estrecha

En el caso de utilizar CO₂ el baño de fusión se puede contaminar con carbono. Cuando se utiliza alambre autoprotegido el nitrógeno puede entrar en el baño de fusión con mayor facilidad; en este caso se debe evitar el soldeo con bajas intensidades y longitudes de arco grandes (tensión de soldeo elevada).

El caudal de gas recomendado es de 15 a 25 l/min, dependiendo del tipo de gas, tamaño de pistola y aplicación. El soldeo en chaflanes más estrechos requiere menos caudal de gas que con preparaciones de bordes más abiertas. El soldeo en vertical ascendente puede dar alguna pérdida de gas por efecto chimenea, requiriendo mayor caudal de gas además de otras precauciones.

6. CONTROL DEL PROCESO

La regulación de los parámetros para el soldeo con alambre tubular puede resultar difícil, como ocurre en MIG/MAG, por la gran relación existente entre ellos.

6.1 Extensión libre del alambre

La mayoría de los fabricantes recomiendan longitudes de 20 a 40 mm para la extensión libre del alambre en las aplicaciones con protección gaseosa y una extensión de 20 a 95 mm para el soldeo autoprotegido.

6.2 Ángulo de inclinación de la pistola

Se deben seleccionar los ángulos con sumo cuidado. Para el soldeo autoprotegido el ángulo de desplazamiento (ver figura 7) debe ser el mismo que el utilizado en el soldeo con electrodos revestidos. Para las posiciones horizontal y plana el ángulo de trabajo será de 20 a 45° (figura 7 (A)). Se utilizan mayores ángulos para los espesores delgados. A medida que aumenta el espesor de la pieza el ángulo de desplazamiento debe disminuir (poner la pistola más vertical) para aumentar la penetración; para el soldeo en vertical ascendente el ángulo será de 5 a 15°, se puede utilizar en algunos casos el soldeo hacia delante, sin embargo, en el soldeo vertical descendente se debe realizar la soldadura siempre con la técnica de soldeo hacia atrás y un ángulo de desplazamiento de unos 15°; de esta forma se mantendrá el baño de fusión y el metal líquido no adelantará a la pistola.

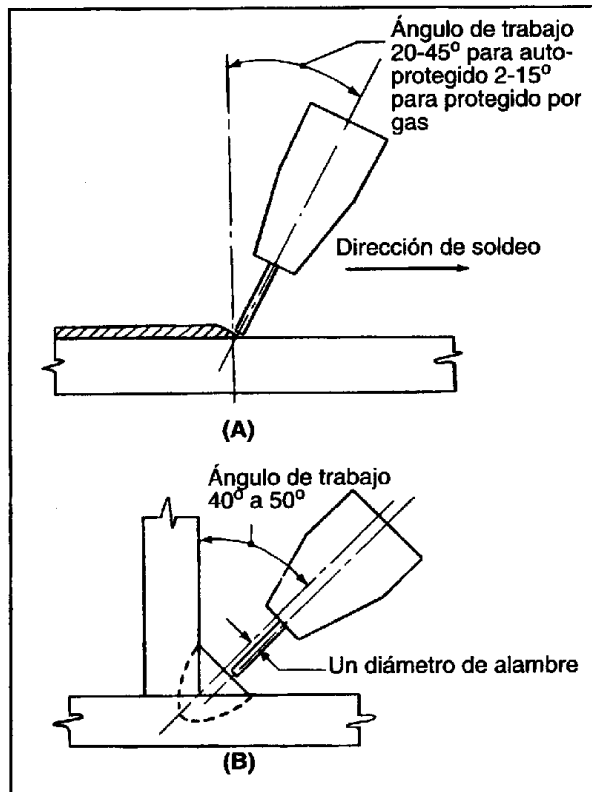


FIGURA 7 : POSICIÓN DEL ALAMBRE

En el soldeo protegido con gas se utilizan ángulos de 2 a 15° y no más de 25°, ya que si el ángulo de desplazamiento es muy grande se pierde la efectividad de la protección gaseosa.

Cuando el soldeo en ángulo se realiza en posición horizontal, el flujo de material tiende a desviarse en la dirección de soldeo y hacia un lado. Para corregir esta tendencia, el alambre debe apuntar a la chapa inferior cerca de la esquina del rincón de la unión entre las dos chapas. Además del ángulo de desplazamiento, que será como se ha indicado anteriormente, el ángulo de trabajo será de 40° a 50° en relación con la chapa vertical. La figura 7 (B) muestra la desviación del electrodo con respecto al centro de la unión para aminorar el efecto explicado. Para el soldeo en vertical ascendente se puede utilizar un ángulo de trabajo más pequeño.

