

## TEMA 23

# SOLDADURAS POR ARCO ESPECIALES

### Introducción.

Además de la técnica de soldadura manual por arco con electrodos recubiertos, que es la más ampliamente extendida, se van a considerar en este tema el resto de las técnicas de soldadura, manuales o automáticas, que hemos incluido bajo el epígrafe de *especiales*, y que comprenderán:

- Soldaduras bajo gas protector:
  - TIG
  - MIG
  - MAG
  
- Soldaduras automáticas por arco encubierto
  - Soldadura por arco sumergido
  - Soldadura por electroescoria
  - Soldadura por electroescoria con tobera consumible
  
- Soldaduras automáticas por arco descubierto
  - Soldadura por electrogás
  - Soldadura por osciladores

### Soldadura por arco bajo gas protector con electrodo no consumible.

Aunque la idea de utilizar un medio protector gaseoso es tan antigua como el electrodo revestido, fué en 1919 cuando Roberts y Van Nuys investigaron varios gases desde los inertes a hidrógeno e hidrocarburos. En los años 30, el interés se centró en los gases inertes pero no fué hasta 1940, cuando comenzaron los primeros experimentos en Estados Unidos. El metal a soldar se fundía por un arco eléctrico con un electrodo de tungsteno en una atmósfera inerte de helio monoatómico.

El procedimiento de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo no consumible, también llamado TIG (*Tungsten Inert Gas*), utiliza como fuente de energía el arco eléctrico que salta en un electrodo no consumible y la pieza a soldar, mientras un gas inerte protege el baño de fusión. El material de aportación, cuando es necesario, se aplica a través de varillas como en la soldadura oxiacetilénica.

Aunque se trata de un proceso esencialmente manual, se ha automatizado para algunas

## 23.2

fabricaciones en serie, como tubería de pequeño espesor soldada longitudinal o helicoidalmente y para la fijación de tubos a placas en intercambiadores de calor.

Su aplicación manual exige una gran habilidad por parte del soldador, por lo que estos operarios están bastante cotizados.

Puede emplearse en todo tipo de uniones o posiciones y en los materiales más diversos aceros al carbono, inoxidable, metales no féreos etc..

### a) Material de aportación:

Puesto que el TIG es un proceso que no produce escorias y que se realiza en una atmósfera inerte que no provoca reacciones en el baño, el material de aportación, cuando se utilice, deberá tener básicamente una composición química similar a la del material de base. Normalmente, se presentan en forma de varillas de distintos diámetros.

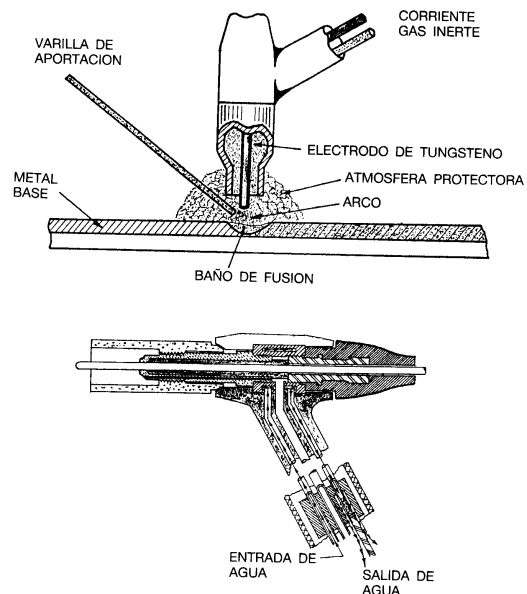
### b) Gases de protección:

**Argón:** es un gas monoatómico, incoloro, inodoro e insípido, perteneciente al grupo de gases inertes o nobles. Se encuentra presente en la atmósfera en proporciones relativamente apreciables, del orden del 0,94 % en volumen. Se obtiene industrialmente a partir de la destilación fraccionada del aire líquido. Su densidad es elevada y proporciona al arco una notable protección. Posee un potencial de ionización bajo, lo que facilita el cebado y origina arcos estables y tranquilos, con pocas proyecciones. Al necesitar tensiones reducidas produce consecuentemente arcos pocos enérgicos, resultando idóneo para la soldadura de piezas de pequeños espesores. Se caracteriza por una baja conductividad térmica, que da lugar a una gran concentración de calor en la vena central del arco (mayor penetración)

Su uso se encuentra muy extendido en soldadura, siderurgia, metalurgia, hornos de metalización, en la producción de atmósferas inertes y como generador de gas plasma. No suele utilizarse individualmente en la soldadura semiautomática de los aceros por ofrecer un baño muy poco fluido con una fuerte tendencia a la formación de poros.

