

CURSO DE SOLDADOR TIG/MIG AWS- ASTM



OTEC ELYON
BECAS CHILE



MÓDULO 1: INTRODUCCIÓN Y SISTEMA
DE SOLDADURA POR ARCO
MANUAL

1.1 Introducción, Identificación del Material a Soldar

→ Introducción

La soldadura es uno de los procedimientos de unión de piezas metálicas más utilizados por todas las ventajas que ofrece. La importancia de la soldadura alcanza todas las ramas de la industria, desde puertas, balcones, pupitres hasta la construcción de puentes, torres, etc.

El objetivo de soldar es unir dos o más piezas metálicas de igual o de distinta naturaleza de una manera perfecta, por medio de la aplicación, por lo general, calor de tal manera que los metales soldados conservan las propiedades mecánicas (resistencia, resiliencia, dureza, etc.) y las propiedades químicas del metal base (resistencia a la corrosión, etc.).

Para lograr soldaduras de calidad, el soldador debe conocer las propiedades y comportamiento de los metales y aleaciones desde el punto de vista de la soldabilidad.

Por lo que recomendamos que cualquier consulta que tenga sobre este fascinante tema, no dude en hacerla a cualquiera de nuestros representantes de ventas quien tendrá el agrado de responder o canalizar adecuadamente.



→ Identificación del Material a Soldar

Para producir una buena soldadura, es necesario conocer la composición del metal que será soldado. A continuación se presentan algunos ensayos prácticos que se pueden hacer en el taller para identificar el tipo de metal.

ENSAYO DE APARIENCIA

Este ensayo incluye características tales como: el color y la apariencia del maquinado, así como de las superficies no maquinadas. El color puede distinguir muchos metales tales como: cobre, aluminio y magnesio. El perfil, la forma y el uso del metal son también útiles para identificarlos.

ENSAYO DE DUREZA

Se busca determinar que tanto es la resistencia que opone un material al ser trabajado, la prueba más común es el de la lima o broca, identificando el grado aproximado de dureza o el tipo de material. Es muy importante para identificar los aceros de las fundiciones o hierro fundido.

El acero cuando es taladrado la viruta (el material desprendido del corte) es en forma de rizos cuando es un acero suave, en pequeños trozos cuando es duro y poca o nada penetración cuando es un acero alto en carbono.

Por el contrario el hierro fundido la viruta es en forma de polvo por el carbono en forma de grafito que esta presente.

ENSAYO MAGNETICO

Un pequeño imán de bolsillo puede usarse para esto, es una prueba adecuada cuando los materiales tienen pintura u óxido. Por lo general los metales ferrosos son magnéticos, exceptuando los aceros al magnesio y los materiales no ferrosos (aluminio, bronce, latón, etc.) no son magnéticos.

ENSAYO DEL CINCEL

Para este ensayo se requiere un cincel y un martillo, estos se usan en el borde del material que esta siendo examinado, ya sea que el material se rompa fácilmente, continuamente o se quiebre, todas son indicaciones del tipo de material.

ENSAYO DE FRACTURA

Se usa un pequeño pedazo de metal. La facilidad con la que se rompe es una indicación de la ductibilidad de los materiales. La apariencia de la fractura es una indicación de su estructura.

ENSAYO DE LA LLAMA O ANTORCHA

Para este ensayo se requiere de viruta del metal a probar. Se usa una alta temperatura para verificar la tasa de fusión, la apariencia del metal fundido y de la escoria, y la acción del metal fundido bajo la llama.





ENSAYO DE LAS CHISPAS

Es muy popular y confiable. Para la identificación de los distintos aceros. Lo que se requiere es de una esmeriladora y que esté colocada bajo una debida luz pues lo importante es el color de la chispa.

Los materiales **no ferrosos** no exhiben trazos de chispa de alguna significancia. Este ensayo es bastante preciso, si el ensayador es experimentado.



1.2 Pruebas para Identificar Metales

METAL PRUEBA	ACERO BAJO EN CARBONO < 0.20%	ACERO MEDIO EN CARBONO 0.20% -.45%	ACERO ALTO EN CARBONO > 0.45%	ACERO ALTO EN AZUFRE
ASPECTO	GRIS OSCURO	GRIS OSCURO	GRIS OSCURO	GRIS OSCURO
MAGNETIS- MO	FUERTE	FUERTE	FUERTE	FUERTE
DESBASTE CINCEL	VIRUTA FACIL Y CONTINUA BORDE SUAVE	VIRUTA FACIL Y CONTINUA BORDE SUAVE	VIRUTA DIFICIL, PUEDE SER CONTINUA	VIRUTA FACIL Y CONTINUA, BORDE SUAVE
ROTURA	GRIS BRILLANTE	GRIS MUY LIGERO	GRIS MUY LIGERO	GRIS BRILLANTE, GRANO FINO
CHISPA AL ESMERIL	 LINEAS LARGAS Y AMARILLAS	 LINEAS AMARILLAS CON ESPIGAS SENCILLAS	 LINEAS AMARILLAS Y BRILLANTES CON NUMEROSAS ESTRELLAS CLARAS	 LINEAS CON PARTES ABULTADAS

METAL	ACERO AL MANGANESO	ACERO INOXIDABLE	HIERRO FUNDIDO	HIERRO FORJADO
PRUEBA				
ASPECTO	SUPERFICIE MATE	PLATEADA BRILLANTE Y LISA	GRIS MATE MOSTRANDO EL MOLDE DE ARENA	GRIS CLARO Y LISO
MAGNETISMO	NO TIENE	VARIABLE	FUERTE	FUERTE
DESBASTE CINCEL	MUY DIFÍCIL DE CINCELAR	VIRUTA CONTINUA. SUAVE Y BRILLANTE DEPENDE DEL TIPO	VIRUTA PEQUEÑA COMO DE 1/8* DIFÍCIL Y FRÁGIL	VIRUTA CONTINUA DE BORDE SUAVE, BLANDA Y DE CORTE FÁCIL
ROTURA	GRANO GRUESO	BRILLANTE	FRÁGIL	GRIS BRILLANTE CON ASPECTO FIBROSO
CHISPA AL ESMERIL	 <p>ESTRELLAS GRANDES Y BLANCAS BRILLANTES</p>	 <p>1. NIQUEL: PERFIL NEGRO JUNTO A LA PIEDRA</p> <p>2. MOLIB: LENGUA EN FLECHA</p> <p>VANADIO: LENGUA EN PUNTA DE LANZA LARGA</p>	 <p>LINEAS ROJAS CON DESPRENDIMIENTO (POCO CARBONO)</p>	 <p>LINEAS LARGAS COLOR CLARO (PRACTICAMENTE LIBRES DE ESPIGAS O EXPLORACIONES)</p>

1.3 Propiedades de los Metales y Aleaciones

→ Propiedades de los Metales y Aleaciones que Influyen en el Resultado de las Soldaduras

- **Propiedades Físicas**

1. TEMPERATURA DE FUSIÓN DE METALES Y ALEACIONES

Es la temperatura que produce el cambio del estado sólido al líquido.

El interés de esta propiedad se fundamenta en la cantidad de calor necesaria para pasar los cuerpos al estado líquido (al final del manual se encuentran puntos de fusión de algunos metales)

2. CALOR NECESARIO PARA FUNDIR UNA MASA DETERMINADA

Esta propiedad depende de la temperatura de fusión y de las condiciones de trabajo.

3. CONDUCTIBILIDAD CALORIFICA DE LOS MATERIALES QUE SE SUELDAN

Es la propiedad que tienen los cuerpos de dispersar el calor a través de su masa. Esta propiedad es muy importante ya que por ejemplo en la soldadura de cobre y acero aunque el cobre tenga una temperatura de fusión de (1,0830 C), baja que el acero (1,4500 C), se necesita más calor para soldar el cobre.

4. DILATACIÓN Y CONTRACCIÓN

Todos los metales y aleaciones tienen la propiedad de aumentar su volumen al calentarlo. Este aumento de volumen es función directa de la temperatura. Pero como al enfriar, la contracción es superior a la dilatación, este fenómeno causa deformaciones muy grandes en las piezas si no se toma en cuenta el comportamiento del metal al calentarse.

