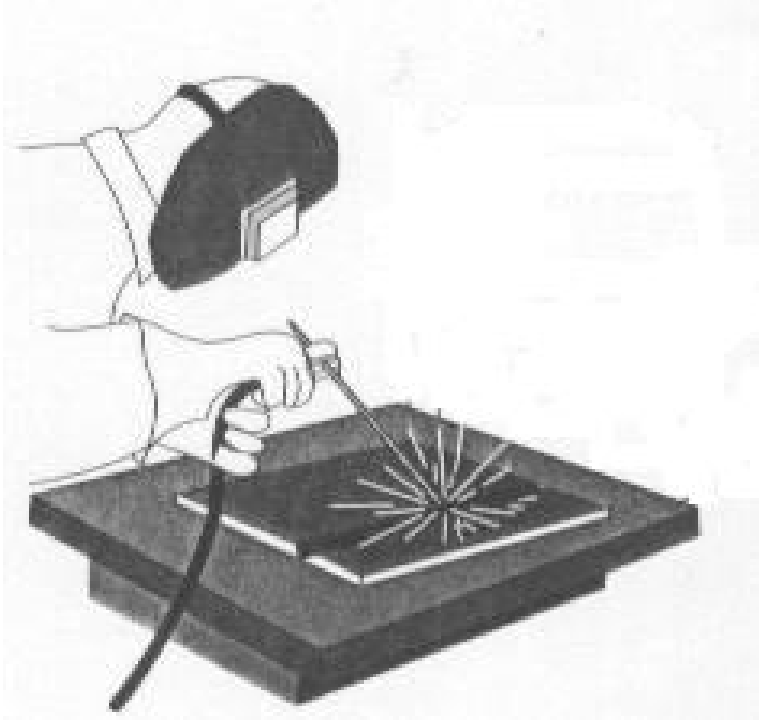


Unión y transformación de metales por fusión Soldadura Eléctrica por Arco voltaico



SOLDADURA ELECTRICA POR ARCO



En la soldadura eléctrica por arco, las piezas son calentadas hasta la temperatura de fusión, en el lugar de contacto por el calor del arco eléctrico. El metal líquido de ambas piezas más el aportado por el electrodo se mezclan entre sí, debido a la agitación producida por las fuerzas eléctricas.

A medida que avanza el electrodo el metal líquido se solidifica y enfría formando una unión homogénea, (entre ambas piezas). Al encenderse el arco en el lugar de unión de ambas piezas, se derrite inmediatamente una cavidad que llamamos "cráter" y dentro de él se deposita el metal derretido de la punta del electrodo.

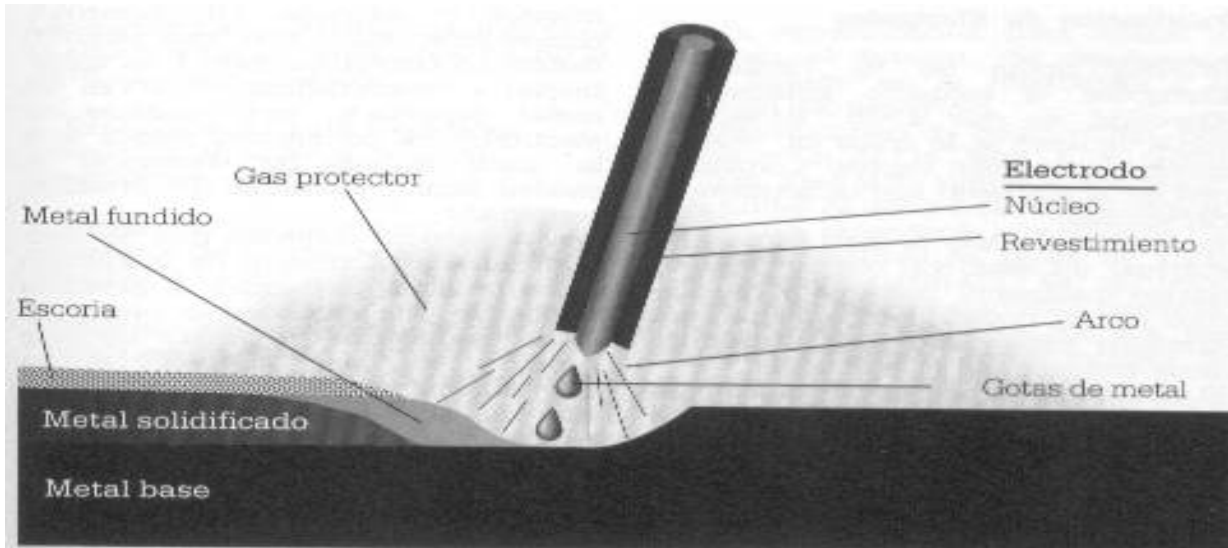
El metal del electrodo atraviesa el arco en forma de una lluvia continua de glóbulos pequeñísimos. Pero estos no caen del electrodo a la pieza, sino que son forzadas a través del arco, por las fuerzas eléctricas, mientras que la

fuerza de gravedad solo actúa ayudando a la deposición de metal de aporte de cuando la soldadura se realiza en posición plana. Esto explica porque es perfectamente posible soldar en posición vertical y sobre cabeza. Este sistema de soldadura se define como el proceso en que se unen dos metales mediante una fusión localizada, producida por un arco eléctrico entre un electrodo metálico y el metal base que se desea unir.

La soldadura por arco se conoce desde fines del siglo XIX. En esa época se utilizaba una varilla metálica descubierta que servía de metal de aporte. Pronto se descubrió que el oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera eran causantes de fragilidad y poros en el metal soldado, por lo que al núcleo metálico se le agregó un revestimiento que al quemarse se gasificaba, actuando como atmósfera protectora, a la vez que contribuía a mejorar notablemente otros aspectos del proceso.