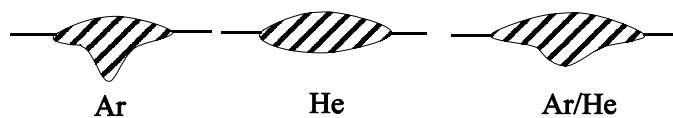
**Helio:** Es un gas monoatómico, incoloro, inodoro e insípido, perteneciente al grupo de gases inertes o nobles. En algunos yacimientos de gas natural se encuentra en cantidades apreciables, de hasta un 10 %. Su uso resulta económico en Estados Unidos, donde este gas suele acompañar al crudo en los pozos de petróleo.

Es más ligero que el Argón. Por su baja densidad se requiere un caudal de He dos o tres veces superior al de Ar para proporcionar al arco la misma protección. El potencial de ionización



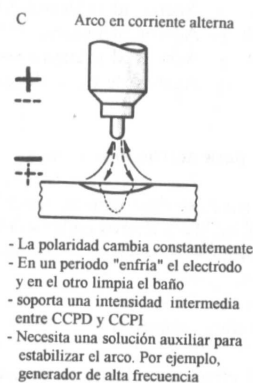
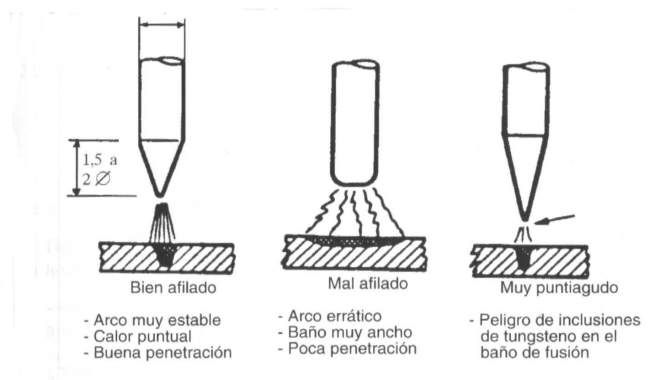
es más alto que el del Ar, lo cual ofrece dificultades para el cebado y la estabilidad del arco pero por esta misma razón adquiere tensiones de arco elevadas, lo que se traduce en mayores energías aportadas a igual intensidad de soldeo. Resulta, pues, excelente cuando se requieren elevados aportes térmicos. Su conductividad térmica es mayor que el Ar por lo que la penetración es menor y más uniforme.

**Mezclas He/Ar:** la mezcla de estos dos gases inertes ofrece prestaciones complementaria en virtud de la proporción en que interviene cada uno de ellos. La penetración es intermedia entre las típicas de cada gas puro.

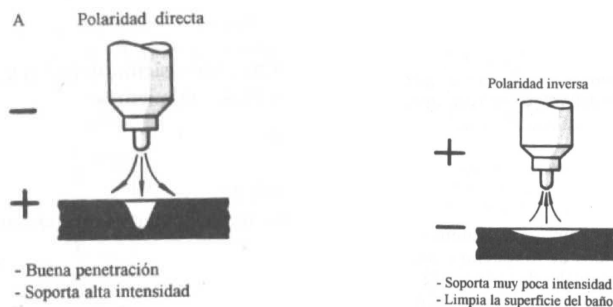


c) Electrodo:

Misión mantener arco sin aporte material baño fusión, para evitar desgaste posee alta temperatura de fusión. Wolframio y Tngsteno mismo material.



En corriente continua se conecta en el !, polaridad directa, el electrodo soporta intensidades ocho veces mayores, que si se conecta al +.



23.4

Tres tipos: WP, W + torio, + lantano, + cerio y W + circonio.

- WP. Punto fusión 3.400°C, extremo redondeado, en C.A. Al y Mg(45-50 A) y sus aleaciones. Identificado con anillo color verde.

- W+Th+La+Ce. Punto fusión 4.000°C extremo afilado, en C.C.. Aceros al carbono, baja aleación (30-40 A), inoxidable (30-40 A), Cu y Ti (75-80 A). Diferencia se puede utilizar cualquiera, pero Th radiactivo. Identificado con anillo color rojo, negro, gris.

- W+Zr. Punto de fusión 3.800°C. C.C. y C.A. pero mas usual en C.A.. Mayores intensidades W+Th. Soldeo materiales ligeros Al y Mg. Identificado anillo color marron.

Diámetros disponibles de: 1, 1,6, 2, 2,4, 3,2, 4, 4,8, 5 y 6,4. Los mas utilizados los subrayados, longitud estándar 150 mm.

## **Aplicaciones**

El proceso TIG se aplica principalmente a los aceros inoxidables, al Cr-Mo resistentes al calor, aluminio, níquel y sus aleaciones.