5. DENSIDAD

La densidad de los materiales influye en la manera de dominar el baño fundido. Pero la verdadera importancia de esta propiedad está en comparar su valor con el óxido que tienda a formarse durante la soldadura. Según sea la densidad del óxido formado durante la soldadura con respecto al metal base, así surgirá.

- **Propiedades Químicas**

1. OXIDACIÓN

La oxidación de los materiales que se sueldan, pueden producirse a causa del oxígeno del aire o por exceso de oxígeno al regular las llamas del soplete. La oxidación es tanto más fácil cuanto mayor sea la temperatura de los metales. Sin embargo, no todos los metales se oxidan en la misma proporción.

2. CARBURACIÓN DE LOS ACEROS

Es la facilidad que tienen los aceros de aumentar el contenido de carbono cuando la llama es carburante. Esto ocasiona soldaduras duras y frágiles.

3. SOPLADURAS

Este fenómeno se presenta en el interior de los cordones de soldadura a causa de inclusiones gaseosas. **Se debe, principalmente, a las causas siguientes:**

- Presión excesiva de los gases en el soplete
- Mala reanudación del cordón interrumpido por no dominar el remolino que se forma en estas circunstancias.

4. SEGREGACIONES

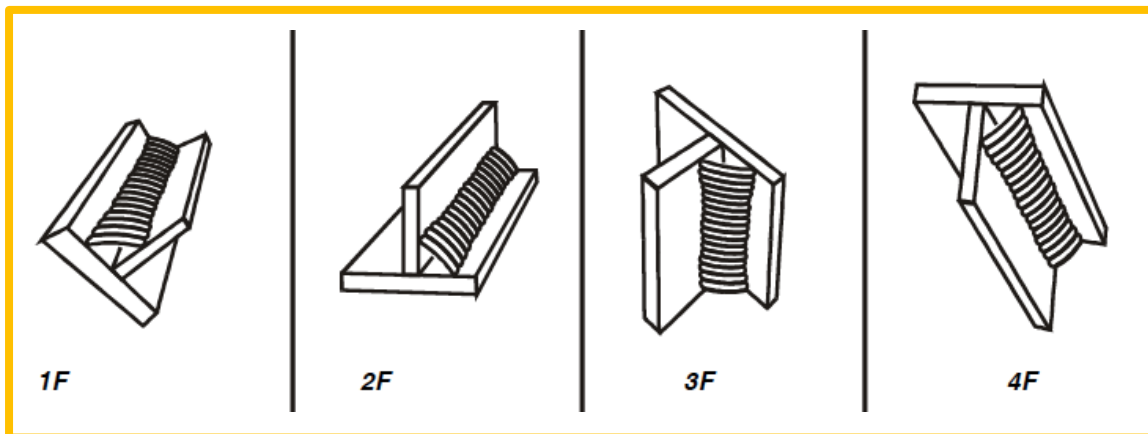
Como sucede al soldar el bronce. Si no se adoptan precauciones, se separa el estaño del cobre.

5. VOLATILIZACIÓN

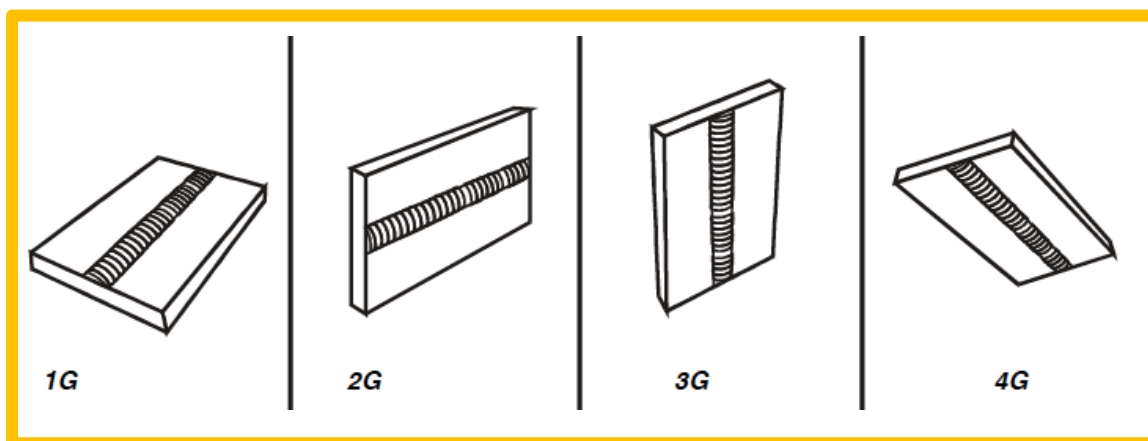
Como sucede al soldar el latón. El zinc que tiene la aleación tiende a gasificar y volatilizarse.

1.4 Tipos de Uniones y Posiciones

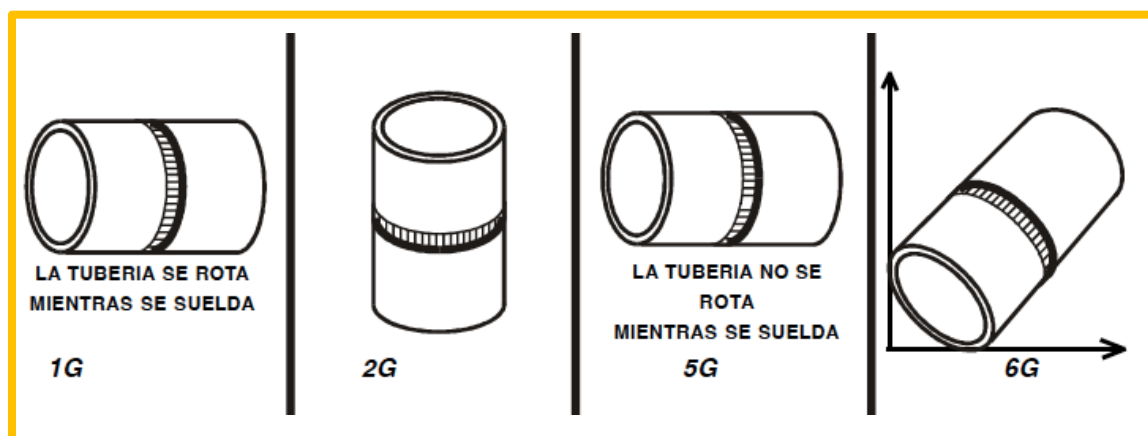
→ Uniones de Filetes



→ Uniones Biseladas



→ Uniones de Tuberías



1.5 Sistemas de Soldadura por Arco Manual

→ Sistema de Soldadura por Arco Manual

Es un proceso de arco eléctrico que produce la coalescencia de los metales por calentamiento de ellos con un arco, entre un electrodo de metal revestido y las piezas de trabajo.

Es el más simple y popular de los procesos de soldadura se usa para soldar materiales ferrosos y no ferrosos en espesores por lo general mayores de 1 mm. en toda posición.

→ Soldadura Eléctrica

Descripción

Casi todos los metales conocidos pueden soldarse por varios métodos. Sin embargo, la soldadura de arco eléctrico utilizando electrodos recubiertos es principalmente aplicable a los aceros. Los Aceros tienen muchas propiedades diferentes dependiendo de la cantidad de aleación que contengan.

Los electrodos para soldadura deben seleccionarse de acuerdo con la composición del metal que se desea soldar. Los Aceros se fabrican y especifican de muchas formas distintas. En general, los aceros se clasifican de acuerdo con el carbono que contengan, o sea, bajo en carbono, medio en carbono o alto en carbono. Además, también se clasifican de acuerdo en el tipo de aleación empleada, tales como: Molibdeno, Manganeso, etc.



→Términos de Soldadura

ACERO ALTO EN CARBONO: Acero conteniendo 0.45% de Carbono o más.

ACERO BAJO EN CARBONO: Acero contenido 0.20% de Carbono o menos. También se llama Acero Dulce.

ELECTRODO DESNUDO: Un electrodo para soldadura eléctrica, consiste en un alambre metálico sin recubrimiento.