7. DEFECTOS TÍPICOS EN LAS SOLDADURAS

Se recomienda revisar los defectos que se pueden encontrar en las soldaduras realizadas con MIG/MAG.

Defecto : Porosidad	
Causa	Remedio
- Material base contaminado.	- Extremar la limpieza del material base.
- Alambres tubulares contaminados o sucios.	- Desengrasar. - Evitar la suciedad en el taller. - Secar los alambres.
- Insuficiente cantidad de fundente en el alambre.	- Cambiar el alambre.
- Tensión muy elevada.	- Disminuir la tensión.
- Extensión visible (“stickout”) muy grande.	- Acortar la extensión y determinar la tensión adecuada
- Extensión visible (“stickout”) muy pequeña (para soldeo autoprotegido).	- Alargar la extensión y determinar la tensión adecuada.
- Velocidad de soldeo elevada.	- Ajustar la velocidad.
- Caudal de gas bajo que produce una protección defectuosa.	- Aumentar el caudal de gas de protección.
- Proyecciones en la tobera que reducen su sección.	- Retirar las proyecciones de la boquilla.
- Caudal de gas alto.	- Disminuir el caudal para eliminar la turbulencia.
- Excesivas corrientes de viento.	- Proteger la zona de soldeo del viento.
- Gas de protección contaminado.	- Controlar la alimentación del gas. - Purgar.

Defecto : Falta de fusión o de penetración	
Causa	Remedio
<ul style="list-style-type: none"> - Parámetros de soldeo no adecuados - Manipulación del alambre inadecuada - Diseño inapropiado de la unión 	<ul style="list-style-type: none"> 6. Aumentar la velocidad de alimentación del alambre. 7. Reducir la velocidad de desplazamiento. 8. Disminuir el “stickout”. 9. Reducir la dimensión del alambre 10. Aumentar la velocidad de soldeo (para el soldeo autoprotegido). 11. Mantener la inclinación correcta. 12. Centrar la pistola y elegir el ángulo de inclinación adecuado. 13. Reducir la desalineación 14. Aumentar la separación en la raíz. 15. Reducir el talón
Defecto : Grietas	
Causa	Remedio
<ul style="list-style-type: none"> - Embridamiento excesivo - Alambre inadecuado - Defecto en el llenado de electrodo 	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir el embridamiento - Precalentar - Utilizar un metal de aporte más dúctil - Realizar un martillado. - Revisar la composición del fundente o del alambre. - Cambiar el electrodo
Defecto : Mordeduras	
Causa	Remedio
<ul style="list-style-type: none"> - Tensión excesiva - Movimiento lateral muy rápido. - Velocidad de avance excesiva - Pistola con inclinación excesiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuir la tensión para que el calentamiento de la pieza sea menor. - Dar un movimiento lateral más lento y retener un poco a los lados del cordón. - Disminuir la velocidad de avance. - Mantener la inclinación adecuada de la pistola.

Defecto : Inclusiones de escoria	
Causa	Remedio
<ul style="list-style-type: none"> - Intensidad de corriente muy débil. - Cordones mal distribuidos. - Movimiento de avance irregular y demasiado ancho. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar la intensidad para que la escoria se funda y flote en el baño. - Distribuir los cordones de forma que no queden estrías muy profundas donde se quede encajada la escoria. - Dar un movimiento de avance regular y disminuir la anchura del cordón.
Defecto : Proyecciones	
Causa	Remedio
<ul style="list-style-type: none"> - Humedad en el gas. - Arco demasiado largo. - Intensidad o tensión demasiado elevada. - Pistola al polo negativo. - Longitud libre de varilla excesiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Emplear gas de protección bien seco. - El arco debe tener una longitud de unos 3 mm. - Disminuir la velocidad de alimentación del alambre o la tensión. - Colocar la pistola al polo positivo. - Disminuyendo la longitud libre de varilla disminuyen las proyecciones.
Defecto : Agujeros	
Causa	Remedio
<ul style="list-style-type: none"> - Intensidad muy elevada. - Tensión de arco muy baja. - Movimiento de avance muy lento. - Bordes de las chapas muy separados. - Metal base muy caliente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuir la intensidad para evitar la perforación de la chapa. - Aumentar la tensión y disminuirá la penetración. - Aumentar la velocidad de avance. - Disminuir la separación entre los bordes. - Dejar enfriar antes de depositar un nuevo cordón.

NOTA : El mantenimiento del equipo de soldeo debe ser idéntico al que se le da al de soldeo MIG/MAG.