



74
24

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"**

**PREPARACION PARA LA APLICACION DE LA SOLDADURA
POR ARCO METALICO CON ELECTRODO REVESTIDO EN
PLACAS DE ACERO AL CARBON**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

PRESENTAN :

**MEDINA ESTRADA GUILLERMO
MONROY FLORES LUIS CARLOS**

ASESOR DE TESIS :

ING. HUMBERTO NERI MONDRAGON



CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO, 1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

C. M. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
P R E S E N T E .

DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES
DE LA F.E.S. - C.

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Preparación para la aplicación de la soldadura
por arco metálico con electrodo revestido en
placas de acero al carbón"

que presenta al pasante Medino Estrada Guillermo
con número de cuenta: 8404103-5 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Mecánico Electricista .

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E ,
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 30 de Mayo de 1996

PRESIDENTE	<u>Ing. J. Juan Contreras E.</u>	
VOCAL	<u>Ing. Antonio Trejo Lugo</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Humberto Neri H.</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Jesús García Lira</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Marco A. Hernández R.</u>	



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Cuatitlán
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Preparación para la aplicación de la soldadura por arco metálico con electrodo revestido en planar de acero al carbono".

que presenta el pasante: Diego Carlos Contreras Floran
con número de cuenta: 8608050-3 para obtener el TÍTULO de:
Ingeniero Técnico Electricista.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

Cuatitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 14 de Mayo de 1996

PRESIDENTE	<u>Ing. J. Juan Contreras Espinosa</u>	
VOCAL	<u>Ing. Antonio Trejo Lara</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Humberto Arri Rodríguez</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Juan María Lara</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Marco Antonio Hernández Rodríguez</u>	

DEDICATORIA

Como una muestra de mi gratitud y gran cariño hacia todas las personas que más quiero y que contribuyeron en mi motivación para la culminación de mi carrera profesional he decidido dedicar este libro a todas ellas.

A MI MADRE

Juana Estrada C.

Que con su gran cariño y comprensión me pudo dar ese entusiasmo que me hizo seguir adelante y lograr el fruto que supo en mí cosechar.

A MI PADRE

Manuel Medina B.

Que con su apoyo y grandes consejos que él me dio de los cuales siempre fueron oportunos y que tomaron parte de mi vida lograron alcanzar el sueño que él tanto anhelaba.

A MI HERMANO

Victor Medina E.

Que gracias a la ayuda que me brindó en los momentos más oportunos y por todos aquellos que pasamos juntos.

A MIS HERMANOS

**A TODOS
MIS SERES QUERIDOS**

Y AMIGOS ALLEGADOS

Gracias

Guillermo Medina Estrada

DEDICATORIA

Este trabajo es la culminación de una meta propuesta, en él hubo dedicación, disposición e ilusión, la ilusión es afán, pero también es impulso, estímulo y camino.

Quiero dedicarlo a aquellas personas que han estado conmigo a lo largo de este tiempo.

A MIS PADRES

Porque a ellos les debo lo que el día de mañana seré, al darme su ayuda, porque me orientaron y me condujeron por la vida de los buenos principios y las sanas costumbres.

A MIS HERMANOS

Con quienes compartí problemas, juegos y tantos momentos inolvidables.

A MIS AMIGOS

Que con su ayuda desinteresada contribuyeron en mi formación profesional, pues siempre me brindaron una palabra de aliento para seguir adelante y ser mejor cada día.

Gracias a la vida por permitirme gozar de esta dicha y a la vez compartirla con los seres más queridos.

LUIS CARLOS MONROY FLORES

ÍNDICE

	PAG.
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	5
CAPITULO II DEFINICIÓN.....	8
II.1 DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS DE SOLDADURA.....	11
II.2 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS METALES.....	14
CAPITULO III HERRAMIENTA DE MANO Y PROTECCIÓN INDISPENSABLE.....	17
III.1 HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS.....	17
III.2 ACCESORIOS Y EQUIPOS DE SEGURIDAD.....	18
CAPITULO IV MÁQUINAS DE SOLDAR.....	24
IV.1 GENERADORES DE CORRIENTE CONTINUA.....	25
IV.2 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE ALTERNA.....	28
IV.3 TRANSFORMADORES CON RECTIFICADOR DE CORRIENTE.....	30
CAPITULO V MEDIOS Y NORMAS DE SEGURIDAD.....	32
V.1 NORMAS DE SEGURIDAD.....	35
CAPITULO VI AMPERAJE, VOLTAJE Y VELOCIDAD DE AVANCE.....	38
VI.1 CORRIENTE APROPIADA.....	43
VI.2 VELOCIDAD DE AVANCE CORRECTA.....	45
CAPITULO VII POLARIDADES.....	47
VII.1 POLARIDAD DIRECTA O NEGATIVA.....	48

VII.2 POLARIDAD INVERTIDA O POSITIVA.....	50
VII.3 POLARIDAD INTERMEDIA.....	51
CAPITULO VIII ELECTRODOS.....	53
VIII.1 FUNCIONES PRINCIPALES DEL REVESTIMIENTO DEL ELECTRODO EN SOLDADURA.....	58
CAPITULO IX. SÍMBOLO E INTERPRETACIÓN DE LAS UNIONES.....	59
IX.1 SÍMBOLOS DE LA SOLDADURA.....	59
IX.2 APLICACIÓN DE LOS SÍMBOLOS DE SOLDADURA EN UNIONES DE ÁNGULO.....	68
IX.3 APLICACIÓN DE LOS SÍMBOLOS DE ALGUNOS TIPOS DE JUNTA A TOPE.....	71
CONCLUSIÓN.....	74
BIBLIOGRAFÍA.....	75

INTRODUCCIÓN.

En la tecnología moderna, la soldadura ha venido adquiriendo cada vez más importancia, debido a la creciente demanda de los productos, a la extensión de la soldabilidad de los materiales y a los requerimientos de calidad cada vez más estrictos. En consecuencia, las características de los equipos se han vuelto más sofisticadas; se han adecuado a las condiciones de aplicación de la soldadura, para poder obtener altas concentraciones de material aportado y de mejor calidad.

La soldadura eléctrica pertenece a los trabajos llamados de unión, entendiéndose como tales las uniones fijas y las móviles de dos o más metales. Entre las móviles figuran principalmente las uniones por medio de tornillos y chavetas, a las fijas pertenecen las uniones por medio de roblones, soldaduras y pliegues.

Las presentes instrucciones generales resumen aquellas indicaciones que deben tenerse en cuenta en todas las formas de ejecución. En todos los procesos de soldadura cada forma de ejecución está relacionada con el tipo de juntas. Normalmente en la preparación de una junta el tipo de la misma es impuesto por el tipo de material a unir, y por las características de trabajo de la pieza.

Todas las uniones deberán estar conformadas de acuerdo con las especificaciones adjuntas a cada tipo de aplicación.

En la aplicación de la soldadura no hay que olvidar cuatro factores importantes:

Ángulo del electrodo.

Amperaje.

Voltaje.

Velocidad de avance de la soldadura.

Normalmente el electrodo debe estar perfectamente en el centro de la junta a soldar con o sin bisel y en soldaduras de ángulo plano, ya que la intensidad es el factor que mas influye en la soldadura. A través de el se obtiene la velocidad de fusión del electrodo, grado de fusión y cantidad del metal base fundido.

El voltaje tiene su importancia en la soldadura por la tensión y a través de ella se determina la forma de la zona de fusión y cordón.

En la velocidad de avance se combina la tensión e intensidad en la ejecución de una soldadura y sus efectos.

En el precalentamiento se aconseja calentar la unión con un soplete adecuado u horno especial, lo suficiente para que elimine la humedad contenida por el metal.

El espesor de la capa de fundente nos sirve para proteger el charco de soldadura de los agentes contaminantes de la atmósfera, conformar y guiar el cordón en su formación, contribuir a la limpieza del material base, modificar la composición química del material aportado y proteger el cordón de soldadura en un rápido enfriamiento.

Las uniones a soldar se presentan en los planos por medio de símbolos, el objetivo de los símbolos, es proporcionar en la forma mas clara y correcta la localización de la soldadura, especificando el proceso y tipo de soldadura , así como la dimensión del cordón.

La clasificación del personal dentro del taller de soldadura, se hace en base a la capacidad técnica y conocimiento de las materias y métodos que están íntimamente ligadas con las operaciones de la soldadura, las cuales podemos resumir en las siguientes:

Teoría y métodos de soldadura

Dibujo técnico

Tecnología de materiales

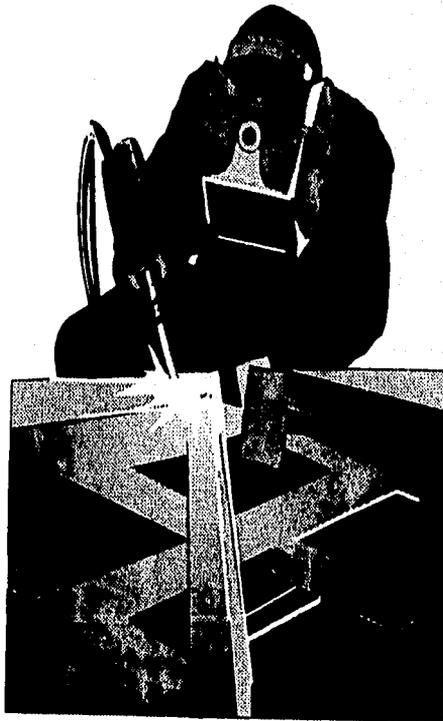
Mediciones

Tratamientos térmicos

Además deben tener un dominio práctico del arte de soldar y experiencia en las técnicas de soldadura de diversos metales.

Esta tesis tiene por objetivo proporcionar los conocimientos básicos que en un momento dado, reafirmen los conocimientos al operario soldador, el porque de los efectos de los procesos de soldadura, así como el saber distinguir el comportamiento de los metales y sus aplicaciones.

Esperamos que los temas expuestos posteriormente, sean de gran utilidad en el trabajo cotidiano.



CAPITULO I

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En la antigüedad el proceso que se utilizaba era el calentar dos piezas de metal en una fragua hasta que estaban blandas y flexibles, después se martillaban o forjaban las piezas entre sí o en un yunque y se dejaban enfriar y endurecer, este proceso rara vez se emplea en la actualidad. Mientras se calentaban de un modo uniforme y a la temperatura correcta, las piezas de metal se colocaban sobre una gruesa capa de carbón tratando de mantenerlas limpias, cuando se martillaban las piezas juntas, no se fundían si no que se unían por la presión de los golpes por eso se considera que la forja es un tipo de soldadura sin fusión. (Fig. 1.1)



Fig. 1.1 Un herrero haciendo soldadura por forja

En los comienzos del siglo XX se popularizó otro método para unir metales. "La soldadura por vaciado" este método se utilizaba para reparar piezas fundidas que tenían grietas o defectos, para hacer las piezas se vaciaba el metal fundido en un molde y se dejaba enfriar con lentitud, para que adoptara su forma. Cuando se encontraba una pieza con grietas o defectos se formaba un molde mas pequeño alrededor de la zona defectuosa y se vaciaba hierro fundido sobre los bordes de la falla, pues se cerraba el molde y se dejaba que el hierro enfriara y solidificara.

Esta forma de soldar es una operación de vaciado en miniatura de ahí su nombre de soldadura por vaciado. Debido a que el metal fundido se vaciaba sobre la falla, en un momento dado fundía las superficies y bordes con que hacia contacto, a este proceso se le puede denominar como el primer proceso de soldadura por fusión.

Ni la forja ni la soldadura por vaciado resultaron muy prácticos. Las piezas grandes de metal no se podían soldar en la forja y a menudo, las uniones o soldaduras no eran fuertes ni duraderas. Aproximadamente en la misma época en que se empezó a ampliar la soldadura por vaciado, se perfecciono un método para soldadura por fusión con el cual se lograba una unión permanente que era tan fuerte o mas que el metal base.

La tecnología y la ciencia de la soldadura han avanzado con gran rapidez en los últimos años que seria casi imposible enumerar todos los métodos de soldadura que se emplean en la actualidad. Sin embargo, todos pueden clasificarse en cualquiera de las dos categorías soldadura por fusión y soldadura sin fusión.

Es difícil obtener una relación exacta del perfeccionamiento de la soldadura y de las personas que participaron, por que se estaban efectuando muchos experimentos similares con técnicas de soldadura en diferentes países al mismo tiempo.

En 1938 la soldadura por resistencia eléctrica, se desarrolla notablemente al introducirse a su funcionamiento controles electrónicos que daban una mayor precisión tanto en la temperatura como en dimensiones de la zona soldada, alcanzándose grandes velocidades de soldeo.

Desde que fue descubierta la soldadura por arco eléctrico y el empleo de revestimientos para dar mayor aplicación a los electrodos, el método del arco eléctrico manual, es el que mayor aplicación ha tenido.