ELECTRODO RECUBIERTO: Es un electrodo para soldadura eléctrica consiste en un alambre metálico con recubrimiento que protege el metal fundido del aire, mejora las propiedades del metal.

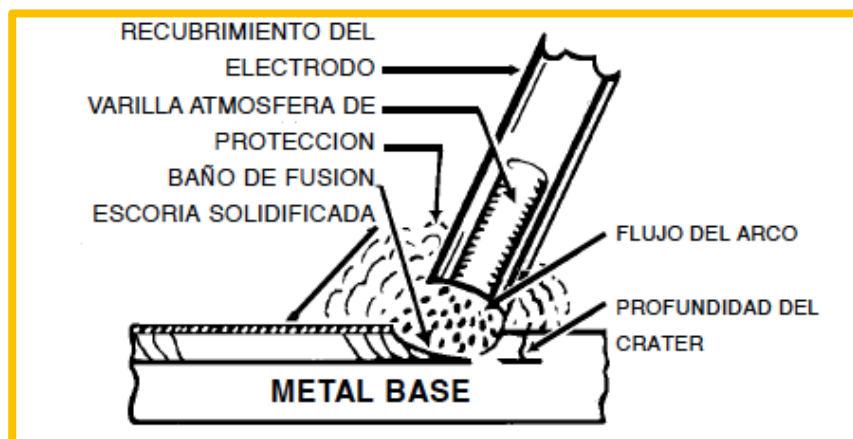
ELECTRODO DE TUNGSTENO: Un electrodo de alambre de Tungsteno, no consumible, utilizado en soldadura por arco eléctrico.

FUNDENTE: Material usado para disolver y evitar la formación de óxido y otras inclusiones indeseables que se forman al soldar.

LONGITUD DEL ARCO: La distancia entre el extremo del electrodo y el punto donde el arco hace contacto con la superficie del trabajo.

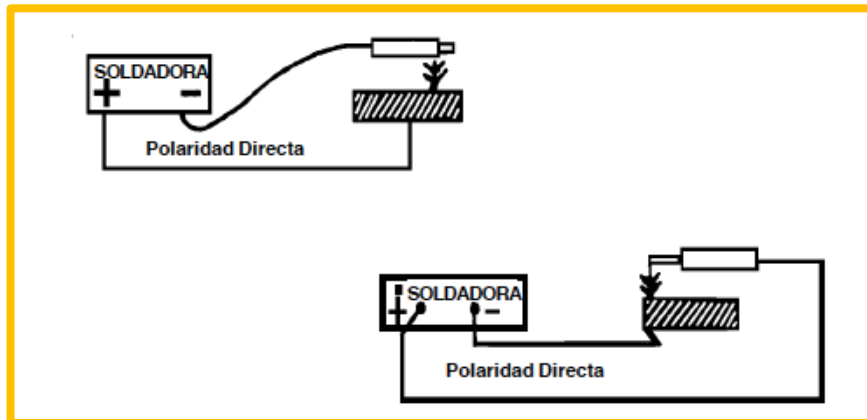
METAL APORTADO: La porción del electrodo fundida con el metal base al soldar.

METAL BASE: El metal que se va a soldar.



PENETRACIÓN: La distancia en que la zona de fundición se extiende por debajo de la superficie de la parte que se ha soldado.

POLARIDAD DIRECTA: La disposición de los terminales de soldar, de manera que el trabajo tenga el polo positivo y el electrodo el polo negativo.



POLARIDAD INVERTIDA: La conexión de los terminales de soldar de manera que, en el circuito del arco, el trabajo es el polo negativo y el electrodo es el polo positivo.

POSICIÓN VERTICAL: La posición de soldar donde el eje de la soldadura es una línea vertical.

POSICIÓN BAJO TECHO: La posición de soldadura que se hace desde la parte inferior de la junta.

POSICIÓN HORIZONTAL: Soldadura de ángulo: La posición en que la soldadura se hace en la parte superior de una superficie horizontal y contra otra superficie más vertical.

SOLDADURA DE BISEL: La posición de soldadura en que el eje de la misma descansa en un plano horizontal y la cara de la soldadura está en posición vertical.

POSICIÓN PLANA: La posición de soldadura que se realiza desde el lado superior de la junta y la cara de la soldadura.

VOLTAJE EN CIRCUITO ABIERTO: El voltaje entre los terminales de una máquina soldadora cuando no está suministrando corriente.

CICLO DE TRABAJO: El porcentaje de tiempo durante un período arbitrario de pruebas (usualmente 10 minutos), durante el cual una fuente de poder puede operarse a su salida nominal sin sobrecalentarse.

FUNDENTE: Material usado para prevenir, disolver o facilitar la remoción de óxidos u otras sustancias indeseables en la superficie.

→Puntos Importantes para Obtener una Buena Soldadura

1. SELECCIÓN DEL ELECTRODO ADECUADO

Escoger el electrodo adecuado es materia de analizar las condiciones del trabajo en particular, y luego determinar el tipo y diámetro del electrodo que más se adapte a estas condiciones.

Este análisis es relativamente simple si el operador se habitúa a considerar primero los siguientes factores:

A. Naturaleza del metal base

La mayor parte de los metales base pueden identificarse por medio de pruebas basadas en apariencia, reacción al magnetismo, rotura, cincel, llama, prueba de la chispa, etc.

B. Dimensiones de la sección a soldar

C. Tipo de corriente que entrega su máquina soldadora AC (Corriente Alterna) o (Corriente Directa).

D. Posición a soldar.

E. Tipo de unión y fijación de la pieza. Cuando los bordes no estén biselados y se encuentren muy juntos, es necesario utilizar electrodos de mucha penetración (6010) de raíz y electrodo (7018) para los pases posteriores. Cuando la distancia entre los bordes sea amplia utilice electrodos de mediana penetración.

F. Características especiales que requiere la soldadura como: Resistencia a la corrosión, resistencia a la tracción, etc.

G. Especificación de algunas normas que se debe cumplir la soldadura: el organismo que dicta las especificaciones o requerimientos que debe cumplir las uniones soldadas, por lo general se usan las normas de A.W.S. (American Welding Society), Sociedad Americana de Soldadura.

Después de considerar cuidadosamente los factores antes indicados, el operador no debe tener dificultad en elegir el electrodo adecuado que le proporcione un arco estable, depósitos parejos, escoria fácil de secar y un mínimo de salpicaduras, condiciones esenciales para obtener un trabajo óptimo.

2. ELIJA EL DIÁMETRO DEL ELECTRODO DE ACUERDO AL TRABAJO A REALIZAR

• MEDIDAS Y AMPERAJE DE UN ELECTRODO

La medida de un electrodo que va a usarse dependerá de varios factores.

- A. Espesor del metal a soldar
- B. Que tan separados queden los filos de la unión
- C. Posición de la unión
- D. Destreza para el soldador

La siguiente tabla puede usarse como una guía, cuando se seleccione la medida y amperaje para un trabajo particular y será necesario subirlo o bajarlo según la posición de la obra, su espesor y la medida de como trabaja cada operario.

Posición Plana Espesor del Metal	Medida del Electrodo	Amperaje Aproximado
Calibre 18	3/32"	50 - 80
Calibre 16	3/32"	
Calibre 14	1/8"	90 - 135
Calibre 12	1/8"	
Calibre 10	5/32" ó 1/8"	120 - 175
3/16"	5/32" ó 1/8"	
1/4"	3/16" ó 5/32"	140 - 200
5/16"	3/16" ó 5/32"	200 - 275
3/8"	1/4" ó 3/16"	
1/2"	1/4" ó 3/16"	250 - 350
3/4"	1/4"	
1"	1/4"	325 - 400

3. SELECCIÓN DEL AMPERAJE DE SOLDADURA

Si el amperaje es muy alto el electrodo se fundirá rápidamente y el baño de fusión será extenso o irregular, por el contrario si el amperaje es muy bajo no habrá calor suficiente para fundir el metal base y el baño será pequeño, abultado y de aspecto irregular.