Puesto que el proceso posee las virtudes necesarias para conseguir soldaduras de alta calidad y con una elevada pureza metalúrgica, exentas de deféctos y buen acabado superficial es ideal para soldaduras de responsabilidad en la industria del petróleo, química, de alimentación, de generación de energía, nuclear, etc.

Se emplea así mismo en la soldadura de metales sensibles a la oxidación, como titanio y circonio.

Se puede sóldar a tope y sin aporte de material, desde 0,3mm a 4 mm. Como su tasa de deposición es baja, no resulta económico para soldar materiales con espesores mayores de 6-8 mm. En estos casos el TIG se utiliza para efectuar la pasada de raíz, empleándose otros procesos de mayor productividad para el resto de las pasadas de relleno.

## **Soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible.**

La soldadura por arco bajo gas protector, con electrodo consumible, es un proceso en el que el arco se establece entre un electrodo de hilo continuo y la pieza a soldar, estando protegido de la atmósfera circundante por un gas inerte, proceso MIG (*Metal Inert Gas*) o por un gas activo, proceso MAG (*Metal Active Gas*). El proceso puede ser:

- Semiautomatico. La tensión de arco, velocidad de alimentación del hilo, intensidad de soldadura y caudal de gas se regulan previamente. El arrastre de la pistola de soldadura se realiza manualmente.

- Automatico. Todos los parámetros, incluso la velocidad de soldadura, se regulan

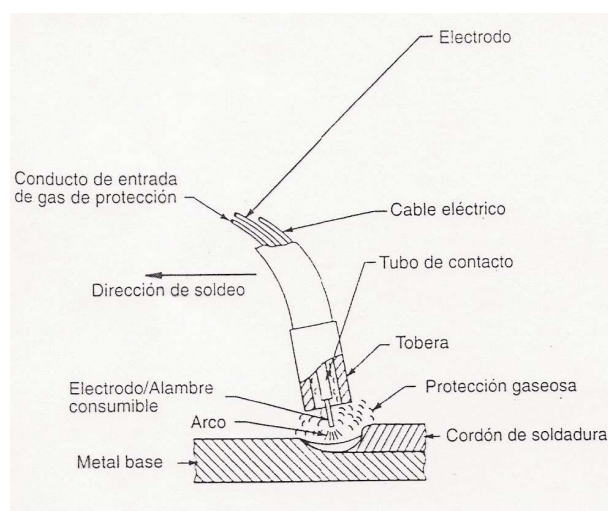
previamente y se aplican de forma automática.

- Robotizado. En la actualidad el GMAW es el único proceso de soldadura por arco que se ha robotizado a nivel industrial. En este caso, todos los parámetros de soldeo, así como las coordenadas de localización de la junta a soldar, se programan mediante una unidad específica para este fin. La soldadura la realiza un robot al ejecutar la programación.

#### a) Electrodo:

En la soldadura MIG/MAG, el electrodo consiste en un hilo macizo o tubular continuo de diámetro que oscila normalmente entre 0,8 a 1,6 mm. En ciertos casos de soldeo con fuerte intensidad, se emplea hilo de 2,4mm de diámetro.

Se presenta arrollado, al azar o por capas, en bobinas de 15 Kg, aunque en instalaciones automatizadas pueden llegarse a emplear carretes de 100 Kg o mayores. El hilo suele estar recubierto de cobre para favorecer el contacto eléctrico con la boquilla, disminuir rozamientos y protegerlo de la oxidación.



En general, la composición del hilo macizo suele ser similar a la del material de base. No obstante, para su elección hay que tener en cuenta la naturaleza del gas protector, por lo que se debe seleccionar la pareja hilo/gas.

Los hilos tubulares normalmente van rellenos con polvo metálico o con flux, o incluso con ambos. El relleno con polvo metálico, aparte de que puede aportar algún elemento de aleación, mejora el rendimiento gravimétrico del hilo.

#### b) Gases de protección

La naturaleza del gas de protección es muy importante puesto que influye notablemente en:

- la cantidad de energía aportada.
- el tipo de transferencia.
- la penetración.
- la velocidad de soldeo.
- el aspecto del cordón.
- la probabilidad de proyecciones y mordeduras.

Las diferencias que ofrecen los procedimientos MIG y MAG, en cuanto al gas de protección utilizado, se recogen en la siguiente tabla:

## 23.6

Procedimiento	GAS	Características
MIG	Argón	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajo potencial de ionización</li> <li>- Idóneo para pequeños espesores</li> <li>- No se utiliza en acero</li> <li>- Se usa en Al, Cu, Ni, Ti</li> </ul>
	Ar + O <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El O<sub>2</sub> actúa sobre la tensión superficial</li> <li>- Mejor penetración</li> </ul>
	Helio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevada conductividad</li> <li>- Poca penetración</li> <li>- Cordones amplios</li> </ul>
MAG	CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Más barato que el Ar</li> <li>- Carácter oxidante</li> <li>- Mayor penetración</li> <li>- Arcos energéticos</li> </ul>
	Ar + CO <sub>2</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se usa en chapas finas</li> <li>- Mejor visibilidad del baño</li> <li>- Mejor aspecto del cordón</li> <li>- Menos proyecciones</li> <li>- Fácil de regular</li> </ul>

