



Manual de Prácticas

Secretaría/División:
INGENIERIA MECÁNICA E INDUSTRIAL
(DIMEI)

Área/Departamento:
MATERIALES Y MANUFACTURA

SOLDADURA DE ARCO ELÉCTRICO con electrodo revestido

N° de práctica: 1

Nombre completo del alumno		Firma
N° de cuenta:	Fecha de elaboración:	Grupo:

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

1. Objetivo

El alumno conocerá los elementos que integran el equipo para soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido (SMAW), su manejo, materiales que se pueden trabajar y sobre las aplicaciones industriales; asimismo desarrollará la habilidad requerida para realizar de manera adecuada el proceso, dependiendo de las variables de éste.

2. Introducción

Soldadura es la unión de piezas metálicas, lo cual se logra por presión, impacto o por la fusión del material de base, de uno de aporte o de ambos. La unión se obtiene mediante presión, calentamiento o ambos. El calentamiento puede provenir de una fuente de calor por ejemplo arco o resistencia eléctrica, haz láser, por una reacción química exotérmica, por la acción de una flama, por efecto de la fricción entre los dos elementos metálicos a unir. En el caso de que exista fusión el proceso puede ser con o sin material de aporte.

La soldadura está relacionada con casi todas las actividades industriales, además de ser una importante industria en sí misma. Gracias al desarrollo de nuevas técnicas durante la primera mitad del siglo XX, la soldadura sustituyó al atornillado y al remachado en la construcción de variadas estructuras, como puentes, edificios y barcos. Es una técnica fundamental en la industria automotriz, en la



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

aeroespacial, en la fabricación de maquinaria y en la de cualquier tipo de producto hecho con metales.

En particular la técnica de **soldadura por Arco eléctrico** es el proceso en el que la energía se obtiene por medio del calor producido por un arco eléctrico que se forma en el espacio comprendido entre la pieza a soldar y una varilla que sirve como electrodo. Por lo general el electrodo también provee el material de aporte, el que con el arco eléctrico se funde, depositándose entre las piezas a unir. La diferencial de potencial entre el electrodo y la pieza genera una corriente eléctrica ya que por efecto de este voltaje el aire se ioniza dando lugar a el transporte de electrones entre el electrodo y la pieza a soldar.

El arco se crea al aproximar el electrodo con la pieza a soldar. En esa situación, en el punto de contacto el calentamiento es tan intenso que se empieza a fundir el extremo del electrodo, generándose un pequeño depósito de metal líquido, asimismo se produce ionización térmica y se establece el arco.

Los electrodos proveen el material de aporte, en estos la varilla metálica se encuentra revestida de sustancias no metálica cuya composición química es muy variada (Celulosa, Oxido de Titanio, Carbonato de Calcio y Fluoruro de Calcio) y depende de la aplicación y características del electrodo. Otros **tipos de soldadura por Arco eléctrico** son: la soldadura por arco con protección gaseosa (gas metal arc welding GMAW o MIG), la soldadura de arco de tungsteno y gas inerte TIG (Gas tungsten arc welding GTAW) y Soldadura de arco con fundente en polvo o de arco sumergido (Submerged arc welding SAW).

Máquinas para Soldar



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

Para realizar el proceso de soldadura de arco eléctrico, existen tres tipos principales de equipos:

1. Máquina de CA (corriente alterna) - consisten fundamentalmente de un transformador, que trabaja a 127 ó 220 V. Para tener un proceso de soldadura por arco se requiere que la corriente en el electrodo sea con solamente un cambio limitado en el voltaje. En la soldadura por arco la potencia del arco fluctúa durante el proceso en función de las condiciones de éste. Cuando se establece el arco el sistema queda en cortocircuito tendiendo, en principio, a un súbito incremento de la corriente; sin embargo se diseña el transformador con un acoplamiento magnético reducido, evitando así que el primario entre en cortocircuito con la red, ayudando de tal forma a controlar la corriente de trabajo. Por otra parte durante el proceso de soldadura los glóbulos de metal depositados a través del electrodo tienden a generar cortocircuitos instantáneos, situación que también es controlada a través del deficiente acoplamiento magnético existente entre primario y secundario del transformador de la planta de soldar.