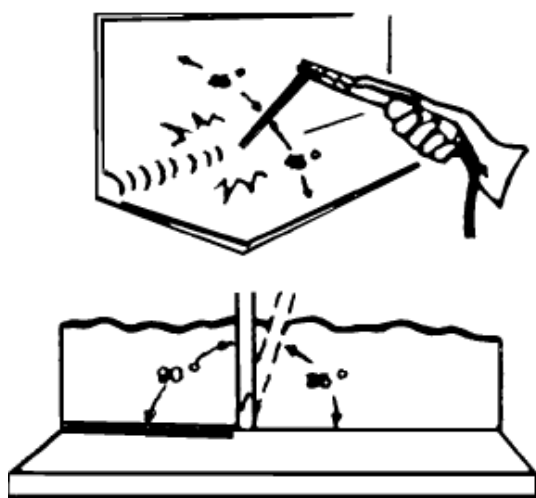
4. VELOCIDAD DE SOLDADURA.

Cuando la velocidad es excesiva, el baño no se mantiene el tiempo necesario, dando lugar a que las impurezas y gases queden aprisionados al enfriarse, el cordón es angosto. Cuando la velocidad es muy lenta el cordón se acumula haciendo un cordón alto.

5. LONGITUD DEL ARCO.

Si el arco es muy largo el metal se fundirá en la punta del electrodo, produciendo un cordón ancho, salpicado y muy irregular, con fusión pobre entre el metal y el depósito. Si el arco es muy corto, no hay calor suficiente para fundir el metal base apropiadamente, el electrodo se pegará frecuentemente a la pieza, produciendo cordones altos con ondulaciones irregulares, produciéndose escoria y porosidades.

6. ÁNGULO DEL ELECTRODO.



Este es de vital importancia, particularmente en soldadura de ángulos y en juntas con biseles profundos. En general y cuando se hagan soldaduras de ángulos, el electrodo se debe mantener en el centro de este y perpendicular a la línea de soldadura. Cuando se produzcan socavaciones en el miembro vertical, se recomienda reducir el ángulo.

→Especificación y Clasificación de Electrodo

Las principales normas de especificaciones y clasificación de electrodos son emitidas por los siguientes organismos:

Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society). Sociedad Americana de Prueba de Materiales (American Society for Testing Materials).

Estas dos organizaciones han publicado una serie de especificaciones para uniones para ser aplicados en los electrodos. Muchos otros organismos utilizan estas especificaciones como guía para sus requerimientos de aprobación.

Sociedad American de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers).

El Código de calderas ASME, Sección IX establece la calificación de los procesos de soldadura, ayuda a usar la soldadura responsable de lo que se está haciendo.

Lloyd's Register of Shipping.

Esta norma exige su aprobación a los electrodos que se usan en la construcción o reparación de buques que van a ser asegurados en su registro. Para los cuales especifica las pruebas a que se deben someter y verificar que los métodos y controles usados en su fabricación estén de acuerdo a sus especificaciones.

→Guía para Interpretar la Numeración de los Electrodo Según la Clasificación A.W.S.

Las diferentes características de operación de varios electrodos son atribuidas al revestimiento. El alambre es generalmente del mismo tipo; acero al carbón A.I.S.I. 1010 que tiene un porcentaje de carbono a 0.80 - 0.12% máximo para la serie de electrodos más comunes.

En la especificación tentativa de electrodos para soldar hierro dulce, la A.W.S. ha adoptado una serie de 4 ó 5 números siguiendo a la letra E. Esta letra E significa que el electrodo es para soldadura por arco (electrodo revestido).

Las 2 primeras cifras de un número de 4, ó las 3 primeras de un número de 5 significa la resistencia mínima a la tracción en miles de libras por pulgada cuadrada (esfuerzo relevados) del metal depositado. La penúltima cifra significa la oposición en que se debe de aplicar (plana, horizontal, vertical y sobre cabeza). La última cifra significa el tipo de corriente (alterna o corriente continua), el tipo de escoria, tipo de arco, penetración y presencia de elementos químicos.

La tabla N° 1, da amplia información sobre la interpretación de los números:

TABLA N°1 SISTEMA A.W.S. PARA CLASIFICACIÓN DE ELECTRODOS

CIFRA	SIGNIFICADO	EJEMPLO
Las 2 ó 3 primeras	Mínima resistencia a la tracción (Esfuerzos relevados)	E 60 XX = 60000 lbs/pulg2 (Mínimo) E 110 XX = 110000 lbs/pulg2 (Mínimo)
Penúltima	Posición de Soldadura	E XX1X = Toda posición E XX2X = Plana Horizontal E XX3X = Plana
Última	Tipo de Corriente Tipo de escoria Tipo de arco Penetración Presencia de elementos químicos en el revestimiento.	Ver Tabla 2

NOTA: Para las posiciones vertical y sobre cabeza exige una limitación de diámetro hasta 3/16" comúnmente, y de 5/32" para electrodos de Bajo Hidrógeno.

El prefijo "E" significa electrodo para soldadura por arco.

**TABLA Nº2 INTERPRETACIÓN DE LA ÚLTIMA CIFRA EN LA
CLASIFICACIÓN A.W.S. DE ELECTRODOS**

ULTIMA CIFRA	E-XXX0	E-XXX1	E-XXX2	E-XXX3
Tipo de Corriente	a	CA o CD + Polaridad invertida	CA o CD -- Polaridad Directa Preferente	CA o CD -- Polaridad Directa Preferente
Revestimiento Escoria	b	Celulosa- Potasio Orgánico	Titanio Sodio Rutilo	Titanio Potasio Rutilo
Tipo de Arco	Penetrante	Penetrante	Mediano	Suave
Penetración	c	Profunda	Mediana	Ligera
Polvo de Hierro en el revestimiento	0 - 10%	NO	0-10%	0-10%

ULTIMA CIFRA	E-XXX4	E-XXX5	E-XXX6	E-XXX7	E-XXX8
Tipo de Corriente	CA o CD + Polaridad invertida	CD + Polaridad invertida	CA o CD + Polaridad Invertida	CD + Polaridad Invertida	CA o CD + Polaridad Invertida
Revestimiento Escoria	Titanio Polvo de Hierro Rutilo	Titanio Sodio BH Rutilo	Titanio Potasio BH Rutilo	Polvo de Hierro Mineral	Titanio Potasio Polvo de Hierro BH Rutilo
Tipo de Arco	Suave	Mediano	Mediano	Suave	Mediano
Penetración	Ligera	Mediana	Mediana	Mediana	Mediana
Polvo de Hierro en el revestimiento	30 - 50%	NO	NO	50%	30 - 50%

NOTAS:

E - 6010 - Corriente directa polaridad invertida

E - 6020 - AC o DC

E - 6010 - Orgánica (Celulosa Sodio);

E - 6020 - mineral (óxido de Hierro)

E - 6010 - Penetración profunda,

E - 6020 - mediana penetración

BH - Bajo Hidrógeno

Rutilo - Oxido natural de Titanio

→ Electrodo de Acero Aleado

El extenso uso de aceros aleados ha obligado al desarrollo de electrodos revestidos, capaces de producir depósitos de soldadura que tienen resistencia a la tracción que rebasa la 100,000 lbs/pulg.

Propiedades mecánicas de tal magnitud son obtenidas usando ferroaleaciones en el revestimiento.

En la mayoría de estos electrodos el revestimiento contiene carbonato de calcio, típico de los electrodos de bajo hidrógeno y frecuentemente contienen además polvo de hierro. Por ello estos electrodos de alta resistencia a la tracción tienen la clasificación EXX15, EXX16 ó EXX18.

Estos electrodos que son los de bajo hidrógeno, la A.W.S. los clasifica desde E-7018, E-8018, E-9018, etc. y su resistencia a la tracción va desde 70,000 lbs/pulg² hasta 130,000 ó más.



→ Designación A.W.S. de los Principales Elementos de Aleación en los Electrodo para Soldadura al Arco

En los electrodos de acero aleado, las 4 o 5 cifras de la clasificación, van seguidas generalmente de una letra símbolo, como: A1, B1, B2, etc. Estos sufijos standard de la A.W.S., son añadidos para indicar adiciones específicas de elementos de aleación, como se indica en la Tabla N°3.