### Influencia de los parámetros

#### - Polaridad:

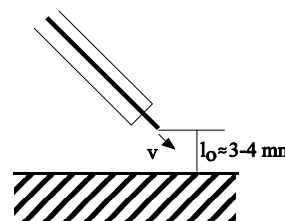
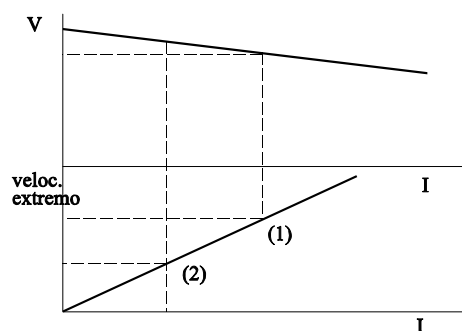
Afecta a la forma en que se realiza el transporte de material, a la penetración, a la velocidad de avance del hilo, etc.

Solo se puede emplear corriente continua por estar desnudos los electrodos (no se tiene revestimiento que estabilice el arco), normalmente con polaridad inversa, para que el arco sea más estable y existan menos salpicaduras.

#### - Tensión del arco:

Debido a que la velocidad de alimentación del hilo del electrodo se diseña proporcional a la intensidad necesaria para fundir dicho hilo en una atmósfera dada, se consigue que la longitud del arco permanezca sensiblemente constante a las perturbaciones que accidentalmente se puedan introducir. Para ello se emplea una fuente de corriente de potencial constante, con característica ligeramente descendente.

En efecto, si se separa la pistola de su posición de equilibrio, aumentará la longitud del arco, aumentando V, por lo que disminuirá el valor de la intensidad I, lo cual provocará que el alambre se funda más despacio, recuperando de esta forma su longitud inicial (sale más hilo). Análogo razonamiento se podría realizar para un acercamiento del extremo de la pistola.



### Modalidades de transporte

La forma en que el material es transportado desde el electrodo hasta el baño fundido depende de diversos factores: tipo de gas empleado, valor de la tensión empleada, etc, y dan lugar a las siguientes modalidades:

#### - Transporte pulverizado o arco spray:

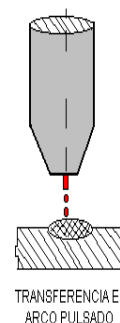
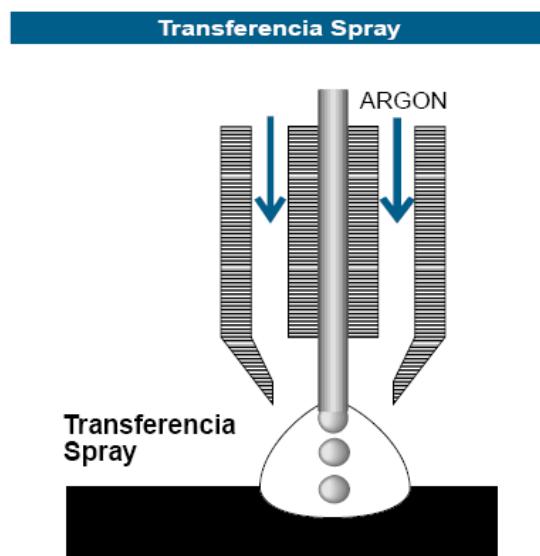
La transferencia de metal en este caso se realiza a través de gotas muy finas. Se caracteriza por un cono de proyección muy luminoso, un baño grande y por un zumbido característico.

Para que un arco se comporte de esta forma es necesario que:

- el hilo se encuentre conectado al polo positivo (polaridad inversa).
- el gas de protección debe ser argón, mezcla de argón con algo de  $O_2$  o de argón con  $CO_2$ .
- exista una elevada densidad de corriente.
- la tensión de arco sea relativamente alta (mayor que 28 V).

#### - Arco pulsado:

Una variante del sistema de transferencia spray es el arco pulsado, empleado por primera vez en 1965. Este tipo de arco se produce gracias a un equipo de soldadura, combinado con un generador de frecuencias que opere con 50-100Hz. Se superponen dos corrientes, una ininterrumpida y de débil intensidad llamada de base cuyo destino es proporcionar al hilo la energía calorífica necesaria para su fusión. La otra corriente está constituida por una sucesión de pulsaciones a la misma frecuencia. Cada pulsación, eleva la intensidad a 200A y provoca la proyección de una gota de metal fundido. Esto no ocurre más que en el momento de



la pulsación, que es cuando la densidad de corriente es la suficiente para que exista transferencia.