En el caso de que se cuente con una planta de corriente continua se evitará las variaciones de flujo y potencia logrando con esto un arco que tiende a ser constante, evitando así las salpicaduras durante el proceso. En el caso de usar una planta de transformador (CA) esto se puede controlar en parte (la salpicadura) mediante el uso de estabilizadores arco, los cuales se adicionan con el fundente (electrodos de arco suave).



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

En el proceso de soldadura de arco eléctrico el voltaje de circuito abierto es mucho mayor (60 a 80V) que el de trabajo (20 a 30 V), esta variación en el voltaje se debe a cambios en la longitud del arco. El equipo deberá garantizar mínimos cambios en la corriente al modificarse el voltaje de trabajo, esto permitirá un arco más estable y un mejor depósito del material. Por otra parte debe de tenerse en consideración que la corriente de trabajo está determinada por el espesor del material, esto es para lograr la adecuada fusión en la raíz de la unión se demandara mayor corriente al incrementarse el espesor, llegando el caso a requerir varias pasadas del cordón para lograr cubrir la totalidad del espesor del material. Por otra parte a mayor calor disipado se pueden presentar problemas de distorsión de las piezas a unir.

2. Equipo de corriente continua (CC) – Este tipo de equipos normalmente constaban de un motor generador, lo cual incrementa su costo inicial así como el de operación y mantenimiento. Su indiscutible ventaja es la posibilidad de un arco más estable y por lo tanto se tiene menor chisporroteo. Este tipo de alimentación es ideal para trabajar con electrodos de no ferrosos así como de aceros inoxidable.

Si bien algunos autores consideran dentro de esta categoría a los equipos de corriente rectificadora, estos presentan características diferentes en la operación lo cual se refleja en menor estabilidad del arco que en los equipos de generador.

En el caso de emplear corriente directa (rectificada o continua) se pueden utilizar dos polaridades:

- a. *Polaridad directa* - la disposición de las terminales de soldar se encuentran de tal manera que el trabajo tenga el polo positivo y el



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

electrodo el polo negativo (figura 2). Aquí es necesario recordar que la mayor disipación de corriente se tendrá en el polo positivo ($2/3 Q$).

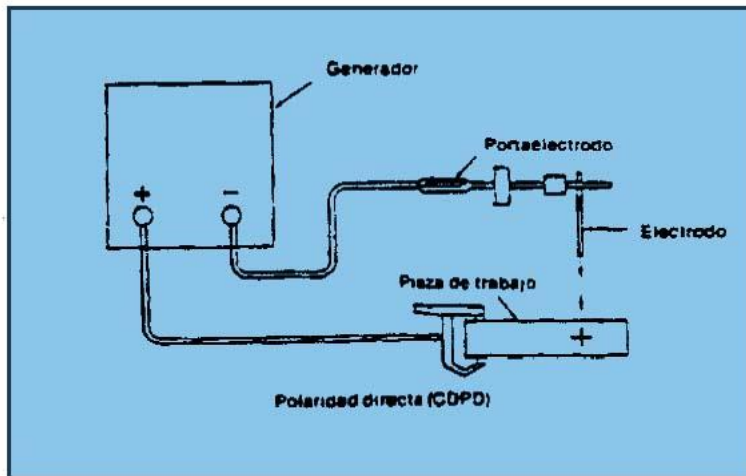


Figura 2. Polaridad directa

- b. *Polaridad invertida* - la conexión de los terminales de soldar es de tal manera que, en el circuito del arco, el trabajo está conectado a la pinza de tierra (polo negativo) y el electrodo es el polo positivo (figura 4).