TABLA N°3

Sufijo para los electrodos AWS N°	Elemento de Aleación en %				
	Mo (Molibdeno)	Cr (Cromo)	Ni (Níquel)	Mn (Manganeso)	Va (Vanadio)
A1	0.50				
B1	0.50	0.50			
B2	0.50	1.25			
B3	1.00	2.25			
C1			2.50		
C2			3.50		
C3	0.35	0.15	1.00		
D1	0.30			1.50	
D2	0.30			1.75	
D"	0.20	0.30	0.50	1.00	0.10

Las cantidades marcadas en las columnas son promedios. El número de electrodo seguido del sufijo "G" deberá contener un mínimo de uno sólo de los elementos señalados.

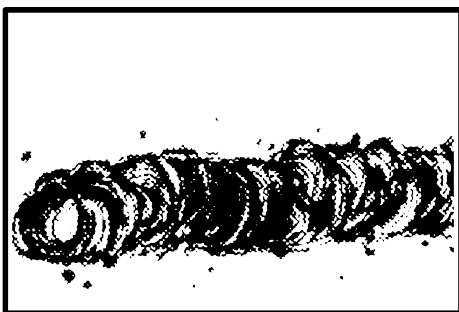
→ Electrodo de Acero Inoxidable

En las especificaciones para los aceros inoxidable, ASTM A298 - 62 T, AWS A5. 4 - 78T se usa un sistema diferente. Ya que la composición del depósito de acero inoxidable es de capital importancia, y la AISI clasificó estos aceros por números, estos mismos se usan para la designación de los electrodos. Por lo tanto, la clasificación para los electrodos de acero inoxidable consiste en una letra "E", electrodo revestido, y tres dígitos, el número AISI para aceros inoxidables como 308, 316, 347, etc. y luego dos dígitos más que indican sus características de empleo, fuente de poder, tipo de revestimiento, etc.



Ej. E - 308 - 15, E - 316 - 16.

→ Defectos más Comunes en la Soldadura de Arco, sus Causas y Soluciones

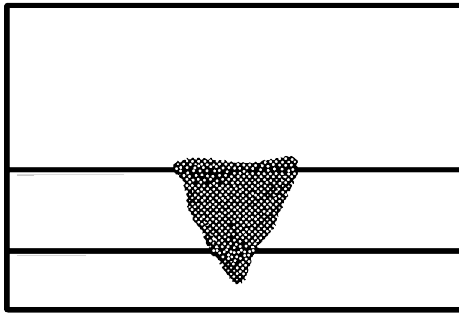


• CAUSAS PROBABLES

1. Conexiones defectuosas
2. Recalentamiento
3. Electrodo inadecuado
4. Arco y tensión de corriente inadecuada.

✓ RECOMENDACIONES

1. Usar la longitud de arco, el ángulo (posición) del electrodo y la velocidad elevada de avances adecuados
2. Evitar el recalentamiento
3. Usar un vaivén uniforme
4. Evitar usar corriente demasiado elevada



• CAUSAS PROBABLES

1. Corriente muy elevada
2. Posición inadecuada del electrodo
3. Desplazamiento muy rápido

✓ RECOMENDACIONES

1. Disminuir la intensidad de la corriente.
2. Mantener el electrodo a un ángulo que facilite el llenado del bisel
3. Soldar más lento



• CAUSAS PROBABLES

1. Corriente muy elevada
2. Arco muy largo
3. Soplo magnético excesivo

✓ RECOMENDACIONES

1. Disminuir la intensidad de la corriente.
2. Acortar el arco
3. Ver lo indicado para "arco desviado o soplado"



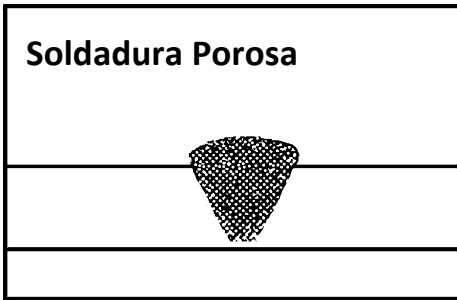
• CAUSAS PROBABLES

1. El campo magnético generado por la CC. produce la desviación del arco (soplo magnético)

✓ RECOMENDACIONES

1. Usar C.A.
2. Contrarrestar la desviación del arco con la posición del electrodo, manteniéndolo a un ángulo apropiado.
3. Cambiar de lugar la tenaza de tierra
4. Usar un banco de trabajo no magnético
5. Usar barras

Soldadura Porosa



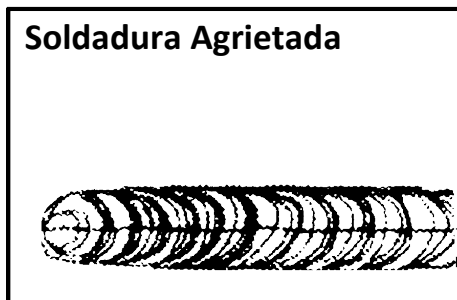
• CAUSAS PROBABLES

1. Arco corto
2. Corriente inadecuada
3. Electrodo defectuoso y humedecido

✓ RECOMENDACIONES

1. Averiguar si hay impurezas en el metal base
2. Usar corriente adecuada
3. Utilizar el vaivén para evitar las sopladuras
4. Usar un electrodo adecuado al trabajo
5. Mantener el arco más largo
6. Usar electrodo de bajo contenido de hidrógeno

Soldadura Agrietada

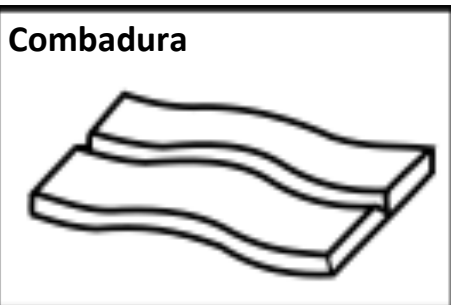


• CAUSAS PROBABLES

1. Electrodo inadecuado
2. Falta de relación entre el tamaño de la soldadura y las piezas que une
3. Soldadura defectuosas
4. Mala preparación
5. Unión muy rígida

✓ RECOMENDACIONES

1. Eliminar la rigidez de la unión con un buen proyecto de la estructura y un procedimiento de soldadura adecuado
2. Precalentar las piezas
3. Evitar las soldaduras de un sólo cordón
4. Soldar desde el centro hacia los extremos o borde
5. Ejecutar soldaduras sólidas con buena fusión en la raíz
6. Adaptar el tamaño de la soldadura al de las piezas
7. Dejar en las uniones una separación adecuada y uniforme

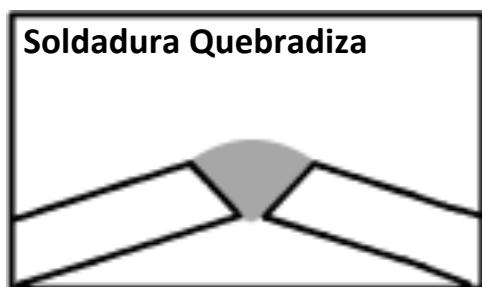


• **CAUSAS PROBABLES**

1. Diseño inadecuado
2. Contracción del metal de aporte
3. Sujeción defectuosa de las piezas
4. Preparación deficiente
5. Recalentamiento en la unión

✓ **RECOMENDACIONES**

1. Corregir el diseño
2. Martillar (con martillo de bola los bordes de la unión antes de soldar)
3. Aumentar la velocidad de trabajo (avance)
4. Evitar la separación excesiva entre piezas
5. Fijar las piezas adecuadamente usar un respaldo enfriador
6. Adoptar una secuencia de trabajo
7. Usar electrodos de alta velocidad y moderada penetración

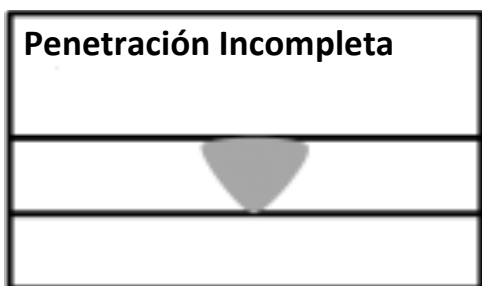


• **CAUSAS PROBABLES**

1. Electrodo inadecuado
2. Tratamiento térmico deficiente
3. Soldadura endurecida al aire
4. Metal base se funde y se mezcla con el de aporte

✓ **RECOMENDACIONES**

1. Usar un electrodo con bajo contenido de hidrógeno o del tipo austenítico
2. Calentar antes o después de soldar en ambos lados
3. Procurar poca penetración dirigiendo el arco hacia al crater.

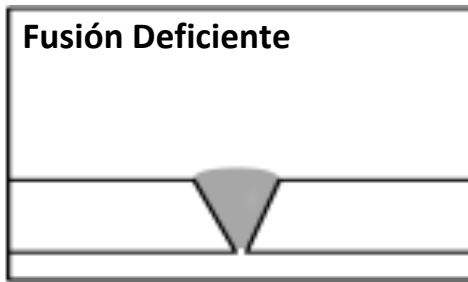


• **CAUSAS PROBABLES**

1. Velocidad excesiva
2. Electrodo de \varnothing excesivo
3. Corriente muy baja
4. Preparación deficiente
5. Electrodo de \varnothing pequeño

✓ **RECOMENDACIONES**

1. Usar la corriente adecuada, soldar con lentitud necesaria para lograr buena penetración
2. Calcular correctamente la penetración del electrodo
3. Elegir un electrodo de acuerdo con el tamaño del bisel
4. Dejar suficiente separación en el fondo del bisel

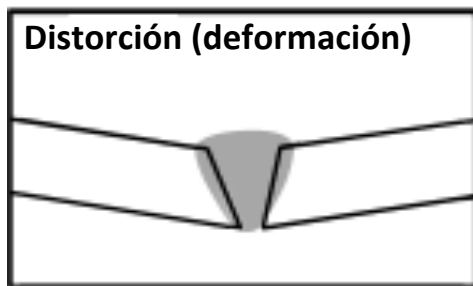


✓ **RECOMENDACIONES**

1. Adaptar el \varnothing del electrodo al ancho del bisel
2. La oscilación debe ser lo suficiente amplia como fundir los costados de la unión
3. Graduar la corriente para lograr aporte y penetración adecuados
4. Evitar que el metal de aporte se encrespe, separándose de las planchas

• **CAUSAS PROBABLES**

1. Velocidad indebida
2. Corriente mal graduada
3. Preparación deficiente
4. Tamaño del electrodo inadecuado

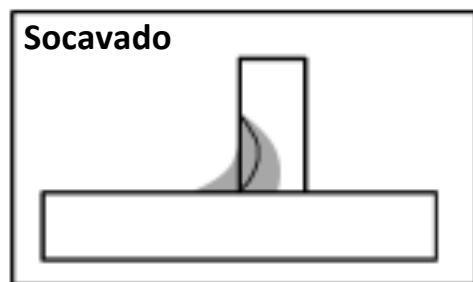


✓ **RECOMENDACIONES**

1. Puntear la unión o sujetar las piezas con prensas
2. Conformar las piezas antes de soldarlas
3. Eliminar las tensiones resultantes de la laminación o conformación antes de soldar
4. Distribuir la soldadura para que el calentamiento sea uniforme
5. Inspeccionar la estructura y disponer una secuencia (orden) lógica de trabajo

• **CAUSAS PROBABLES**

1. Calentamiento desigual o irregular
2. Orden (secuencia) inadecuado de operaciones
3. Contracción del metal de aporte



✓ **RECOMENDACIONES**

1. Usar vaivén uniforme en las soldaduras de tope
2. Evitar el uso de un electrodo exageradamente grande
3. Evitar un vaivén exagerado
4. Usar corriente moderada y soldar lentamente
5. Sostener el electrodo a una distancia prudente del plano vertical al soldar filetes horizontales

• **CAUSAS PROBABLES**

1. Manejo defectuoso del electrodo
2. Selección inadecuada del tipo de electrodo
3. Corriente muy elevada

→Procedimientos para Soldar con Electrodo de Acero Dulce

Los mejores resultados se obtienen manteniendo un arco mediano, manteniéndose una fusión adecuada que permite el escape de gases, además de controlar la forma y apariencia del cordón. Para filetes planos y horizontales conviene mantener el electrodo en un ángulo de 45º respecto a las planchas y efectuar un pequeño avance y retroceso del electrodo en el sentido de avance. Con ello se logra una fusión correcta, se controla la socavación y la forma del cordón.

Para filetes verticales ascendentes se mantiene el electrodo perpendicular a la plancha moviéndose en el sentido de avance. El movimiento debe ser suficientemente rápido y la corriente adecuada para permitir alargar el arco y no depositar cuando se va hacia arriba para luego bajar al cráter y depositar el metal fundido, controlando en esta forma la socavación y ancho del cordón.

La soldadura sobrecabeza se hace en forma similar a la horizontal, pero la oscilación en el sentido del avance debe ser mayor para permitir que el metal depositado en el cráter se solidifique.

Cuando se suelda vertical descendente, el cordón de raíz se hace con un avance continuo, sin oscilar, y la fuerza del arco se dirige de tal manera que sujeta el baño de fusión. Para los cordones sucesivos se puede usar una oscilación lateral.



→ Procedimientos para Soldar con Electrodo de Bajo Contenido de Hidrógeno

El procedimiento para soldar con los varios electrodos de bajo hidrógeno es básicamente el mismo. Las aleaciones incorporadas a sus revestimientos no afectan sus características de operación. Para los que tienen polvo de hierro se debe usar una corriente ligeramente mayor (EXX18), que para aquellos que no lo contengan (EXX16).

El arco se debe mantener lo más corto posible en todo momento, pudiéndose usar una oscilación muy suave para controlar la forma y ancho del cordón. En soldaduras de varios pases, toda la escoria debe ser removida y la limpieza del cordón muy bien hecha.



- **Soldadura en Plano (1G)**

Esta soldadura debe ser hecha con el mayor amperaje permitido por diámetro, para asegurar una buena fusión en los costados. Se puede usar una oscilación de hasta 2.½ veces el diámetro del electrodo, aunque se recomienda hacer varios cordones estrechos en las soldaduras anchas.

- **Soldadura Horizontal (2G)**

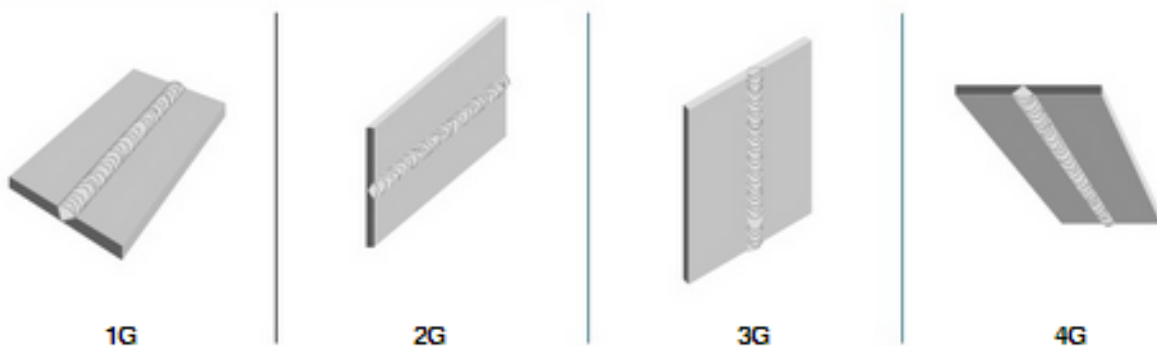
Los filetes horizontales deben hacerse con un cordón estrecho, con el electrodo dirigido dentro de la junta en un ángulo de 45°. El cordón estrecho debe hacerse también en los pases subsiguientes.

- **Soldadura Vertical (3G)**

El cordón de raíz debe hacerse ascendente, con un arco corto y muy poco movimiento en sentido de avance. El electrodo no debe ser removido bruscamente hacia arriba y por ningún motivo alargarse el arco. Es preferible para este cordón usar un movimiento en forma "V", el electrodo se mantiene un instante en el vértice de la "V" para lograr penetración y remoción de escoria. El largo de la V no debe ser mayor de 1/8". El segundo cordón y los sucesivos pueden hacerse con un movimiento oscilatorio de lado a lado, deteniéndose en los costados para permitir que la escoria atrapada en el primer cordón pueda salir a la superficie.