EL ARCO PROTEGIDO

El acero se oxida con suma facilidad, al producirse una reacción química en el oxígeno del aire y el acero formándose en la superficie una capa de óxido que aumenta de espesor con el tiempo. La facilidad con que esta reacción se produce depende de la temperatura, pues cuando ella aumenta la reacción se acelera.



La cáscara que se forma sobre la pieza de acero que el herrero calienta en la fragua, no es otra cosa que una capa de óxido, que se ha formado en el corto tiempo en que la pieza tardó en calentarse. Cortar acero con soplete es una prueba de la rapidez de esta reacción, cuando se suministra oxígeno en abundancia.

A las temperaturas que se encuentran en el proceso de soldadura, la afinidad entre el oxígeno del aire y el acero es sumamente fuerte. Lo que se produce es óxido de hierro, que si asume la forma de impurezas será muy perjudicial porque reduce la ductilidad y la resistencia mecánica.

Cuando se suelda eléctricamente con alambre desnudo, los glóbulos que pasan del metal a la pieza, están expuestos al contacto con el oxígeno del aire; y el metal derretido de la pieza, también está expuesto a la misma contaminación perjudicial.

Para evitar el contacto entre el oxígeno y el acero líquido se utilizan electrodos revestidos. El electrodo consiste en un núcleo o varilla metálica, rodeado por una capa de revestimiento, donde el núcleo es transferido hacia el metal base a través de una zona eléctrica generada por la corriente de soldadura. El revestimiento del electrodo, que determina las características mecánicas y químicas de la unión, está constituido por un conjunto de componentes minerales y orgánicos que cumplen las siguientes funciones:

- 1) Producir gases protectores para evitar la contaminación atmosférica y gases ionizantes para dirigir y mantener el arco. El gas producido envuelve completamente al arco y no permite la entrada del aire hacia el metal líquido. Este gas no reacciona con el acero. El resultado es una soldadura sin impurezas y con propiedades de ductilidad y resistencia muy superiores.
- 2) Concentrar el calor del arco sobre una superficie menor, ya que se consume más lentamente que el alma del electrodo, proyectándose hacia afuera y sirviendo para dirigir y concentrar el arco, aumentando de esta forma la rapidez de fusión del metal base.
- 3) Producir escoria para proteger el metal ya depositado hasta su solidificación, ya que al avanzar el electrodo se aleja la protección gaseosa dejando expuesta la soldadura, aun caliente, a la contaminación perjudicial del aire.
- 4) Suministrar materiales desoxidantes, elementos de aleación e hierro en polvo. Antes de aplicar una nueva capa de soldadura es necesario limpiar perfectamente todo resto de escoria para evitar la inclusión de cualquier partícula.

POSICION DE TRABAJO

Si bien es posible realizar soldaduras en posición vertical y sobre cabeza, el costo del trabajo en posición plana es casi siempre menor, pues no es necesario utilizar electrodos delgados, la penetración es mucho mayor, la limpieza menos costosa y se pierde menos metal en chisporroteo.

Muchas veces se suelda en posición plana o sobre cabeza, porque rebatir la pieza para realizar la soldadura en posición plana, cuesta algún trabajo pero el tiempo invertido sería recuperado con creces, además de realizar una importante economía de electrodos. Otras veces soldar en posición plana puede evitar un costoso chaflán, pues la penetración es mayor por el diámetro del electrodo utilizado.

PREPARACION DE LA JUNTA - FUSION - PENETRACION.

CHAFLAN: Esquina cortada por un plano que forma un ángulo de 45° con cada una de sus caras.

Buena fusión en una soldadura, significa que en toda la extensión de contacto entre el metal base y el metal de aporte se ha logrado un solo material.

En uniones a tope con chaflán y uniones en ángulo, buena fusión, significa que la soldadura se ha realizado hasta la raíz del chaflán o ángulo. Para lograrlo es necesario usar el diámetro del electrodo y el amperaje adecuado. Cada electrodo deberá utilizarse en la escala de intensidades recomendadas por su fabricante, usando las mínimas para materiales muy delgados o para cuando se hallan muy calientes, mientras las máximas, serán usadas en materiales más gruesos, que soportan mejor el calor. Para escoger el electrodo adecuado es necesario analizar las condiciones de trabajo en particular y luego determinar el tipo y diámetro de electrodo que más se adapte a estas condiciones.

Este análisis es relativamente simple, si se consideran los siguientes factores:

- 1) Naturaleza del metal base.
- 2) Dimensiones de la sección a soldar.
- 3) Tipo de corriente que entrega su máquina soldadora.
- 4) En que posición o posiciones se soldara.
- 5) Tipo de unión y facilidad de fijación de la pieza.
- 6) Si el depósito debe poseer alguna característica especial, como son: resistencia a la corrosión, gran resistencia a la tracción, ductilidad, etc.
- 7) Si la soldadura debe cumplir condiciones de alguna norma o especificaciones especiales.

PENETRACION

Significa profundidad de fusión, en el metal base y se usa cuando se trata de uniones a tope, si chaflán, o donde este no abarca todo el espesor de la pieza.

Es difícil conocer la penetración soldando a tope sin chaflán y por eso no se aconseja emplearlos en trabajos de mucha responsabilidad. Sin embargo es muy utilizado por su economía de preparación, de electrodos y de mano de obra. Puede ser muy eficaz, si la soldadura penetra hasta la mitad de las chapas y de ambos lados. Cuando se hace un chaflán suele dejarse una separación de 2 a 4mm. a donde no llega el chaflán, pero se ha notado que muchas veces esta parte no ha soldado, pues las paredes del chaflán han absorbido el calor del arco e impedido la fusión del metal base más allá de la raíz del chaflán. En las uniones a tope sin chaflán la penetración depende de varios factores, a saber:

1) ABERTURA DE LOS BORDES.

2) ESPESOR DE LAS CHAPAS O CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL CALOR: En las chapas gruesas la penetración será menor aunque sean iguales los demás factores.

3) AMPERAJES Y DIAMETROS DE ELECTRODOS ADECUADOS: A igual de condiciones un amperaje alto permitir una mayor penetración.