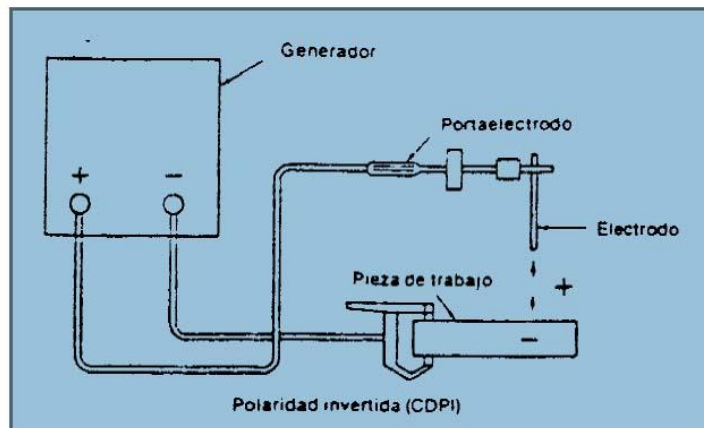


Figura 4. Conexión inversa



Manual de Prácticas

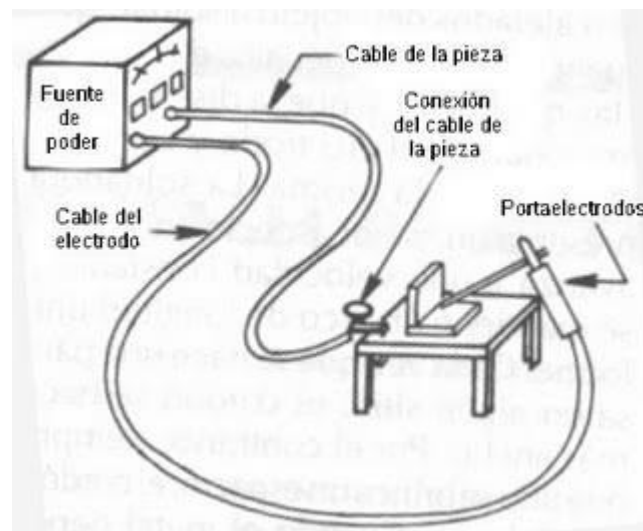
Secretaría/División:

Área/Departamento:

3. Máquinas de CA/CC (corriente alterna/corriente continua) - son básicamente, transformadores de CA a los cuales se agrega un rectificador de corriente (figura 5).



Figura 5. Máquina de CA/CC



Elementos básicos de equipo para el proceso de soldadura por arco.

Características básicas de los equipos para soldadura de arco:



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

Además de considerar las condiciones de alimentación CA, CC, CR, la capacidad del equipo está dada por:

- Amperaje -Representa la capacidad intrínseca del equipo y por consecuencia los límites de la aplicación de estos. Como regla nemotécnica se puede considerar que se requiere de 0.75 a 1 amper por milésima de pulgada de diámetro de la varilla desnuda del electrodo. En términos generales éstos van de 100 a 600 A.
- Ciclo de trabajo; este dato representa el porcentaje de tiempo en operación que se tendrá la máquina considerando un periodo de 10 minutos. Estos es una máquina con ciclo de trabajo de 20% está diseñada para operar al amperaje máximo durante dos minutos de cada diez. En la industria, el ciclo de trabajo más usual es de 60%, o seis minutos de cada diez, al usar una máquina por arriba de la capacidad genera sobre calentamiento y si ésta no cuenta con los sistemas de seguridad adecuados puede llevar a la falla generalizada de la máquina (se quema el transformador).

Electrodos y sus características

Los electrodos utilizados en el proceso de soldadura por arco eléctrico, son un elemento de suma importancia ya que por sus características son varillas que se encuentran revestidos de una sustancia no metálica cuya composición química es muy variada (Celulosa, Oxido de Titanio, Carbonato de Calcio y Fluoruro de Calcio). Así, el propósito del núcleo del electrodo es conducir energía eléctrica para el arco y proporcionar el metal adecuado en el depósito.