- **Soldadura Sobrecabeza (4G)**

Se recomienda hacerlo con cordones estrechos y mantener el electrodo en un ángulo de 30° respecto a la cara vertical.



→Procedimientos para Soldar Aceros Inoxidables

Generalidades

Los aceros inoxidables han sido clasificados, desde el punto de vista metalúrgico en tres tipos básicos, a saber: Martensítico, Ferrítico y Austenítico; estas clasificaciones se refieren principalmente a la estructura granular de los aceros. La estructura martensítica es dura y quebradiza, la ferrítica es blanda y dúctil, en cambio la austenítica es resistente a los esfuerzos e impactos y al mismo tiempo dúctil.

Debido a la gran variedad de aceros inoxidable existentes y lo delicado y de alto costo que tienen normalmente estos trabajos de soldadura se debe tener especial cuidado en la selección de los electrodos. A continuación se dan algunos factores que deben considerarse para la correcta selección.

1. Análisis de metal base (composición o clasificación)
2. Resistencia a la corrosión del metal base
3. Dimensiones de la sección a soldar
4. Corriente disponible, DC o AC
5. Posición a soldar

Los puntos 1 y 2 deben ser considerados con el objeto de no usar un electrodo cuyos depósitos tengan propiedades mecánicas o de resistencia a la corrosión inferiores al metal base.

El punto 3 tiene por objeto determinar el diámetro más adecuado de electrodo.

La adición de molibdeno aumenta enormemente la resistencia a la corrosión, especialmente aumenta su resistencia a altas temperaturas.

Se recomienda un arco corto. La corriente debe ser ligeramente superior cuando se suelda con AC que con DC, polaridad invertida.

Debido a que el acero inoxidable se expande un 50% más que los aceros dulces y siendo su disipación del calor por conducción 50% más lenta, la pieza tiende a torcerse al ser soldada.

Para evitar esto se debe emplear la corriente más baja posible a soldar con la máxima velocidad. El uso de un respaldo de cobre ayudará enormemente a disipar el calor, evitando así las distorsiones y disminuyendo la segregación de carburos.

Preparación

Al soldar de tope planchas de espesor inferior a 3/16" no se requiere más preparación que el corte de guillotina. Una separación igual a la mitad de su espesor se debe dejar entre las planchas a soldar. En espesores mayores de 3/16" se deben achaflanar los bordes a soldar.

- **SOLDADURA EN POSICIÓN PLANA (1F):**

En uniones de tope se debe elegir una corriente suficientemente alta para asegurar una buena penetración. Cuando se requieren varios pases para una soldadura hacer un mayor número de pases con cordones pequeños para evitar las deformaciones producidas por exceso de temperatura.

Mantener un arco relativamente corto y limitar las oscilaciones a 2.½ veces el diámetro del electrodo. Es recomendable mantener el electrodo vertical. Una ligera inclinación en el sentido del avance se recomienda en diámetros pequeños. Para mejores resultados, la oscilación que se emplee debe ser en forma de "U".

- **SOLDADURA DE FILETE HORIZONTAL (2F):**

Esta soldadura requiere un amperaje lo suficientemente alto para asegurar una buena penetración en la raíz y un depósito bien formado. Una corriente baja se reconoce fácilmente por la dificultad en controlar la concentración del arco en la junta y por el cordón muy convexo y de mala apariencia.

Cuando se sueldan partes de igual espesor, el electrodo se debe mantener en la dirección del avance. Si una parte es de mayor espesor, el electrodo se debe apuntar hacia esa cara.

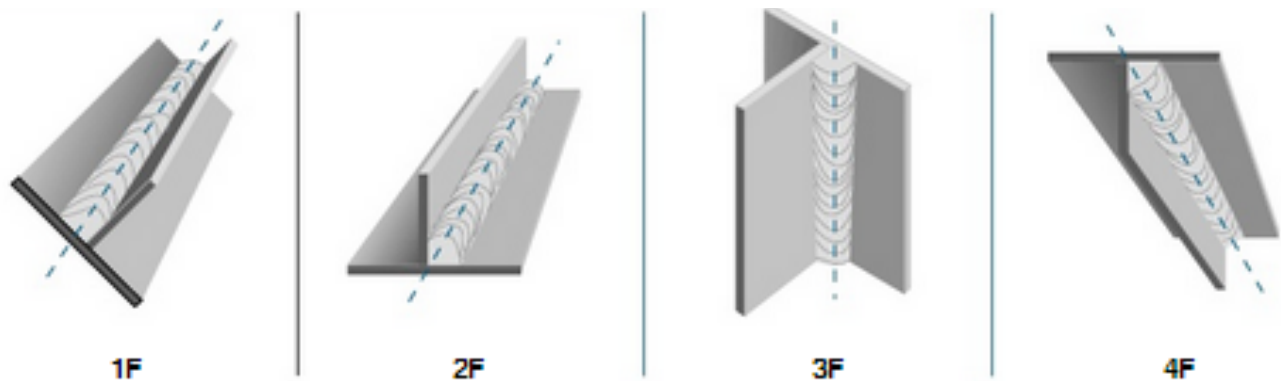
- **SOLDADURA EN POSICIÓN VERTICAL (3F):**

En esta posición se debe preferir un avance ascendente, con un amperaje lo más cercano posible al límite indicado por la tabla para el diámetro correspondiente de electrodo. No se recomienda oscilar el electrodo, sino con un movimiento en forma de "V", cuyo vértice estará en la raíz de la unión. Se le debe mantener un instante en este punto para asegurar una penetración adecuada y llevar la escoria a la superficie. El arco se lleva entonces aproximadamente 1/8" hacia un lado, volviendo inmediatamente a la raíz y después de la detención momentánea, se repite la operación hacia el otro lado.

En la soldadura de filete vertical el electrodo se debe inclinar hacia abajo, en forma de mantener el extremo del arco ligeramente más alto y el movimiento oscilatorio debe pasar rápido por el centro del depósito.

- **SOLDADURA SOBRECABEZA (4F):**

En esta posición se recomienda soldar con cordones sencillos sin oscilación, ya que si se pretende mantener una cantidad de metal fundido muy grande, resultará un cordón irregular convexo. Para obtener los mejores resultados se recomienda un arco corto y ajustar cuidadosamente la corriente para obtener una correcta penetración.



→Procedimientos para Soldar Hierro Fundido

Introducción

En la actualidad la mayoría de electrodos para hierro fundido son a base de Níquel.

La especificación AWS 5.15 - 69T, reconoce cuatro tipos de electrodos para hierro fundido.

TIPO AWS	CARBON	MANG.	SILICIO	HIERRO	NIQUEL	COBRE	OTROS
ENi-CI	2.00	1.00	4.00	8.00	85.00 Min.	2.50	1.00
EN-Fe-CI	2.00	1.00	4.00	9.5/44.	5 45/60	2.00	1.00
ENCu-A	0.35/0.55	2.55	0.75	3.0/6.0	50/60	35/45	1.00
ENiCu-B	0.35/0.55	2.55	0.75	3.0/6.0	60/70	25/35	1.00

NOTA: Los valores indicados son máximos excepto donde se indica lo contrario.

En el primero el alambrón central es de níquel puro y el metal depositado es más fácil de maquinar que de Níquel-hierro.

El electrodo de Níquel-hierro es un poco más económico, posee buena resistencia al agrietamiento, también es maquinable.

Los dos tipos de electrodo son utilizados para reparar, unir o recubrir piezas de hierro fundido, el de Níquel-hierro por su superior resistencia al agrietamiento es preferido para uso en fabricación y relleno de grandes cavidades.

- **Procedimientos**

El hierro fundido es una aleación de hierro quebradiza y porosa, con un contenido de carbono de 2.5 - 3.5%, 0.5 - 3.0% de sílice y menores cantidades de azufre, manganeso y fósforo. Su gran fluidez en el estado líquido lo hace muy útil en la fabricación de piezas de fundición de los más complicados diseños. Cuando se vierte en los moldes al enfriarse el carbono se distribuye en forma de escamas de grafito en toda la masa del metal. La pieza fundida resultante es laborable con máquina herramienta y el contenido de grafito hace de lubricante al trabajar el metal.

El excesivo contenido de carbono imparte al hierro fundido las raras características físico-químicas que son causa de las dificultades que se presentan en su soldadura.

El Problema es de Tres Tipos:

1. Al soldar el calor funde parte del grafito libre haciendo que entre en solución con el hierro, al enfriarse rápidamente éstas partículas se cristalizan especialmente en los bordes de la soldadura formando una estructura llamada *Martensita* la cual es muy dura y difícil de trabajar.
2. La naturaleza porosa del Hierro Fundido permite la absorción de contaminantes de aceite y grasas los cuales con el calor de la soldadura se gasifican, creando porosidades en el metal depositado lo que debilita la unión.
3. La baja resistencia a la tensión y naturaleza quebradiza del Hierro Fundido, hacen que el metal base se fracture con relativa facilidad durante el enfriamiento y contracción de la soldadura.

Las siguientes recomendaciones son generales y sirven de buena guía para procedimientos más detallados, según sea el tipo de hierro fundido a soldar.

1. Preparación del Trabajo

Remover todo revestimiento de colada que exista en los puntos a soldar. En caso de reparaciones todo el metal defectuoso debe ser removido para dar una buena base a la soldadura. **Los métodos más aceptables para preparar los filos a soldar son:**

- a. **Corte por medio de electrodo**, seguido de un esmerilado de la superficie a soldar. Es rápido y económico para soldadura de mucho espesor.
- b. **Esmerilado**. Es muy efectivo en piezas grandes. Cuando se requieren soldaduras muy resistentes y ajustadas, se recomienda que después de esmerilado se limen las superficies para eliminar los residuos de la piedra esmeril. En piezas muy delgadas (menos de 1/8") se recomienda una suave esmerilada sobre la rajadura a soldar.
- c. **Cincelado**. En piezas pequeñas a donde se requiera soldaduras resistentes y ajustadas el cincelado de las caras es muy recomendado.

Independientemente de cualquier método usado, los filos de las piezas a unir deben ser achaflanadas siguiendo aproximadamente el contorno a soldar. Hacer la ranura de preferencia en U, sobre todo en las secciones gruesas donde se recomienda un fondo de aproximadamente 1/4" de ancho.

Si se debe ranurar en V se recomienda un ángulo de 60-80 grados. El aceite, grasa u otros contaminantes deben ser removidos con algún solvente o con calor. Una temperatura de 4000 C bastará generalmente para volatilizar todos los contaminantes. Si la pieza está muy impregnada o es muy porosa será necesario un calentamiento rápido hasta los 5500 C.

2. Precalentamiento

Aunque innecesario en muchos casos puede ser útil para quitar las tensiones residuales y reducir las distorsiones. Se puede obtener máxima labrabilidad del metal adyacente a la unión, precalentando las piezas para controlar el enfriamiento de la zona afectada por el calor.

La temperatura de precalentamiento depende del diseño y tamaño de la pieza.

Las necesidades pueden variar desde nada hasta unos 400OC. Si la temperatura ambiente es inferior a 200C será conveniente precalentar suavemente las piezas a uno 60 - 90OC para disminuir la velocidad de enfriamiento. Cuando se deba agregar bastante soldadura, se recomienda precalentar el hierro fundido a un color rojo oscuro.

En ausencia de precalentamiento el electrodo níquel-hierro da menor problema de agrietamiento.

3. Soldadura

Los cordones longitudinales sin oscilación transversal son preferidos. Cuando sea necesario soldar en oscilación el ancho del cordón no se debe exceder tres veces el diámetro nominal del electrodo usado.

Cuando se llenen grandes cavidades comenzar por las orillas, relleno gradualmente hacia el centro. Convendrá dar un recubrimiento previo de poco espesor a toda el área a soldar, usando electrodo de poco diámetro. Si el metal base está muy contaminado se denotará porosidad en este recubrimiento delgado. En tal caso se recomienda quitar con cincel esta primera capa y repetir el procedimiento. Para obtener uniones sin fugas, será necesario que la soldadura no tenga porosidades, cuidando de limpiar bien toda la escoria después de cada pasada.

Hacer cordones intermitentes para evitar excesivo calor localizado.

Mantener una distancia de arco entre 1/8" y 3/16". Mantener el arco sobre el charco de metal fundido, no permitiendo que este vaya adelante del mismo.

Para piezas delgadas de formas complejas aplicar la técnica de hacer cordones intermitentes y salteados, partiendo del centro hacia los extremos.

Para espesores de metal menores de 1/4" hacer cordones de 1" de largo; de 1/4" a 1/2" hacer cordones de 2" de largo; mayores de 1/2" hacer cordones de 3" a 4" de largo.

Usar el diámetro de electrodo menor posible que permita hacer una unión de no menos de dos cordones.

Reiniciar el arco haciendo siempre contacto en la soldadura previamente depositada.

4. Martillado

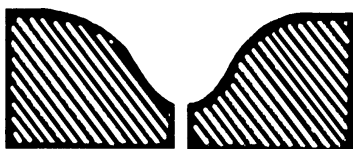
No es necesario para la mayoría de las aplicaciones. Si preocupan las tensiones residuales golpear suavemente con un martillo de bola, después de depositar el cordón.

5. Tratamiento Térmico Post Soldadura

No es esencial pero puede ser usado para obtener mejor maquinabilidad del metal adyacente a la zona de soldadura. La dureza en esta zona es función de la composición del metal y de la velocidad de enfriamiento. Para reducir la velocidad de enfriamiento y evitar agrietamiento se puede precalentar según indicado antes o retardar el enfriamiento cubriendo la pieza a soldar con algún material aislante. Procurar que la velocidad de enfriamiento no sea mayor de unos 500C/hora.

→ Algunos Consejos para Obtener Mejores Uniones

"U" SENCILLA



Usar una "U" sencilla
para piezas de hasta
1/2" de espesor

"U" DOBLE



Usar una "U" doble
para piezas de
espesor mayor de 1/2"

Procedimiento Recubrimiento Delgado previo (Para piezas grandes o de mucho espesor).

Si el metal base se ha contaminado mucho de aceite o grasa, el recubrimiento previo saldrá con porosidades. En tales casos se recomienda quitar con cincel éste y repetir el procedimiento. Para obtener uniones sin fugas es necesario que la soldadura no tenga porosidades cuidando de limpiar bien toda escoria después de cada pasada.

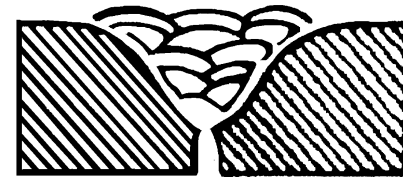
Paso 1:

Use un electrodo de diámetro pequeño para aplicar una capa previa delgada sobre toda el área a rellenar.



Paso 2:

Aplique las pasadas de relleno con un electrodo de mayor diámetro.



• Unión con Plancha de Refuerzo de Acero

PASO 1:



Ponga la plancha de refuerzo sobre el agujero o rajadura y dibuje una línea siguiendo el contorno.

PASO 2:



Remueva la plancha y deposite un cordón de soldadura alrededor del extremo exterior de la línea de contorno. Use electrodo de diámetro pequeño.

PASO 3:



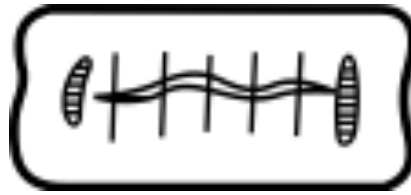
Ponga la plancha de posición y suéldela al cordón previamente depositado.

• Reparación de Rajaduras en Piezas de Espesor Delgado

Paso 1: Deposite un pequeño cordón transversal de soldadura a cada extremo de la rajadura.



Paso 2: Suelde cordones cortos a lo largo de la rajadura alternadamente partiendo del centro hacia los extremos.



- **Unión de Cordones Laterales**

Paso 1: Con electrodo de diámetro pequeño deposite un cordón a cada lado de la ranadura.



Paso 2: Con el siguiente tamaño mayor de electrodo una los dos cordones.