Cuando se suelda con corriente continua pulsada es posible operar con arco spray con menores valores de intensidad que con corriente continua normal. Como consecuencia de lo anterior, la energía aportada a la pieza durante la soldadura es menor.

- Transporte globular:

El arco es inestable, de poca penetración y produce numerosas proyecciones, por lo que no es recomendable su empleo.

El arco suele comportarse de esta forma, cuando:

- el hilo se encuentra conectado al polo negativo (polaridad directa).
- la densidad de corriente es inferior que en el arco spray.
- la tensión tiene un valor medio (entre 22 y 28 V).
- se emplea como gas protector al  $\text{CO}_2$ .

- Arco corto o cortocircuito:

Para que un arco se comporte de esta forma, es necesario que:

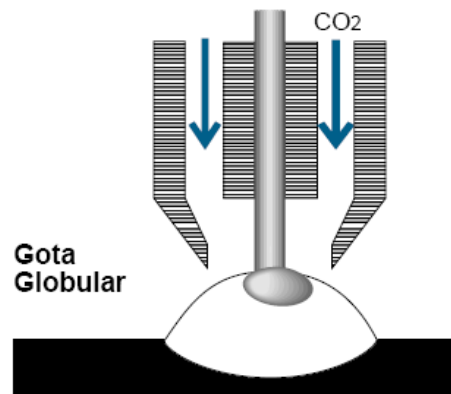
- el hilo se encuentre conectado al polo positivo (polaridad inversa).
- la densidad de corriente sea baja.
- el gas de protección sea  $\text{CO}_2$  o mezclas Argón/ $\text{CO}_2$ .
- la tensión de arco sea relativamente baja (menor de 22 V).

Con este tipo de arco se sueldan piezas de reducidos espesores, porque la energía aportada es pequeña en relación con el arco spray. Es ideal para soldaduras en vertical, en cornisa y bajo techo, porque el baño de fusión es reducido y fácil de controlar.

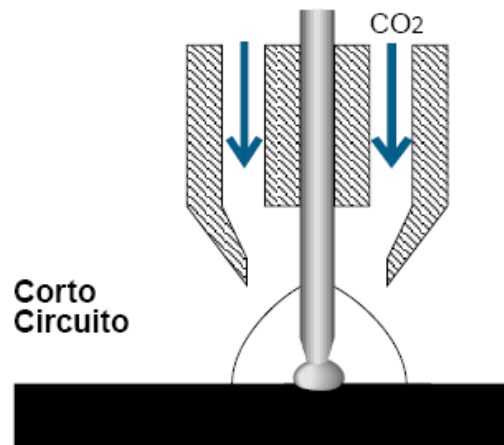
### Analogías y diferencias entre MIG/MAG

Criterio	MIG	MAG
Gas	Inerte	Activo

#### Transferencia Globular



#### Transferencia por Corto Circuito





Generador	Corriente continua	Corriente continua
Transporte	Spray	Cortocircuito
Metal a soldar	Acero inoxidable, Cu, Al	Aceros ordinarios
Espesores	Medios y gruesos	Todos
Posiciones de soldeo	Las fáciles	Todas
Visibilidad	Buena	Regular
Humos	Poco molestos	Nocivos (CO)

### Ventajas y limitaciones de la soldura bajo gas

Los procesos de soldeo bajo gas se caracteriza por:

- ausencia de escoria.
- alimentación automática del hilo.
- la gran densidad de corriente que admite gran flexibilidad de regulación.

De estas características se derivan, entre otras, las siguientes ventajas:

- Reduce tiempo y coste de las operaciones, porque el hilo continuo evita pérdidas de material y los tiempos de cambio de electrodo, con ventaja sobre el SMAW.
- No requiere una pericia especial en el operario, porque el soldador sólo debe vigilar la posición de la pistola y mantener la velocidad de avance, comprobando que la alimentación del hilo y del gas protector, son las correctas.
- Alto rendimiento de soldeo con buena calidad, porque admite elevadas densidades de corriente al ser muy pequeña la longitud del hilo bajo tensión.
- No produce escoria, permitiendo la visión del baño y el control de los defectos, con ventaja sobre los procesos SMAW y SAW.

Entre las limitaciones podemos citar:

- Necesidad de soldar en ambientes tranquilos pues, en caso contrario, pierde eficacia la protección gaseosa.
- Aunque su movilidad es aceptable, resulta inferior que en el proceso SMAW.
- La gama de materiales de aporte es limitada por las dificultades de trefilado de algunos aceros.
- Si no se aplica correctamente presenta una cierta tendencia a provocar faltas de fusión.
- El defecto de porosidad es frecuente en este proceso de soldeo, sobre todo si la técnica de aplicación no es correcta.