El propósito del núcleo metálico del electrodo (alambre) es conducir la corriente eléctrica para el arco y proporcionar el metal en el depósito. El recubrimiento tiene muchas funciones (Figura 6). Debido a la afinidad del metal fundido con el



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

oxígeno, es necesario proteger éste mediante una campana de gas inerte, la cual debido a su presión ocupará el espacio no solo donde se encuentra saltando el arco sino al propio charco de metal líquido evitando los inconvenientes antes descritos, los cuales afectan negativamente al cordón de soldadura. El recubrimiento del electrodo no solo forma una campana de gas protector sino además puede proporcionar aleantes o material adicional al metal depositado a partir de la varilla metálica, contiene asimismo compuestos como el rutilo TiO_2 el cual estabiliza el arco y limita el chisporroteo. . El recubrimiento se quema en el arco a menor velocidad que el alambre del núcleo, formando escoria sobre el metal fundido, ésta protege al metal fundido mientras se enfría, si bien genera contaminantes gaseosos estos tienen un efecto mínimo sobre la atmósfera.



Electrodos para soldadura de arco eléctrico con electrodo sumergido.

Modo de elegir los electrodos.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

Un electrodo para todos los fines, para todas las aplicaciones y que de resultados iguales, es imposible de encontrar; en otras palabras el electrodo universal no existe. La elección correcta de un electrodo se basa en el análisis de las condiciones y circunstancias que influyen sobre un trabajo en particular, para poder determinar el tipo y tamaño del electrodo a usar, es necesario comprobar los siguientes factores:

1. ¿Cuál es el metal base que ha de ser unido?
2. ¿Cuál es espesor de la sección a soldar?
3. ¿De qué clase de corriente eléctrica (CA/CD) se dispone en el arco?
4. ¿Qué posición o posiciones de soldadura han de usarse (plana, horizontal, vertical, sobrecabeza)?
5. El metal depositado debe poseer ciertas propiedades especiales como cualidades anticorrosivas, ductilidad, alta resistencia a la tracción o maquinabilidad.

La AWS -Sociedad Americana de Soldadura- (American Welding Society)), estableció un sistema numérico aceptado y usado en toda la industria de la soldadura para identificar los diferentes tipos de electrodos que existen en el mercado.

Guía para la interpretación de la numeración de los electrodos según su clasificación.

Las diferentes características de operación de los diversos electrodos son atribuidas al revestimiento, donde la varilla desnuda es generalmente del mismo tipo (acero al carbono con un contenido de éste elemento de 0.08-0.12%, donde el aumento de resistencia se obtiene mediante el incremento en el contenido de Mn). La designación AWS para aceros considera 4 a 5 dígitos donde los 2 ó 3 primeros



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

indican la resistencia en Kpsi (miles de libras sobre pulgada cuadrada), la penúltima puede tener los dígitos 1,2 ó 3; los cuales se refieren a la posición de soldadura para la cual ha sido diseñado el electrodo y la última describe las características del recubrimiento.(figura 7). La letra "E" significa que el electrodo es para soldadura por arco eléctrico, La tabla 1 proporciona amplia información sobre la interpretación de la posición, penetración tipo de corriente y fundente.



Nomenclatura de los electrodos. [Mejorar calidad del dibujo]



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

Clasf.	Corriente	Arco	Penetracion	Fundente y Escorea
EXX10	DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Sodio (0 - 10% de polvo de Hierro)
EXXX1	AC o DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Potasio (0% de Polvo de Hierro)
EXXX2	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Titanio - Sodio (0 - 10 % de Polvo de Hierro)
EXXX3	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titanio - Potasio (0 - 10% de Polvo de Hierro)
EXXX4	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titanio - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXXX5	DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXXX6	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Potasio (0% de Polvo de Hierro)
			Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXXX8	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Povo de Hierro)
EXX20	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXX22	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXX24	AC o DCEN o DCEP	Suave	Ligera	Titanio - Polvo de Hierro (50% de Polvo de Hierro)
EXX27	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)
EXX28	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)
EXX48	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)