4) TIPO DE ELECTRODO: Lo que determina la penetración es el tipo de revestimiento, y por ello, debe atenderse a las especificaciones del fabricante.

Donde comienza la soldadura la fusión y penetración son deficientes salvo que se tomen precauciones especiales y lo mismo ocurre, en la terminación de la soldadura.

Soldando a tope, sin chaflán, suelen ocurrir diferencias en la penetración por falta de luz entre las piezas, pero si esta es excesiva, parte del metal fundido proveniente del electrodo, ocupa la separación sin llegar a soldarse con las piezas.

En este caso la zona ocupada por el metal que no soldó, tampoco permite una buena fusión al soldar del lado opuesto. Por ello en trabajos de gran responsabilidad debe recortarse del lado opuesto parte de la chapa y la soldadura hasta asegurarse de una fusión completa.

Antes de preparar un trabajo para soldar se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

1)- CALIDAD DE UNIÓN QUE SE DESEA.

Donde debe tenerse en cuenta los esfuerzos a que estarán sometidos y los peligros o daños que causaran si llegaran a fallar.

2)- TIPO Y DIAMETRO DE ELECTRODOS QUE SE USARAN.

Estará de acuerdo a las características que se desean de la soldadura dependiendo del espesor de las piezas y de la posición en que se hará el trabajo.

3)- POSICIÓN DEL TRABAJO.

Si es vertical o sobre cabeza, la penetración será menor y se tendrá en cuenta al encararse el trabajo.

4)- FACILIDADES DE ACCESO A LOS LUGARES DE TRABAJO.

En chapas gruesas el chaflán doble es lo más aconsejable y el menos costoso. Pero no siempre se puede hacer de ambos lados, en cuyo caso el chaflán, deberá permitir una fusión del 100 % del espesor.

En uniones a tope, el chaflán más común, es en "V" de 60° a 90°, pero en los ángulos más abiertos aumenta el costo.

El chaflán más adecuado tiene forma de "U", especialmente en piezas gruesas pues facilita la fusión en la primera pasada, consumiendo menos electrodos. Por ello deberá preferirse si se realiza a máquina (torno, cepilladora o máquina chaflanadora).

En chaflanes dobles, suele dejarse un espesor de 2 mm. si chaflán, pero es necesario dejar una luz de 1 a 1,5 mm. si se quiere lograr un 100 % de penetración.

Si el chaflán es simple, la parte sin chaflán no debe ser mayor de 1 a 1,5 mm. y la luz de 1,5 a 2 mm.

Pero no debe olvidarse que al realizar las punteadas de fijación, se contraen hasta 1mm., por lo que se aumenta la luz indicada en 1 mm. más.

Para chaflanes en "V" el chaflán doble produce una economía equivalente a la mitad de lo que consumiría un chaflán simple con el mismo ángulo y la misma es referente a gastos de electrodos, energía eléctrica y gastos generales.

PROCEDIMIENTO PARA SOLDAR ACERO AL CARBONO

Los mejores resultados se obtienen manteniendo un arco mediano, con lo que se logra una fusión adecuada, permitiendo 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 45° respecto de las planchas, efectuar un pequeño avance y retroceso del electrodo en el sentido de avance. Con ello se logra una buena fusión al avanzar, se controla la socavación y la forma del cordón al retroceder al cráter. Para filetes verticales ascendentes, se mantiene el electrodo perpendicular a la plancha moviéndolo en el sentido de avance. El movimiento debe ser lo 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 la socavación y ancho del cordón.

La soldadura sobre cabeza se ejecuta en forma similar a la horizontal, pero la oscilación en el sentido de avance debe ser mayor para permitir que el metal depositado en el cráter se solidifique. Cuando se suelda vertical descendiente, el cordón de la raíz se hace con un avance continuo, sin oscilar, y la fuerza del arco se dirige de tal manera que sujete el baño de fusión. Para los pasos sucesivos se puede usar una oscilación lateral.

SEGURIDAD EN SOLDADURA AL ARCO

Cuando se realiza soldadura por arco voltaico durante la cual ciertas partes conductoras de energía eléctrica están al descubierto, el operador tiene que observar con especial cuidado ciertas reglas de seguridad, a fin de contar con la máxima protección personal y también proteger a las otras personas que trabajan a su alrededor. En la mayor parte de los casos, la seguridad es una cuestión de sentido común. Los accidentes pueden evitarse si se cumplen las siguientes reglas:

PROTECCION PERSONAL

Siempre utilice todo el equipo de protección necesario para el tipo de soldadura a realizar. El equipo consiste en:

1- MASCARA DE SOLDAR protege los ojos, la cara, el cuello y debe estar provista de filtros inactivos de acuerdo al proceso e intensidades de corriente empleadas.



2- GUANTES DE CUERO tipo mosquetero con costura interna, para proteger las manos y muñecas.

3- DELANTAL DE CUERO para protegerse de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas del arco.

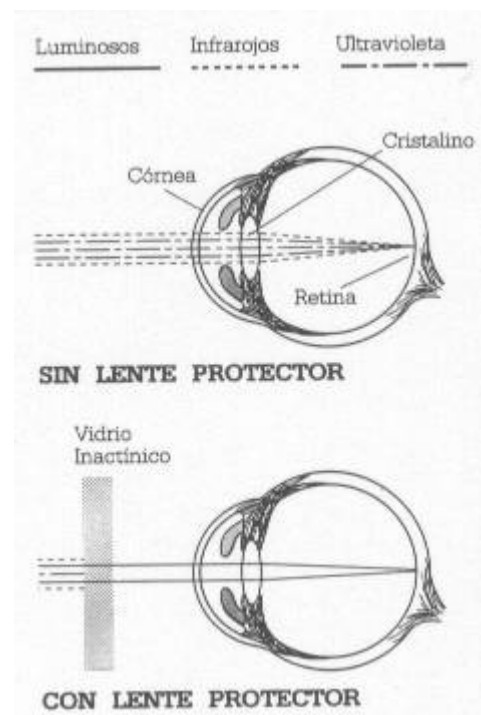
4- POLAINAS cuando es necesario hacer soldadura en posiciones verticales y sobre cabeza, deben usarse estos aditamentos, para evitar las severas quemaduras que puedan ocasionar las salpicaduras del metal fundido.