### Soldadura por arco sumergido.

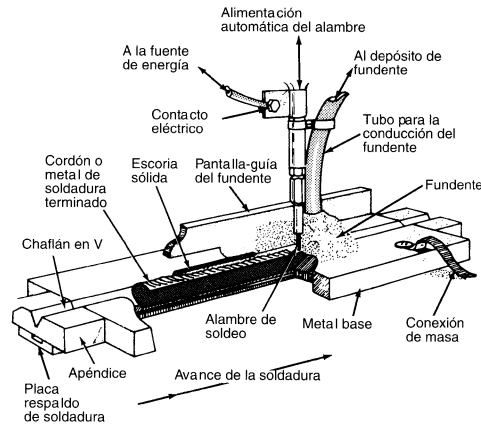
El proceso de soldadura por arco sumergido (método SAW, *Submerged Arc Welding*), consiste en la fusión de un electrodo consumible continuo, protegido por la escoria generada por

## 23.10

un flux, granulado o en polvo, con el que se alimenta el arco por separado. El sistema es totalmente automático y permite obtener grandes rendimientos en producción.

El arco eléctrico se establece entre el electrodo metálico y la pieza a soldar. Como electrodos, pueden utilizarse uno o varios alambres o hilos simultáneamente o bien flejes o bandas.

El tipo de corriente a utilizar puede ser continua (polaridad directa o inversa) y alterna.



REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DEL PROCESO DE SOLDEO POR ARCO SUMERGIDO

El flux protege el arco y el baño de fusión de la atmósfera circundante, de tal manera que ambos permanecen invisibles durante el proceso. Parte del flux se funde, con un papel similar al del recubrimiento en los electrodos revestidos: protege el arco, lo estabiliza, genera una escoria de viscosidad y tensión superficial adecuadas e incluso permite añadir elementos de aleación o compensar la pérdida de ellos. El resto de flux, no fundido, puede recuperarse y reciclarse en el proceso.

### Metales base

Este proceso es bastante versátil y se utiliza para unir metales férricos y sus aleaciones. También se emplea para revestir materiales con objeto de resistir el fenómeno de corrosión, procedimiento denominado de *overlay* o recargue.

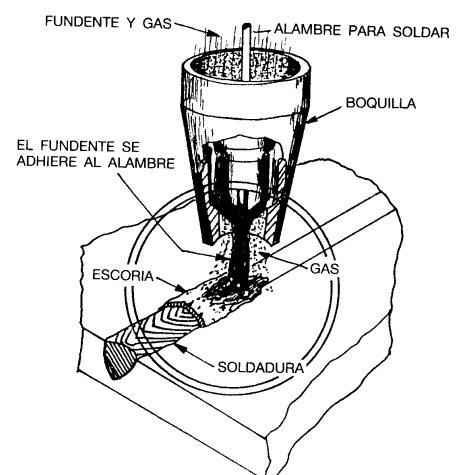
Los aceros que se sueldan normalmente por arco sumergido son:

- Aceros al carbono, hasta el 0,30% de C.
- Aceros al carbono y de baja aleación tratados térmicamente: recocidos, normalizados, normalizados y revenidos o templados y revenidos.
- Aceros al cromo-molibdeno.
- Aceros inoxidables austeníticos.

### Productos de aporte

#### a) Electrodo

Existen electrodos para soldar aceros al carbono, de baja aleación, de alto contenido en carbono, aleados, inoxidables, aleaciones no férricas y aleaciones especiales para aplicaciones de recargues. Los electrodos se suministran en forma de alambre sólido o compuesto a partir de hilo



hueco con el flux en su interior, y en forma de fleje o banda, especiales para depósitos por recargue.

Normalmente se presentan arrollados en carretes de 10 a 500 Kg de peso mientras que el fleje se suministra en bobinas. Los electrodos de acero se recubren de cobre, excepto para soldaduras de materiales resistentes a la corrosión, ciertas aplicaciones nucleares o la fabricación de reactores para la industria del petróleo y petroquímica. El recubrimiento de cobre evita la corrosión, mejora el contacto eléctrico y disminuye el rozamiento del hilo con el dispositivo de alimentación. El diámetro del hilo varía normalmente desde 1,6 mm a 6,4 mm.

#### b) *Fluxes*

Son compuestos minerales mezclados. Entre ellos se encuentran  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Li}_2\text{O}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{ZrO}_2$  y  $\text{CaF}_2$ .