Las máquinas usadas en este método son:

1. Transformador de corriente alterna
2. Transformador de corriente rectificada
3. Generador de corriente continua

CAPITULO II

DEFINICIÓN

Cuando se van a unir metales por medio de la soldadura hay que tener muy presente que todo metal al ser sometido al calor sufre un cambio físico, el cual es llamado dilatación y contracción; esto es:

Dilatación: Se provoca por determinada temperatura, obteniendo el aumento en la dimensión del metal.

Contracción: Cuando el metal pierde la temperatura vuelve a su estado normal o se deforma.

La estructura esta rota en la parte central del bastidor, si se suelda se tendrá como resultado que a medida que se enfría el metal que rodea la soldadura o unión se deformaría el bastidor hacia adentro como se indica con las flechas, o que se volviera a romper la soldadura. (Fig. 2.1)

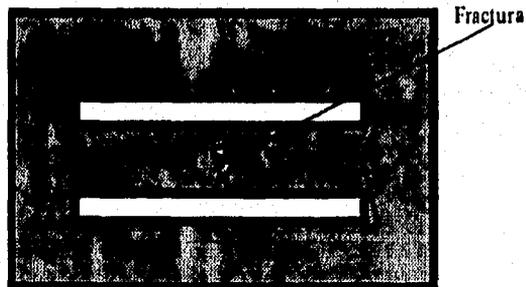


Fig. 2.1 Estructura fracturada en la parte central

Una forma de resolver este problema sería precalentando ciertas zonas del bastidor antes de soldar la rotura, observando que esta se abriría. Entonces se podría hacer la soldadura conforme se enfría el bastidor, cada parte se contraería en la misma proporción, esto demuestra que las fuerzas de dilatación y contracción no se pueden evitar, pero si se pueden controlar.

El concepto de la soldadura, se entiende por la unión de dos piezas de composición semejante, hecha de tal manera que el lugar de la unión constituye un todo sensiblemente homogéneo con las dos zonas laterales mas próximas.

También se define la soldadura como la unión localizada del metal producida por calentamiento y fusión apropiada con el uso de material de aporte (alambre, electrodo y fundente).

La soldadura por fusión, es un método por el cual se verifica pasando al estado líquido los lugares a soldar, en general sin presión y con o sin aportación de nuevos materiales.

En los procesos de soldadura de arco se emplea el calor creado por una corriente eléctrica para elevar la temperatura del metal base a la requerida para soldar. Se establece la corriente eléctrica entre el metal base y una varilla que sirve como electrodo, el cual se sujeta en un soporte especial (portaelectrodo) que el soldador sostiene en la mano. El calor requerido para fundir el metal base proviene del arco que se crea. (Ver fig. 2.2)

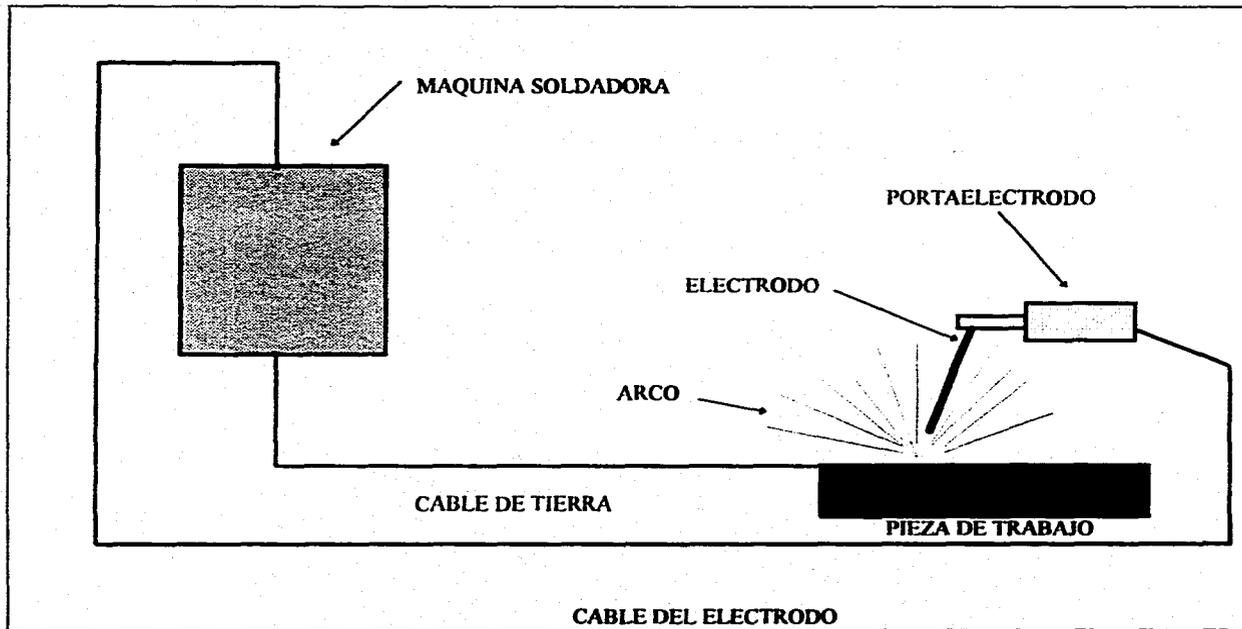


Fig. 2.2 Circuito básico de soldadura eléctrica por arco

II.1 DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS DE SOLDADURA

Para realizar trabajos de soldadura es necesario conocer algunos términos de soldadura:

1. **ACERO AL CARBÓN.-** La clasificación del acero al carbón es basada principalmente en el contenido de carbón.
2. **ACERO DE ALTO CARBÓN.-** Acero con el 0.45% de carbón o mas.
3. **ACERO DE BAJO CARBÓN.-** Acero con un contenido de 0.20% de carbón o menos. También se llama acero dulce.
4. **ESTRUCTURA.-** Es un conjunto de piezas cuyos componentes se unen por soldadura.
5. **PRECALENTAMIENTO.-** La aplicación del calor a la pieza antes de soldar o cortar.
6. **SIN TRATAMIENTO.-** La condición en que queda el metal de soldadura, las uniones soldadas y la estructura después de soldarse y antes de someterlas a ningún tratamiento térmico o mecánico.
7. **METAL DE APORTE.-** La porción de soldadura fundida durante la operación de soldar.
8. **ELECTRODO RECUBIERTO.-** Es un electrodo para soldadura eléctrica consistente en una varilla metálica con revestimiento relativamente grueso que protege el metal fundido de la atmósfera, mejora las propiedades del metal de soldadura y estabiliza el arco.

9. **POLARIDAD DIRECTA.- (-)** La disposición de las terminales de soldar de manera que la pieza que se va a trabajar tenga el polo positivo y el electrodo el polo negativo en el circuito del arco.
10. **POLARIDAD INVERTIDA.- (+)** La conexión de las terminales de soldar de manera que en un circuito del arco el trabajo es el polo negativo y el electrodo el polo positivo.
11. **PENETRACIÓN.-** Es la distancia entre la superficie del metal base y el punto de la junta donde termina la fusión.
12. **CRÁTER.-** Es una depresión en la terminación de una soldadura.
13. **CHARCO.-** La porción de soldadura fundida en el lugar que se aplica el calor.
14. **SOCAVADURA.-** Una ranura fundida en el metal base adyacente al pie de la soldadura y que no ha sido llenada por el metal de soldadura.
15. **SOLAPE.-** Es el amontonamiento del metal de soldadura mas allá de la línea del pie del cordón.
16. **SALPICADURAS.-** Son las partículas expedidas durante la operación de soldar en soldadura autógena y eléctrica.
17. **POROSIDAD.-** Bolsas de gas provocadas en soldadura por electrodos defectuosos, falta de limpieza del metal o incorrecta regulación de corriente de soldadura.
18. **INCLUSIONES DE ESCORIA.-** Materiales sólidos no metálicos atrapados en el metal de soldadura o entre el metal de soldadura y el metal base.

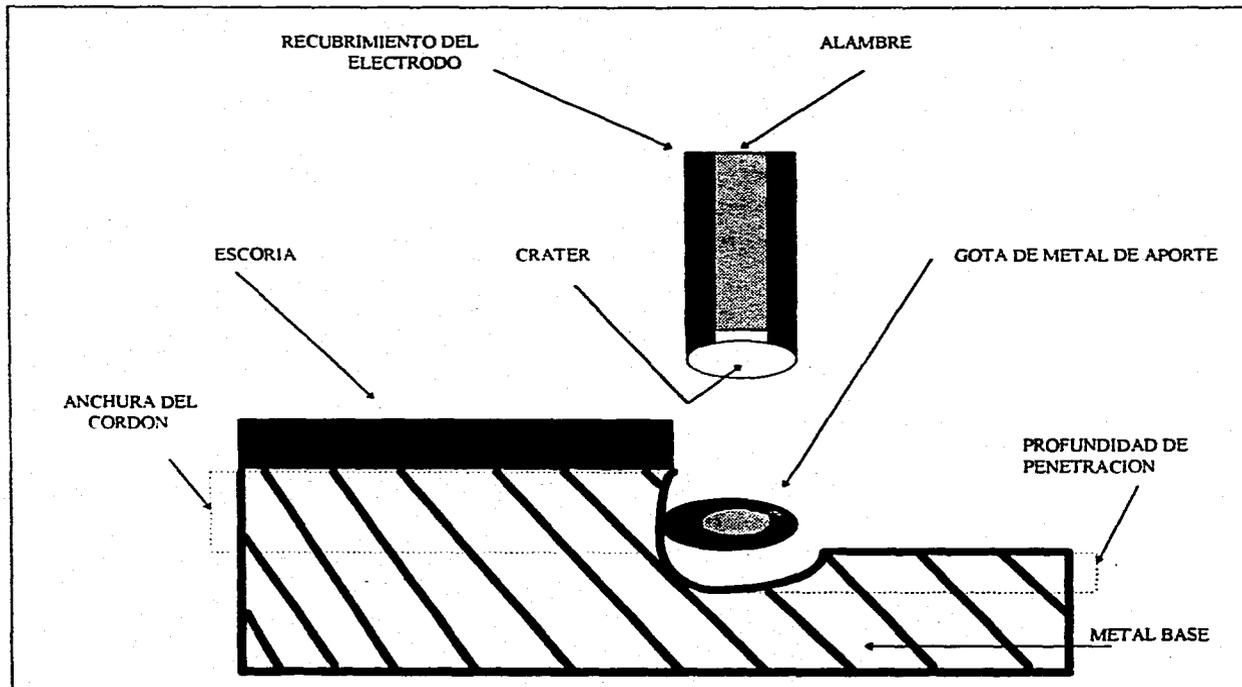


Fig. 2.3 Diagrama de términos de soldadura

11.2 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICA DE LOS METALES

El soldador deberá identificar el tipo general del metal utilizado para fabricar una pieza de máquina antes de comenzar a soldarla en un trabajo de reparación o de conservación. A menudo, se deberá identificar el metal rápidamente. Esto significa que el soldador deberá conocer uno o más métodos confiables que pueda usar instantáneamente con grado justo de exactitud.

a) Identificación del metal por la apariencia de la superficie

La apariencia de la superficie del metal mismo ayuda a clasificar el metal. Un soldador experto puede tomar una pieza de metal en sus manos y diagnosticar su clasificación. El metal que ha sido colado en un molde de arena tiene una superficie de apariencia áspera.

Las fundiciones tienen uno o más orificios de colada en los lados. En la superficie el orificio aparece estar roto o quebrado.

Las piezas para maquinaria que han sido forjadas a martinete tienen una superficie de apariencia áspera y escamosa. Por regla general, las piezas forjadas a martinete son de diseño sencillo.

b) Identificación del metal por el sonido

Al identificar el metal a menudo uno golpea un metal con un martillo para oír el sonido que emite. El puede decir por el sonido del metal el tipo de material utilizado en la fabricación de la pieza.

c) Identificación del metal por medio de ensayo de chispas

Para clasificar el metal desconocido se compara las chispas emitidas con las chispas de metal ya conocidas y establecidas como norma. Se puede utilizar un esmeril de piedra fina que dará resultados mas precisos

Las chispas se podrán observar con mayor facilidad en una luz difusa, no efectúe el ensayo a la luz del sol o en un cuarto oscuro. Si se producen las chispas contra un fondo oscuro, sería mas fácil distinguir las características de cada chispa.

La presencia de carbono en el metal causa que se produzca chorros repentinos de chispas; mientras mayor sea el contenido de carbono mas copiosos serán los chorros de chispas. (Fig. 2.4)

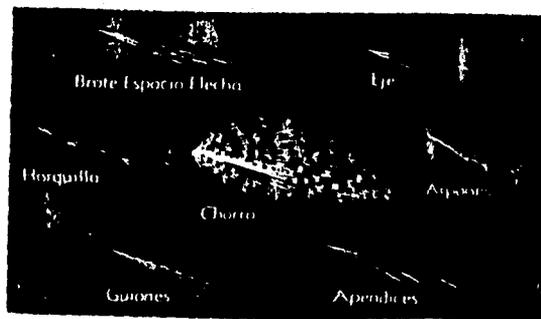


Fig. 2.4 Ilustración y términos usados en los ensayos de chispas.

d) Identificación del metal por medio de la fractura.

El examen del canto de la rajadura es uno de los primeros pasos que el soldador deberá efectuar. Al examinar la superficie rota se nota tales particulares como la naturaleza de la fractura, el tipo de textura o grano y el color de la textura.

La superficie de la fractura en un pedazo de fundición gris es de un color gris oscuro y al frotarla, la punta de los dedos se manchan de un color negro. La fundición blanca tiene una apariencia plateada y brillante.

Las fundiciones maleables son dúctiles y generalmente se doblan antes de romperse. Las fundiciones gris son frágiles y la fractura es bien definida y limpia.

La superficie rota del acero proporciona un patrón de textura definido. El color de la superficie es un gris plateado. El acero de bajo contenido de carbono es de un color gris brillante mientras que el de alto contenido de carbono es de un color gris claro.

CAPITULO III

HERRAMIENTA DE MANO Y PROTECCIÓN INDISPENSABLE

III.1 HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS

Las herramientas son aquellas que no intervienen directamente en la operación de soldar y por lo tanto no forman parte del equipo de soldadura usado pero son indispensables.

1. Martillo de bola. - Se clasifican de acuerdo a su peso y se usa básicamente para enderezar material y golpear al cincel en operaciones de corte y el punto de golpe.
2. Martillo de peña.- Se utiliza fundamentalmente para remachar y remover escoria muy dura.
3. Cinceles.- Se utilizan para cortar y en algunos casos para remover escoria en lugares de difícil acceso.
4. Limas.- En soldadura se utilizan para limpiar el metal base antes de soldarlo en uniones que requieren de buen contacto o en piezas delicadas de acabado fino, también pueden efectuarse preparaciones en los bordes del material base cuando se trata de piezas pequeñas. Las limas se clasifican por su forma, por su filo, por su longitud y por su picado.

III.2 ACCESORIOS Y EQUIPO DE SEGURIDAD

PANTALLAS DE PROTECCIÓN O CARETAS

Pueden ser cascos ajustables o caretas de mano, que protegen la cara del operario contra el calor y los rayos emitidos por el arco (ultravioleta e infrarrojos) siendo estos últimos los más perjudiciales para la piel y la vista del operador, (producen quemadas tipo solar) evitando también las salpicaduras del metal fundido, el protector cuyo número de sombra es 10 o 12 para el trabajo de soldaduras comunes; dicho filtro es recubierto por un vidrio claro desechable que se elimina cuando se satura de salpicaduras. También debe tomarse en cuenta que la pantalla protectora no presente ninguna grieta ya que por la separación del cristal estrellado se filtra la luz y puede provocar deslumbramiento en el operario.

La careta para soldar con arco está construida de material resistente al calor aislante de la corriente y de color oscuro, generalmente gris o negro. En la ventanilla deben colocarse tres cristales, dos de los cuales son dos claros y uno polarizado en medio de ellos. Existen dos tipos de caretas de volteo y de mano. (Fig. 3.1)

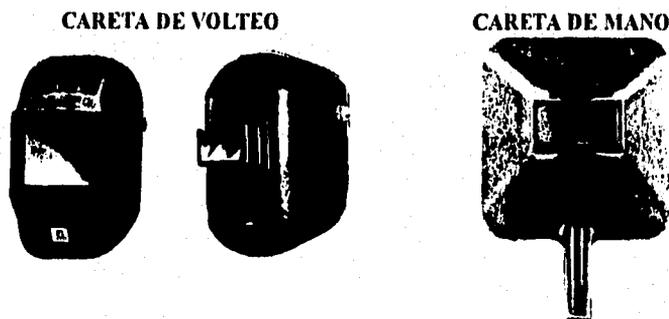


Fig. 3.1 Caretas para soldar con arco

Las caretas de volteo, tienen una banda ajustable de tal manera que se fijan a la cabeza y permite sostener la careta, mientras se suelda. Las caretas de mano son sostenidas por el soldador retirándolas fácilmente. (Fig. 3.2)



Fig. 3.2 Banda ajustable para cascos

En caso de que el soldador (o soldadores), este expuesto a peligro de caídas de objetos contundentes, como puede ser en construcción y reparación naval, construcción de edificios, construcción y reparación de refinerías, etc., la careta de soldar debe ser aditada al casco de seguridad. (Fig. 3.3)



Fig. 3.3 Casco de seguridad

En el supuesto caso que el soldador esté expuesto también a ruidos intensos, como pueden ser ruidos producidos por remachadoras neumáticas, marros, martillos, maquinas de combustión interna, etc., deberá usar el casco combinado con tapones contra ruido. (Fig. 3.4)



Fig. 3.4 Tapones contra ruido

En general debe cubrirse todo el cuerpo contra la luz del arco eléctrico, para lo cual se emplea ropa protectora de algodón muy gruesa, y para las manos y brazos se usan guantes y mangas de cuero o asbesto flexible.

GUANTES Y PECHERAS

Son de cuero curtido al cromo y sirven para proteger las manos y ropa contra el calor y salpicaduras del arco: Para soldaduras de posición deben usarse mangas de piel que deben ser flexibles y cómodas así como la cachucha (fig. 3.5)



Fig. 3.5 Guantes y pecheras para soldador

MARTILLOS Y CEPILLO

El martillo pica-cinzel y el cepillo de alambre se usan para limpiar el cordón de soldadura depositado así como quitar la herrumbre y cascarillas del metal base. (fig. 3.6)

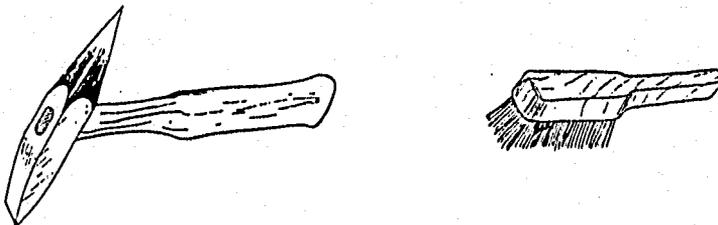


Fig. 3.6 Martillo y cepillo de alambre para escoria

PROTECCIÓN PARA LOS OJOS

Deben usarse para proteger los ojos del operario cuando este pica la escoria del cordón o esmerila las piezas ya sea preparándolas o ajustando las juntas y cuando limpia el metal con el cepillo de alambre. (Fig. 3.7)



Fig. 3.7 Anteojos, bogles y caretas

EXTRACTORES

La adopción de otros elementos de seguridad, que no forman parte del equipo normal del soldador (pero que son obligatorios en caso de que se requiera) lo podemos ver en la eliminación de humos tóxicos producidos durante el quemado del arco.

Existen varios tipos de extractores de diferentes capacidades de extracción, basados según las condiciones de trabajo y la cantidad de humo a extraer, de acuerdo a lo establecido por las leyes de medicina industrial. (fig. 3.8)

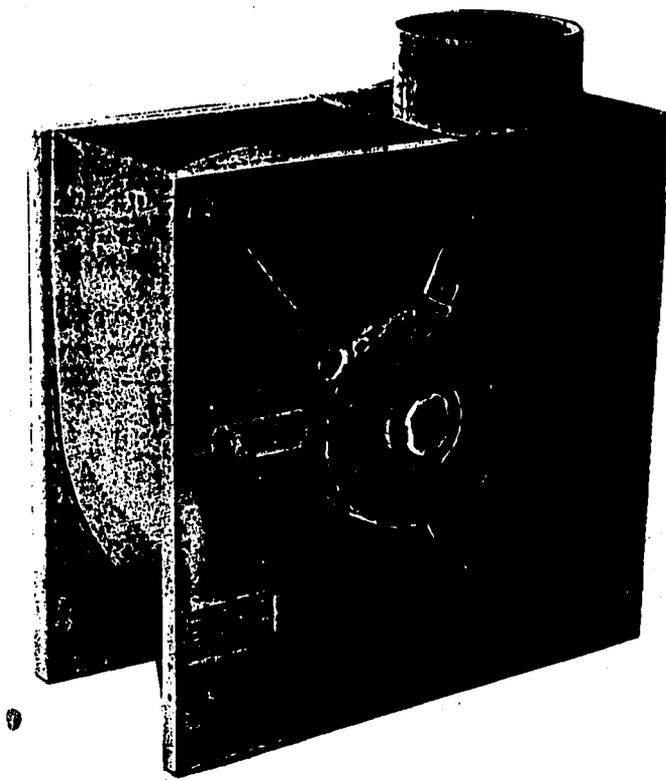


Fig. 3.8 Extractor de humos tóxicos

CAPITULO IV

MAQUINAS DE SOLDAR

Para poder soldar con electricidad, se necesita una maquina que controle la intensidad de la electricidad y que aumente o disminuya la potencia según se requiera y que sea segura para manejarla.

En el proceso de soldadura con el arco eléctrico no es posible el uso directo de la corriente alterna de red (o de fuerza) para formar el arco de soldar si la corriente es de alto voltaje y bajo amperaje.

En tal caso se emplearan maquinas construidas para que se alimenten con alto voltaje y bajo amperaje y por medio de esta fuerza se genera (generadores) o se transforma (transformadores) un tipo de corriente llamada simplemente "corriente de soldadura" con características opuestas a la corriente de red o sea con alto amperaje y bajo voltaje.

LAS MÁQUINAS DE SOLDAR PUEDEN SER:

- a) Convertidor (generador de corriente continua)
- b) Transformador (transformador de corriente alterna)
- c) Transformador (con rectificadores de selenio o silicio (corriente continua))

IV.1 GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA

En un generador de corriente continua la corriente se genera por la rotación de una armadura dentro de un campo eléctrico. Esta corriente alterna generada la capta una serie de escobillas de carbón y un conmutador o colector, convirtiéndola en corriente continua.

Un generador de corriente continua esta compuesto de un motor trifásico de accionamiento alimentado con corriente alterna de red (220 o 240 volts), un generador de corriente continua, un excitador, (todos acoplados en le mismo eje) y un equipo de control. (Fig 4.1)

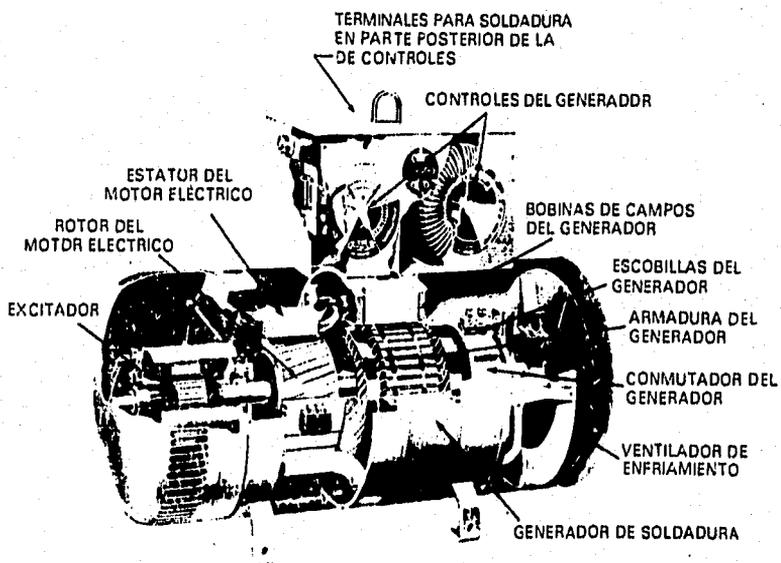


Fig. 4.1 Generador típico de corriente continua

COMPONENTES QUE LA FORMAN

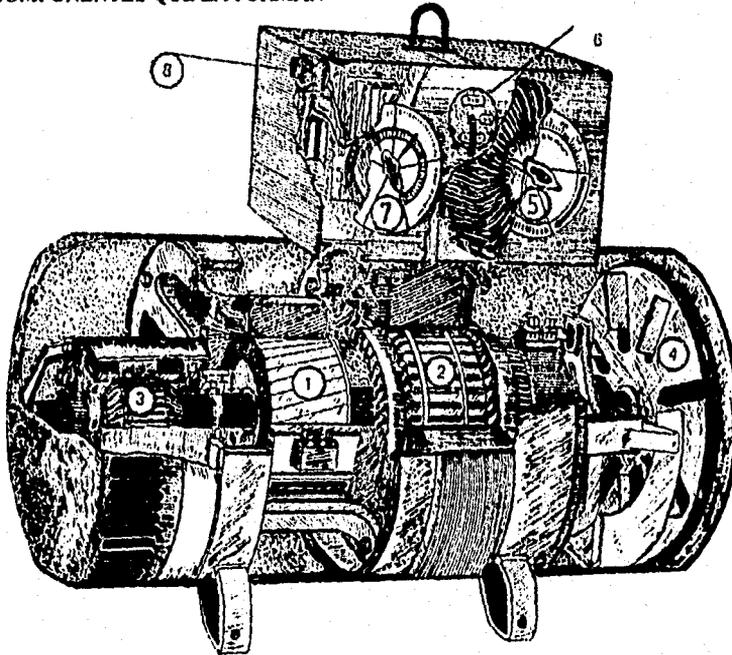


Fig. 4.2 Partes de un generador de corriente continua

- 1. Motor eléctrico trifásico de accionamiento.**
- 2. Generador de corriente continua.**
- 3. Excitador.**
- 4. Ventilador.**

Todos los componentes mencionados están acoplados en el mismo árbol, y todo el conjunto mecánico está encerrado en una carcaza que en la parte opuesta del ventilador tiene una serie de aberturas o ventanillas para la regeneración y expulsión del aire caliente.