5- ZAPATOS DE SEGURIDAD, que cubran los tobillos para evitar el atrape de salpicaduras.

6- GORRO, protege el cabello y el cuero cabelludo, especialmente cuando se hace soldadura en posiciones.

Evite tener en los bolsillos todo material inflamable tal como fósforos, encendedores o papel celofán. No use ropa de materiales sintéticos, use ropa de algodón.

PROTECCION A LA VISTA



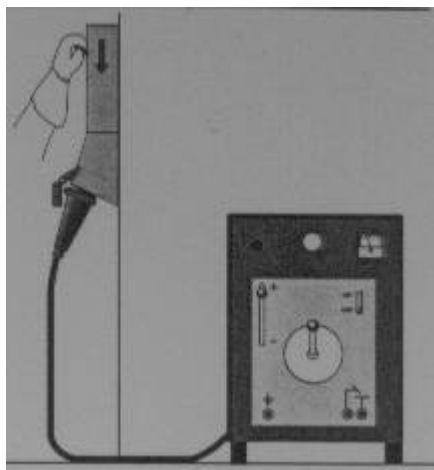
La protección de la vista es un asunto tan importante que merece consideración aparte.

El arco eléctrico que utiliza como fuente calórica y cuya temperatura alcanza más de 4000° C, desprende radiaciones visibles y no visibles. Dentro de estas últimas tenemos aquellas de efecto más nocivo como son los rayos ultravioletas e infrarrojos. El tipo de quemadura que el arco produce en los ojos no es permanente, aunque si es extremadamente dolorosa. Su efecto es "como tener arena caliente en los ojos". Para evitarla, debe utilizarse un lente protector (vidrio inactivo) que ajuste bien y delante de este, para su protección, siempre hay que mantener una cubierta de vidrio transparente, la que debe ser sustituida inmediatamente en caso de deteriorarse. A fin de asegurar una completa protección, el lente protector debe poseer la densidad adecuada al proceso e intensidad de corriente utilizada.

Escala de lentes a usar (en grados), de acuerdo al proceso de soldadura y torchado (arco - aire)

PROCESO	CORRIENTE, en Amperes																				
	10	15	20	30	40	60	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300	350	400	450	500	
Arco manual	■			9	10	■					11	■				12	■			13	14
Sistema MIG, con gas inerte, espesores altos	■							10	11	■				12	■			13	14		
Sistema Mig con gas inerte, espesores bajos	■							10	11	12	13	■			14	15					
Proceso TIG	9	■		10	11	■			12	■		13	■		14	■					
Proceso MIG con gas CO ₂	■							10	11	12	■			13	■		14	15			
Torchado arco-aire	■								10	11	12	13	14	15							

SEGURIDAD AL USAR UNA MAQUINA SOLDADORA



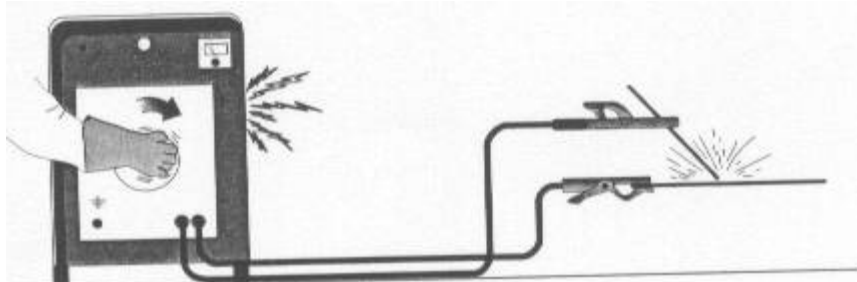
Antes de usar la maquina de soldar por arco voltaico debe guardarse ciertas precauciones, conocer su operación y manejo, como también los accesorios y herramientas adecuadas. Para ejecutar el trabajo con facilidad y seguridad, debe observarse ciertas reglas muy simples:

MAQUINA SOLDADORA (Fuente de poder)

CIRCUITOS CON CORRIENTE: En la mayoría de los talleres el voltaje usado es de 220 o 380 volts. El operador debe tener en cuenta el hecho que estos son voltajes altos, capaces de inferir graves lesiones. Por ello es muy importante que ningún trabajo se haga

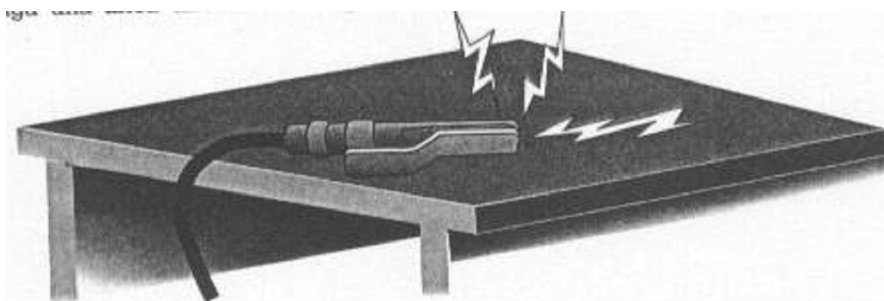
en los cables, interruptores, controles, etc., antes de haber comprobado que la maquina ha sido desconectada de la energía, abriendo el interruptor para desenergizar el circuito. Cualquier inspección en la maquina debe ser hecha cuando el circuito ha sido desenergizado.