Como ocurre con los electrodos revestidos para soldadura manual, el fabricante del flux se reserva la composición química completa del mismo. Las características que los definen son:

- Conductividad alta
- Viscosidad baja
- Punto evaporación alto

Según el sistema de fabricación se dividen en:

Fluxes fundidos: en los fluxes fundidos la materia prima se mezcla en seco y se funde posteriormente en un horno eléctrico a una temperatura entre 1500°C y 1700°C. Después de la fusión y de cualquier adición final, la carga del horno es colada y enfriada. El enfriamiento se produce por el paso de la mezcla fundida a través de una corriente de agua. El resultado es un producto con apariencia cristalina que es triturado, cribado para clasificación según tamaño y envasado. Los fluxes fundidos tienen las siguientes ventajas:

- Buena homogeneidad química.
- Fácil eliminación de los finos, sin que afecte la composición del flux.
- Normalmente no higroscópicos, lo que simplifica su manejo y almacenamiento, al mismo tiempo que elimina problemas de soldadura.
- Permiten el reciclado, sin cambios significativos en la composición de las partículas.
- Adecuados para las más altas velocidades de trabajo en la operación de soldeo.

La mayor limitación consiste en la dificultad de añadir desoxidantes y ferroaleaciones durante su fabricación, sin segregaciones o pérdidas elevadas. La causa es la alta temperatura asociada a la fusión de las materias primas.

Fluxes cohesionados: en la fabricación de un flux cohesionado (*bonded*), las materias primas son pulverizadas, mezcladas en seco y cohesionadas con silicato potásico, silicato sódico o una mezcla de ambos. Esta parte de la fabricación es similar a la de la pasta de los electrodos revestidos. Después del cohesionado, la mezcla húmeda es sinterizada y cocida a una temperatura relativamente baja. Los *pellets* se rompen por machaqueo, se criban para clasificación al tamaño

## 23.12

deseado y se envasan en sacos de PVC para protegerlos de la humedad. Las ventajas de los fluxes cohesionados son:

- Es posible la adición de desoxidantes y elementos de aleación, gracias a la baja temperatura inherente al proceso. Los elementos de aleación pueden añadirse ya sea como ferroaleaciones o como metales elementales, para producir aleaciones que no están disponibles en el mercado como electrodos para uso manual o bien para ajustar la composición del metal depositado.
- Al ser baja la densidad de estos fluxes permiten una capa de flux más gruesa en la soldadura.
- Las escorias solidificadas son fácilmente eliminables.

Las limitaciones son:

- Tendencia a absorber humedad, de la misma manera que el recubrimiento de los electrodos revestidos.
- Posible formación de porosidades o fisuración por hidrógeno, a causa de la absorción de humedad.
- Posible cambio en la composición del flux, debido a la segregación o pérdida de las partículas finas.

Fluxes aglomerados: las materias primas son óxidos de hierro, productos químicos tales como silicatos, fluoruros, carbonatos, etc. Estas sustancias cumplen con objetivos diversos como escorificación, viscosidad, desoxidación, ionización, etc.

El proceso de fabricación es similar al de los cohesionados, excepto que se utiliza un aglomerante cerámico en lugar de un silicato. El aglomerante cerámico requiere un secado a temperaturas relativamente elevadas que puede limitar el uso de desoxidantes y ferroaleaciones, como en el caso de los fluxes fundidos.

Después de secos, se tamizan para conseguir la granulometría deseada. Los fluxes aglomerados se consideran cerámicos porque no han sido fundidos. Presentan una superficie muy porosa y son higroscópicos, por lo que se recomienda que su embalaje sea estanco.

Se distinguen de los fundidos porque:

- Aportan mayor cantidad de elementos al metal depositado.
- Se pueden utilizar con hilos no aleados.
- Su actividad química es muy variada.
- El consumo de flux es menor.

Fluxes mezclados mecánicamente: para producir un flux de este tipo, el fabricante o el usuario pueden mezclar dos o más fluxes fundidos, cohesionados o aglomerados entre los comercialmente disponibles en la proporción necesaria para conseguir los resultados deseados. Los inconvenientes son:

- Segregaciones durante su envasado, almacenamiento o manipulación.
- Segregaciones en el sistema de alimentación y recuperación durante la operación de

soldeo.

- Posible inconsistencia del flux resultante de la mezcla.

Al igual que en los revestimientos, la identificación de los flux se encuentra normalizada mediante símbolos correspondientes a sus principales características mecánicas.

Los flux se identifican por su basicidad o acidez, es decir, en la facilidad con que sus óxidos se disocian. Los óxidos que se disocian fácilmente se llaman básicos, mientras que los que sólo se disocian en pequeño grado se llaman ácidos. Un flux neutro es aquel que no oxida realmente los elementos de aleación ni añade significativamente elementos al metal depositado. Con flux básicos pueden conseguirse soldaduras muy tenaces. Por el contrario los flux ácidos conducen a estructuras bastas y con baja resistencia al desgarre laminar.

Los flux son identificados por su índice de basicidad:

$$IB = \frac{CaO + CaF_2 + MgO + K_2O + Li_2 + \frac{1}{2}(MnO + FeO)}{Si + \frac{1}{2}(Al_2O_3 + TiO_2 + ZrO_2)}$$

IB\$ 1,5 básicos por naturaleza

IB# 1 ácidos

1#IB#1,5 neutros

### Características mecánicas

En el depósito de un cordón, la masa de metal aportado es pequeña en relación a la del material de base frío. Por eso, en condiciones normales se enfría rápidamente, dando lugar a diferentes estructuras metalúrgicas, en función de la velocidad de enfriamiento. Si el enfriamiento es rápido influye sobre las características mecánicas del metal aportado, aumentando su carga de rotura y dureza y disminuyendo el alargamiento y tenacidad.

Para aminorar el endurecimiento del depósito debe dejarse la escoria cubriendo el cordón hasta que la temperatura descienda por debajo de la transformación martensítica.

El grano grueso que se forma al depositar un solo cordón, se afina en el caso de varias pasadas y aunque con ello disminuye la carga de rotura del depósito, aumenta al mismo tiempo la tenacidad y el alargamiento del metal aportado.

### Ventajas y limitaciones del proceso

El procedimiento SAW ofrece las siguientes ventajas sobre otros procesos:

23.14

- A veces no es necesaria preparación de bordes
- El arco actúa bajo la capa de flux, evitando salpicaduras.
- Pueden ajustarse perfectamente los parámetros de soldeo.
- El flux actúa como un energético desoxidante para eliminar contaminantes del baño fundido y producir soldaduras sanas con buenas propiedades mecánicas. El flux puede aportar, si se desea, elementos de aleación a la soldadura.

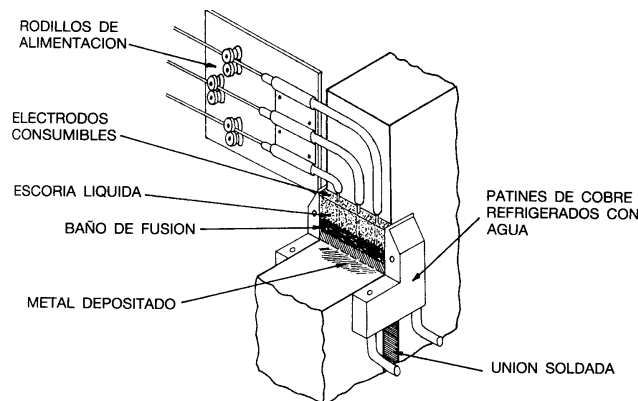
Las limitaciones son:

- Es necesario un dispositivo para el almacenamiento, alimentación y recogida del flux.
- El flux está sujeto a contaminaciones, que suelen producir discontinuidades en la soldadura.
- El proceso no es adecuado para unir metales de espesor menor de 5 mm.
- Excepto en aplicaciones especiales, la soldadura queda limitada a las posiciones plana y horizontal, para evitar derrames de flux.

## Soldadura por electroescoria.

El término electroescoria quiere decir escoria que conduce la corriente eléctrica. La escoria fundida ofrece resistencia al paso de la corriente eléctrica y el calor generado por ella tiene una temperatura superior al punto de fusión del metal, por lo cual se funde tanto los bordes del metal base como los del metal de aportación.

Se realiza en posición vertical con los bordes escuadrados. Para que el metal y la escoria fundidos no se derramen por los laterales de la unión, están protegidas por unos patines de cobre refrigerados por agua, que se deslizan a lo largo de la unión hasta que queda totalmente fría. Es un proceso totalmente automatizado, de ahí sus ventajas.



El comienzo de la soldadura se realiza mediante un arco eléctrico entre la pieza y el electrodo (material de aportación) que empieza a fundir la escoria; a medida que ocurre esto, aumenta la resistencia eléctrica y la temperatura de ésta, llegando a superar la de fusión del metal. El espesor de la escoria fundida es de unos 50 mm por encima de la superficie del metal base y del metal de

aportación. El metal fundido empieza a depositarse en el fondo del baño debido a su mayor densidad, mientras que todo el dispositivo de la máquina, empieza a ascender a lo largo de la unión.

Esta técnica tiene aplicación a la unión de grandes espesores ( $e > 25$  mm), en posición vertical, sin necesidad de preparación, proporcionando soldaduras de gran calidad, pero con la limitación de la altura de soldeo. Para solventar este problema se emplea una variante de este procedimiento, la electroescoria con tobera consumible, que permite longitudes de hasta 1 m y un mejor centrado del electrodo. Sin embargo cada vez se emplea más la soldadura por electrogás, que es un procedimiento de soldadura por arco eléctrico descubierto ue emplea protección gaseosa, con hilo continuo y con movimiento sincronizado de las zapatas.