DCEP - Corriente Directa Electrodo Positivo **DCEN** - Corriente Directa Electrodo Negativo

Nota: El porcentaje del polvo de Hierro esta calculado en base al peso del fundente

E XX1X	=	Cualquier Posicion (De piso, horizontal, sobre cabeza y vertical)
E XX2X	=	Horizontal y de piso solamente
E XX3X	=	De piso solamente
E XX4X	=	De piso, sobre cabeza, horizontal y vertical hacia abajo.

Descripción de las dos últimas cifras.

Electrodos de baja aleación.

El extenso uso de aceros aleados ha obligado al desarrollo de electrodos revestidos, capaces de producir depósitos de soldadura que tengan resistencia a la tracción que rebase las 100,000 lbs/pulg²; propiedades mecánicas de tal magnitud son obtenidas usando ferroaleaciones a través del forro. En la mayoría de los electrodos señalados, el revestimiento es de carbonato de calcio, típico de los electrodos de bajo hidrógeno y frecuentemente contienen polvo de hierro. Los electrodos de alta resistencia a la tracción, tienen terminación 15, 16 y 18.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

Las funciones de los recubrimientos son las siguientes:

- Proveen una atmósfera de trabajo o protectora.
- Generan escoria para proteger al metal fundido.
- Estabilizan el arco.
- Aumentan la eficiencia de deposición.
- Eliminan impurezas y óxidos.
- Disminuyen la velocidad de enfriamiento de la soldadura

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 fillos de la unión.
- c. Posición de la unión.
- d. Destreza del soldador.

La tabla 2 puede usarse como una guía; cuando se seleccione la medida y amperaje para un trabajo particular será necesario aumentarlo o disminuirlo según la posición de la obra, su espesor y la medida de cómo trabaja cada operario



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

Tabla 2. Guía de medidas de electrodos y amperajes a utilizar. [referencia]

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

Tipo de uniones

Dentro de los trabajos de soldadura se realizan diferentes tipos de uniones para formar estructuras metálicas. Se muestran algunos de los diferentes tipos de uniones más utilizadas en la industria.



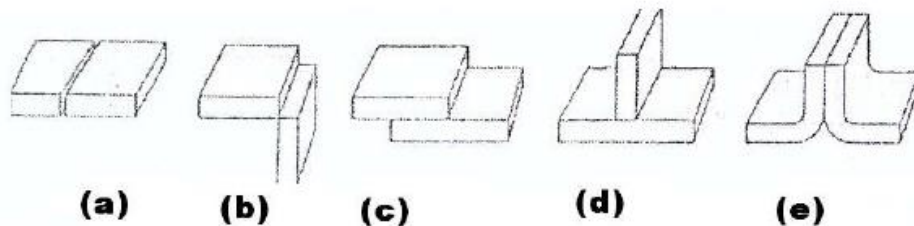
Manual de Prácticas

Secretaría/División:

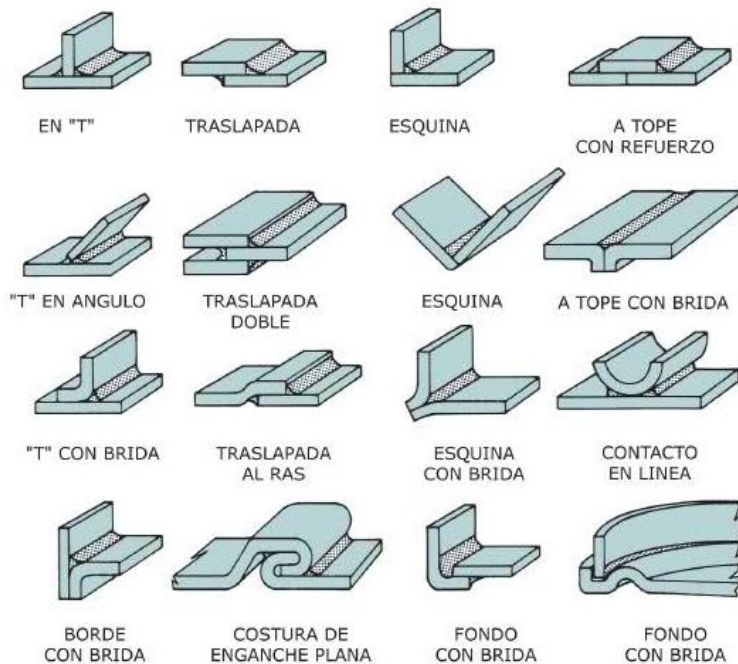
Área/Departamento:

Tipos de Uniones: Hay cinco tipos básicos de uniones para integrar dos partes de esta junta:

- Unión Empalmada:** En este tipo de unión. Las partes se encuentran en el mismo plano y se unen en los bordes.
- Unión de Esquina.** Las partes es una unión de esquina forman un Angulo recto y se unen en la esquina del Angulo.
- Unión superpuesta:** Esta unión consiste en dos partes que se sobrepone .
- Unión en T:** En la unión en T, una parte es perpendicular a la otra en una forma parecida a la letra T
- Unión de Bordes:** Las partes en una unión de bordes están paralelas con al menos de uno de sus bordes en común y la unión se hace en el borde común.



Tipos de uniones [mejorar calidad de la imagen]



Tipos de uniones en soldadura (complemento)

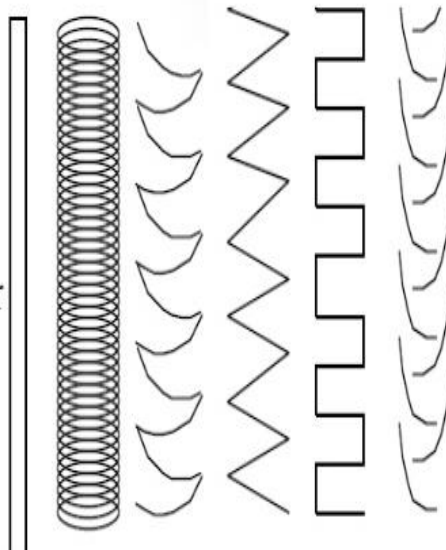


Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

- en línea
- circular
- crescent
- zigzag
- patrón rectangular
- patrón J



Tipos de movimiento durante el desplazamiento del cordón de soldadura

Reglas de seguridad para soldadura de arco eléctrico.

El uso de un equipo de soldadura, sea cual fuere su tipo, no representa una actividad de alto riesgo si se siguen reglas de seguridad básicas considerando que se está trabajando con corriente eléctrica; entre otras cosas es necesario que no exista humedad o agua en el piso o zonas de trabajo para evitar choques eléctricos, el porta electrodos, nunca deberá ser dejado sobre la mesa de trabajo o en contacto con cualquier otro 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 corto circuito. Asimismo se deberá utilizar careta con el número de sombras adecuada al brillo del arco, evitando con esto que los ojos resulten dañados por la elevada radiación. Se recomienda la ropa de lana o de algodón (con tratamiento de protección contra fuego), nunca se deberán de utilizar prendas de fibras sintéticas ya que ésta tiende a fundirse en presencia de calor extremo, por otra parte la ropa deberá estar limpia de grasa y aceite. Se recomienda el uso de botas de casquillo (bota industrial), lo que deberá combinarse con que el pantalón quede fuera de la bota. Nunca deberá arremangarse la ropa para evitar los inconvenientes de la radiación ultravioleta. Se recomienda también el uso de delantales y mangas de cuero, así como de guantes.