CAMBIO DEL RANGO DE AMPERAJE: En las maquinas que tienen 2 o mas escalas de amperaje no es recomendable efectuar cambios de rango cuando se esta soldando, ya que esto puede producir daños en los controles u otros tales como tiristores, diodos, transistores, etc. En maquinas tipo clavijeros no se debe cambiar el amperaje cuando el equipo esta soldando ya que se producen serios



daños en los contactos eléctricos, causados por la aparición de un arco eléctrico al interrumpir la corriente. En maquinas tipo Shunt móvil, no es aconsejable regular el amperaje soldando, puesto que se puede dañar el mecanismo que mueve el Shunt.

CIRCUITO DE SOLDADURA: Cuando no esta en uso la pinza porta electrodo, nunca debe ser



dejado encima de la mesa o en contacto con cualquier objeto que tenga una línea directa a la superficie donde se suelda. El peligro en este caso es que el porta electrodo, en contacto con el circuito a tierra, provoque en el transformador del equipo un cortocircuito.

La soldadura no es una ocupación riesgosa si se observan siempre medidas preventivas adecuadas. Esto requiere un conocimiento de las posibilidades de daño que pueden ocurrir en las operaciones de soldar y una precaución habitual de seguridad por el operador.

SEGURIDAD EN OPERACIONES DE SOLDADURA

Condiciones ambientales que deben ser consideradas:

RIESGOS DE INCENDIO:



Nunca se debe soldar en la proximidad de líquidos inflamables, gases, vapores, metales en polvo o polvos combustibles. Cuando el área de soldadura contiene gases, vapores o polvos, es necesario mantener perfectamente aireado y ventilado el lugar mientras se suelda. Nunca soldar en la vecindad de materiales inflamables o de combustibles no protegidos.



VENTILACION:

Soldar en áreas confinadas sin ventilación adecuada puede considerarse una operación arriesgada, porque al consumirse el oxígeno disponible, a la par con el calor de la soldadura y el humo restante, el operador queda expuesto a severas molestias y enfermedades.

HUMEDAD:



La humedad entre el cuerpo y algo electrificado forma una línea a tierra que puede conducir corriente al cuerpo del operador y producir un choque eléctrico. El operador nunca debe estar sobre suelo húmedo cuando suelda, como tampoco trabajar en un lugar húmedo. Deber conservar sus manos, vestimenta y lugar de trabajo continuamente seco.

SEGURIDAD EN SOLDADURA DE ESTANQUES

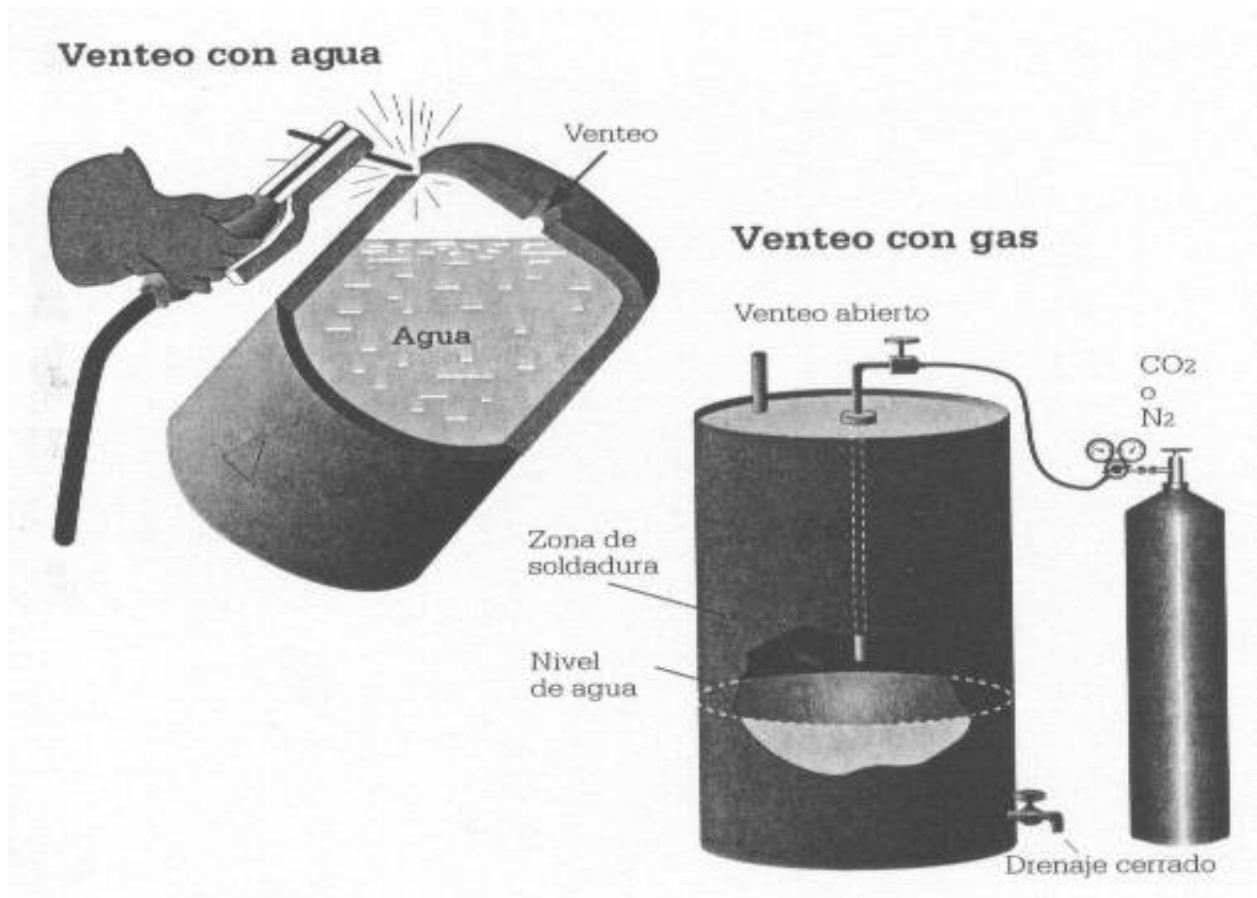
Soldar recipientes que hayan contenido materiales inflamables o combustibles es una operación extremadamente riesgosa. A continuación detallamos recomendaciones que deben ser observadas en este tipo de trabajo.

PREPARAR EL ESTANQUE PARA SU LAVADO: La limpieza de recipientes que hayan contenido combustibles debe ser efectuada solo por personal experimentado y bajo directa supervisión. No debe usarse hidrocarburos clorados debido a que se descomponen por calor o radiación de la soldadura, para formar fosgeno, gas altamente venenoso.

MÉTODOS DE LAVADO: La elección del método de limpieza depende generalmente de la sustancia contenida. existen tres métodos: agua, solución química caliente y vapor.

PREPARAR EL ESTANQUE PARA LA OPERACION DE SOLDADURA: Al respecto existen dos tratamientos:

- * - Agua
- * - Gas CO₂ - N₂



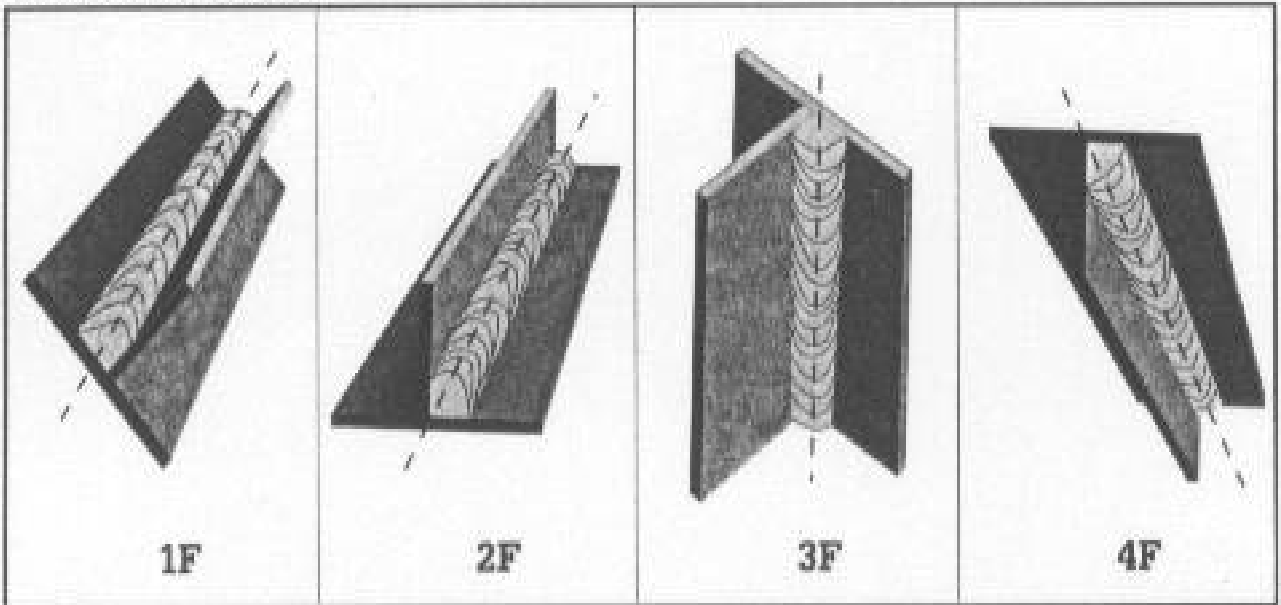
El proceso consiste en llenar el estanque a soldar con alguno de estos fluidos, de tal forma que los gases inflamables sean desplazados desde el interior.

POSICIONES EN SOLDADURA

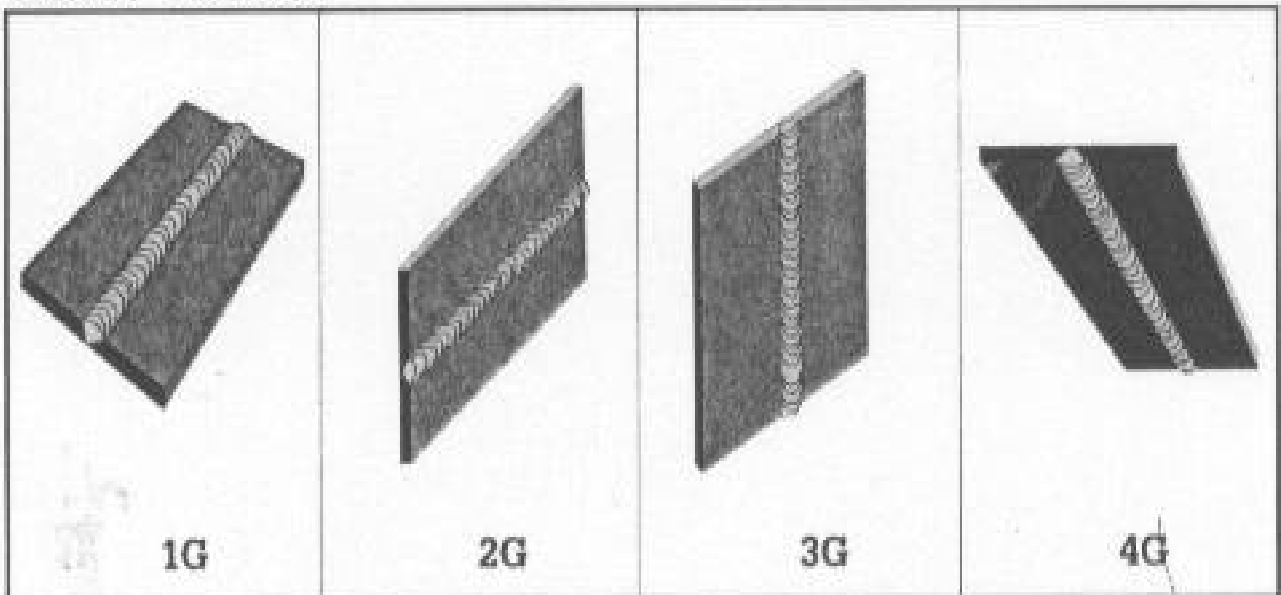
Las siguientes son las posiciones para la realización de soldaduras sobre piezas que deben mantener su posición original.

Plano	Horizontal	Vertical	Sobrecabeza
-------	------------	----------	-------------

Uniones de Filete



Uniones Biseladas

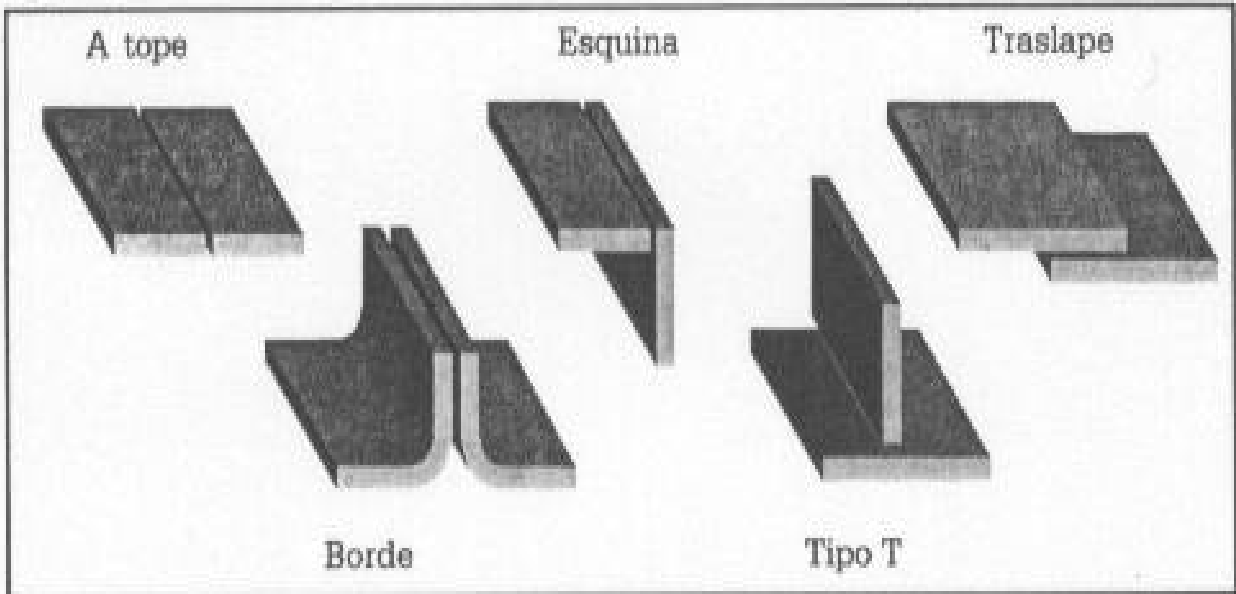


Uniones de Tuberías

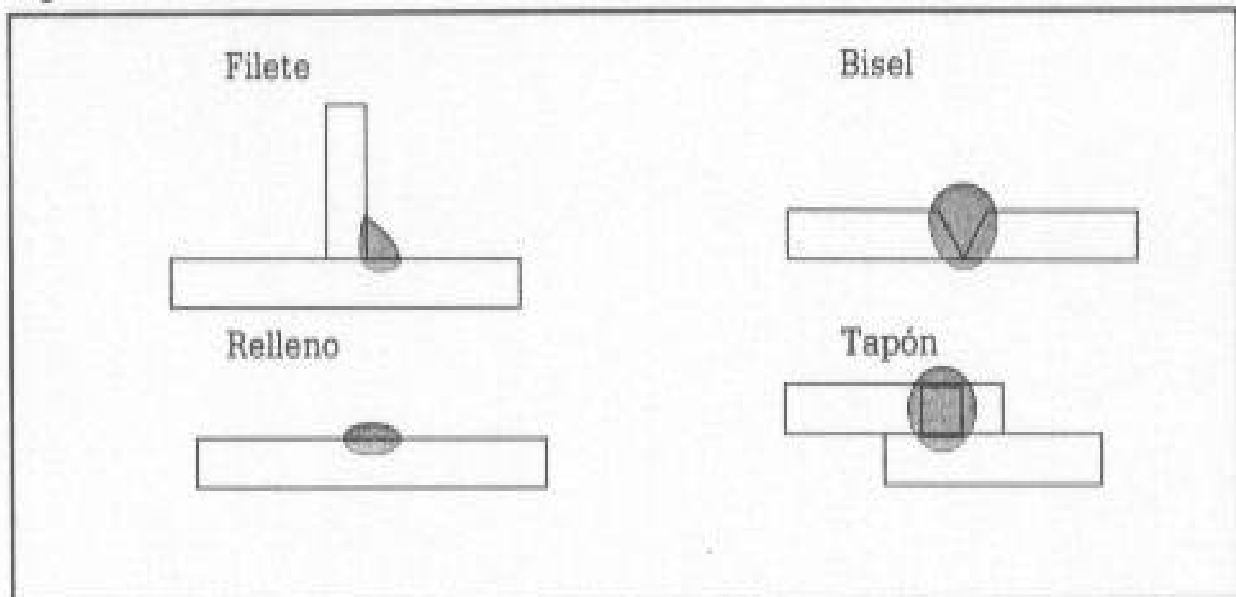


Esquemas Básicos de Soldadura

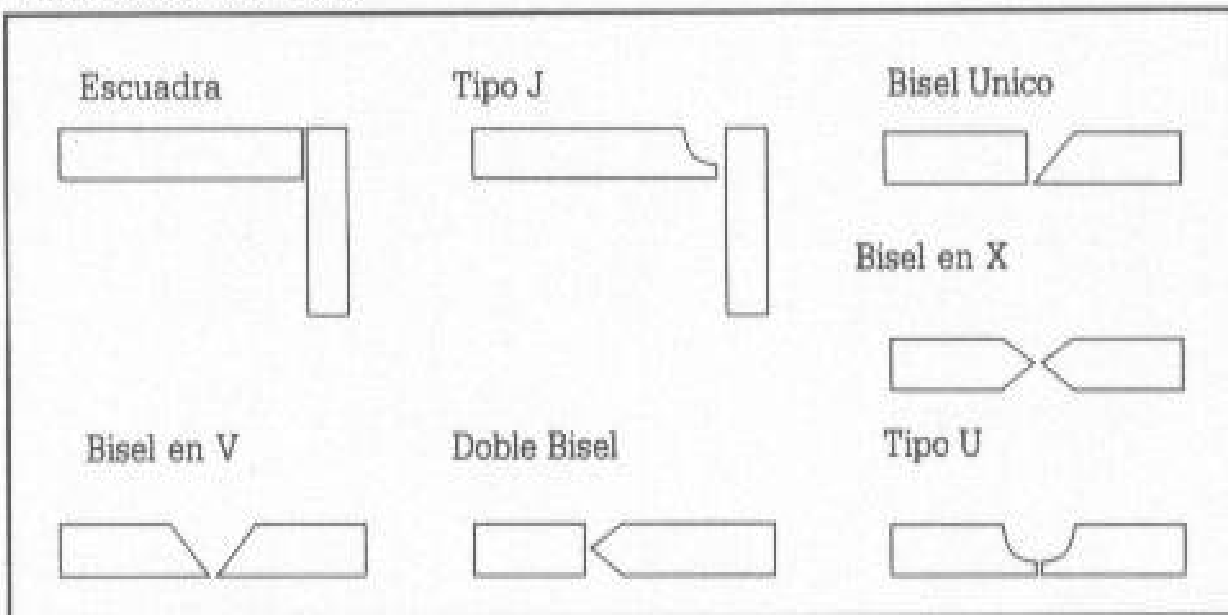
Tipos de Unión



Tipos de Soldadura



Variaciones de Bisel



DEFECTOS

CAUSAS Y SOLUCIONES

Mal aspecto



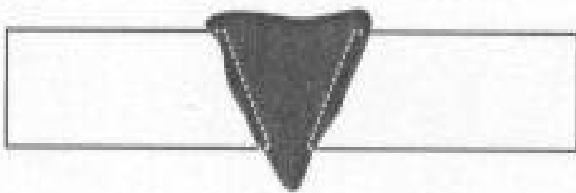
Causas probables:

1. Conexiones defectuosas.
2. Recalentamiento.
3. Electrodo inadecuado.
4. Longitud de arco y amperaje inadecuado.

Recomendaciones

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

Penetración excesiva



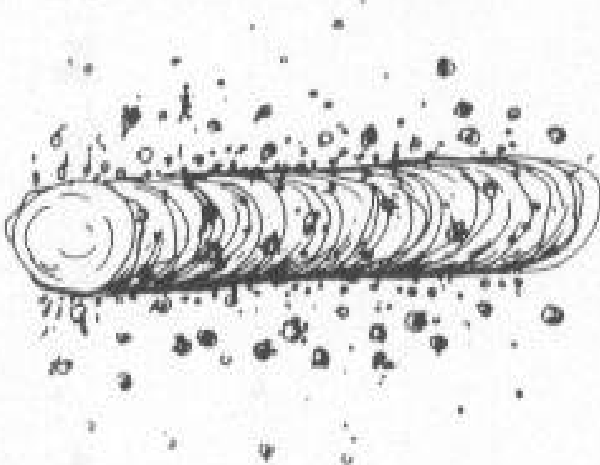
Causas probables:

1. Corriente muy elevada.
2. Posición inadecuada del electrodo.

Recomendaciones

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

Salpicadura excesiva



Causas probables:

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

Recomendaciones

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

DEFECTOS

CAUSAS Y SOLUCIONES

Arco desviado



Causas probables:

1. El campo magnético generado por la C.C. que 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 grampa a tierra
4. Usar un banco de trabajo no magnético.
5. Usar barras de bronce o cobre para separar la pieza del banco.

Soldadura porosa



Causas probables:

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

Recomendaciones

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

Soldadura agrietada



Causas probables:

1. Electrodo inadecuado.
2. Falta de relación entre tamaño de la soldadura y las piezas que se unen.
3. Soldaduras 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 con primeras pasadas.
4. Soldar desde el centro hacia los extremos o bordes.
5. Seleccionar un electrodo adecuado.
6. Adaptar el tamaño de la soldadura de las piezas.
7. Dejar en las uniones una separación adecuada y uniforme.

DEFECTOS

CAUSAS Y SOLUCIONES

Fusión deficiente



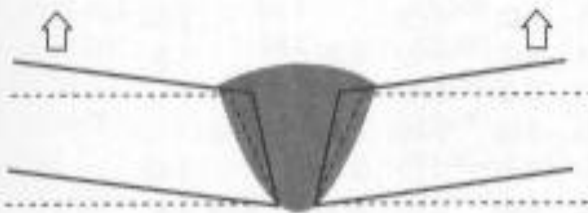
Causas probables:

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

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.

Distorsión (deformación)



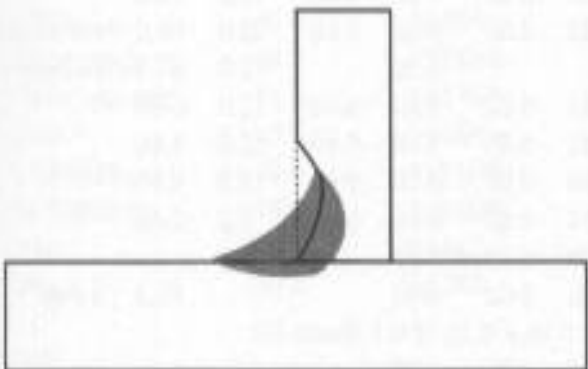
Causas probables :

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

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.

Socavado



Causas probables:

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

Recomendaciones

1. Usar vaivén uniforme en las soldaduras de tope.
2. Usar electrodo adecuado.
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.