En la parte superior de la carcaza está colocada una caja que contiene el equipo de control.

5. Selector de trabajo para la regulación de la intensidad de la corriente de soldadura (amperaje)

6. Selector de polaridad (positiva, negativo, neutra)

7. Selector de trabajo (voltaje) con las características especiales de regulación según las posiciones de trabajo.

8. Switch de arranque y paro.

Después de haber conectado la máquina a la corriente de red se cierra el circuito de alimentación que va al motor eléctrico que por medio del impulso de la corriente, lo acciona y lo hace girar. Con el girar el generador de corriente continua y el excitador que están el mismo eje. La corriente de soldadura se toma del colector a través de escobillas.

Las máquinas que generan corriente continua están sometidas a la producción del soplo del arco. El arco de soldadura es mas estable que el de corriente alterna.

IV.2 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE ALTERNA

Las máquinas de corriente alterna (c.a.) se les llama también transformadores, transformando la corriente de la línea de alimentación (que es de alto voltaje y de bajo amperaje) en una corriente útil y segura para soldar, transformándola en bajo voltaje y alto amperaje. Efectuándose con un sistema de bobinas siendo un primario y un secundario, con un reactor móvil. En este tipo de máquinas encontramos que la mayor parte de sus piezas son fijas, presentando ciertas ventajas en su mantenimiento, dado que este es mínimo.

Los transformadores de corriente de soldadura (C.A.) están formados de un núcleo de hierro, un devanado de entrada (devanado primario), un devanado de salida (devanado secundario) y un sistema de ajuste a la corriente de soldadura. Los devanados están completamente aislados.

Estas máquinas son las más sencillas de todas, las más baratas y las más ahorrativas. Sus necesidades de mantenimiento son casi nulas, las pérdidas en vacío reducidas y el efecto de soplo del arco muy pequeño.

En soldadura la corriente alterna es más peligrosa que la corriente continua y por ese motivo en el campo de la construcción tiene sus limitaciones por que no en todos los sitios se pueden emplear, sobre todo en lugares cerrados o espacios reducidos.

El principio base de los transformadores, es el uso de la corriente alterna de red (de mayor voltaje y menor amperaje) que se debe convertir, o mejor dicho transformar el menor voltaje y mayor amperaje.

La relación entre la cantidad de espiras en los devanados primario y secundario determina las tensiones; es decir, con mayor número de espiras o vueltas en el devanado primario y menor en el secundario, menor será el voltaje y mayor el amperaje de salida. (Fig. 4.3)

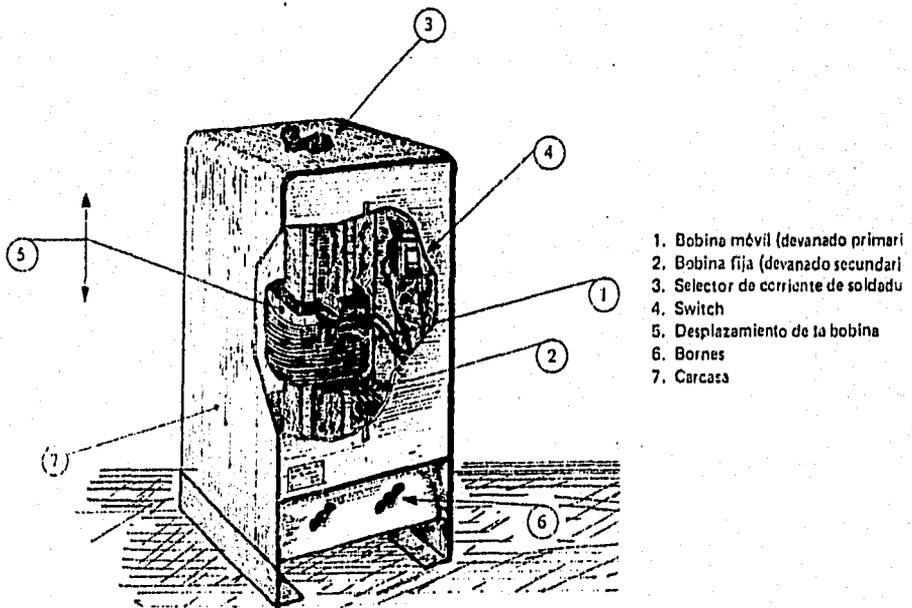


Fig. 4.3 Transformador de corriente alterna.

IV.3 TRANSFORMADOR CON RECTIFICADOR DE CORRIENTE

Básicamente, este tipo de máquinas son transformadores de corriente alterna, a las que se les ha agregado un rectificador. Esto es la corriente alterna suministrada por el transformador se envía al rectificador, que la cambia a corriente continua, se puede seleccionar por medio de perillas varios tipos de corriente según se requiera haciendo a este tipo de máquinas más versátiles por esta cualidad. (fig. 4.4)

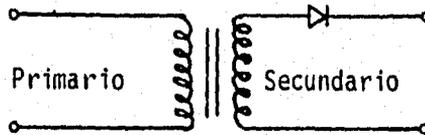


Fig. 4.4 Símbolo del transformador con rectificador

Este tipo de máquinas ya tiene definida la curva de voltaje a diferencia de los generadores en donde es posible cambiar este factor. (fig. 4.5)

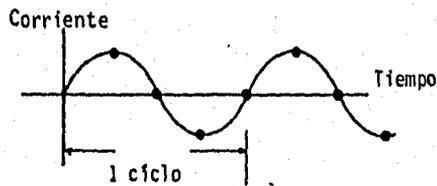


Fig. 4.5 Gráfica de corriente alterna

Lo que diferencia a un rectificador de un transformador de corriente alterna es el ventilador de refrigeración y uno o mas diodos rectificadores de silicio (según las maquinas). (fig. 4.6)

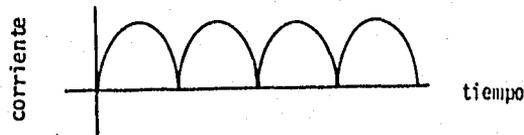


Fig. 4.6 Gráfica de corriente rectificadada

Todo esta conformado en el interior de una carcasa de lamina delgada en forma de caja donde están colocados el elemento de control de la corriente de soldadura, el switch y los fusibles.

Las máquinas de soldar con rectificadores de corriente de soldadura se pueden considerar el resultado de un estudio de costos por ser económicas.

CAPITULO V

MEDIOS Y NORMAS DE SEGURIDAD

Después de conocer los tipos de máquinas de soldar, su funcionamiento y las características de cada una, conviene saber también algunas normas importantes antes de poder realizar la puesta en marcha de una máquina de soldar, y otras tantas no menos importantes de mantenimiento.

Un buen soldador debe conocer perfectamente el equipo de soldadura eléctrica que está a su cargo. Lo primero que debe hacer un soldador que está por poner en marcha una máquina soldadora es leer e interpretar correctamente las normas que están explicadas en la carcasa de la máquina de soldar. Así podrá saber si la máquina es adecuada para el trabajo que se va a ejecutar; es decir que si el tipo de trabajo es pesado y la soldadura es continua se requiere la aplicación de electrodos de diámetro grueso, no puede usar una máquina de 200 amps. porque la máquina trabajaría por arriba de su potencia y se podría quemar; además, la intensidad de la corriente al arco puede no ser suficiente o adecuada al diámetro del electrodo. Las normas antes mencionadas están impresas en una tabla de características y al leerlas se pueden saber todas las características operativas de la máquina: voltajes, amperajes, ciclo de trabajo, fases, etc. (Tabla 5.1)

CORRIENTE NOMINAL 29 VOLTS 20% CICLO DE TRABAJO	GAMA DE CORRIENTE (AMP)	VOLTAJE MAXIMO DE CIRCUITO ABIERTO (VOLTS)	CONSUMO DE AMPERES A PLENA CARGA 1 FASE 60 HZ				PESO EN KILOGRAMOS	
			127V	220V	KW	KVA	NETO	EMB.
225 AMPERES	30 A 230	80	100	58	8.3	13	42	45

Tabla 5.1 Tabla de características

Una vez leído el potencial en amperes y el rango mínimo y máximo de soldadura ya se puede saber si la máquina soldadora es la adecuada para el tipo de trabajo que se va a ejecutar. De esta manera el soldador sabe lo suficiente para poder hacer su trabajo con la máxima seguridad y garantía de calidad.

Después de identificar el equipo y verificar sus conexiones se puede poner en marcha. Dicha operación debe efectuarse cuidadosamente. Los terminales de los cables deben estar bien firmes (bien apretados). Los cables de trabajo no deben estar enrollados arriba o alrededor de la máquina soldadora durante el trabajo porque pueden provocar efectos desfavorables en los campos magnéticos de la máquina. En el piso tampoco es aconsejable enrollar los cables porque en esta forma se crea una bobina y al centro de ella se forma un campo magnético que provoca una inestabilidad del arco de soldadura.

(Fig. 5.2)

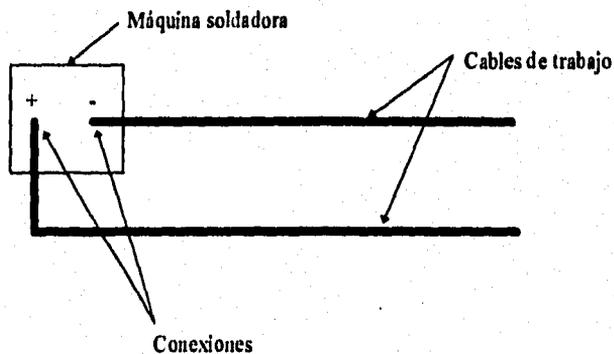


Fig. 5.2 Posición correcta de cables de trabajo

Ahora ya se tiene el equipo listo para la puesta en marcha. No hay que olvidar que solo aplicando siempre los debidos conocimientos de la puesta en marcha del equipo de soldadura y dándole su relativo mantenimiento se pueden evitar daños a la empresa y evitar accidentes que se puedan pagar con la vida propia o de los demás.

También puede provocar un accidente la falta de mantenimiento. El soldador convive en las horas de trabajo con su equipo, él es el mejor técnico de su máquina, sabe descubrir una anomalía por medio de un ruido, un zumbido, un calentamiento excesivo una reducción de potencia.

V.1 NORMAS DE SEGURIDAD

Protección del equipo

Para proteger el equipo correctamente pueden aplicarse las recomendaciones siguientes:

- 1.- Instalar el equipo de acuerdo a las indicaciones de operación.
- 2.- Trabajar a una distancia mínimo de 2 metros del equipo, para evitar que se deteriore por el chisporroteo de la soldadura o por caídas de materiales sobre la máquina.
- 3.- Coloque la máquina en una superficie sólida y seca para evitar que se caiga o absorba humedad.
- 4.- Evitar colocar objetos sobre las máquinas o utilizarlas como bancos.
- 5.- Retirar cualquier objeto metálico que se encuentre sobre la máquina y evitar usarla como almacén.
- 6.- No efectuar cambios de ninguna especie en la máquina cuando este conectada y mucho menos cuando este establecido el arco.

Protección personal

- 1.- Usar lentes apropiados en la careta mientras esta soldando; así se protegen los ojos de los rayos peligrosos del arco eléctrico.

- 2.- Al picar la escoria alejar la cara y usar gafas protectoras.
- 3.- Usar guantes de cuero o asbesto y proteger la ropa con delantal, mangas, etc. Para evitar los rayos del arco y las chispas, abotonar el cuello de la camisa.
- 4.- En la zona de trabajo poner una cortina de protección para los rayos del arco a fin de proteger a otras personas que puedan estar trabajando cerca.
- 5.- No soldar recipientes como tambores o barriles que hallan contenido material inflamable sin haber averiguado que no hay peligro de fuego o explosión.
- 6.- Antes de iniciar la operación de soldadura asegurarse de que halla ventilación adecuada en la zona donde se trabaje. Tomar las debidas precauciones cuando se suelde con plomo, zinc, cobre o cadmio, ya que este tipo de materiales despiden gases mas tóxicos.
- 7.- Utilice siempre ropa resistente al fuego.
- 8.- Utilice ropa de color oscuro, pues la de color claro reflejará el arco.
- 9.- Informe de inmediato si sufre deslumbramiento.
- 10.- El equipo se debe mantener en perfectas condiciones.
- 11.- Antes de iniciar la operación de soldadura verificar que todas las conexiones eléctricas estén apretadas.
- 12.- Usar cables de soldadura del calibre adecuado.
- 13.- Asegurarse de que los cables portaelectrodos y las conexiones estén debidamente aisladas.

- 14.- **Desconectar la corriente de red antes de limpiar y hacer ajustes internos de la maquina de soldar.**
- 15.- **No cambiar nunca la polaridad mientras la máquina este trabajando.**
- 16.- **Observar las precauciones de operación normales para evitar riesgos eléctricos.**
- 17.- **Mantener el área de trabajo limpia y seca.**
- 18.- **Retirar los materiales inflamables que se encuentren en el área de trabajo antes de iniciar cualquier operación.**
- 19.- **No soldar cerca de gases o líquidos volátiles o inflamables.**
- 20.- **No producir un arco eléctrico en cilindros de gases comprimidos.**
- 21.- **No haga funcionar una máquina de soldar movida por un motor de combustión interna gasolina o diesel sin antes comprobar que halla suficiente ventilación y descarga de los gases del escape.**
- 22.- **Ponga los cabos de los electrodos en un recipiente metálico separado; no los tire al suelo.**
- 23.- **No sobrecargue los cables.**
- 24.- **No haga conexiones a tierra en ninguna tubería.**
- 25.- **Compruebe que la pieza del banco de trabajo o ambos estén bien conectador a tierra.**
- 26.- **No deje el electrodo en el portaelectrodo.**
- 27.- **Apague la maquina cuando no este en uso.**

CAPITULO VI

AMPERAJE, VOLTAJE Y VELOCIDAD DE AVANCE

Para soldar se emplean dos fenómenos de la energía eléctrica, los cuales son: La resistencia eléctrica y el arco eléctrico.

Estos dos fenómenos o características de la corriente eléctrica nos proporcionan temperatura suficiente para calcular los metales y poder efectuar soldaduras.

La resistencia eléctrica es la oposición que presenta un material a el paso de corriente eléctrica y la corriente eléctrica es el paso o flujo de cargas eléctricas a través de un material conductor. Las cargas eléctricas elementales son los electrones. A la cantidad de electrones en movimiento le llamaremos amperaje. (Fig. 6.1)

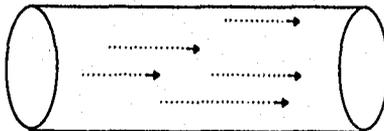


Fig. 6.1 Corriente eléctrica

Para que exista corriente eléctrica, es necesario aplicar una fuerza a los electrones para que se muevan, a esta fuerza la llamaremos fuerza electro motriz.

a) **Electrones e iones.** En condiciones normales, el aire y otros gases son no conductores, y hasta mas o menos buenos aislantes para la corriente eléctrica. Desintegrando las moléculas en iones, lo que puede conseguirse además de por otros medios posibles, mediante el choque de los iones, puede hacerse que los gases sean capaces de conducir electricidad. Por electrones se entienden pequeñas partículas eléctricas iguales entre sí que pueden ser consideradas como portadores de la electricidad. La fuerza que une el electrón con el átomo difiere según los distintos materiales, siendo mayor en los materiales eléctricos aislantes y menor en los conductores en los que la circulación de electricidad se efectúa mas fácilmente.

b) **Formación del arco voltaico.** Aplicando una tensión en determinadas condiciones se puede generar una corriente electrónica que, debido especialmente a la ionización por choque cumple las condiciones necesarias para la ionización de la columna de gas existente entre los electrodos o entre el electrodo y la pieza de trabajo, ya que según la teoría de los iones, las moléculas neutras de gas están sometidas a la descomposición en iones de gas. De aquí que este gas ionizado constituya el verdadero camino por el que se efectúa la marcha o migración de la electricidad. En el interior de la columna gaseosa, los electrones avanzan con enorme velocidad hacia el polo positivo. La columna de gas adquiere en ese momento una media luminosidad y emite una intensa radiación que produce el arco eléctrico o voltaico. El choque de los electrones con el polo positivo produce una energía cinética que se transforma en calor. (Fig. 6.2)

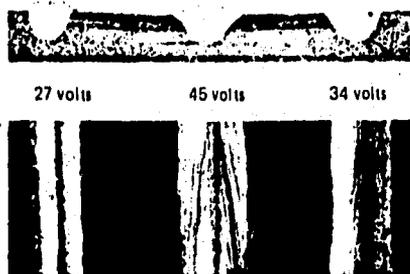


Fig 6.2 Efecto del voltaje en soldadura. Al incrementar el voltaje aumenta el grosor del cordón

Para el encendido del arco voltaico es necesario un breve contacto entre la punta del electrodo y la pieza de trabajo como contrapolo, con lo que se produce una gran intensidad de corriente que tiene como consecuencia directa una alta producción de calor en este lugar por elevación de la resistencia conductora.

c) **Característica del arco eléctrico.** A cada valor de intensidad de la corriente del arco eléctrico pertenece una determinada tensión en función de su longitud. La relación entre estos dos valores eléctricos produce la característica eléctrica del arco. Por esta razón una representación gráfica que reproduce las relaciones mutuas entre la intensidad de la corriente y la tensión se denomina curva característica. (Fig. 6.3)

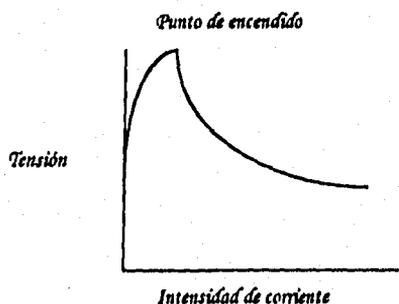


Fig. 6.3 Gráfica de la corriente

Para el encendido del arco se necesita una tensión considerablemente mayor que para su conservación ya que al principio solo puede fluir una intensidad de corriente muy pequeña. La tensión máxima o de encendido es mayor que 75 volts y se llama cúspide de encendido. Cuando el arco está encendido la diferencia de tensión medida en él disminuye rápidamente, mientras que la intensidad de la corriente, que debe ser limitada en las fuentes de la corriente de soldar por medio de resistencias u otras medidas adecuadas aumenta también rápidamente. Por ese motivo se dice que el arco tiene una característica descendente.

La caída de tensión del ánodo al cátodo se mantiene durante la soldadura entre 16 y 25 volts en electrodos desnudos y 22 a 30 volts en electrodos recubiertos.

d) Arco de corriente alterna. Los fenómenos de un arco alimentado con corriente alterna son mucho mas complicados que en el arco con corriente continua, debido a que en la corriente alterna no existe un polo determinado, ya que los electrodos o el electrodo y la pieza de trabajo cambian su polaridad normalmente según la frecuencia. Con estos cambios entre el ánodo y el cátodo se produce también frecuentemente la inversión del choque de electrones e iones por lo que ambos polos tienen la misma temperatura.

e) Características estáticas y dinámicas. El cambio rápido de intensidad de corriente y tensión, al que no pueden seguir inmediatamente ni la temperatura de la columna de gas ni de los electrodos, produce efectos tardíos que en otros fenómenos, el magnetismo, por ejemplo se conocen con el nombre de histéresis (trabajo elástico residual).

La observación de estos fenómenos es posible ante todo, determinando el curso temporal de la corriente y la tensión, es decir midiendo sus valores instantáneos. Las rápidas variaciones de intensidad y tensión son registradas con auxilio de un oscilógrafo. (Fig. 6.4)

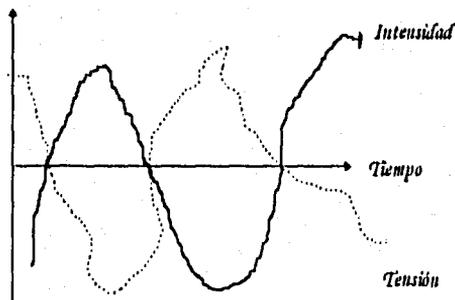


Fig. 6.4 Variaciones de la corriente y el voltaje

Se ve que tanto la intensidad de la corriente como su tensión pasan de un valor máximo positivo, a través de 0 hasta alcanzar un valor máximo negativo y viceversa. El registro de estas relaciones en variaciones rápidas en breves espacios de tiempo caracteriza el curso dinámico de la corriente y la tensión en función del tiempo.

Para facilitar el encendido y conservación del arco de corriente alterna como en el de corriente continua, deben emplearse tensiones de marcha en vacío superiores a 100 volts, lo cual significa un peligro para el operario, principalmente cuando se trata de corriente alterna.

f) **Superposición de alta frecuencia.** Otro medio para conservar pequeña la tensión de marcha en vacío y facilitar el encendido y estabilización del arco consiste en superponer corriente de alta frecuencia en el arco. Se trata aquí de corrientes de alta frecuencia a alta tensión y de una cantidad extraordinaria de oscilaciones.

Esa sobreposición con corrientes de alta frecuencia permite encender el arco sin establecer el menor contacto entre el electrodo y la pieza de trabajo y además mantener una constante ionización del arco.

VII CORRIENTE APROPIADA

En soldadura el amperaje se elegirá con base en el tipo de junta, espesor del material base, posición de la junta soldar y diámetro del electrodo. Normalmente para el ajuste del amperaje se consideran tantos amperes como milésimas de pulgada tenga el diámetro del electrodo.

Ejemplo: Para un electrodo de 1/8 de diámetro (3.2 milímetros) se pueden utilizar 125 amperes.
(Ver tabla 6.6)

De acuerdo con el tipo de trabajo se elevará o disminuirá el amperaje de estos valores (amperaje mas bajo para piezas livianas y amperaje mas alto para piezas de trabajo mas pesadas); Igual regla para las posiciones de soldadura, la posición vertical necesitará menor intensidad que la posición plaua. La corriente es el elemento que tiene mayor influencia en el proceso de soldadura porque va determinando la medida de fusión y permite regular la penetración del depósito según la intensidad aplicada. El uso de exceso de amperaje provoca mucha penetración o deformación del material a soldar y el uso de bajo amperaje produce falta de penetración e incompleta fusión. (Fig. 6.5)

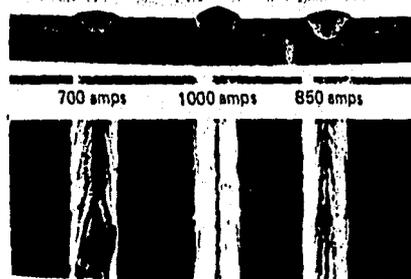


Fig. 6.5 Efecto de los niveles de corriente en soldadura. La penetración y la fusión unitaria crecen con el aumento de la corriente

TAMAÑO Y AMPERAJE DE ELECTRODOS

ESPESOR DEL METAL		TAMAÑO DEL ELECTRODO		AMPERAJE
MILÍMETROS	CALIBRE O PULGADAS	MILÍMETROS	CALIBRE O PULGADAS	
1.3	18	1.6	1/16	50-80
1.6	16	2.5	3/32	50-80
1.9	14	3.2	1/8	90-135
2.7	12	3.2	1/8	90-135
3.4	10	4	5/32	120-175
4.8	3/16	4	5/32	120-175
6.4	1/4	4	5/32	120-175
7.9	5/16	5	3/16	200-275
12.7	1/2	6	1/4	250-350
19	3/4	6	1/4	250-350
25.4	1	6	1/4	325-400

Tabla 6.6 Referencia del amperaje adecuado

VI.2 VELOCIDAD DE AVANCE CORRECTA

Cuando en soldadura se utiliza una velocidad excesiva, el baño no tiene el tiempo necesario para formar una fusión homogénea con el material base, dando lugar a una falta de fusión y también se impide que los gases e impurezas se disuelvan quedándose aprisionados al enfriarse; el cordón toma una forma muy estrecha con bordes puntiagudos. Si se usa una velocidad muy lenta, el cordón quedará abultado y con ribetes rectos. (Fig. 6.7)

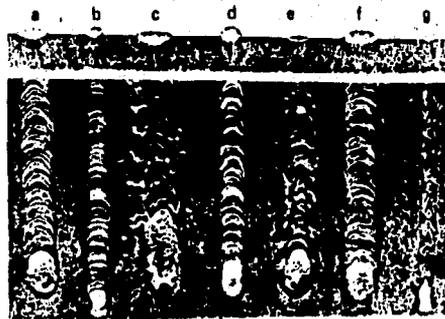


Fig. 6.7 Efectos de las variables de la soldadura en las características de los cordones:

- a Corriente, velocidad de recorrido y longitud del arco apropiados.
- b Corriente muy baja
- c Corriente muy alta
- d Longitud del arco corto
- e Longitud del arco largo
- f Velocidad de avance lenta
- g Velocidad de avance rápida

Normalmente conviene avanzar a la misma velocidad de manera que el cordón tenga el doble de ancho que el diámetro del electrodo. De esta manera un electrodo de 3 mm de diámetro deberá dejar un cordón de 6 mm de ancho. Naturalmente dichas condiciones pueden variar según las necesidades o posiciones de la soldadura.

El amperaje esta relacionado con la velocidad de avance de la soldadura y por supuesto del diámetro del electrodo. La velocidad de avance es el ajuste del ancho del cordón y límite de penetración sin embargo todo esta relacionado con al intensidad.

CAPITULO VII

POLARIDADES

Cuando trabajamos con un generador o un transformador rectificador, tendremos polaridad ya sea directa o invertida (polaridad negativa o polaridad positiva).

En los principios básicos de electricidad vimos que la electricidad tiene un solo sentido fijo y determinado siendo de negativo a positivo la dirección de la corriente, en esto nos basaremos para saber en determinado momento en que polaridad se encuentra nuestra maquina soldadora.

Obviamente que los electrodos se funden con cualquiera de ellas pero necesitamos saber si le estamos sacando el optimo provecho al electrodo, los electrodos han sido diseñados para trabajar con determinada polaridad.

Cuando utilizamos un electrodo con polaridad directa, un 70% de calor se acumula en la pieza y el 30% en el electrodo y viceversa cuando se utiliza polaridad invertida. Siendo esto un efecto del diseño de los electrodos para obtener determinado resultado al se aplicado

Cuando se establece el arco eléctrico son dos los tipos de polaridades que podemos obtener y estas las encontramos en la corriente directa o continua y son las siguientes:

Polaridad directa o NEGATIVO (-) y polaridad invertida o POSITIVO (+)

VII.1 POLARIDAD DIRECTA O NEGATIVA (-)

Se llama polaridad directa o (-) cuando los electrones viajan del electrodo hacia la pieza y se logra cuando se conecta el cable portaelectrodo al polo negativo del generador y el cable de la pieza al positivo, ya que la corriente de electrones, cuando se trata de corriente continua, viaja siempre del polo negativo al polo positivo. (Fig. 7.1)

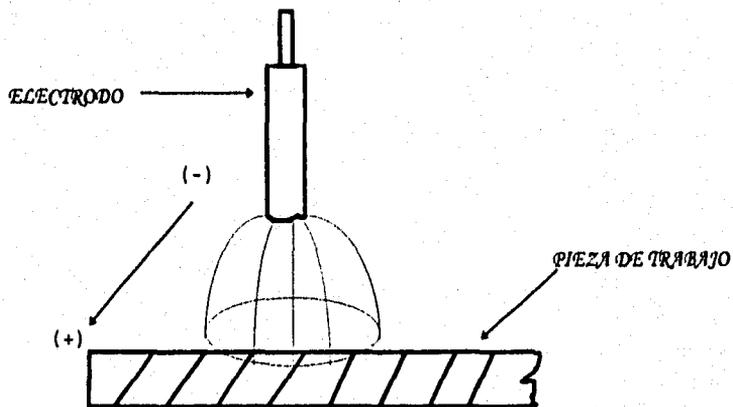


Fig. 7.1 Polaridad directa o negativa.

La característica fundamental de la corriente directa es que forma un arco bastante extendido que produce una baja penetración ya que tiene que extenderse en una área bastante ancha. La máxima aplicación de la corriente (-) la tenemos en soldaduras donde no es importante una penetración, como en las soldaduras de materiales delgados y en revestimientos duros donde lo que generalmente se necesita es una capa de depósito más duro que el material base.

Al tener poca fusión y poca penetración, hay poca dilución del material de aporte y por lo tanto mejores características de depósito.

La característica de la polaridad NEGATIVA es que forma un arco bastante extendido que produce una baja penetración.

VII.2 POLARIDAD INVERTIDA O POSITIVA (+)

En el caso de la corriente invertida (+) se conecta el cable portaelectrodo al polo positivo de la máquina y el cable de la pieza al negativo, de esta forma la polaridad toma la característica especial de concentrar el calor en el punto de aplicación produciendo una fusión considerable del metal base y por lo tanto una gran penetración. Esta polaridad es llamada por los soldadores "polaridad normal" siendo ella la más común y la más utilizada en soldaduras de aceros estructurales y en soldadura de piezas donde no es necesario hacer el biselado dada la profundidad de penetración de la polaridad negativa. (Fig. 7.2)

También es particularmente usada en el relleno de revestimientos duros.

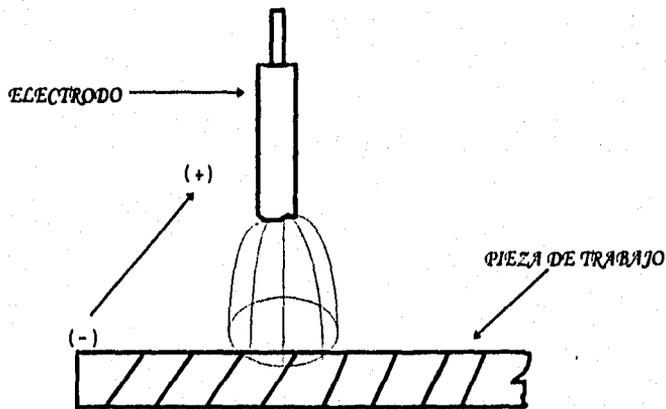


Fig. 7.2 Polaridad invertida o positiva

Con la polaridad invertida se consigue una concentración del calor en el punto de aplicación que produce una buena fusión del metal base y una gran penetración.

VII.3 POLARIDAD INTERMEDIA

En soldadura lo ideal sería tener una polaridad intermedia que haga cordones medianos en cuanto a penetración y altura y esta se obtiene con la corriente alterna ya que cambia constantemente de polaridad.

Lo que diferencia a la corriente alterna de la corriente directa o continua es que con la última podemos obtener dos polaridades distintas con la posibilidad de escoger la más adecuada al tipo de trabajo y electrodo a usar, mientras que en la corriente alterna las polaridades en el arco se invierten y hace imposible la obtención de una polaridad, y por lo tanto difícil de establecer el arco si el electrodo no es un recubrimiento especial adaptado para el uso con transformador. Sin embargo el electrodo de uso con transformador puede ser usado también con corriente directa. Las ventajas de polaridad invertida las podemos obtener en soldadura de piezas exenta del soplo del arco porque a diferencia de la corriente continua no forma campos magnéticos en la pieza. (Fig. 7.3)

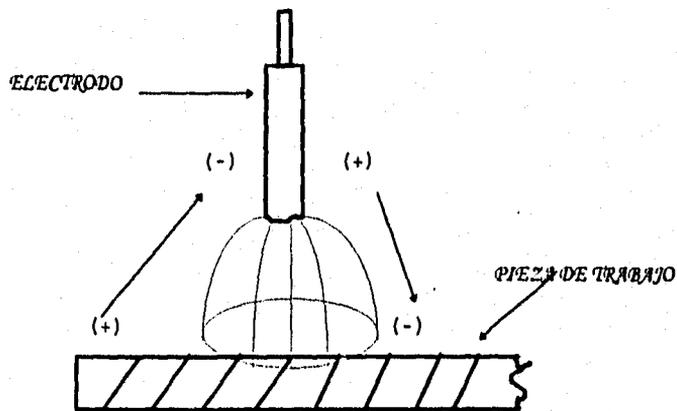


Fig. 7.3 Polaridad intermedia

**EFEECTO DE LA CORRIENTE
EN LA SOLDADURA
ELECTRODO REVESTIDO**

ENERGIA	TIPO DE CORRIENTE	POLARIDAD			EFECTO DE CORDON		
		TIPO	SIGNIFICADO	CONEXIÓN	PENETRACIÓN	ALTURA	ANCHO
ELECTRICA	CORRIENTE DIRECTA	POLARIDAD DIRECTA	ELECTRODO NEGATIVO	(-) ELECTRODO (+) TRABAJO	BAJA	BAJA	ANCHO
		POLARIDAD INVERTIDA	ELECTRODO POSITIVO	(-) TRABAJO (+) ELECTRODO	ALTA	ALTA	DELGADO
	CORRIENTE ALTERNA	NO HAY POLARIDAD			MEDIANA	MEDIANA	MEDIANO

Tabla 7.4 Polaridades

CAPITULO VIII

ELECTRODOS

Los requerimientos de un trabajo son siempre la base para la selección correcta de los electrodos, tales requerimientos son los que deben ser analizados cuidadosamente tomando en cuenta las características que tendrán relevancia para obtener los mejores resultados como serian: Soldaduras eficientes, acabado, eficiencia en el servicio, etc.

Debemos considerar al mismo tiempo la variedad de procesos conocidos y el equipo disponible ya que la mayoría de los metales conocidos son soldables por uno o mas procesos.

Los requerimientos a los que nos referimos son:

- 1.- ¿Cuales son las propiedades del metal base?
- 2.- ¿Cual es el espesor y forma del metal base?
- 3.- Diseño y ajuste de la unión. Los electrodos de alta penetración son requeridos cuando la junta es cerrada y sin biselar, los electrodos de media o baja penetración son requeridos cuando la junta esta abierta y biselada.
- 4.- Posición de la soldadura. Las soldaduras mas económicas, en orden decreciente, son las fabricadas para aplicarse en: posición plana, horizontal, vertical y sobrecabeza (que es la mas económica). Algunos electrodos pueden utilizarse en toda posición, pero otros solamente en ciertas posiciones.
- 5.- Especificaciones y condiciones de servicio. Determinan el uso de un electrodo para un trabajo específico. Para otra aplicación s deben considerar las condiciones de servicio que se requieran de la soldadura.

Fig 8.1 Características de los electrodos:

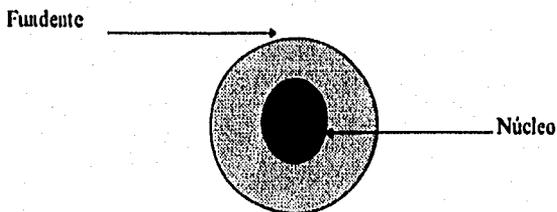


Tabla 8.2 y 8.3 Longitudes y diámetros de electrodos en pulgadas y milímetros

LONGITUD DEL ELECTRODO

PULGADAS	9	12	14	18	28	36
MM	225	300	350	450	700	1000

DIAMETRO DEL ELECTRODO

PULGADAS	1/16	5/64	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	5/16
MM	1.6	2	2.5	3.2	4	5	6	8

El núcleo tiene como finalidad conducir la energía eléctrica al arco y suministrar el metal de relleno o aporte adecuado.

El recubrimiento reduce al mínimo la contaminación con el aire atmosférico, porque produce una protección.

El recubrimiento tiene varias funciones :

- 1.- Reducir al mínimo la contaminación del metal de soldadura con el oxígeno y el nitrógeno atmosférico
- 2.- Compensar las pérdidas de ciertos elementos durante la transferencia del metal a través del arco, porque el recubrimiento incluye aleaciones.
- 3.- Concentrar el arco en una zona específica porque forma una taza o copa en la punta del electrodo, que se debe a la fusión más lenta del recubrimiento.

Características de la escoria

- 1.- Tener un punto de fusión más bajo que el del metal que se suelda. De lo contrario hay el peligro de que la escoria se solidifique antes que el metal de aporte depositado.
- 2.- Tener una densidad, en su estado fundido, que sea menor que la del metal de soldadura, para que pueda flotar en la superficie.

- 3.- Debe tener suficiente viscosidad para que no fluya sobre una superficie muy grande. Sirve para evitar la contaminación del metal de la soldadura con el aire atmosférico.
- 4.- No debe contener elementos que produzcan reacciones indeseables con el metal de soldadura.
- 5.- Se dilata pero en forma distinta a la del metal de soldadura para que se pueda desprender de este cuando este frío.
- 6.- Tener una tensión de superficie que impida la formación de glóbulos grandes.

Características del fundente

En términos generales, el fundente de los electrodos-soldaduras de clasificación AWS (american welding society), está fabricado a base de celulosa y otros ingredientes.

Básicamente la diferencia entre estos electrodos está en la penetración y el tipo de corriente con que se deben usar. Entre mayor sea el contenido de celulosa en un fundente, mayor será la penetración.

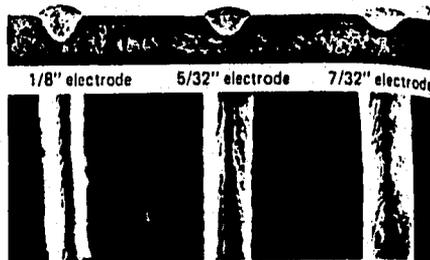


Fig. 8.4 Efecto del tamaño del electrodo en las características de la soldadura con la corriente y el voltaje constantes. Al aumentar el diámetro del electrodo se incrementa el cordón pero la penetración y el depósito decrecen.

Clasificación de los electrodos

La numeración de los electrodos según la clasificación AWS tiene que ver directamente con sus características de aplicación, tipo de corriente con que se deben usar, así como el tipo de depósito.

Ejemplo:

AWS 6010

60: Significa un mínimo de resistencia de 43,60 a 53,50 kg./cm² (60.00 Lbs/plg²)

1: Significa la posibilidad de aplicación

0: Significa alta penetración y polaridad invertida

SIGNIFICADO DEL PENÚLTIMO NUMERO

1: Toda posición

2: Posición plana y horizontal

3: Sólo soldable en posición plana

SIGNIFICADO DEL ÚLTIMO NÚMERO

- 0: Alta penetración: Para soldar únicamente con c.c. en corriente invertida.**
- 1: Alta penetración: Para soldar en c.a. - c.c. Polaridad invertida .**
- 2: Mediana penetración: Para soldar en c.a. y c.c. Polaridad directa y polaridad invertida.**
- 3: Ligera penetración: Acabado terso para aplicarse con c.a. - c.c. directa o invertida.**
- 4: Penetración mediana: Polaridad directa o invertida.**
- 5: Bajo hidrógeno y potasio: Para soldar en c.c. Polaridad invertida.**
- 6: Bajo hidrógeno y potasio: Para soldar en c.a. - c.c. Polaridad invertida**
- 7: Bajo hidrógeno y polvo de hierro: Para soldar con c.c. polaridad invertida o con c.a.**
- 8: Bajo hidrógeno y polvo de hierro: Para soldar con c.c. polaridad invertida o con c.a.**

VIII.1 FUNCIONES PRINCIPALES DEL REVESTIMIENTO DEL ELECTRODO EN SOLDADURA

- 1.- Actúa como limpiador y desoxidante del material base durante la soldadura
- 2.- Actúa como estabilizador del arco eléctrico y disminuye el chisporroteo.
- 3.- Influye directamente en la penetración del cordón de soldadura.
- 4.- Rompe las tensiones superficiales de las gotas del metal de aporte, permitiendo que estas se amalgamen homogéneamente con el material base.
- 5.- Forma una capa de escoria que protege el cordón de soldadura caliente de la oxidación.
- 6.- Evita el rápido enfriamiento del cordón de soldadura gracias a la protección de la capa de escoria.
- 7.- Permite por medio de elementos adicionales, obtener un cordón de soldadura con características especiales.
- 8.- Influye en la cantidad de aportación del material de soldadura.

CAPITULO IX

SÍMBOLO E INTERPRETACIÓN DE LAS UNIONES

IX.1 SÍMBOLOS DE SOLDADURA

Se ha establecido un sistema de símbolos que permiten identificar plenamente las operaciones de soldadura en el mismo plano de fabricación, sin necesidad de anotar con palabras los detalles de la unión.

Las uniones a soldar se suelen presentar en los planos por medio de símbolos. El objetivo de los símbolos es proporcionar en la forma más clara y correcta, la localización de la soldadura, especificación del proceso, tipo de soldadura, dimensión del cordón y otras indicaciones más.

Para evitar errores o malas interpretaciones de la simbología en los planos, los proyectistas se apegan a normas y especificaciones estándar, fijadas por las casas clasificadoras.

Es conveniente recapacitar sobre los detalles que determinan la unión soldada para que quede bien establecido la utilidad de los símbolos:

- a) El tipo de preparación que se le hace al metal base y a las dimensiones de cada una de sus partes.
- b) En que lugar esta aplicada cada soldadura
- c) El acabado de la soldadura
- d) Longitud de cada soldadura
- e) Dimensiones de la sección transversal de la soldadura.

1.- La completa información de una soldadura es dada siempre por una línea de referencia. (Fig. 9.1)

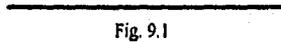


Fig. 9.1

Es necesario indicar las partes con soldadura y las partes sin soldar así como la longitud (Fig. 9.2)

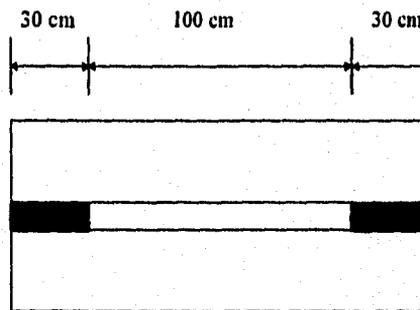


Fig. 9.2 Longitud de la soldadura

LONGITUD DE LA SOLDADURA.- En ocasiones no se suelda toda la longitud de la junta, por lo tanto es necesario indicar la longitud de la parte soldada.

LONGITUD DE INTERMITENCIA.- Esta longitud está ligada a la anterior, o sea cuando se suelda un tramo y otro se deja sin soldar a la distancia que hay entre centros de la soldadura se le llama longitud de intermitencia.

(Ver fig. 9.3)

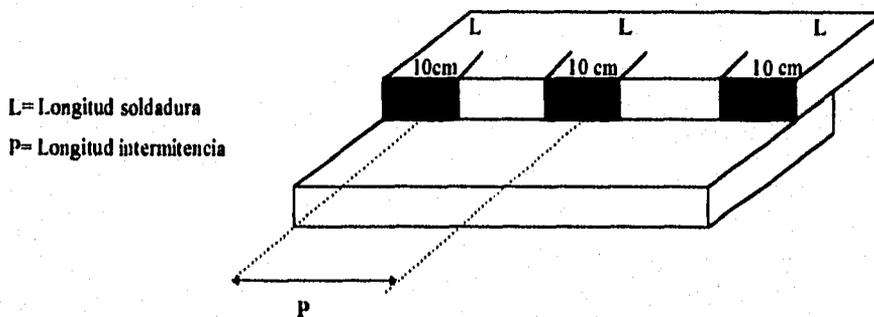


Fig. 9.3 Longitud e intermitencia

2.- La línea de referencia es complementada en la parte delantera de una flecha, que indica la localización de la soldadura, y por la parte trasera, las especificaciones del proceso, y otras referencias.

Esta línea solo se usa para colocar en ella los símbolos de las soldaduras. Si el símbolo esta en el lado de arriba de esta línea quiere decir que la soldadura se aplicará en el lado opuesto al que señala directamente la flecha, y si el símbolo esta debajo de esta línea significa que la soldadura se efectuará del lado señalado por la flecha. (Fig. 9.4)

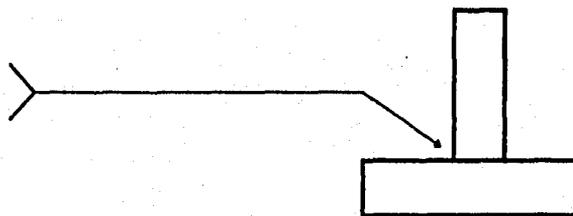


Fig. 9.4 Localización de la soldadura

FLECHA.- Sirve para señalar el sitio de aplicación de la soldadura, puede estar en cualquier lado de la línea de referencia, y estar dirigida hacia arriba o hacia abajo sin que indique nada referente a la soldadura. (Fig. 9.5)

Si la flecha está quebrada apuntando a un lado tendrá preparación previa a la soldadura.

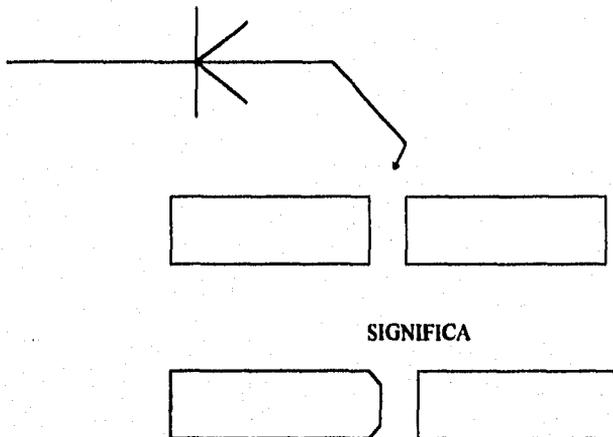


Fig. 9.5 Preparación previa a la soldadura

3.- En el centro de la línea de referencia se pone el símbolo que indica el tipo de soldadura y otras informaciones de la unión. La especificación de la dimensión del cordón de soldadura, se marca en la parte izquierda del símbolo. (Fig. 9.6)

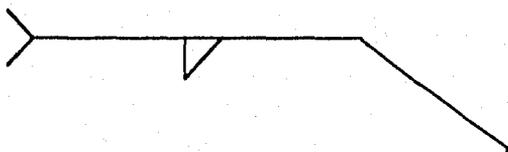


Fig. 9.6 Símbolo que indica el tipo de soldadura

4.- Los símbolos suplementarios proporcionan otras informaciones extras para completar el trabajo.
(Fig. 9.7)

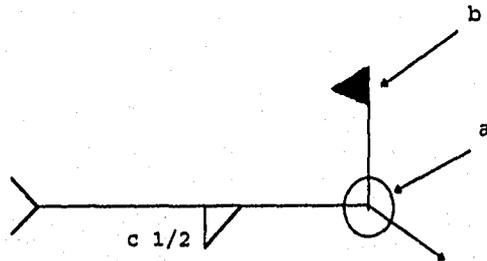


Fig. 9.7 Símbolos suplementarios

- a) Indica que la soldadura debe extenderse por completo en la unión.
- b) Indica que la unión no deberá soldarse en taller, mas bien en campo.
- c) Cordón por un solo lado.

5.- Otra información puede ser también, como indica la figura, la distancia entre centros, y longitud del cordón. (Fig. 9.8)

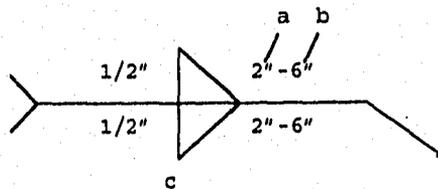
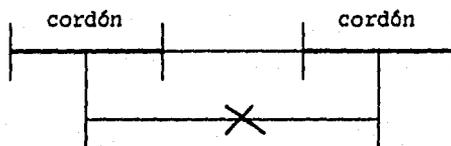


Fig. 9.8 Dimensiones entre cordones

- a) Longitud del cordón.
- b) Distancia entre centros (de los cordones). ejemplo:



c) Longitud del cateto.

Fig. 9.9 Espacio entre cordones

7.- La flecha aplicada en la línea de referencia, puede indicar en cualquier posición, según la posición de la unión. (Fig. 9.10)

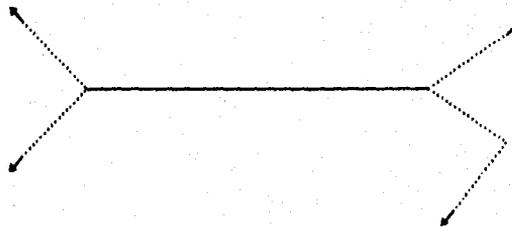
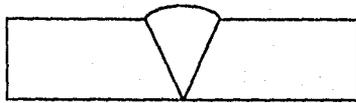


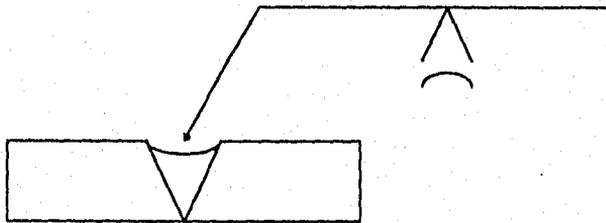
Fig. 9.10 Posiciones

ACABADO.- Nos indica como debe quedar la superficie de la soldadura, puede indicar esmerilado o maquinado.

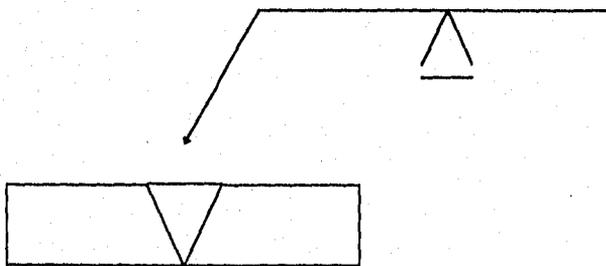
CONTORNO.- Indica la forma de la superficie de la soldadura, si es a ras será una línea, si es reforzada, el cordón quedará sobre saliendo de la superficie del metal y se indicará con una curva convexa, si es aligerada la soldadura, o sea que queda ligeramente abajo de la superficie del metal se indicará con una curva cóncava.



REFORZADA



ALIGERADA



A RAS

Fig. 9.11 Formas de superficie de soldadura

LUZ DE RAÍZ.- Indica la separación que hay que dejar entre las placas colocadas a tope. (Fig. 9.12)

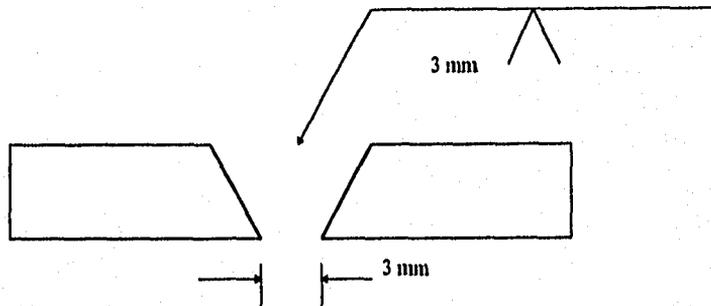


Fig. 9.12 Distancia entre placas

COLA.- Esta parte se usa para hacer anotaciones extras, como son el tipo de electrodo, el tipo de procedimiento, o cualquier anotación adicional indispensable. Si no hay nada que anotar la cola puede omitirse.

SOLDAR EN OBRA.- Si en el punto de unión de la línea de referencia y la flecha se coloca un punto grueso, quiere decir que esa soldadura debe efectuarse en la obra, o sea en el campo o fuera del taller. Si se omite lógicamente la soldadura se efectuará en el taller.

SOLDAR TODO ALREDEDOR.- Si al rededor del punto de unión de la flecha y la línea de referencia se coloca un pequeño círculo, indicará que la soldadura deberá aplicarse a todo lo largo de la junta por todos los lados.

NUMERO DE PUNTOS DE SOLDADURA.- Se refiere a la cantidad de puntos de soldadura por resistencia eléctrica que deben colocarse sobre las piezas traslapadas.

IX.2 APLICACIÓN DE LOS SÍMBOLOS DE SOLDADURA EN UNIONES DE ÁNGULO.

Unión en "T"

Es una unión entre dos miembros localizados aproximadamente a ángulo recto entre si en la forma de una "T"

INDICACIÓN

RESULTADO

Fig. 9.13 Aplicación de la soldadura solamente del lado izquierdo

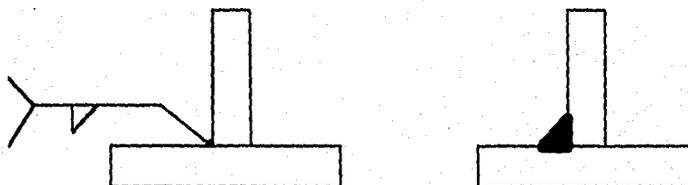


Fig. 9.14 Aplicación de la soldadura únicamente del lado derecho

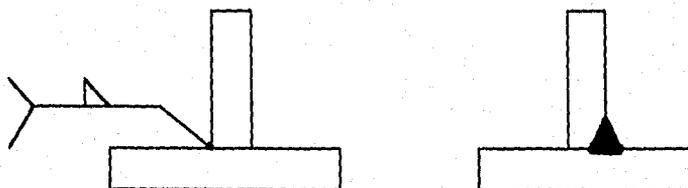
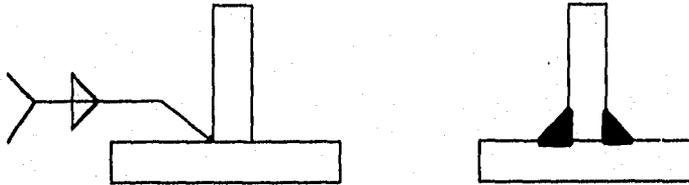


Fig. 9.15 Aplicación de la soldadura por ambos lados.



Unión en esquina o rincón

Una unión entre dos miembros localizados aproximadamente en ángulo recto entre sí.

Fig. 9.16 Aplicación de la soldadura en el interior.



Unión a traslape

Una unión entre dos miembros que se traslapan en planos paralelos

Fig. 9.17 Aplicación de la soldadura por el chaflán superior.

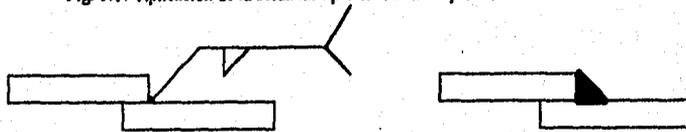
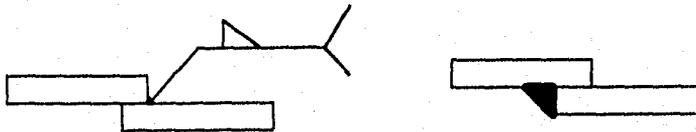
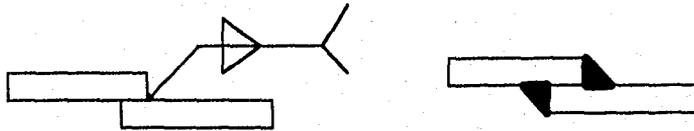


Fig. 9.18 Aplicación de la soldadura por el lado inferior del chaflán.



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Fig. 9.19 Aplicación doble de soldadura en placas traslapadas

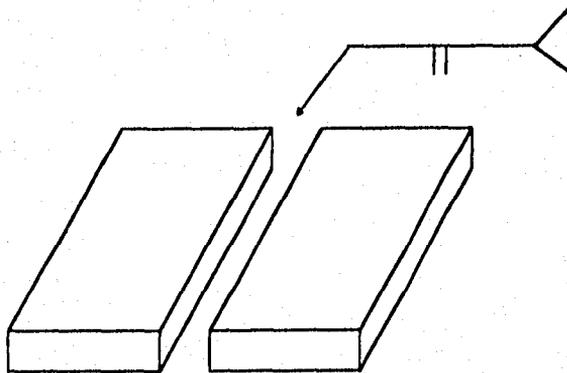


IX.3 APLICACIÓN DE LOS SÍMBOLOS DE ALGUNOS TIPOS DE JUNTA A TOPE

Unión a tope

Una unión entre dos miembros alineados aproximadamente en el mismo plano.

Fig. 9.20 Efectuar la soldadura en las placas colocadas a tope, sin preparación suelde por el lado de arriba únicamente.



La soldadura debe quedar

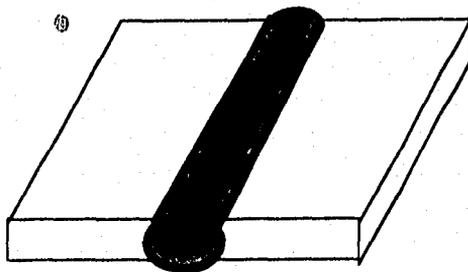
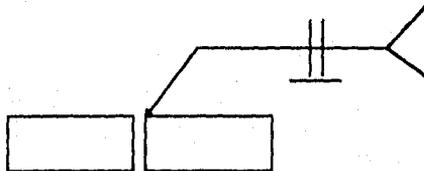


Fig. 9.21 Efectuar la soldadura en placas colocadas a tope, sin preparación, suelde por ambos lados, la soldadura del lado de arriba debe quedar a ras.

Símbolo usado:



La soldadura debe quedar:

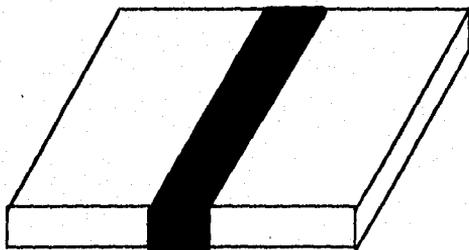
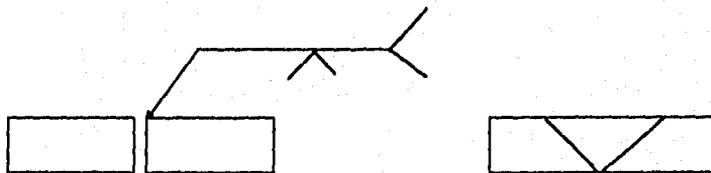


Fig. 9.22 Efectuar la soldadura en placas colocadas a tope, con preparación en "V", en la parte superior.



La preparación debe quedar

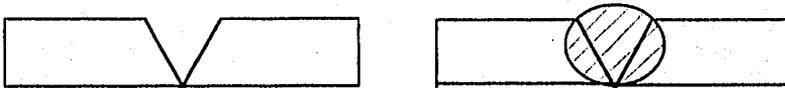


Fig. 9.23 Preparación de una de las placas con bisel por ambos lados.

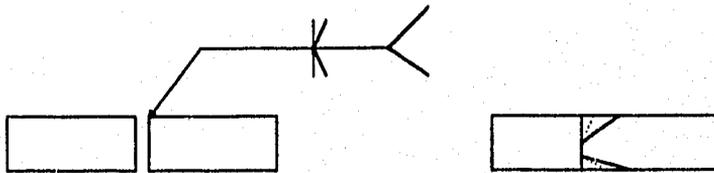
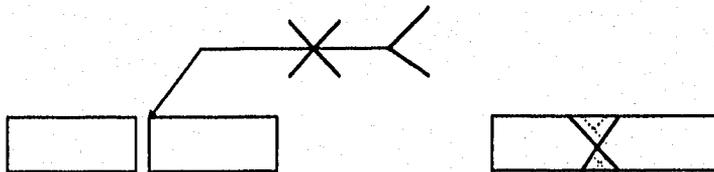
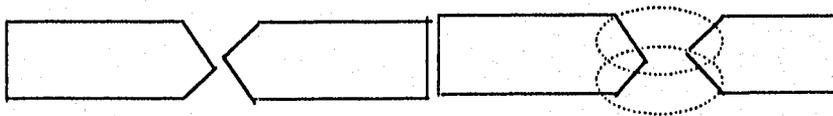


Fig. 9.24 Efectuar la soldadura en placas colocadas a tope con preparación en doble "V"



El metal base debe quedar:

soldadura debe quedar:



CONCLUSIÓN

El estudio que se ha realizado desde los primeros intentos de uniones fijas y que se ha venido modificando hasta alcanzar la unión fija por medio de soldadura por arco metálico nos hace concluir y recopilar las normas para poder guiar al operario en la correcta aplicación de la soldadura, la precaución que se debe tener al soldar y la manera en como se pueden corregir algunos defectos haciendo de su conocimiento los tipos de maquinas con las que puede trabajar y la forma de controlar el punto de fusión del metal a través del amperaje y la velocidad de avance, utilizando la polaridad correcta y el electrodo adecuado al tipo de metal, aplicando la soldadura en los lugares indicados por los planos de diseño y llevando fase por fase hasta alcanzar una optima calidad en la soldadura.

Puesto que la selección y especificación general de los procedimientos aparecen como un factor trascendente tratándolo de mostrar en forma simple a manera de cumplir con los requisitos que las normas establecidas exigen.

Siendo la soldadura en la actualidad un método universalmente aceptado para unir metales de modo permanente se considera una industria madura pero en desarrollo a nivel mundial. Gracias a una serie de perfeccionamientos, la soldadura por arco se hace cada día mas útil.

En la soldadura eléctrica con arco existen algunos defectos que podemos corregir fácilmente: Cuando se aplica poco calor (falta de corriente) o la velocidad de avance es muy rápida provoca una fusión deficiente, si el metal no se limpia adecuadamente o el arco creado es muy corto se produce porosidad entre la superficie del metal base y el punto donde termina la fusión, también la mala preparación de los bordes, el ángulo incorrecto del electrodo o la utilización de un electrodo de medida incorrecta hacen que la penetración sea insuficiente, cuando utilizamos una corriente muy alta se origina un defecto llamado socavado que es una ranura fundida en el metal base que no se ha llenado por el metal de soldadura.

BIBLIOGRAFÍA

ELECTROSOLDADURA

REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERÍA, S.A.
A. RUIZ MIJARES
95 PAG.

SOLDADURA

MC. GRAW HILL
JAMES A. PENDER
145 PAG.

TRATADO GENERAL DE SOLDADURA

EDICIONES G. GILI, S.A.
TOMO I Y II
P. SCHIMPILE H. A. HORN
340 PAG.

SOLDADURA ELÉCTRICA MANUAL

LIMUSA, NORIEGA.
MASSIMO VIADRIMIRO PIREDDA CARAI
135 PAG.

MANUAL DE SOLDADURA ELÉCTRICA

GRUPO NORIEGA EDITORES
CIENCIA Y TÉCNICA
TOMO I, II, III Y IV
MASSIMO VIADRMIRO PIREDDA CARAI
1100 PAG

BASIC TIG & MIG.

DELMAR PUBLISHERS INC.
WELDING GTAW & GMAW
CHARLES W. BRIGGS
180 PAG

SOLDEO ELECTRICO POR RESISTENCIA

EDITORIAL DOSSAT, S.A.
JEAN NEGRE
230 PAG.

MANUAL DE SOLDADURA MODERNA

DE. PRENTICE HALL
SEGUNDA EDICIÓN
HOWARD B. CARY
TOMO I, II Y II.
840 PAG

SOLDADURA INDIRECTA DE METALES

EDITORIAL MIR MOSCU

A. NANKA

METASSOB

377 PAG

ELECTRODOS Y ALEACIONES C Y S

DE. IMPRESORA BRAVO

COMPRESORAS Y SOLDADORAS S.A.

156 PAG.

TECNOLOGIA APLICADA EN LA CAPACITACIÓN DE SOLDADURA

EDITOR DE LIBROS TECNICOS

MOISES MERCADO LEÓN

HECTOR PACHECO

340 PAG

INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN

FOLLETO

AGA

103 PAG

SOLDADURA ENSA

FOLLETO

94 PAG.

ELECTRODOS

ELECTRODOS INFRA

FOLLETO

51 PAG.

THE PROCEDURE HANDBOOK OF ARC WELDING

THE LINCOLN ELECTRIC COMPANY

LINCOLN ELECTRIC

890 PAG.