Lo antes comentado se resume en:



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

1. Usar siempre la careta con filtro del grado correcto.
2. Usar peto, guantes, casco y polainas.
3. Asegurarse de que los demás están protegidos de los rayos de luz antes de empezar a soldar.
4. Nunca trabajar en un área húmeda o mojada.
5. Usar lentes de seguridad cuando se quite la escoria de una soldadura.
6. Asegurarse que la pieza que se vaya a soldar o el banco sobre el que se trabaja estén conectados correctamente a tierra.
7. Usar guantes de carnaza todo el tiempo.

EQUIPO DE PROTECCIÓN RECOMENDADO PARA TRABAJAR EL PROCESO



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:





Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:



Equipo de protección para soldadura eléctrica

Material y equipo necesario para la práctica

Material:

- ✓ Solera de acero 1018 en tramos de 4 pulgadas de largo por 2 de ancho y 1/4 de espesor.
- ✓ Electrodo E6013.
- ✓ Electrodo E7018.

Equipo

- ✓ Careta con filtros
- ✓ Peto
- ✓ Guantes



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

- ✓ Polainas
- ✓ Goggles
- ✓ Pica
- ✓ Cepillo de alambre
- ✓ Pinzas mecánicas

Ejercicios iniciales

EJERCICIO 1. Estabilización de arco a través de puntos de soldadura

a. Realizar la aplicación de puntos en una placa de acero, mediante los siguientes pasos, con la finalidad de estabilizar el arco:

1. Colocar el electrodo en el porta electrodos del equipo de soldadura de arco.
2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
3. Acercar el electrodo a la placa y en el momento que salte el arco, proceder a realizar movimientos circulares sin avanzar, esto en el lapso de 3 a 4 segundos. Levantar el electrodo y aplicar otro punto hasta llenar la placa como se indica en la figura 10.

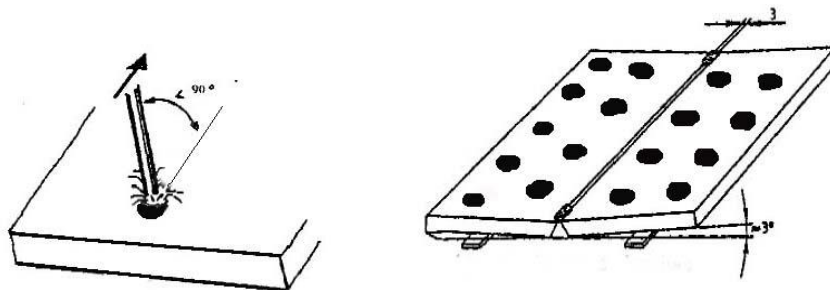


Figura 10. Aplicación de puntos para estabilizar el arco.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

EJERCICIO 2. Aplicación de cordones de soldadura

b. Realizar la aplicación de los diferentes cordones utilizados en la soldadura eléctrica con la finalidad de adquirir la habilidad de su aplicación, para ello realizar los siguientes pasos:

1. Colocar el electrodo en el porta electrodos del equipo.
2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
3. Acercar el electrodo a la placa y en el momento que salte el arco, proceder a realizar movimientos circulares u otro, a lo largo de la placa a una velocidad y altura constante, como se muestra en la figura 11.

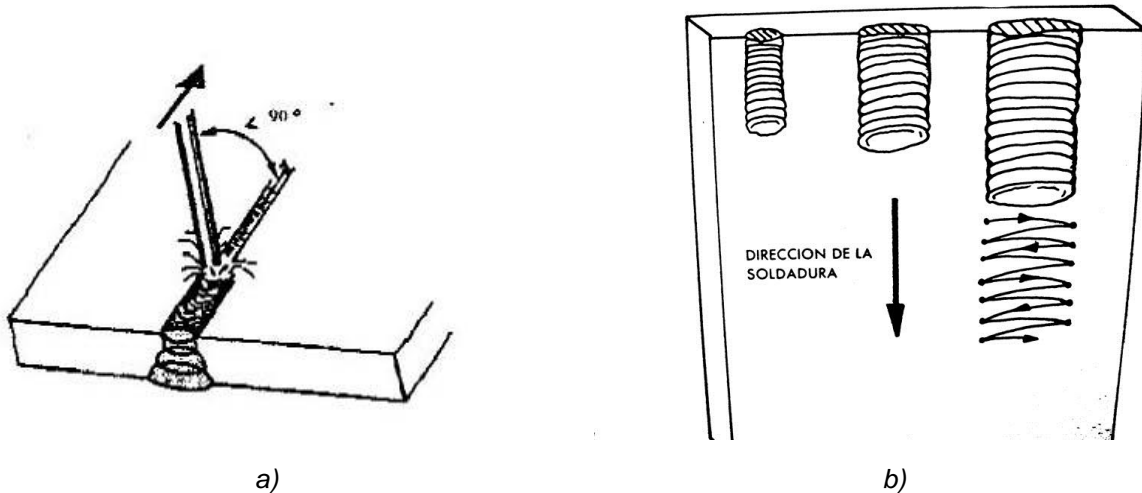


Figura 11. a) Posición del electrodo. b) Tipo de cordón que se genera, el ancho depende de que tan grande se realice el movimiento.

EJERCICIO 3. Realización de uniones de soldadura

c. Realizar la aplicación de diferentes uniones (como lo determine el profesor):

1. Colocar el electrodo en el porta electrodos del equipo.



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

2. Encender la máquina y cubrirse con la careta.
3. Colocar dos piezas de placa en cualquiera de las uniones indicadas en la figura 13.
4. Proceder a aplicar un punto en cada extremo de la unión para evitar su separación, enseguida aplicar el cordón a lo largo de la unión. Recordar que siempre se debe utilizar una velocidad y altura constante para obtener una buena soldadura.

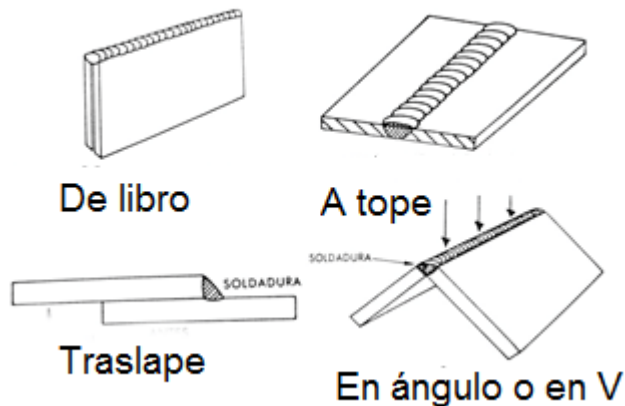


Figura 12. Diferentes tipos de unión a realizar con la soldadura de arco eléctrico.

Ejercicio 4 Proyecto

Al término de la práctica, el alumno presentará por equipo un proyecto de desarrollo de uniones mediante soldadura, el cual ha sido previamente aprobado por su profesor. Además de la estructura realizada deberá acompañar ésta de los dibujos correspondientes y habiendo utilizado en estos la nomenclatura propuesta por la AWS.

Referencias



Manual de Prácticas

Secretaría/División:

Área/Departamento:

- Iván H. Griffin, *Técnicas para Soldar Tubería*, México, Editorial Diana, 1982.
- Manual de soldadura, tomos 1,2,3, México, Prentice Hall.
- Horwitz, Soldadura, Aplicaciones y práctica, México, Alfaomega, 2007.

Cuestionario previo

Explicar en términos generales las medidas de seguridad que se deben tener al trabajar en la aplicación de soldadura por el proceso de soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido.

1. ¿Qué es el proceso de soldadura de arco eléctrico?
2. ¿Qué variantes presenta el proceso?
3. ¿Qué aplicaciones industriales tiene el proceso de soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido?
4. ¿Qué ventajas y limitaciones presenta la soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido?