

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

ESTRUCTURAS SOLDADAS,
PROCEDIMIENTOS Y ALIDAD

Tesis presentada a la Junta
Directiva de la
Facultad de Ingeniería

POR

CESAR ENRIQUE HERNANDEZ DE LEON

Al conferirsele el título de

INGENIERO CIVIL

Guatemala, octubre de 1,996

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08
T (3796)
c.4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la
Universidad de San Carlos de Guatemala,
presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado

ESTRUCTURAS SOLDADAS,
PROCEDIMIENTO Y CALIDAD

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la
Escuela de Ingeniería Civil



CÉSAR ENRIQUE HERNÁNDEZ DE LEÓN

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL PRIMERO:	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO:	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO:	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO:	Br. Fernando Waldemar De León Contreras
VOCAL QUINTO:	Br. Pedro Ignacio Escalante Pastor
SECRETARIO:	Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL
EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO:	Ing. Hugo Quan Ma
EXAMINADOR:	Ing. Guillermo Chang Valladares
EXAMINADOR:	Ing. Milton Zepeda Nuila
EXAMINADOR:	Ing. Oscar Armando Martínez Amaya
SECRETARIO:	Ing. José Luis Eduardo Terrón Calderón

Guatemala, 15 de Noviembre de 1995

Ing. Ricardo Ibarra,
Jefe del Departamento de Estructuras,
Escuela de Ingeniería Civil,
Facultad de Ingeniería,
Universidad de San Carlos de Guatemala.

Ingeniero Ibarra.

Tengo el gusto de informarle que he revisado el trabajo de tesis titulado ESTRUCTURAS SOLDADAS, PROCEDIMIENTOS Y CALIDAD, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil CESAR ENRIQUE HERNANDEZ DE LEON, para el que fui nombrado asesor.

Considero que su contenido llena los requisitos correspondientes al tema asignado, razón por la cual lo apruebo.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,

Ing. Edgar Díaz García
Asesor

ING. EDGAR ANTONIO DIAZ G.
INGENIERO CIVIL
COLEGIADO: 881

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, septiembre 19 de 1996

Ingeniero

Jack Douglas Ibarra,
Director de la Escuela
de Ingeniería Civil,
Facultad de Ingeniería,
U S A C.


Señor Director

Por medio de la presente informo a usted, que he revisado el trabajo de tesis titulado **ESTRUCTURAS SOLDADAS, PROCEDIMIENTOS Y CALIDAD**", elaborado por el estudiante universitario César Enrique Hernández de León, y asesorado por el Ingeniero Edgar Díaz García.

Habiendo determinado que dicho trabajo cumple con lo establecido, y que será de mucha utilidad para estudiantes y profesionales de la Ingeniería Civil, el suscrito le da su aprobación.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,


Ing. Ricardo A. Ibarra M.
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERIA

Cursos de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
Avanzada de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Edgar Díaz García, y Jefe del Departamento de Estructuras Ing. Ricardo Augusto Ibarra M. al trabajo de tesis del estudiante César Enrique Hernández de León, titulado "ESTRUCTURAS SOLDADAS, PROCEDIMIENTOS Y CALIDAD", da por este medio su aprobación a dicha tesis.


Ing. ~~Jack Douglas Ibarra Solórzano~~



Guatemala, octubre 1, 1996.

JDIS/isa.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano, al trabajo de tesis **ESTRUCTURAS SOLDADAS, PROCEDIMIENTOS Y CALIDAD**, del estudiante César Enrique Hernández De León

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck

DECANO



Guatemala, octubre de 1,996

/isa.

RECONOCIMIENTO

A la Facultad de Ingenieria
de la Universidad de San Carlos de Guatemala

que siempre me brindó su apoyo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a DIOS,
por ser la fuente de toda sabiduría.

Agradezco profundamente la ayuda que me
brindó el Ingeniero EDGAR DIAZ GARCIA, en
el asesoramiento de este trabajo de tesis.

ACTO QUE DEDICO A:

MIS PADRES:

Julio Enrique Hernández Godoy
María Luisa De León de Hernández

MI ESPOSA:

Haydée Yanet Cordon de Hernández

MIS HIJOS:

Walter Enrique Hernández Cordon
Ingrid Haydée Hernández Cordon

MIS FAMILIARES Y AMIGOS

INDICE

	Pag.
GLOSARIO	i
INTRODUCCION	iv
OBJETIVOS	v
CAPITULO I	
CONTROL Y CALIDAD DE LOS ACEROS, PRUEBAS FISICAS	1
1.1 Tensión	1
1.2 Limite elástico	1
1.3 Limite de proporcionalidad	2
1.4 Porcentaje de alargamiento	4
1.5 Maleabilidad y dureza	6
1.6 Impacto	8
CAPITULO II	
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA EN ACEROS	9
2.1 Arco eléctrico	9
2.1.1 Soldadura manual	12
2.1.2 Soldadura automática	14
2.1.3 Diferentes tipos de soldadura por arco eléctrico	15
2.2 Soldadura oxiacetilena	21
CAPITULO III	
SIMBOLOS DE SOLDADURA, ELECTRODOS	26
3.1 Identificación de electrodos	36
3.2 Equipos de soldar	42
CAPITULO IV	
TECNICA DEL SOLDADO	47
4.1 Cuidados requeridos para efectuar soldaduras de buena calidad	47
4.2 Encendido del electrodo	49
4.3 Técnica de soldadura manual en diferentes posiciones	52
CAPITULO V	
CONTROL DE CALIDAD DE LAS SOLDADURAS	61
5.1 Control antes de efectuar la soldadura	61
5.2 Control durante el proceso de soldado	61
5.3 Control después de ejecutado el trabajo	62
5.4 Defectos de las soldaduras	76
CONCLUSIONES	vi
RECOMENDACIONES	vii
BIBLIOGRAFIA	viii

INDICE DE GRAFICAS, FIGURAS Y TABLAS

Pag.

CAPITULO No. I

FIGURA No. 1	GRAFICA: Esfuerzo-Deformación, detalle límite elástico	1
FIGURA No. 2	GRAFICA: Esfuerzo-Deformación, materiales no acusan límite elástico	2
	Probetas para ensayo, porcentaje de alargamiento	4
	Probetas para ensayo de tensión	5
FIGURA No. 4	Probeta de ensayo de doblado y su colocación	6
	Escalas más empleadas para cálculo de dureza en Método Rockwell	6
	Escalas para determinar la dureza superficial en piezas delgadas de acero	7

CAPITULO No. II

FIGURA No. 1	Circuito de soldadura.	9
FIGURA No. 2	Detalle núcleo del arco	10
FIGURA No. 3	Detalle cráter del arco	10
FIGURA No. 4	Procedimiento del soldeo por arco fundente	17
FIGURA No. 6	Soldeo por puntos	18
FIGURA No. 7	Soldeo por puntos con los 2 polos del mismo lado	19
FIGURA No. 8	Soldeo por puntos con electrodos que sean rodillos	19
FIGURA No. 9	Soldeo de tope por resistencia	20
FIGURA No. 10	Soldeo a tope por chisporroteo	20
FIGURA No. 11	Boquilla soldadura oxiacetilena, con detalle de llama	22
FIGURA No. 12	Soldadura oxiacetilena "a izquierdas" en placas delgadas	23

		Pag.
FIGURA No. 13	Soldadura oxiacetilena "a izquierdas semi-ascendentes"	23
FIGURA No. 14	Soldadura oxiacetilena "a derechas" (hacia atrás o en retirada)	24
FIGURA No. 15	Soldadura oxiacetilena en ángulo interior	25

CAPITULO No. III

FIGURA No. 1	Símbolos de soldadura, Normas A.W.S. (Informaciones adicionales en símbolo de soldadura)	26
FIGURAS Nos. 2, 3, 4, 5 y 6.	Símbolos de soldaduras en planos	27-32
	Detalle electrodo descubierto	33
	Características para identificar un tipo de electrodo	37
	TABLA: Características de los electrodos inoxidables	39
	TABLA: Amperajes recomendados	39
	TABLA: Propiedades físicas de los electrodos	40
	TABLA: Tipos de electrodos revestidos con óxido de Titanio	41
	TABLA: Propiedades físicas de electrodos para acero inoxidable	42
FIGURA No. 3	Máquina de soldar produciendo la corriente con motor de gasolina	42
FIGURA No. 4	Máquina de soldar utilizando un motor generador alimentado con corriente alterna y generando corriente continua	44
FIGURA No. 5	Máquina de soldar utilizando un transformador para aumentar intensidad de la corriente y bajar el voltaje requerido para soldar soldadura se efectúa con corriente alterna	44
FIGURA No. 6	Máquina de soldar empleando un transformador unido a un rectificador de corriente transformando la corriente alterna en continua	44

		Pág.
FIGURA No. 7	Conexión transformador y generador (motor) a la red trifásica en forma de Delta	45
FIGURA No. 8	Conexión en forma de estrella	45
CAPITULO No. IV		
FIGURA No. 1	Primer método para encender el electrodo	49
FIGURA No. 2	Segundo método para encendido del electrodo	50
FIGURA No. 3	Remate de cordones	50
FIGURA No. 4	Inclinación del electrodo para aplicar un cordón de soldadura	51
	Figuras de inclinación del electrodo con respecto al porta-electrodo y de acuerdo con la posición de la soldadura	52
	Figuras de posición del soldado sobre cabeza y horizontal	53
FIGURA No. 5	Diversas posiciones para soldar	53
FIGURA No. 5A	Tipos de unión	54
FIGURA No. 6	Juntas de soldado en posición plana	55
FIGURA No. 7	Juntas en ángulo en posición plana	56
FIGURA No. 8	Soldadura en posición horizontal en plano vertical	57
FIGURA No. 9	Cordón caído y cordón correcto (controlar amperaje)	57
FIGURA No. 10	Movimiento del electrodo en forma de zig-zag (chicote)	58
FIGURA No. 11	Junta a tope en posición horizontal	58
FIGURA Nos. 12 y 13	Soldaduras en juntas a tope con Bisel	59
FIGURA No. 14	Soldadura vertical	60

CAPITULO No. V

FIGURA A.	Espécimen de sección reducida para prueba de tensión	63
FIGURA B.	Espécimen para prueba de doblado en la cara y en la base	63
	TABLA: de tensiones y tiempo de exposición en placas radiográficas	68
FIGURAS A,B y C.	Control de soldaduras por ultrasonido	69
FIGURA No. 1	Falta de penetración	70
FIGURA No. 2	Socavado por exceso de calor	71
	Soldadura rota	72
FIGURA No. 3	Socavado interno	72
FIGURA No. 4	Rechupe de la soldadura	73
FIGURA No. 5	Porosidad en la soldadura	74
FIGURA No. 6	Inclusión de escoria en la soldadura	74
FIGURA No. 7	Línea de escoria atrapada en la soldadura	77
	Pegadura o falta de fusión en la soldadura	79

GLOSARIO

ACERO:

Aleación de hierro y carbono, en diferentes proporciones, que pueden llegar hasta el dos por ciento de carbono.

ALARGAMIENTO:

Acción y efecto de alargar o alargarse.

AMPERAJE:

Cuando electrones se mueven en una misma dirección, crean una corriente y el amperaje es la cantidad de electrones que pasan por una sección por unidad de tiempo.

ARCO ELECTRICO:

Es la manifestación de una emisión de electrones que provienen de un cátodo incandescente, bombardeando el ánodo a gran velocidad, lo cual provoca la ionización por choque de las moléculas neutras, ocasionando una gran elevación de la temperatura.

CONTROL DE ULTRASONIDO:

Es un procedimiento que consiste en atravesar la pieza por una energía ultrasónica y definir la energía disipada debido a la presencia de un defecto o de un cuerpo extraño en el interior del material.

DUCTILIDAD:

Calidad de dúctil, metales que admiten grandes deformaciones mecánicas en frío, sin llegar a romperse.

DUREZA:

Resistencia que opone un metal a ser rayado por otro.

ELECTRON:

Está constituido por un alma metálica de forma cilíndrica y un revestimiento, cumpliendo el primero las funciones de conductor de energía eléctrica y de metal de aportación y el segundo dando propiedades especiales a la soldadura.

ESCORIA:

Materia no metálica atrapada en la soldadura, generalmente es materia incombustible del revestimiento o flux (fundente) en las soldaduras automáticas.

FLUENCIA:

Es el esfuerzo al cual el material demuestra un especificado límite de alargamiento plástico.

FUSION:

Efecto de fundir o fundirse.

GENERADOR:

En una máquina es aquella parte que produce la fuerza o energía; en las máquinas de vapor es la caldera y en las de electricidades el dinamo.

JOULE:

Unidad de trabajo en el sistema basado en el metro, el kilogramo, el segundo y el amperio; equivalente a diez millones de ergios.

LIMITE ELASTICO:

Es el primer esfuerzo en un material, menor que el máximo esfuerzo determinable, en el cual hay un marcado incremento de estiramiento sin incremento de esfuerzo.

POROSIDAD:

Cavidades gaseosas en forma esférica generalmente, aunque puede presentar diversas formas.

RECHUPE:

Lugar donde la soldadura se encoge, dejando formas que aparecen como grietas.

SOCAVADO:

Canal al borde de la soldadura causado por exceso de calor y llevar demasiado material incandescente.

SOLDADURA A GAS:

Que obtiene el calor de una llama, producida mediante la mezcla de oxígeno y acetileno.

SOLDADURA POR ARCO:

Que obtiene el calor de la resistencia que ofrece la pieza de trabajo al paso de una corriente eléctrica.

SOLDAR:

Método de unir dos piezas de metal, para formar una sola pieza, de ordinario con alguna sustancia igual o semejante a ellas.

TENSION:

Estado de un cuerpo, estirado por la acción de fuerzas que lo atraen.

TRIFASICA:

Es un sistema de tres corrientes eléctricas alternas iguales, procedentes del mismo generador y desplazadas en el tiempo, cada una respecto a las otras dos, en un tercio de periodo.

VOLTAJE:

Cantidad de voltios que actúan en un aparato o sistema eléctrico.

VOLTIO:

Unidad de potencial eléctrico y de fuerza automotriz. Es la diferencia de potencial que hay entre dos conductores cuando al transportar entre ellos un culombio se realiza un trabajo equivalente a un Julio.

INTRODUCCION

El propósito principal de este trabajo es proveer al industrial y a profesionales relacionados con el campo de la construcción que requieran el uso de estructuras soldadas en ejecución de un proyecto, una guía en el diseño, procedimiento y control de calidad, para la obtención de las condiciones requeridas en el proceso de soldado.

La necesidad de unir dos piezas para obtener un todo físicamente continuo se le ha presentado al hombre, y sigue presentándose desde que empezó a darle formas útiles a los materiales. Dice la tradición que un herrero griego de nombre *Glaukos* inventó la forma de soldar, forjando el material y valiéndose del martilleo, lo fusionaba convirtiéndolo en una unidad, esta práctica continuó hasta la invención de los modernos procedimientos de soldadura. La primera en desarrollarse fue la *soldadura por arco*, le siguió la *soldadura oxiacetilénica* que son dos fuentes de calor intenso que, aplicadas a un metal, puede producir una fusión local. la energía de la radiación luminosa en los rayos láser, se aplica también para soldar y cortar materiales.

En general, el trabajo del soldador o del operador de una máquina de soldar es el de unir (soldar) dos piezas de metal aplicando calor intenso, presión intensa, o ambas cosas, para fundir los bordes del metal en forma tal que se usan por fusión en forma permanente. Durante el proceso, el trabajador puede utilizar diversos tipos de dispositivos para obtener el calor necesario, para fundir los bordes del metal en forma controlada. Los procesos de soldadura se pueden agrupar en tres tipos:

1. El proceso de *soldadura por Arco*: que obtiene calor de un arco eléctrico y lo mantiene entre dos electrodos, o entre un electrodo y la pieza de trabajo.
2. El proceso de *soldadura a gas*: que obtiene el calor de una llama; mediante la mezcla de oxígeno y algún otro gas combustible, que generalmente es el acetileno.
3. El proceso de *soldadura por resistencia*: que obtiene el calor de la resistencia que ofrece la pieza de trabajo al paso de una corriente eléctrica.

Puede además utilizarse este trabajo como medio de orientación educacional para estudiantes cursantes de materias relacionadas al punto desarrollado.

OBJETIVOS GENERALES

1. Ayudar al estudiante, al industrial y a profesionales relacionados con el campo de la construcción, que requieran el uso de estructuras soldadas.
2. Proporcionar una guía en el diseño, procedimiento y control de calidad, para la obtención de las condiciones requeridas en el proceso de soldado.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Hacer énfasis en la necesidad de utilizar los procedimientos adecuados para obtener una buena calidad en el procedimiento de soldado.
2. Describir los principales procedimientos para soldar que permitan aprovechar sus usos específicos en la industria.
3. Describir controles de calidad que sean útiles para el mejoramiento de la calidad de los trabajos a efectuar.

CAPITULO I

CONTROL Y CALIDAD DE LOS ACEROS

PRUEBAS FISICAS. La mayoría de los metales suelen someterse a ensayos para obtener sus características físicas, las cuales dan una idea bien definida en cuanto a resistencia mecánica, ductilidad, conductibilidad eléctrica, térmica, densidad, dureza, etc. En el comercio únicamente se identifica el material por sus características de maleabilidad, conductibilidad eléctrica, etc.

En lo que respecta a la fabricación de estructuras, aparte de la tolerancia en cuanto a dimensiones de la sección de los perfiles, interesa saber la resistencia a la tensión, ductilidad del material y la dureza superficial. Para obtener los valores anteriormente mencionados y que sirven para proyectar dichas estructuras, de acuerdo con las propiedades del material, se procede a efectuar los siguientes ensayos:

1.1 ENSAYO DE TENSION

Esta prueba, como su nombre lo indica, consiste en someter una probeta de dimensiones estándar por medio de una máquina Universal, a una carga de tensión, hasta llevarla a la ruptura. En esta prueba los valores de más importancia son: el límite elástico, el esfuerzo de ruptura y el por ciento de alargamiento.

1.2 EL LIMITE ELASTICO. (Yield Point).

El límite elástico está definido como el primer esfuerzo en el material, menor que el máximo esfuerzo determinable, en el cual hay un marcado incremento de estiramiento sin incremento de esfuerzo. Este fenómeno está indicado por la parte horizontal de la curva, que se muestra a continuación.

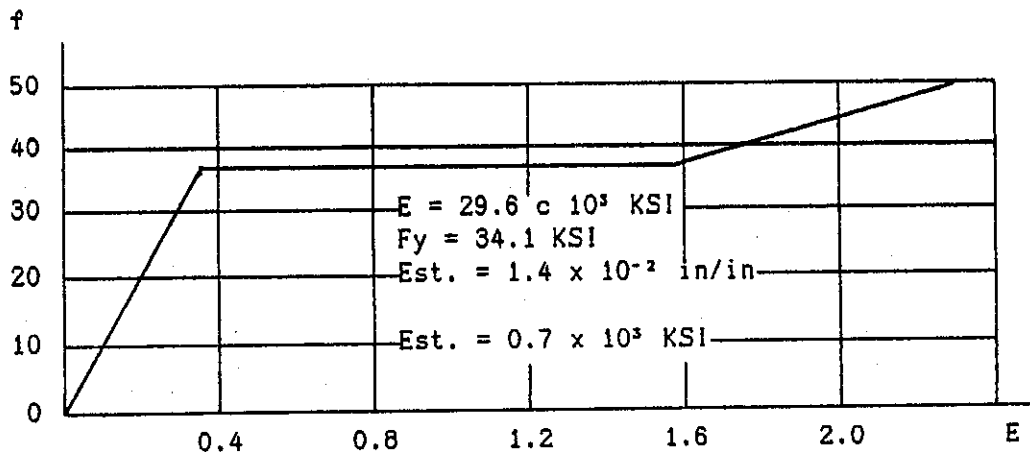
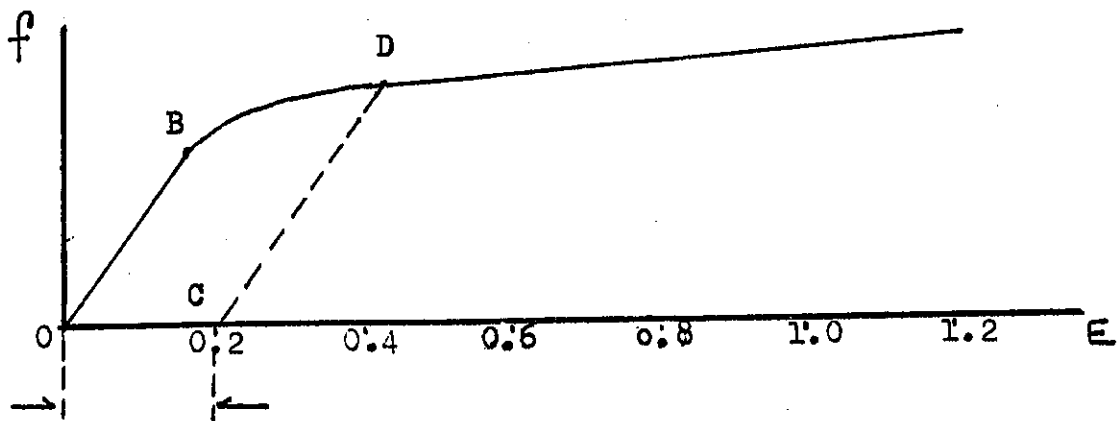


FIGURA No. 1

Algunos ensayos de acero estructural tienen un comportamiento indicado por la porción punteada de la curva, produciendo un límite elástico superior, seguida por un punto inferior. El aspecto de un límite elástico superior es efecto de la técnica empleada (rapidez de la prueba, de la forma del espécimen, exactitud de los resultados, etc.) y las condiciones de la probeta, especialmente la presencia de esfuerzos residuales en una prueba en la que intervienen la totalidad de la sección transversal.

La consecuencia de un súbito flujo a un valor superior es una caída a un valor bajo, abajo de la línea horizontal, viéndola desde otro punto de vista, es una característica estable del material.

RESISTENCIA DE FLUENCIA: (Yield Strength). No todos los materiales acusan el límite elástico; para los que no lo acusan, la resistencia de fluencia es un valor útil del comportamiento y es definido como el esfuerzo al cual el material demuestra un especificado límite de alargamiento plástico, usualmente el 0.1 o 0.2 por ciento (0.001 o 0.002 in/in). Este es determinado como se indica en la figura No. 2. Cuando se menciona el valor de resistencia de fluencia, el valor obtenido por el método de Off-set queda establecido.



ALARGAMIENTO PLASTICO ESPECIFICADO
FIGURA No. 2

1.3 LIMITE DE PROPORCIONAMIENTO. (Proportional Limit).

En la gráfica esfuerzo deformación, se observa un punto en el extremo superior del primer tramo recto de la gráfica, en el cual las deformaciones son proporcionales a los esfuerzos. Se observa que cualquier esfuerzo inferior no afectará al material, ya que en esta zona se comporta en forma elástica, el material se recupera al desaparecer la acción de dicho esfuerzo. En la gráfica el punto "B" representa el límite elástico. Figura No. 2. El límite elástico y la resistencia de fluencia se pueden determinar de las siguientes formas:

- Tratándose de aceros estructurales con un contenido de carbón que no se sobrepase el 0.30 por ciento, la deformación presentada en el punto

correspondiente al límite elástico, es bastante notoria, pudiéndose registrar directamente en la carátula de la máquina de ensayo, es decir, la lectura se hará directamente en la carátula de la máquina en el momento en que la aguja se detenga varios segundos (7 o más), dependiendo de la velocidad de carga que se le halla dado a la máquina de ensayo; esta lectura se obtendrá en unidades de peso (Kg. lbs. tons.).

- b) De la gráfica esfuerzo-deformaciones unitarias en por ciento, que se hará con los valores de esfuerzos a su correspondiente deformación unitaria, es decir, se somete la probeta a una carga ascendente y por medio de un extensómetro se determina la deformación en el tercio medio de la probeta, disminuyendo la velocidad de carga a cero y manteniendo la carga constante mientras se lee la deformación. Enlistando los valores de carga que divididos entre el área inicial de la sección transversal de la probeta, se obtienen los esfuerzos y a dicho esfuerzo le corresponderá una deformación unitaria en por ciento que los extensómetros ya dan directamente; se obtienen 2 columnas de valores, los cuales se graficarán obteniendo la gráfica esfuerzo-deformación. De la gráfica anterior, se puede determinar la resistencia de fluencia, llevando una paralela a la primera zona recta de la gráfica por el valor correspondiente a la deformación unitaria 0.2% y el punto en el cual la paralela corte a la gráfica llevada a la escala vertical de esfuerzos, da el valor correspondiente; lo anterior se conoce como el método de Off-set.
- c) Un método bastante práctico, es el de marcar en la probeta (varillas corrugadas, placas de acero de longitud libre entre mordazas mayores de 20 cm), por medio de un escantillón de acero, 2 puntos en el cuerpo de la probeta que tengan una distancia de centro a centro de 20 cm. Cuando los puntos se hallan desplazados debido a la carga, actuando sobre ella una distancia de $20 + 0.2\%$ o sea $20 \text{ cm} + 0.04 \text{ cm} = 20.04 \text{ cm}$ se tendrá una deformación de 0.2% y cuyo esfuerzo equivale al valor de la resistencia de influencia, la cual se leerá directamente en la carátula de la máquina; lo anterior se lleva a cabo, auxiliándose con otro escantillón con separación entre puntos de 20.4 cm de longitud.
- d) En algunos casos, por ejemplo, en los alambres con alto contenido de carbono, la resistencia de fluencia puede considerarse como el esfuerzo correspondiente al 80% del esfuerzo máximo, obtenido en la prueba.

Puede observarse que dependiendo de la cantidad de carbón de los aceros por ensayar o sea aceros estructurales, intermedios, alta resistencia y especiales, el método para determinar el límite elástico o la resistencia de fluencia, será el conveniente para cada caso.

En la determinación del esfuerzo máximo o de la carga máxima que resiste la varilla antes de la ruptura, no se tiene problema, ya que la máquina da directamente ese valor. La máquina tiene 2 agujas, una es la que avanza de acuerdo con la carga aplicada arrastrando a otra que queda fija, señalando el valor de la carga máxima en el momento de la ruptura de la probeta, ya que la otra regresa inmediatamente a cero. La carga máxima dividida entre el área inicial de la probeta, da el esfuerzo correspondiente.

1.4 PORCENTAJE DE ALARGAMIENTO

El porcentaje de alargamiento de cualquier material se determina de la siguiente manera:

- a) A la probeta sometida a tensión, se le hacen 2 marcas por medio de 2 puntos. Estas marcas pueden tener las siguientes distancias: 8" (aproximadamente 20 cm), 4" (aproximadamente 20 cm) y 2" (aproximadamente 5 cm) y el valor escogido dependerá de las dimensiones de la probeta (las dimensiones son estándar de acuerdo a lo indicado en las normas ASTM), de acuerdo con el tipo de mordazas, empleadas en la máquina universal de ensayos. Después que la probeta se llevó a la ruptura, se procede a determinar la longitud final entre puntos, con lo cual se determina el porcentaje de alargamiento con la siguiente fórmula:

$$\frac{l_f - l_i}{l_i} \times 100 = \text{Porcentaje alargamiento}$$

Donde:

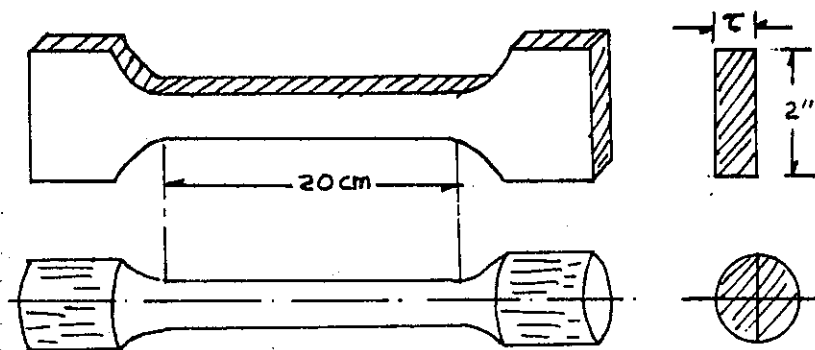
l_f = longitud final después de la ruptura.

l_i = longitud inicial.

El porcentaje de alargamiento está íntimamente ligado con la capacidad de deformación del material ensayado, ya que una probeta que presenta un porcentaje de alargamiento alto, significará que el material es lo bastante dúctil, que al trabajar en la estructura antes de llegar a su límite de ruptura se deformará lo suficiente para ser un aviso de alarma y no romperse en forma frágil, de manera que no de tiempo a tomar las medidas adecuadas de protección; de ahí su importancia en el diseño estructural.

En las probetas en ensayo de sección cilíndrica, cuadrada, rectangular, etc. no se tendrá ningún problema al tratar de determinar el área de la sección.

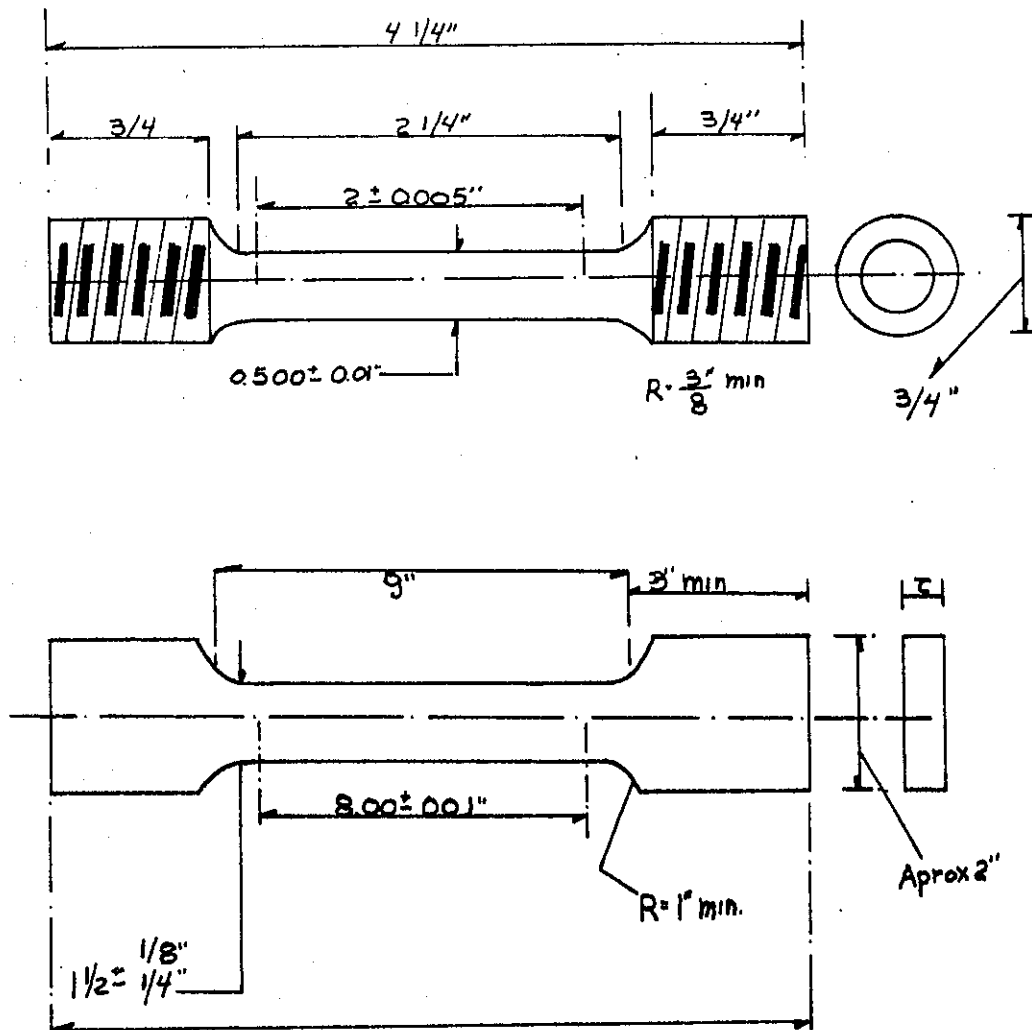
En lo que respecta a la corrugación (se refiere al acero de refuerzo, varillas corrugadas), se exige que la corrugación de a la varilla la suficiente adherencia para trabajar solidariamente con el concreto, es decir, que cumpla con las especificaciones correspondientes.



3. ENSAYO DE DOBLADO

En esta prueba, la probeta elaborada es de sección rectangular, cuya carga se aplica con un mandril, estando la probeta libremente apoyada sobre rodillos que le permiten el libre giro.

En esta prueba, el espécimen deberá pasarla sin presentar grietas en la superficie exterior cervato o presentar la rotura final.



PROBETAS DE TENSION

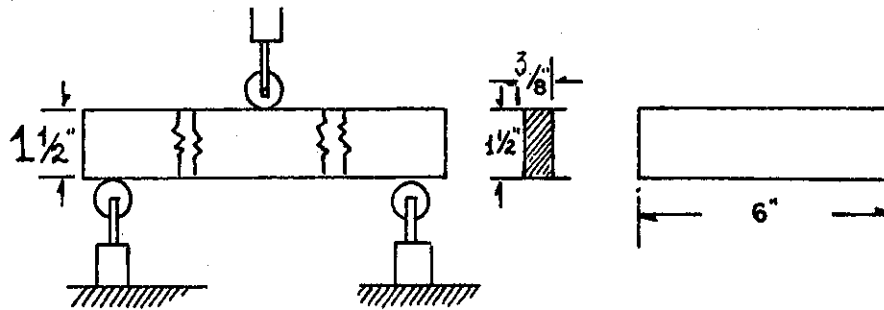


FIGURA No. 4

La prueba de doblado da una idea adicional de la ductibilidad del material, ya que tratándose de material que contenga un porcentaje de carbón mayor de lo especificado, hace que la probeta rompa o presente grietas.

Las dimensiones de la probeta son por lo general de $3/8"$ (0.95 cm) x $1 1/2"$ (38 cm) x 6 (15.2 cm) de largo.

1.5 ENSAYO DE DUREZA

Cuando los valores encontrados anteriormente no son suficientes, para proyectar determinada estructura de acero, o en casos de piezas sometidas a un alto desgaste, debido a una alta fricción o sometidas a esfuerzos de penetración, se procede a determinar la dureza por medio de los siguientes métodos:

a). METODO ROCKWELL

En esta prueba se determinan los valores de dureza leyendo directamente la carátula de la máquina que para tal fin se tiene. la lectura es la profundidad de la huella hecha por una punta de diamante o de un balín de acero bajo cargas arbitrarias. Se aplica una carga inicial de 10 kg. la cual causa una penetración inicial, que ajusta el penetrador y se mantiene en posición. Después se aplica una carga mayor que depende de la escala usada que aumenta la profundidad de la huella, se quita la carga mayor y se mantiene la carga menor y se lee en la carátula la dureza "Rockwell", que es proporcional a la diferencia de penetración entre la carga grande y la menor, este es un número arbitrario que aumenta con la dureza.

Las escalas más empleadas son:

Escala	Penetrador	Carga mayor en Kg	Carga Menor en kg
"B"	Balín de 1.59 mm.	100	10
"C"	Diamante	100	10

Cuando se trata de medir la dureza superficial en piezas de acero delgadas, se aplican cargas de 15, 30 o 45 kg, ya sea con un penetrador de diamante o un balín de acero con lo cual se cubren los mismos rangos que para cargas mayores.

Las escalas para determinar la dureza superficial son las siguientes:

Escala	Penetrador	Carga mayor en Kg	Carga Menor en kg
15T	Balín de 1.59 mm.	15	3
30T	Balín de 1.59 mm.	30	3
45T	Balín de 1.50 mm.	45	3
15N	Diamante	15	3
30N	Diamante	30	3
45N	Diamante	45	3

Al reportar la dureza de un material es indispensable enunciar la escala empleada.

a) PRUEBA BRINELL

Consiste en aplicar una carga especificada a una superficie plana del espécimen, mediante un balín duro de diámetro especificado; el diámetro promedio de huella se usa para hallar el número de la dureza "Brinell". El cociente de la carga aplicada entre el área de la superficie de la huella (esférica) se llama dureza "Brinell".

$$BHN = \frac{P}{\frac{D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Donde:

P = Carga aplicada

D = Diámetro del balín en mm.

d = Diámetro promedio de la huella en mm.

En la prueba "Brinell" estándar en el caso de materiales duros, se usa un balín de 10 mm. de diámetro y se emplea una carga de 3,000 kg o 500 kg. Se pueden utilizar otras cargas y diferentes tamaños de balines.

Para reportar valores de dureza, se deberá citar el diámetro del balín y la carga utilizada, excepto cuando se emplee un balín de 10 mm. de diámetro y 3,000 kg. de carga.

En los proyectos que así se requiere especifican un rango de dureza dentro el cual el material es aceptable.

La dureza "Brinell" da un valor bastante aproximado de la resistencia máxima a la tensión.

1.6 ENSAYO DE IMPACTO

La prueba de impacto, es una prueba dinámica, en la cual la probeta pulida y ranurada se rompe de un solo golpe (impacto) en una máquina especial, midiendo el valor de la energía absorbida para romper el espécimen.

Los valores de energía determinados son comparados en cantidad a otros valores de muestras ya ensayadas de los cuales se conocen sus características químicas y físicas.

El comportamiento de una prueba individual, se aplica solamente al tamaño del espécimen, la geometría de la ranura y las condiciones de prueba, no deben extenderse a otros especímenes de otros tamaños y condiciones.

En la prueba de impacto, se deberá controlar con mucho cuidado la temperatura ambiente, así como la de la muestra.

CAPITULO I I

SOLDADURA POR ARCO

La soldadura por arco eléctrico es un método de unir 2 piezas de metal para formar 1 sola pieza; para lograr esto, se concentra el calor del arco eléctrico a los bordes de las piezas por unir y mientras estos bordes se encuentran fundidos, se aporta material del electrodo.

La corriente eléctrica salta del electrodo al metal base, formando un arco, el que desarrolla una temperatura muy alta, fundiendo las zonas en contacto, el arco se mantiene y se mueve a lo largo de la junta, fundiéndose el metal base y mezclándose con el de aportación. Una vez enfriada la junta, las piezas unidas quedan formando una sola pieza sólida.

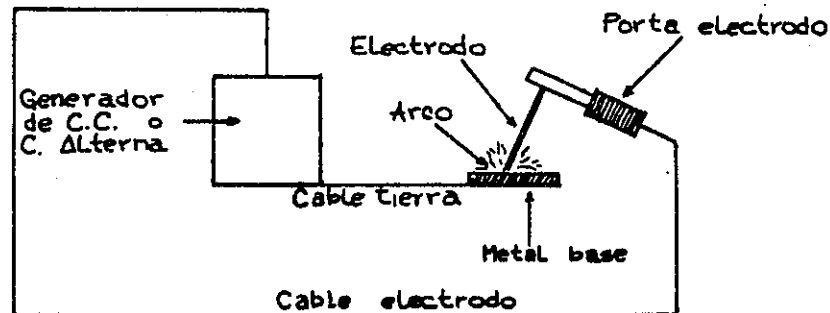


FIGURA No. 1
Circuito de Soldadura

El circuito de soldadura está formado por un generador de corriente continua o alterna, el porta-electrodo, el electrodo, el metal base por soldar y los cables conductores, como puede observarse en la figura No. 1.

2.1 ARCO ELECTRICICO

El arco eléctrico es la manifestación de una emisión de electrones que provienen de un cátodo incandescente, bombardeando el ánodo a una gran velocidad, lo cual provoca la ionización por choque de las moléculas neutras, ocasionando una gran elevación de la temperatura y presentando el aspecto de la figura No. 2.

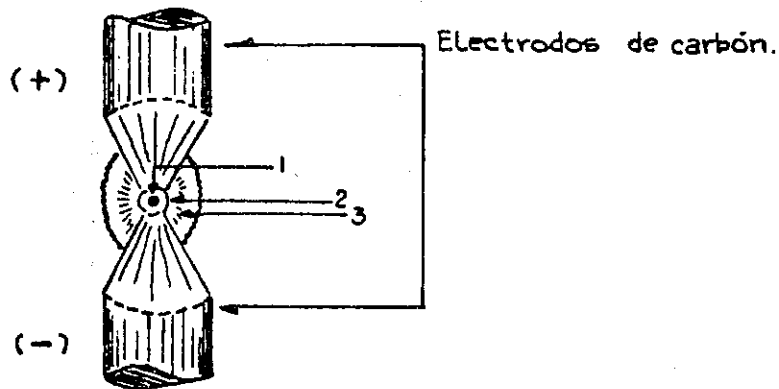


FIGURA No. 2

En el extremo del electrodo, conectado al polo negativo del generador de corriente continua, se forma una punta luminosa que es el inicio del arco, llamada mancha catódica. (1)

Un haz luminoso de pequeña sección que forma el arco entre el electrodo y el cráter (que es una copa de carbón fundido) CONSTITUYE EL NUCLEO DEL ARCO. (2)

Alrededor del arco existe una aureola o llama de forma irregular en estado de agitación continua, que en ocasiones es desplazada por el flujo o campo magnético creado por la corriente, la llama es coloreada por la combustión de los óxidos de los metales fundidos. (3)

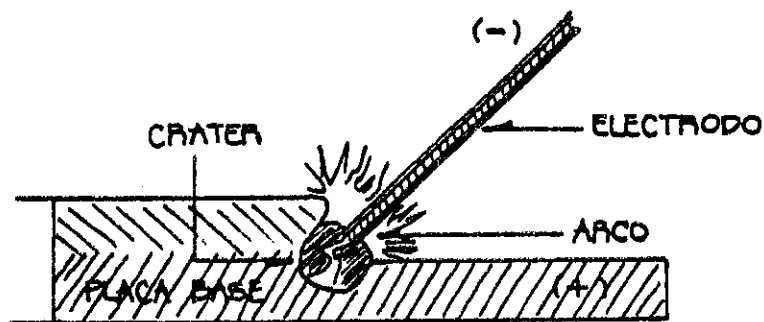


FIGURA No. 3

Sobre la pieza de soldar se forma una parte luminosa, que constituye el cráter del arco, donde el metal base y el de aportación permanecen fundidos, lo cual puede compararse a un crisol de tamaño reducido. Figura No. 3.

En el arco metálico no se cumple la ley de "Ohm", ya que la variación de los factores voltaje y amperaje es en sentido inverso al de la mencionada ley. Si para una longitud de arco dada, se aumenta sucesivamente la intensidad de la corriente, se comprueba que a partir de un cierto valor, el régimen del arco se modifica enormemente, el arco silencioso se vuelve silvante y la diferencia de potencial (voltaje) entre los electrodos se independiza de la intensidad de la corriente, la cual se denomina arco "inestable".

Para las condiciones del arco "estable", la tensión en los bordes del generador de corriente, es la suma de 3 diferenciales de voltaje (potencial).

$$V = V_c + V_a + V_v$$

Donde:

V_c = Caída (voltaje) catódica

V_a = Caída (voltaje) anódica

V_v = Caída (voltaje) total

En lugar de mayor temperatura en el arco, es la columna de vapor, que constituye un puente entre el electrodo y el metal base.

La caída (de voltaje) anódica y catódica son independientes de la longitud del arco y únicamente dependen de la naturaleza de los electrodos, o sea que para un arco metálico la $V_c + V_a$ es constante.

La caída de tensión (de voltaje) en la columna de vapor V_v , es proporcional a la longitud (L) del arco e inversamente proporcional a la intensidad de la corriente.

$$V_v = C \frac{L}{I}$$

La tensión (de voltaje) en un arco metálico de hierro:

$$V = 11 + 5500 \frac{L}{I} \text{ volts.}$$

Ejemplo: la soldadura por arco mediante un electrodo de 4 mm. de diámetro, se realiza con una intensidad de corriente de 140 a 150 amperes (según el fabricante); suponiendo que se desea mantener un arco corto de 3 mm. (L = 3 mm) la relación anterior dice que:

$$V = 11 + \frac{5500 \times 0.3}{150} = 22 \text{ volts.}$$

22 Volts, será el voltaje que se debe tener en los bornes de la máquina de soldar.

Cuando la longitud del arco crece, la tensión (de voltaje) en los bornes aumenta; si en vez de ser el arco de 0.3 se alarga a 1 cm. la tensión (de voltaje) aumenta:

$$V = 11 + \frac{5500 \times 1}{150} = 48 \text{ volts.}$$

Lo anterior, repercute en la calidad del metal depositado por la soldadura.

Debido a que la caída de tensión anódica es mayor que la catódica y su temperamento es mucho mayor en el ánodo que en el cátodo, la temperatura del cráter del ánodo del arco de carbón es de 3,300°C que es la temperatura de ebullición del "carbón".

En el arco metálico la temperatura es muy elevada, dependiendo de la naturaleza del metal y de la intensidad de la corriente. La temperatura para el arco metálico es de 3,300°C semejante al de carbón.

2.1.1 SOLDADURA MANUAL

La soldadura manual, como su nombre indica, es aplicada directamente por la mano del operador y es la más empleada actualmente.

El operador utiliza los siguientes aparatos y accesorios;

- Una máquina de soldar (generador de corriente continua o alterna).
- Careta, guantes, hombreras de cuero curtido en cromo, porta-electrodo, electrodos, cincel, martillo, disco de esmeril, etc.

El operador en este tipo de aplicación de soldadura requiere tener una habilidad especial, ya que se necesita saber: encender el arco, mantener un pulso firme para conservar la longitud del arco constante, poder llevar el "baño" delante de la soldadura que se va solidificando, poder efectuar una especie de mezclado de la soldadura fundida, saber empujar la escogencia ayudándola a que flote, las técnicas de tejido o pudelaje y la técnica de "chicote" en soldaduras aplicadas en posiciones diferentes a la plana.

Como puede verse, la soldadura manual requiere bastante cuidado para obtener soldaduras de buena calidad; lo cual únicamente se logra por medio de una práctica bastante larga y del conocimiento teórico de los fenómenos físicos y químicos que se están sucediendo en el metal fundido de aportación y el metal base.

El nombre de soldadura "manual" viene de que en este tipo de aplicación no intervienen aparatos automáticos o semi-automáticos.

La soldadura manual tiene las siguientes ventajas y desventajas:

VENTAJAS:

El control de aplicación es directamente por la mano del soldador, lo cual hace que un buen soldador pueda darse cuenta inmediatamente de una soldadura defectuosa. La aplicación de cordones de soldadura en "serie" con la limpieza recomendada por las Normas de Calidad, hace que difícilmente queden atrapadas las escorias, ya que los cordones de soldadura son delgados, facilitando que la escoria flote sin dificultad. Se deberá tener especial cuidado en las preparaciones de las juntas, ya que una preparación inadecuada, sí puede provocar que la escoria quede atrapada en las paredes de dicha junta.

La soldadura manual es la más económica y puede soldarse fuera del taller, lo que le da más versatilidad.

El calentamiento provocado por los cordones de soldadura es mucho menor que el de otro procedimiento, lo que hace que las piezas soldadas presenten pocas deformaciones.

Existe una gama muy extensa de electrodos, lo que hace posible soldar cualquier tipo de material ferroso con este procedimiento.

DESVENTAJAS:

El avance de la soldadura manual es muy lento, lo que hace que los tiempos de producción sean relativamente altos.

Los cambios constantes de electrodos consumidos, bajan la eficiencia del trabajo en cuanto a tiempo de aplicación de la soldadura.

Se requiere un número adecuado de soldadores para tener un rendimiento adecuado, ya que individualmente la producción es muy baja.

Los operadores deben ser calificados, por lo que deben tener habilidad y experiencia.

SOLDADURA SEMI-AUTOMÁTICA

La soldadura semi-automática es el procedimiento en que el operador es auxiliado por medio de aparatos automáticos.

En este caso, el operador debe tener un entrenamiento especial en las Casas Fabricantes de dichas máquinas, ya que se requiere el conocimiento de la máquina y suficiente habilidad para su manejo.

Las soldaduras semi-automáticas requieren los siguientes aparatos:

- Un generador de corriente continua o corriente alterna.
- Una pistola dentro de la cual sale un chorro de gas (CO_2) que protege el metal fundido de la oxidación y absorción de otros gases. La pistola lleva un ducto por el cual sale automáticamente el electrodo.
- Se tiene también un carrete de alambre (electrodo) que se desenrolla automáticamente de acuerdo con el amperaje de la máquina.

- La caja de control lleva 2 controles, los cuales relacionan la velocidad de avance del carrete o sea la velocidad con que sale el electrodo de la pistola y el amperaje requerido, para tener una buena fusión entre el material base y el de aportación.
- El gas (CO₂) está contenido en botellas metálicas, llevando un flujómetro que hace que la presión de salida del gas sea constante.
- La pistola de soldar lleva un sistema de enfriamiento por medio de agua fría que corre a su través.
- En este tipo de máquinas, la intensidad de corriente, debe ser de 350 a 400 amperes, para lograr una buena penetración.

La soldadura semi-automática tiene las siguientes ventajas y desventajas.

VENTAJAS:

No se tiene que estar cambiando electrodos constantemente, ya que el electrodo es un alambre enrollado en un carrete, lo cual hace que el tiempo de trabajo disminuya.

Debido al alto amperaje de trabajo, se obtienen penetraciones bastante mayores que en la soldadura manual, lo cual es una ventaja de consideración.

DESVENTAJAS:

El costo del empleo de estas máquinas es alto, por lo que la inversión inicial es grande.

El voltaje debe mantenerse constante, ya que de otra manera, ligeras variaciones, producen que la soldadura tome una forma irregular.

Una máquina semi-automática, cuenta con aparatos complicados que se pueden dañar más fácilmente.

Los conocimientos del operador deben ser lo suficientes para poder reparar la máquina o cuando menos saber cuando está funcionando defectuosamente para evitar males mayores.

Siempre que se solde con este procedimiento, se recomienda que el electrodo lleva además de la protección del gas, un alma de fundente para obtener soldaduras de calidad rayos X.

2.1.2 SOLDADURA AUTOMÁTICA

La soldadura automática se emplea únicamente en el taller, debido a que los aparatos que se requieren son de mucho cuidado y su instalación requiere personal especializado. Por lo general cuentan con los siguientes aparatos.

- Un generador capaz de producir corriente de 350 amperes como mínimo.
- Una caja de controles de velocidad de avance, amperaje, voltaje, etc.

El cabezal de la máquina que es propiamente el que suelda, lleva, además el carrete de alambre (electrodo) y un cono con fundente (flux) que cae

automáticamente sobre el arco cubriéndolo y protegiéndolo.

Unos rieles guías, sobre los cuales corre el cabezal de la máquina.

Cables conductores de corriente eléctrica, accesorios de ajuste, de la dirección de la boquilla, avance, etc.

La soldadura automática tiene las siguientes ventajas y desventajas:

VENTAJAS:

Supresión de la mano de obra más o menos experta. Gran velocidad de aplicación de la soldadura con un volumen mayor, que en cualquier de los métodos anteriormente mencionados.

DESVENTAJAS:

Una preparación más cuidadosa de las piezas por unir.

Una regulación de la máquina y una puesta a punto para cada tipo de preparación, que puede variar con el espesor de las piezas por soldar.

Soldar únicamente en posición plana y horizontal. Como puede verse, este tipo de máquinas es ventajoso para la realización en serie y para grandes longitudes. Las dificultades anteriores fueron superadas por el método de soldadura por medio de máquinas soldadoras semi-automáticas.

2.1.3 PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA POR ARCO

Actualmente el soldeo por arco eléctrico es el procedimiento más extendido para soldar aceros y la mayoría de los metales o aleaciones. Los métodos de soldadura por arco, se pueden subdividir en varios procedimientos dependiendo de la naturaleza del electrodo y de la atmósfera que rodea al metal fundido.

1. Procedimiento de soldadura por arco con electrodos revestidos

En este procedimiento, se establece un arco eléctrico entre el electrodo y el metal base. El electrodo está constituido por un alma metálica de forma cilíndrica y un revestimiento, cumpliendo el primero las funciones de conductor de energía eléctrica y de metal de aportación y el segundo dando propiedades especiales a la soldadura.

La aplicación de esta soldadura es manual, o sea que el operario controla manualmente la aplicación del metal de aportación.

Durante la fusión el revestimiento se funde y produce la escoria, dando ciertas propiedades al metal fundido, afina el grano, características en cuanto a resistencia, elasticidad, dureza y además protege el metal fundido de enfriamientos violentos. El revestimiento favorece el cebado del arco (encendido), la estabilidad del arco y desempeña una función importante que es la de desoxidante. Como puede verse el revestimiento cumple una misión muy importante en el proceso de soldado, por lo que se hace mención a estas funciones

en el capítulo correspondiente a electrodos.

2. Procedimiento de soldadura por arco con el electrodo de grafito

En este procedimiento el arco salta entre el electrodo de grafito y el metal base, dentro de una atmósfera protectora, con o sin aportación de metal.

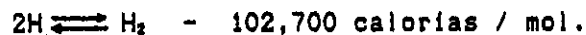
La utilización de este método se emplea en el soldeo de placas delgadas o láminas sin aportación de material, también se utiliza en el soldeo de piezas de bronce. La atmósfera protectora emplea gas del alumbrado.

Este procedimiento es de los primeros que se emplearon en la industria siendo después sustituido por otros más prácticos.

3. Procedimiento de soldadura por arco dentro de medios gaseosos

En este procedimiento se utiliza hidrógeno atómico, el método consiste en producir un arco en una atmósfera de hidrógeno.

La combinación del hidrógeno disociado según la ecuación:



Se obtiene una temperatura muy alta alrededor de 3,750°C en el extremo del dardo de la llama de hidrógeno.

4. Procedimiento de soldeo por arco fundente (flujo conductor).

En procedimiento de soldadura automática, se utiliza un electrodo continuo de acero, que como en el procedimiento de soldeo de arco, tiene la misma función de conducto de corriente y la del metal de aporte. El fundente (flujo) que cae continuamente al baño en fusión, desempeña sensiblemente el mismo papel que el revestimiento de un electrodo normal. Es decir, el de estabilizador y protector del arco y aportador de los elementos útiles al metal fundido. Además, debido a su conductibilidad a alta temperatura contribuye a transmitir las calorías de fusión. De esta forma, el arco se encuentra sumergido en el fundente y protegido por éste. (Ver figura número 4).

Una instalación de este tipo, comprende:

- Una cabeza de soldeo con su motor de arrastre del alambre (electrodo), cuyo diámetro puede ser de diferentes tamaños y se encuentra enrollado en el tambor para ese fin (D).
- Un depósito (F) de fundente en polvo.
- Un tubo (C) por el que se vierte el fundente delante de la soldadura.
- Un dispositivo de mando automático (A) de la tensión de voltaje de soldeo, que regula la marcha del motor de la cabeza en relación de la tensión. Una fuente de energía (corriente eléctrica), ya sea un generador de corriente continua o un equipo estático de corriente alterna.
- Aditamentos mecánicos (M), destinados a desplazar la cabeza de soldeo,

según se avanza el cordón de soldadura.

Aparatos de medición: amperímetros, voltímetros, etc.

Un aspirador que recupera el fundente no utilizado. Este procedimiento automático de soldadura empleado en la industria, puede inclusive, crear un arco de gran intensidad, hasta de 2,000 amperes, que permite una gran velocidad de aplicación de la soldadura y una gran penetración de la misma. En la práctica basta emplear intensidades de 400 amperes para obtener soldaduras de buena penetración.

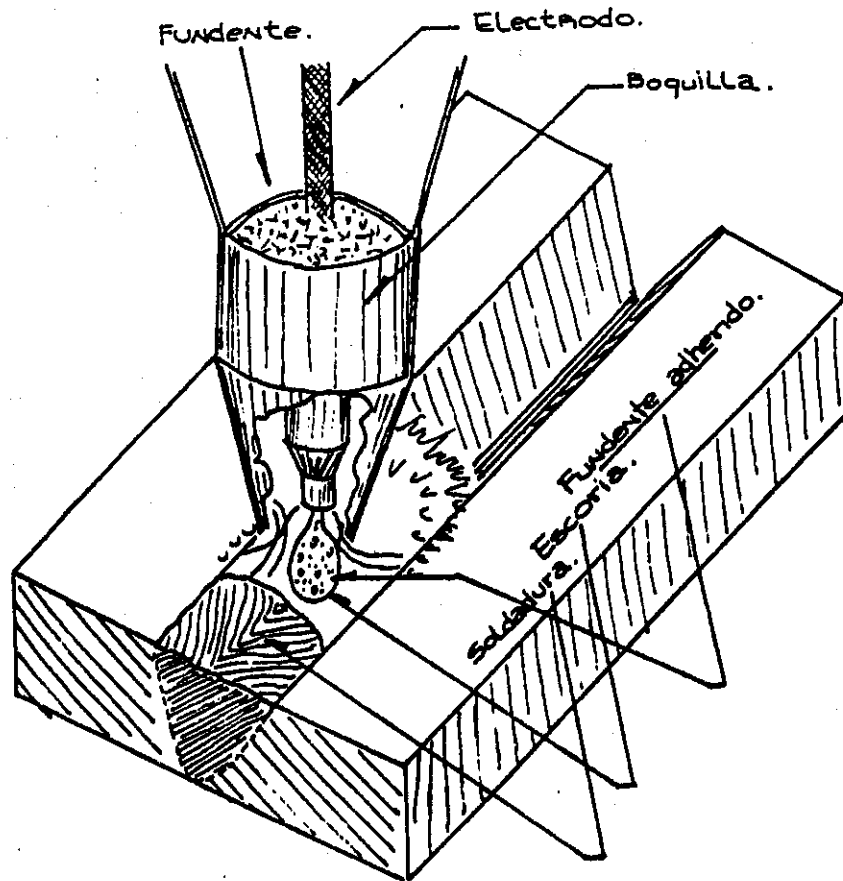


FIGURA No. 4

SOLDEO ELECTRICO POR RESISTENCIA

El procedimiento de soldar por resistencia, difiere de los demás procedimientos de unión por fusión, por la forma y naturaleza de las energías puestas en juego, energía derivada del efecto de JOULE y energía mecánica.

La energía calorífica desarrollada por una corriente de intensidad I al atravesar un circuito de resistencia óhmica R durante un determinado intervalo de tiempo DT , está definida por la ecuación de JOULE:

$$Q = \frac{1}{J} \int_0^t I^2 R dt$$

Donde:

Q = Energía calorífica

R = Resistencia óhmica

I = Intensidad de la corriente

t = Intervalo de tiempo

J = Es una constante, llamada equivalente mecánico de la caloría que vale $J = 4,185 \text{ jul/cal}$. Cuando Q está expresada en calorías pequeñas.

La energía mecánica interviene por medio de una presión que se le da a las placas durante el proceso de soldado. Al principio, la presión tiene por objeto romper la capa de óxido o de calamina, con el fin de asegurar un buen contacto durante el soldeo y mantener las placas en posición, además, la presión elimina el "rechupe" que tiende a formarse en este tipo de unión.

Durante un ciclo de soldeo se pueden considerar las siguientes secuencias:

- Secuencia de acercamiento, es el tiempo que transcurre desde el comienzo del mando sobre el electrodo móvil y el paso de la corriente, incrementándose la presión.
- Secuencia de soldeo, que corresponde al paso de la corriente, la presión P permanece constante.
- Secuencia de forja, tras de la interrupción de la corriente de soldeo.
- Secuencia de enfriamiento que lo representa el tiempo muerto del ciclo de soldeo.

El ciclo descrito no es sino un esquema inicial que se completa con otras operaciones metalúrgicas relacionadas con la naturaleza de los metales, las dimensiones de las piezas y otros factores.

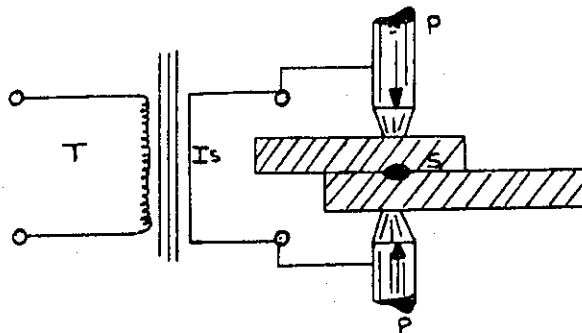


FIGURA No. 6

Según la manera de aplicación de la energía calorífica y del esfuerzo mecánico, el soldeo eléctrico se llama: Soldeo por puntos (puntos múltiples, resaltes, rodillos), soldeo a tope por resistencia y soldeo a tope por chisporroteo.

SOLDEO POR PUNTOS

En este procedimiento, las placas que se van a soldar se colocan superpuestas (figuras 6, 7 y 8) entre los extremos de los electrodos; la corriente circula de un electrodo al otro a través de las placas por soldar. Los puntos de soldadura se encuentran situados en el eje longitudinal de los electrodos.

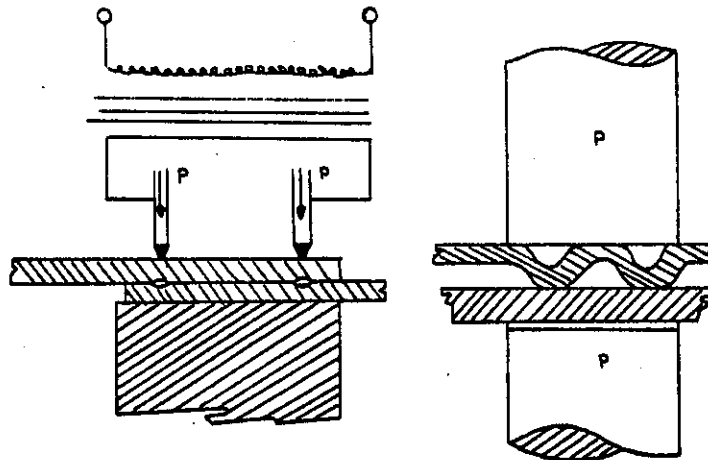


FIGURA No. 7

Este procedimiento de soldar por puntos tiene muchas variantes: que los 2 polos estén sobre un mismo lado. Que las láminas por soldar ya tengan unas salientes que serán las zonas soldadas. Que los electrodos sean unos rodillos, etc.

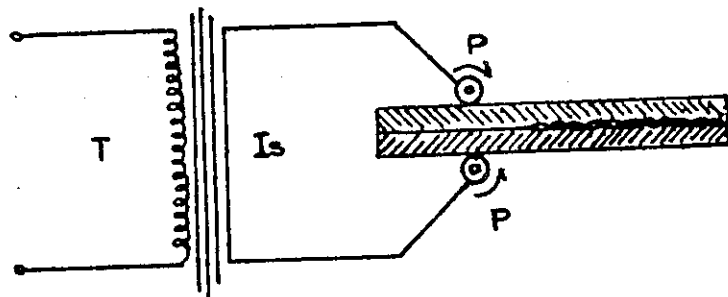


FIGURA No. 8

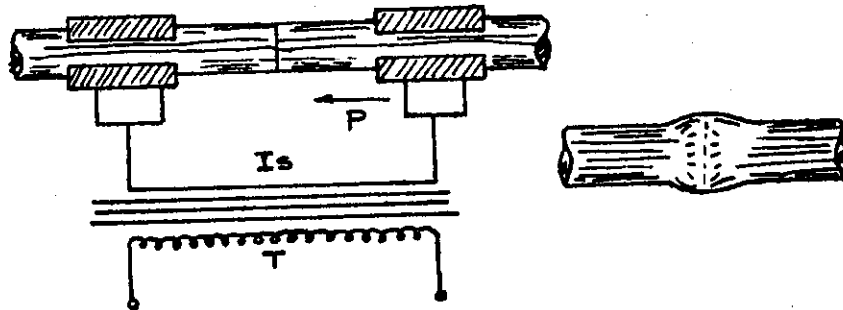


FIGURA No. 9

SOLDEO A TOPE POR RESISTENCIA

En este procedimiento las piezas por unir se colocan a tope por medio de mordazas que son los conductores de corriente y además, ejercen una presión de una pieza contra la otra. La zona en donde se eleva la temperatura, es la zona de unión de las piezas, lo cual hace que el metal llegue a su estado plástico y estando en esta condición bajo la presión de las mordazas se forma un anillo alrededor de la junta, en la que quedan inclusiones gaseosas y sólidas, este procedimiento es de gran utilidad cuando las piezas tienen geometrías complicadas. (ver figura No. 9).

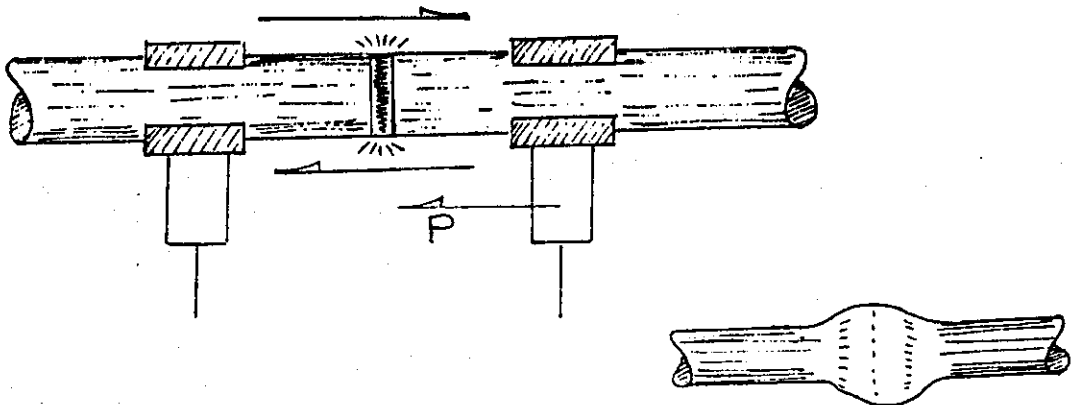


FIGURA No. 10

SOLDED A TOPE POR CHISPORROTEO

Las piezas se colocan con los extremos a tope por medio de mordazas de la máquina de soldar. Mediante el encendido del arco se produce una serie de arcos eléctricos, mantenidos por acercamientos y alejamientos sucesivos de las piezas por unir, elevándose la temperatura lo suficiente para que los extremos de las piezas entren en estado plástico y bajo la presión de las mordazas, queden soldadas. En la zona de la junta, se forma un engrosamiento que después se rebaja con algún procedimiento mecánico. (ver figura No. 10).

2.2 SOLDADURA OXIACETILENA

Llama Oxiacetilena. La llama oxiacetilena se obtiene haciendo llegar a un soplete, que asegura una mezcla uniforme de los 2 gases, oxígeno y acetileno.

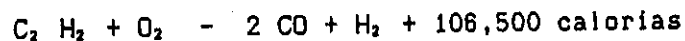
La llama se produce en el extremo de la boquilla del soplete por la combustión teórica de un volumen de acetileno y un volumen de oxígeno (1.10 a 1.30 dependiendo de la potencia del soplete), en estas condiciones se dice que la llama es "normal".

Las llamas "normales" presentan 3 zonas bien definidas:

1. Una zona brillante de forma cónica, llamada "dardo".
2. Una zona azul, llamada zona reductora, con contornos menos definidos, que constituye la región de concentración de los gases resultantes de la reacción primaria.
3. Por último, una región exterior rosada, llamada "penacho".

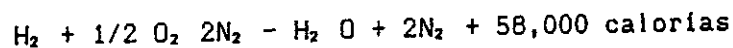
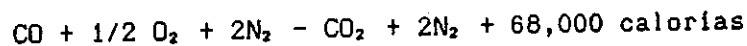
En la región (1) donde llega la mezcla gaseosa $C_2H_2 + O_2$, en que la temperatura es inferior a la inflamación de la mezcla, no se origina reacción alguna.

En la segunda (2), muy fina y brillante, envolviendo a la primera y que constituye la zona de combustión estacionaria, la cual es atravesada rapidísimamente por las moléculas gaseosas. En la travesía de esta capa, es donde se produce la combustión:

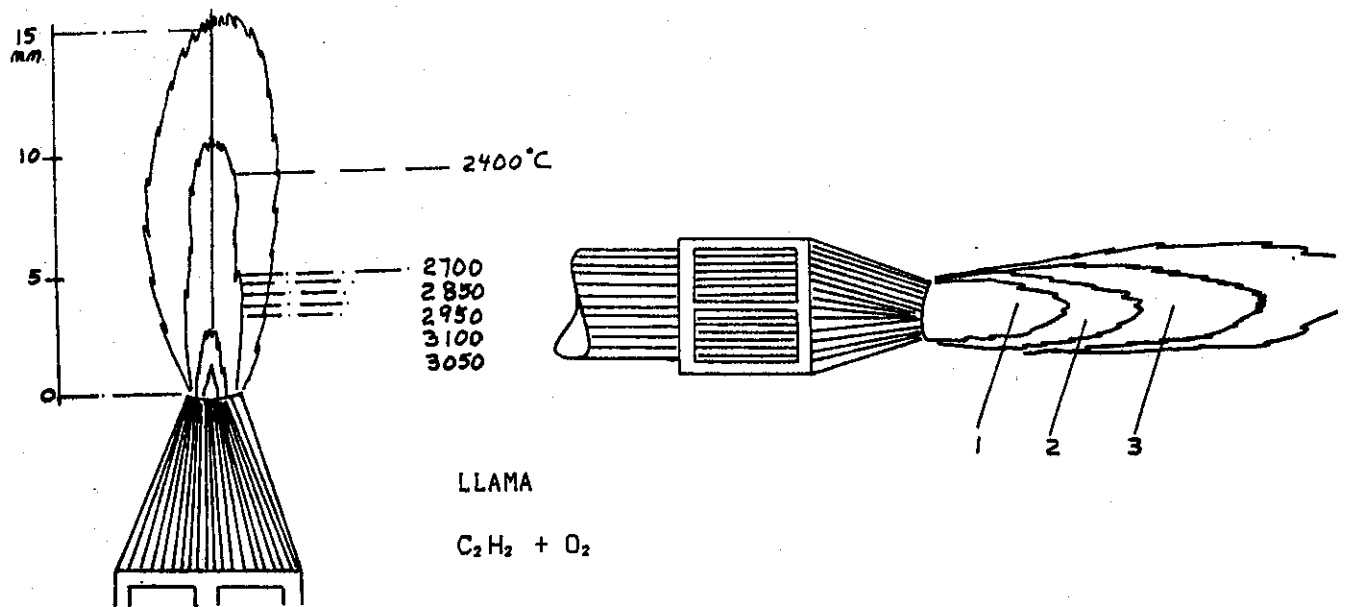


con una elevación brusca de la temperatura. La más alta temperatura tiene lugar a 3 o 5 mm. de la punta del "dardo", variando con la potencia del soplete. La zona reductora está formada únicamente por los 2 productos de la reacción CO y H_2 .

En el "penacho" la combinación de CO y H_2 se logra al contacto con el aire exterior, dando lugar a las 2 reacciones secundarias.



La temperatura máxima alcanzada es de 3,100 grados centígrados por una llama "normal", como puede apreciarse en la siguiente figura.



La soldadura oxiacetilena emplea además de los 2 gases, de los cuales toma el nombre de oxiacetileno, las varillas de soldadura de material de aporte.

En este tipo de soldadura, el operador lleva en una mano el soplete, ya con la llama regulada y en la otra el material de aporte (Electrodo).

En la soldadura oxiacetilena, el material de aporte y el material base se llevan hasta el estado de fusión, durante el cual se efectúa la liga de los 2 materiales. El electrodo puede ser de un material distinto al de base, con características mejores, siempre y cuando la soldabilidad del material base sea adecuada.

Existen cuatro grupos de soldaduras:

a) Soldadura "a izquierdas"

Este método llamado también clásico, ha sido por mucho tiempo el único método operativo utilizado, teniendo la ventaja de aplicarse a todos los metales o aleaciones. El método tiene mucho empleo en láminas delgadas y de espesor mediano, hasta de 6 mm. debido a su fácil ejecución y buen aspecto del cordón.

El inconveniente mayor es el elevado costo de operación debido a una velocidad de ejecución relativamente lenta, con un consumo grande de gas.

En este método, el soplete se sitúa en un plano perpendicular al de las placas y con una inclinación de 45° respecto al cordón de soldadura. La varilla de soldadura se coloca también en el mismo plano, por delante de la llama, con una inclinación de 45° con respecto a las placas por soldar. El soplete avanza regularmente de modo de asegurar la fusión, sin efectuar movimientos transversales o giros.

Por este método, es posible lograr una regular penetración en el reverso de la soldadura en las placas delgadas y gotas de penetración espaciadas en placas medianas (ver figura No. 12).

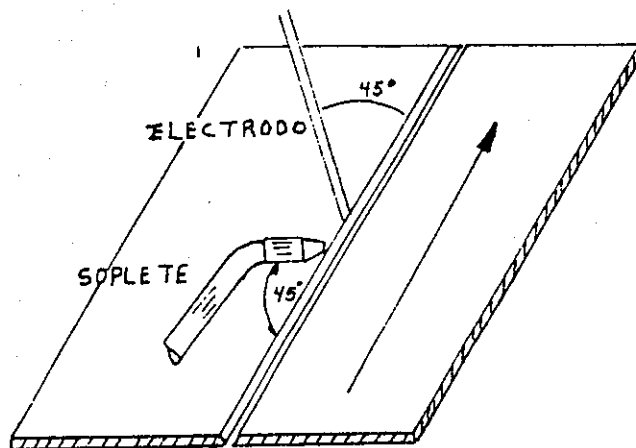


FIGURA No. 12

b) Método "a izquierdas semi-ascendentes"

Este método deriva del clásico, mejora la calidad de la soldadura, facilitando su ejecución e impidiendo el socavamiento del metal fundido en el espacio formado por la separación de las 2 placas por unir, por lo que este método se aplica preferentemente a placas de 3 a 10 mm. de espesor. la posición del soplete y la del metal de aportación, respecto al plano de las placas, no cambia, únicamente se inclinan de 20 a 25° las placas por unir.

Las soldaduras se ejecutan sobre los bordes rectos de 3 a 5 mm. para espesores superiores a 5 mm los bordes de las placas se biselan en "V" de 60°. (ver figura No. 13).

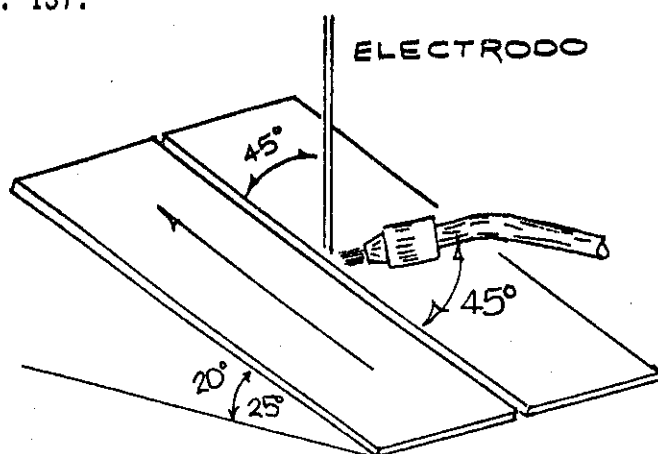


FIGURA No. 13

c) Método "semi-ascendente en dos pasadas"

El método anterior está limitado por el espesor, a partir de 10 mm de espesor, resulta difícil de obtener y tanto más cuanto que el espesor es mayor, por lo que es necesario en estos casos realizar la soldadura en 2 o varias pasadas.

Segundo grupo "a derechas"

Esta soldadura llamada también "hacia atrás o en retirada", es bastante conveniente para espesores de placas medianas y gruesas de 6 a 15 mm.

Se tienen numerosas ventajas, asegurando una gran velocidad de ejecución, con muy buena penetración y un cordón de buen aspecto. El cordón es de menor anchura y por lo tanto, la zona de recalentamiento es más reducida, resultando más económica que la soldadura "a izquierdas" (ver figura No. 14).

El soplete y el metal de aportación, se encuentran en un mismo plano, perpendiculares a las placas por unir; pero en este método, el soplete debe ir inclinado, de 45 a 70°.

Precede al baño de fusión, mientras que el metal sigue al soplete con movimiento lateral.

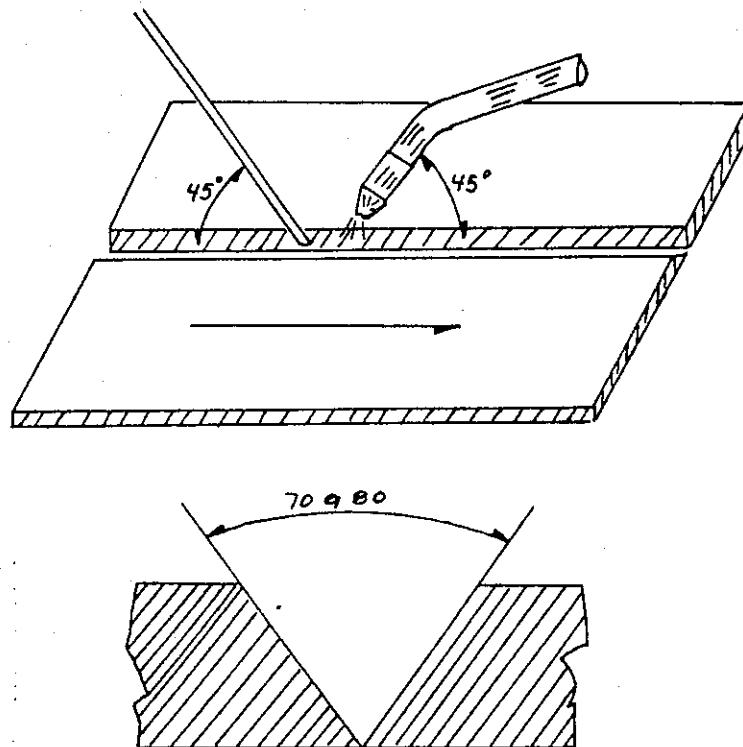


FIGURA No. 14

El método es más flexible, pues el operario puede obtener, simplemente regulando la inclinación del soplete, una penetración definida en el reverso de la soldadura. Los biseles deben tener de 70 a 80°.

Soldadura en ángulo interior

La soldadura en ángulo interior, es también conocida por soldadura en "conva", se ejecuta en el ángulo interior de 2 placas situadas en distintos planos.

La soldadura puede realizarse siguiendo el método "clásico" o "izquierdas" para espesores inferiores a 5 mm. o por el método a "derechas" para espesores superiores a 6 mm. garantizando una mayor penetración.

El soplete forma un ángulo de 45° con la placa vertical y asegura la fusión de las partes por unir sin efectuar movimientos transversales o circulares. El metal de aportación inclinado 45° respecto a la placa horizontal, avanza con un movimiento semi-circular, pasando de una placa a otra con el fin de asegurar un reparto regular del metal fundido (ver figura número 15).

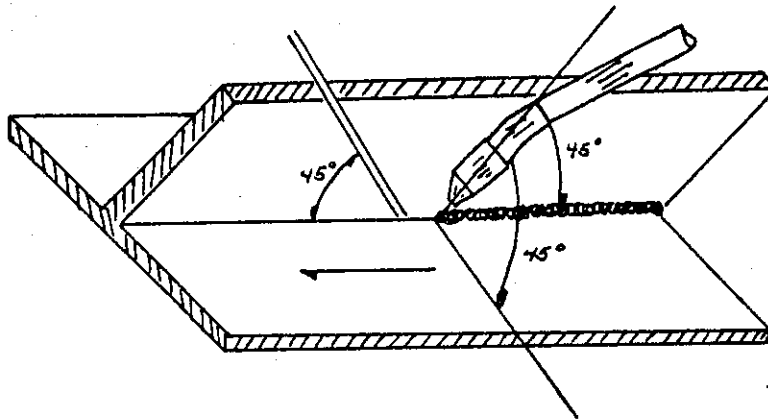


FIGURA No. 15

especifican generalmente en el plano. En el lado izquierdo se coloca el tamaño del cordón y en el lado derecho la longitud y la intermitencia. Las figuras 2 y 3 muestran como se anota esa información en el símbolo. En la soldadura a tope con chaflán, es a veces necesario especificar la preparación de la junta. El primer paso es especificar cuál de las placas lleva el bisel. Si ambas placas llevan bisel, entonces no es necesario indicarlo, pero si sólo una lleva bisel, es necesario hacerlo, haciendo que la punta de la flecha apunte hacia la placa que lo lleva. (las figuras Nos. 3 y 4 lo demuestran).

El tipo de preparación queda indicado por el símbolo básico de soldadura, pero pueden agregársele las dimensiones de la preparación para mayor aclaración. (ver figuras Nos. 4 y 5).

Es posible señalar tanto a la preparación como a otro cordón de soldadura superpuesto, colocando simplemente un símbolo sobre el otro, como se ve en la figura No. 5.

Pueden colocarse 2 símbolos suplementarios en la unión de la flecha y la línea de referencia. El primero es el de soldar a todo el rededor de la junta. El segundo es el símbolo para "soldar en la obra" representado por un punto sólido, significa que la soldadura ha de hacerse en la obra y no en el taller.

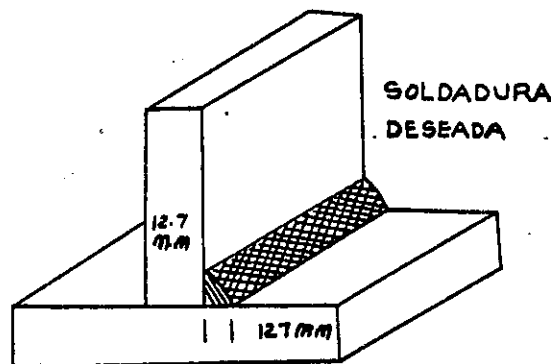


FIGURA #2

SÍMBOLO

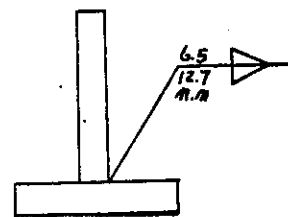
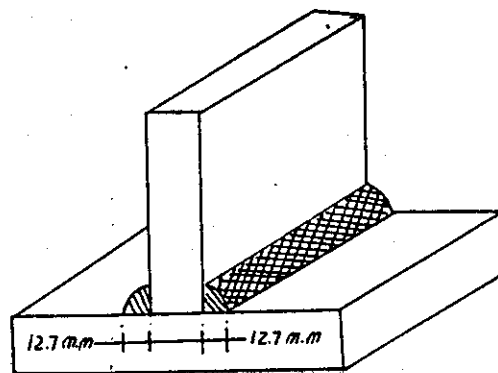
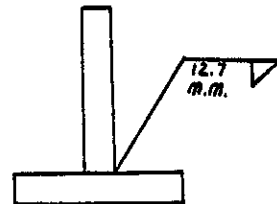
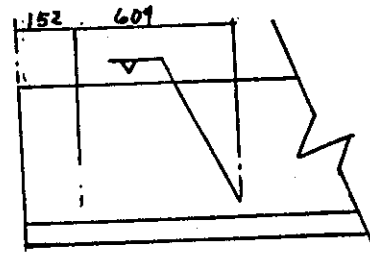
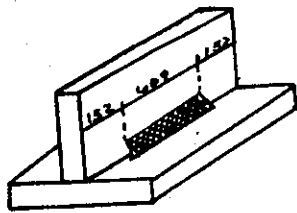
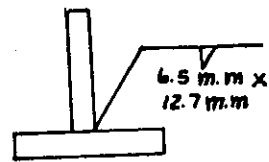
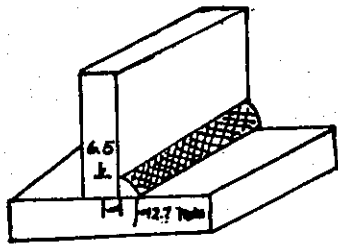


FIGURA No. 2

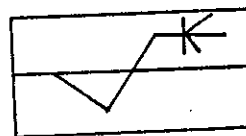
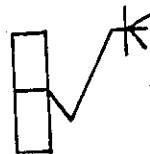
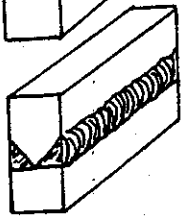
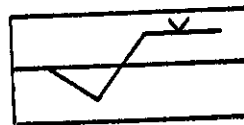
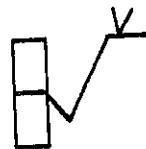
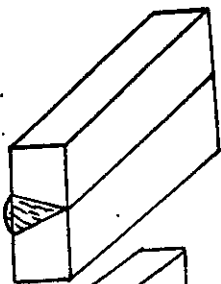
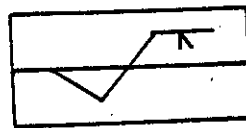
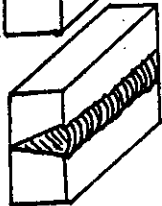
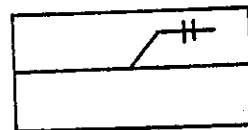
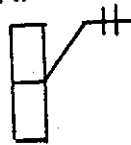
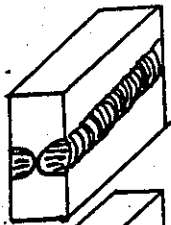
SOLDADURA DESEADA

SIMBOLO

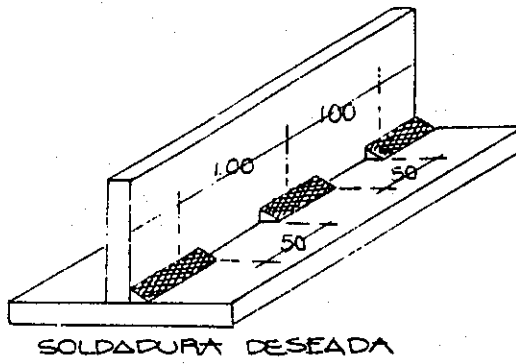


LA PLACA SUPERIOR
BISELADA

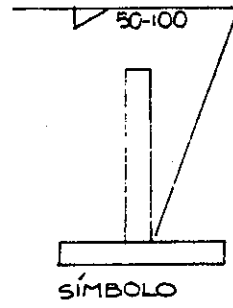
FIGURA # 3



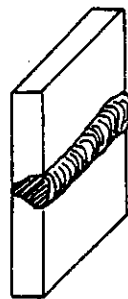
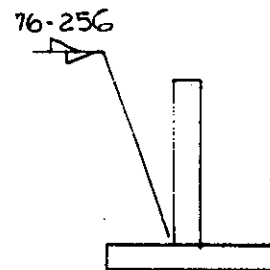
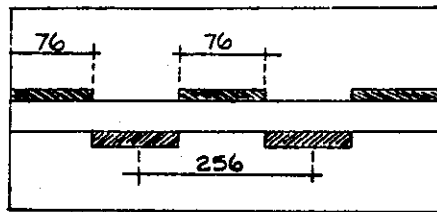
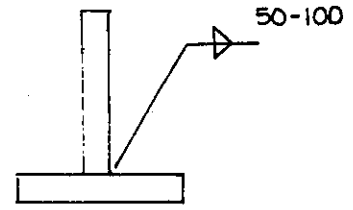
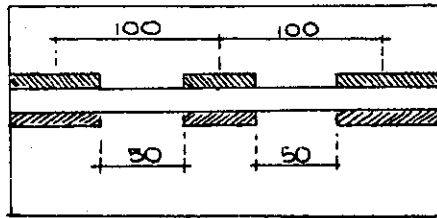
Continúa Figura No. 2



SOLDADURA DESEADA



SÍMBOLO



SOLDADURA DESEADA

SÍMBOLO

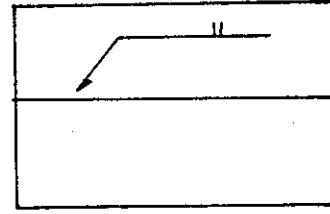
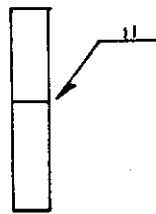
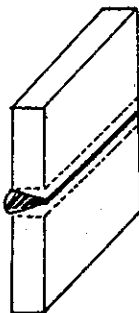
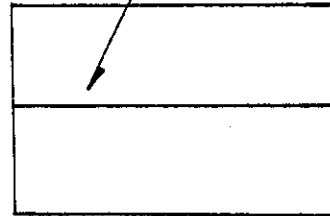
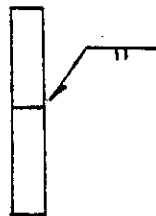
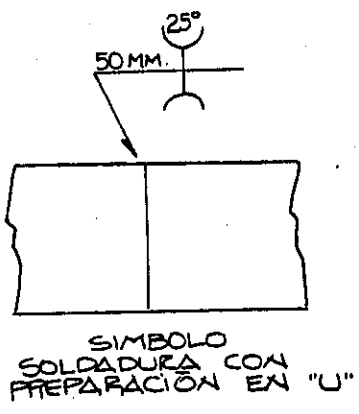
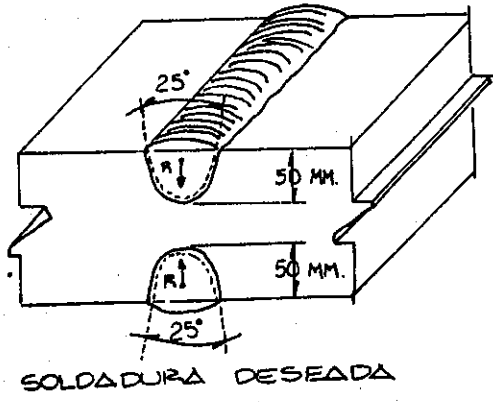
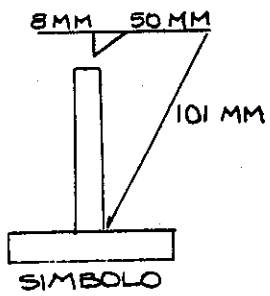
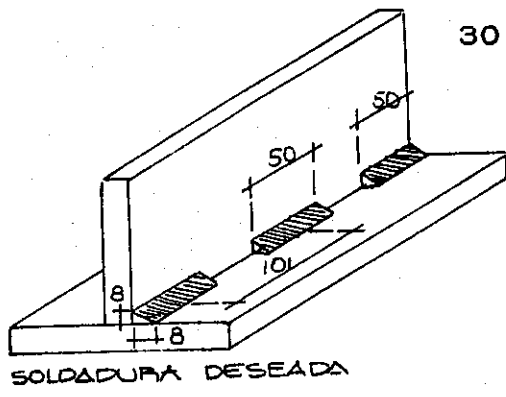
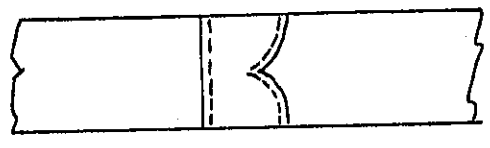
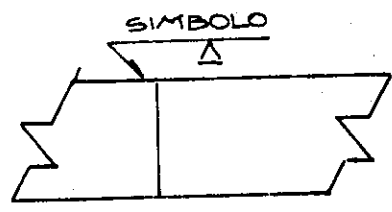
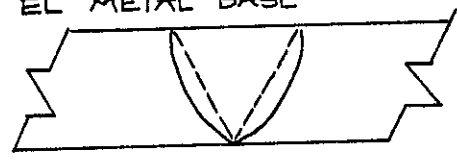


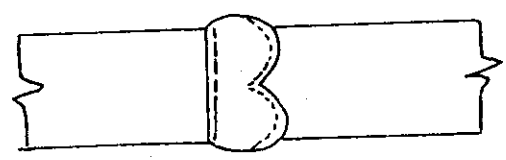
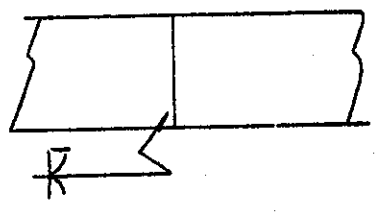
FIGURA No. 3



METAL DEPOSITADO A RAS CON EL METAL BASE



SOLDADURA A RAS CON LAS CARAS LAS PLACAS



SOLDADURA CON CARA

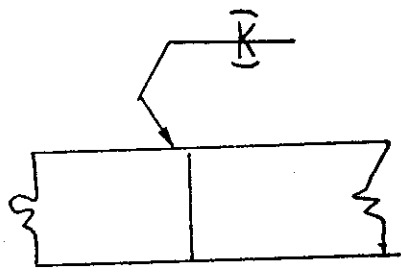


FIGURA No. 4

UBICACION DE LOS SIMBOLOS PARA DIMENSIONES DE SOLDADURAS COMBINADAS CON PENETRACION ESPECIFICADA EN LA RAIZ.

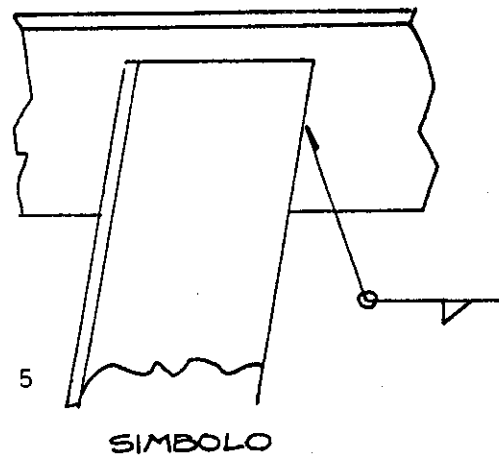
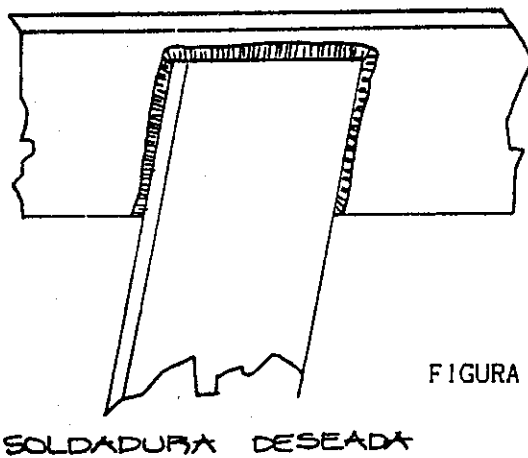
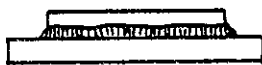
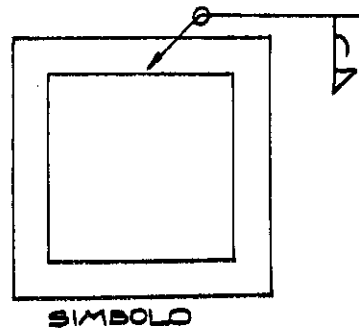
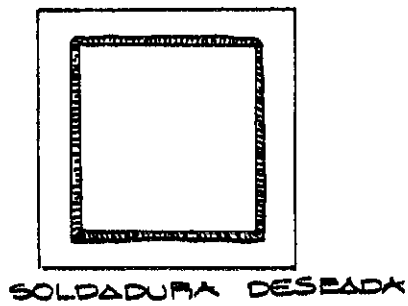
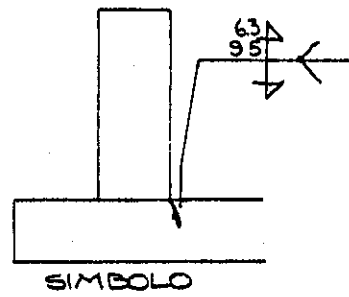
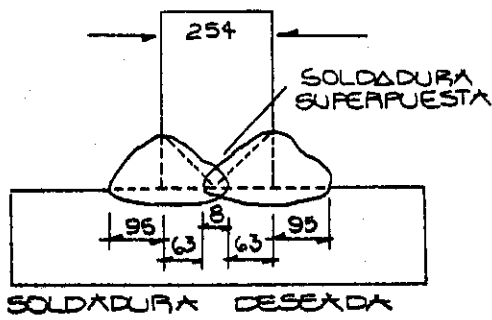
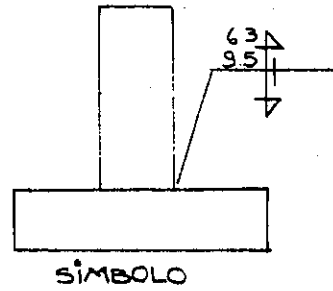
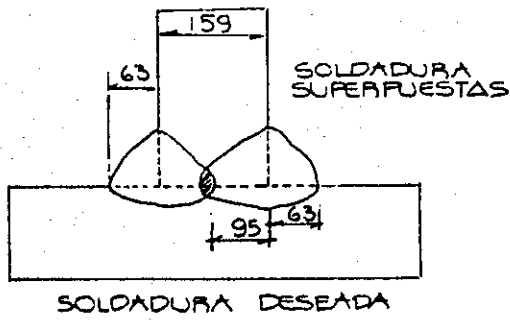
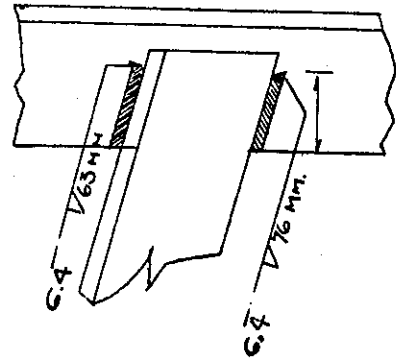
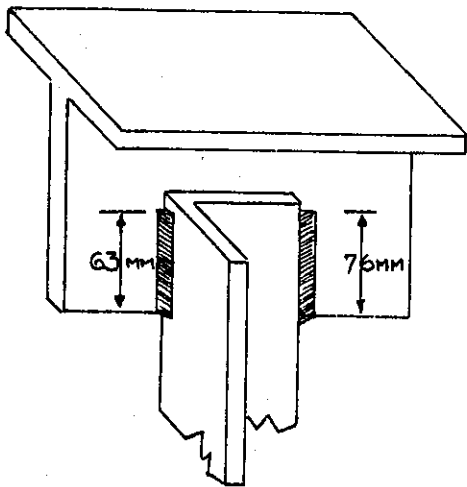


FIGURA No. 5



UBICACION DEFINIDA

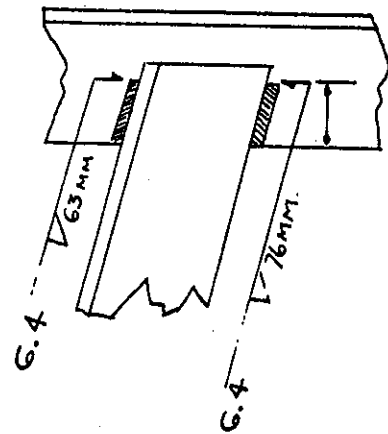
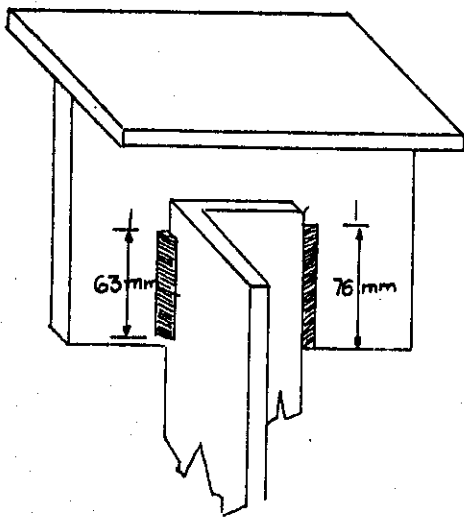


FIGURA No. 6

ELECTRODOS

La soldadura eléctrica por arco, se caracteriza por la creación y mantenimiento de un arco entre un hilo metálico llamado electrodo y la pieza por unir. El electrodo realiza una doble misión: de conducto de la energía eléctrica necesaria para la fusión y llevar el metal de aportación.

Electrodos desnudos

Los electrodos desnudos, utilizados en casos especiales, están formados por un hilo metálico de sección circular de composición química definida; tienen muchos inconvenientes, tanto desde el punto de vista de funcionamiento del arco, como de las cualidades físicas del metal aportado.

Los defectos de los electrodos desnudos son los siguientes:

- a) Dificultad de cebado y de estabilidad del arco. No se puede utilizar el electrodo desnudo más que con corriente continua y polaridad positiva. La estabilidad se mejora cuando el contenido de carbono de los hilos es elevado o cuando lleva ciertos elementos especiales. En el polo negativo, el arco es muy inestable no obstante es posible estabilizar el arco añadiendo productos no metálicos, tales como silicatos, ya sea recubriendo el hilo en forma tubular, ya depositándolos sobre la línea de soldadura. Con corriente alterna no es posible estabilizar el arco, incluso añadiendo sustancias estabilizadoras.
- b) La fusión del electrodo desnudo favorece la absorción de una gran cantidad de gas oxígeno y nitrógeno, que conduce no sólo a la formación de sopladuras (poros), sino también a la formación de compuestos tales como el óxido de hierro y el nitrógeno de hierro (Fe, N), disminuyendo la capacidad de deformación de la soldadura (fragilidad).
- c) La fusión del electrodo desnudo conduce a una pérdida por oxidación de los elementos que dan ciertas características físicas al metal base, disminuyendo estas características y propiedades mecánicas del metal fundido independientemente de los otros defectos. (Porosidad, etc.)

Electrodos recubiertos. Funciones de los revestimientos.

El sueco Kjellberg, fue el inventor del electrodo revestido y es a él, que la industria de la soldadura debe su gran éxito actual .

El electrodo revestido está formado por un alma de alambre metálico, generalmente de forma cilíndrica y de un revestimiento de composición química muy variable, según las características deseadas.

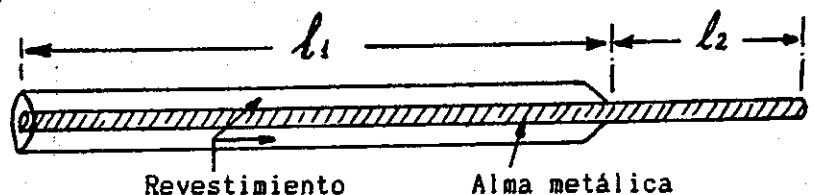


FIGURA No. 7

La composición de los revestimientos es muy compleja, son mezclas de materias orgánicas y minerales, de manera que cada sustancia juega y tiene una misión determinada, ya sea durante la fusión, durante la solidificación, actuando como estabilizadores del arco, componentes de la escoria, depuradores del metal, portadores de elementos útiles al metal fundido, etc.

En definitiva, el revestimiento realiza un gran número de funciones cuyo estudio constituye toda la técnica del electrodo:

- a) Función eléctrica del revestimiento
- b) Función física de la escoria
- c) Función metalúrgica del revestimiento.

a) Función eléctrica del revestimiento. Se sabe que la existencia de un arco depende del estado de ionización de los gases existentes entre el ánodo y el cátodo. Se ha visto que los arcos metálicos son inestables a causa de sus características negativas debido al hecho de que la resistencia disminuye cuando la intensidad del arco aumenta. Para obtener la estabilidad de funcionamiento, hay necesidad de introducir en el circuito del arco una resistencia o mejor una bobina de inducción con una resistencia que se opone a las variaciones rápidas de la corriente. Asimismo, los factores que actúan sobre la estabilidad del arco son numerosos:

- La tensión de cebado en vacío, en corriente alterna es más elevada.
- El potencial de ionización de los metales.
- El poder termoniónico.
- La conductibilidad térmica.

Para el arco en corriente alterna, es indispensable un medio fuertemente ionizado, de aquí la necesidad de introducir en el revestimiento sales con baja tensión de ionización y un elevado poder termoniónico, tales como las sales de sodio, de potasio y de bario. La acción de estas sales es tanto más sensible cuanto que la concentración en el metal es más elevada.

La acción de ciertas sales es particularmente sensible en la soldadura eléctrica por arco en corriente alterna. Efectivamente, es imposible a baja tensión $U < 60$ volts. cebar el desnudo, pero con vestigios de cloruro de sodio sobre la placa, se permite el inmediato cebado.

Existen también otros productos favorables al cebado y al mantenimiento del arco como son los silicatos, los carbonatos, los óxidos de hierro, los óxidos de titanio, el óxido de torio, etc.

Contraria a estas sustancias existe un gran número de productos, tales como los fluoruros, que ofrecen una acción eléctrica desfavorable; por esta razón la criolita no es aconsejable como cuerpo ionizante. En general, los cueros que se descomponen para dar gases fácilmente disociables, exigen tensiones de cebado más elevadas a causa de las calorías absorbidas por la disociación.

El estudio del revestimiento, desde el punto de vista de su función eléctrica, es particularmente importante para la puesta a punto de los electrodos que deban funcionar con corriente alterna. Tiene mucho menor importancia para los electrodos que lo hagan con corriente continua. En corriente continua, la alta temperatura del cátodo conserva la ionización del medio en el cual salta el arco y éste permanece estable. Por lo contrario, para la corriente alterna, el arco se apaga en cada periodo y en ese instante resulta necesario facilitar su reencendido, empleando sales susceptibles de desprender vapores ionizantes.

- b) Función física del revestimiento. El revestimiento debe facilitar la soldadura en distintas posiciones: vertical, horizontal y sobrecabeza, realizando según su naturaleza un cordón convexo o cóncavo (soldadura de filete) en esta función intervienen 2 elementos:

- La naturaleza del revestimiento, que determina la viscosidad de la escoria.
- Es espesor del revestimiento.

La ejecución de la soldadura en posición sobrecabeza no puede realizarse a menos que la gota fundida sea arrastrada por los gases producidos por el revestimiento o por el vapor de agua.

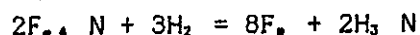
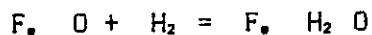
Los electrodos volátiles o semivolátiles son susceptibles de realizar buenas soldaduras en posición sobrecabeza a causa del desprendimiento de hidrógeno o de vapor de agua.

- c) Función metalúrgica el revestimiento. Los revestimientos tienen elementos estabilizadores y elementos formadores de escoria, además, tienen elementos reductores y elementos útiles que se fijan al metal fundido con el fin de aumentar las cualidades mecánicas del material depositado.

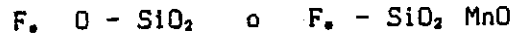
Elaboración de escorias.

La naturaleza de las escorias que se obtienen después de la soldadura, dependen de los productos que componen el revestimiento, por lo que es importante definir la naturaleza de los revestimientos.

1. Electrodo volátiles. Constituidos por celulosa (C, H, O) que da por descomposición una mezcla de gases reductores, sobre todo hidrógeno atómico. La función protectora y reductora de este tipo de revestimiento, está plenamente asegurada por el desprendimiento de hidrógeno, quedando muy poca escoria sobre el metal. Estos electrodos permiten la aplicación de la soldadura en todas posiciones, dando una cierta penetración, gracias a la reacción exotérmica del hidrógeno. El afinado del metal por la acción del hidrógeno se hace en la siguiente reacción:



2. Electrodo ácidos. Estos revestimientos están constituidos principalmente por óxido ferroso ($Fe_2 O_3$, $Fe_3 O_4$), de sílice y a menudo de magnesio, pertenecen a los sistemas:



Las escorias dadas por estos revestimientos son vidrios o silicatos, cuya composición refleja la del revestimiento, silicatos de hierro o silicatos de hierro y magnesio.

La protección del metal fundido se obtiene mediante una escoria espesa, semiviscosa que recubre el baño fundido. La adición de manganeso en la forma de ferro-manganeso, tiene por objeto por una parte, actuar sobre la fluidez de la escoria y fijar este elemento en el metal fundido.

Este revestimiento es lo que llevan los electrodos corrientes, dando un arco estable en corriente continua o alterna, con un voltaje bajo de cebado de 25 volts. de funcionamiento y 30 o 40 de cebado.

Los electrodos que producen abundante escoria, son los que dan mayor protección al metal fundido, protegen a la soldadura de un enfriamiento brusco de 1400 a 25°C aproximadamente, para lo cual siempre se recomienda que el soldador "no" quite la escoria inmediatamente después de terminar de soldar, sino que se de un tiempo suficiente para evitar un enfriamiento violento y dar tiempo suficiente para que la escoria y los gases no queden atrapados dentro de la soldadura.

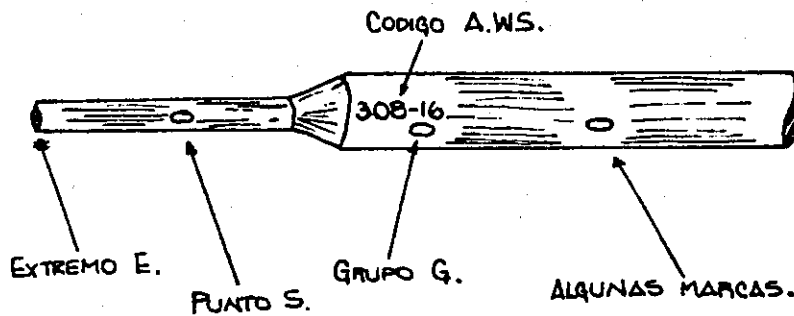
Como observación a los cuidados de las juntas soldadas, nunca se debe enfriar el material soldado en forma violenta, ya que se tiene la costumbre entre los soldadores de enfriar las soldaduras con agua fría para poder maniobrar con facilidad las estructuras recién soldadas. Lo anterior hace que las juntas de soldadura pierdan propiedades mecánicas, entre ellas la elasticidad del material, es decir, la junta soldada se rompe frágilmente, no dando tiempo a tomar medidas de protección.

El conocimiento de las propiedades de los electrodos es de suma importancia para el control de la calidad de las estructuras soldadas.

El Inspector de soldadura debe conocer las propiedades de los electrodos y puede recomendar los adecuados al material base por soldar, al mismo tiempo, proporcionar la técnica más conveniente para cada caso particular.

3.1 IDENTIFICACION DE LOS ELECTRODOS

Debido a que existe una cantidad bastante considerable de tipos de electrodos, de acuerdo con características específicas como son: por medio del color de su revestimiento, por puntos de colores o por un código que ya se ha establecido para los grandes grupos:



El código de colores para la clasificación de los electrodos ha sido establecido por la N.E.M.A. (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos). Las especificaciones son establecidas por la A.W.S. (Sociedad Americana de la Soldadura).

Muchos fabricantes producen varios electrodos de la misma clase y también existen electrodos que no se han codificado por la N.E.M.A. o A.W.S. por lo que en estos casos, el operario se debe guiar por la identificación que le ha asignado el fabricante.

La clasificación de la A.W.S. y la marca de cada electrodo es aquella bajo la cual ese electrodo está calificado. Aunque un electrodo puede llenar los requisitos de más de una clase, sólo puede ser clasificado en una clase. La clasificación A.W.S. muestra el significado de la clasificación, por lo que al considerar un electrodo, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Electrodos de solidificación rápida: Los electrodos de la clase E6010 y E6011 tienen características de solidificación rápida y son adecuados para soldar en todas las posiciones. **Electrodos de deposición rápida:** Los electrodos usados para la soldadura con avance rápido, sobre láminas delgadas, son fabricados especialmente para que su depósito sea rápido y afluente. De este tipo son los E6012 y E6013.

Para relleno rápido: Estos electrodos se usan para depositar rápidamente cordones gruesos en soldaduras en ángulo o chaflán. Los electrodos de estas categorías comprenden a los que contienen polvo de hierro tipo E6014, E6024 y E6027.

Para aceros difíciles de soldar: Los electrodos de la categoría E6015 y E6016 son los indicados para soldar que contienen azufre (maquinado difícil), aceros de alto tenor de carbono y algunos aceros de contenido mediano de aleaciones.

SISTEMA DE LA A.W.S. DE NUMERACION DE LOS ELECTRODOS

Para los electrodos a utilizar en acero dulce y los aceros de baja aleación, se tiene la siguiente numeración. El prefijo "E" significa electrodo para soldadura por arco; el prefijo "R" significa varilla para soldadura autógena.

Las dos primeras cifras de un número de 4 cifras o las 3 cifras de un número de 5 cifras, designan la resistencia a la tracción.

E-60xx	significa una resistencia a la tracción de 60,000 libras por pulgada cuadrada (4220 kg/cm ²).
E-70xx	significa una resistencia a la tracción de 70,000 libras por pulgada cuadrada (4920 kg/cm ²).
E-100xx	significa una resistencia a la tracción de 100,000 libras por pulgada cuadrada (7030 kg/cm ²).

La última cifra no tiene significado si se le considera por sí sola, pero las 2 últimas cifras consideradas en conjunto indican la polaridad del electrodo.

E-xx10	Significa corriente continua, polo positivo.
E-xx11	Significa corriente continua, polo positivo o corriente alterna.
E-xx12	Significa corriente continua, polo negativo o corriente alterna.
E-xx13	Significa corriente continua, polo negativo o corriente alterna.
E-xx14	Significa corriente continua o corriente alterna en ambos polos.
E-xx15	Significa corriente continua, polo positivo.
E-xx16	Significa corriente continua, polo positivo o corriente alterna.
E-xx24	Significa corriente continua o corriente alterna en ambos polos.
E-xx27	Significa corriente continua o corriente alterna, polo negativo.
E-xx20	Significa corriente continua o corriente alterna en ambos polos.
E-xx30	Significa corriente continua o corriente alterna en ambos polos.

Cuando se trata de electrodos de acero inoxidable tal como el E-347-15:

- A. Las 3 primeras cifras indican la clase de acero inoxidable.
- B. Las 2 últimas cifras indican la posición y la polaridad.

La antepenúltima cifra indica la posición para soldar.

E-xx1x	Significa para todas las posiciones.
E-xx2x	Significa para la posición horizontal y plana.
E-xx3x	Significa para la posición plana únicamente.

Para los diferentes tipos de revestimiento, nótese que los electrodos tipo E6010 y E6011 tienen un revestimiento con alto contenido de materia orgánica (celulosa).

Los electrodos E6012 y E6016 tienen un revestimiento con bajo contenido de hidrógeno (cal, carbonato de sodio o bien cal con óxido de rutilo).

Los electrodos E6012 y E6030 tienen un revestimiento con alto contenido mineral (óxido de hierro u óxido de manganeso).

Los electrodos E6014, E6024 y E6027 tienen un revestimiento consistente de hierro en polvo).

En cuanto a los electrodos de acero inoxidable, 15 de ellos tienen revestimiento de cal y 15 tienen revestimiento de óxido de rutilo.

ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE

Los electrodos estabilizados se pueden utilizar en metales estabilizados o no, mientras que los no establecidos sólo para metales no estabilizados. Cuando se solda un metal inoxidable a un acero dulce, se aconseja usar un electrodo de acero inoxidable que tenga una aleación más alta que el metal base; esta cantidad más de aleación compensa la pérdida de aleación causada por la mezcla con el acero dulce. Estos electrodos con baño de cal, son los indicados, pudiendo soldar en todas posiciones, lográndose un arco de gran penetración, además, solidifica rápidamente con poca escoria.

CARACTERISTICAS DE LOS ELECTRODOS INOXIDABLES

CLAVE AWS	ELECTRODO "LINCOLN"	OBSERVACIONES
E-308-15	Stainweld A5	18/8 no estabilizado
E-347-15	Stainweld 45 - Cb	18/8 estabilizado con colombio (niobio)
E-309-15	Stainweld B - cb	18/12 estabilizado con colombio (niobio)
E-318-15	Stainweld C - Cb	25/12 molibdeno estabilizado con niobio
E-310-15	Stainweld D5	25/20 no estabilizado

USO DE LOS ELECTRODOS CON ACEROS INOXIDABLES (AISI)

E-308-15	Aceros tipo 301, 302, 304 y 308 no estabilizados.
E-347-15	Aceros tipo 301, 302, 304 y 308 no estabilizados, además, los tipos 321 y 247 estabilizados y a ac. inox. con contenido de carbono (bajo) (tipo ELC) 18/8.
E-309-15	Tipos 309 y 309s
E-318-15	Tipos 316 y 316L.
E-310-15	Tipos 310.

AMPERAJES RECOMENDADOS

POSICION PLANA, VERTICAL Y SOBRECABEZA		
TAMANO DEL ELECTRODO		AMPERAJE
DIAMETRO	LONGITUD	
1/16 in.	228 mm	10 a 40 amps.
5/64 in.	228 mm	23 a 55 amps.
3/32 in.	228 mm	30 a 70 amps.
1/8 in.	355 mm	50 a 100 amps.
5/32 in.	355 mm	75 a 130 amps.
3/16 in.	355 mm	95 a 165 amps.
1/4 in.	355 mm	150 a 225 amps.

Las características de los electrodos de acero inoxidable son:

- a) mayor resistencia eléctrica
- b) menor conducción térmica
- c) mayor dilatación térmica
- d) usar corriente continua con polaridad inversa (electrodo positivo)

El electrodo se recalienta, el baño se enfría más lentamente y las deformaciones son un problema constante. Para contrarrestar lo anterior, debe utilizarse menor amperaje, mayor cuidado en limpiar y preparar la junta y cuidarse de remover el calor rápidamente en las láminas delgadas por medio de planchas de respaldo de cobre.

PROPIEDADES FISICAS

ELECTRODO CLASIFICACION AWS	ANALISIS QUIMICO DEL METAL DE APORTACION	PROPIEDADES FISICAS (edo. soldado)	
		RESISTENCIA TENSION kg/cm ²	ALARGAMIENTO 50 mm%
E-308-15	Carbono 0.65 % Cromo 19.7 % Niquel 9.5 % Niobio 0.80 %	6320 - 7030	30 - 45
E-347-15	Carbono 0.060% Cromo 19.7 % Niquel 9.5 %	5970 - 6680	35 - 50
E-309-15	Carbono 0.080% Cromo 22.9 % Niquel 13.8 % Niobio 0.80 %	5970 - 6680	30 - 45
E-318-15	Carbono 0.65 % Cromo 18.1 % Niquel 12.5 % Molibdeno 2.3% Niobio 0.80 %	5970 - 6680	30 - 45
E-310-15	Carbono 0.13 % Cromo 25.8 % Niquel 20.40 %	5620 - 6320	35 - 45

INDICACIONES PARA SOLDAR EN DIFERENTES POSICIONES

Posición plana: Use un arco corto sin que se apague el electrodo o se pegue, use cordones rectos para todas las pasadas y no utilice la técnica del tejido. Use amperajes bajos consistentes en una buena fusión, acción del arco adecuado.

Posición vertical y sobrecabeza: Use sólo cordones rectos con movimiento muy ligero de "chicote" y con un movimiento circular dentro del cráter. Use corrientes tan bajas como sea posible.

INSTRUCCIONES DE TRABAJO

1. El amperaje adecuado es el que mantiene el arco suave y sin recalentar el electrodo.
2. Si solda láminas, emplee placa de respaldo de cobre.
3. Si solda acero al manganeso, deje enfriar cada cordón hasta poderlo tocar con la mano.
4. El depósito del electrodo E-308-15 es muy tenaz y resistente a los impactos más severos. Una capa de material de revestimiento duro sobre el revestimiento de acero inoxidable aumenta la resistencia a la abrasión de la superficie, sin reducir la resistencia al impacto.

ELECTRODOS REVESTIDOS CON OXIDO DE TITANIO

Se usan con corriente alterna para soldar aceros inoxidables del tipo 18/8.

CARACTERISTICAS:

- Arco menos enérgico que los revestidos con cal, penetración mediana y el cordón es más liso.
- Puede emplearse corriente continua.

TIPOS:

CLASE A.W.S.	OBSERVACIONES
E-308-16 E-347-16	18/8 no estabilizado 18/8 estabilizado con niobio

Corriente: Continua y alterna. Polaridad negativa.

Preferible Alterna.

Posición: todas

Revestimiento: Oxido de titanio

Aplicaciones de revestimiento. Superficie tenaz y dúctil resistente a la corrosión.

Se usan en los tipos de acero inoxidable AISI.

E-308-16: tipo 301, 302, 304 y 308 no estabilizado.

E-347-16: tipo 301, 302, 304 y 308 no estabilizado y también el 321 y el 347 estabilizados y los inoxidables 18/8 bajo carbón.

El procedimiento de aplicación de la soldadura es idéntico a los de cal.

PROPIEDADES FISICAS

ELECTRODO	ANALISIS QUIMICO DEL METAL APORTADO %	RESISTENCIA TENSION kg/cm ²	ALARGAMIENTO 50 mm%
E-347-16	Carbono 0.065 Cromo = 19.7 Niquel = 19.5 Niobio = 0.80	6320	35 - 50
E-308-16	Carbono 0.060 Cromo = 19.7 Niquel = 9.5	5970 - 6680	35 - 50

Los amperajes vienen en los manuales del fabricante.

3.2 MAQUINAS DE SOLDAR

Se puede soldar con corriente continua y corriente alterna, existiendo varias posibilidades de la obtención de la corriente. Además de la importancia de la soldadura, desde el punto de vista técnico, también la clase de electrodo, propiedades y dimensiones del material base, construcción, etc. Han de tenerse en cuenta las condiciones locales del trabajo y de la corriente (energía) para la elección de las fuente (generaciones). Existiendo las siguientes posibilidades:

- a) En caso de no existir ninguna red de corriente eléctrica.

La corriente para soldar hay que producirla en el mismo lugar de consumo, por medio de un motor de gasolina o diesel, acoplado a un generador de corriente (dínamo). En la mayoría de los casos se generará corriente continua.

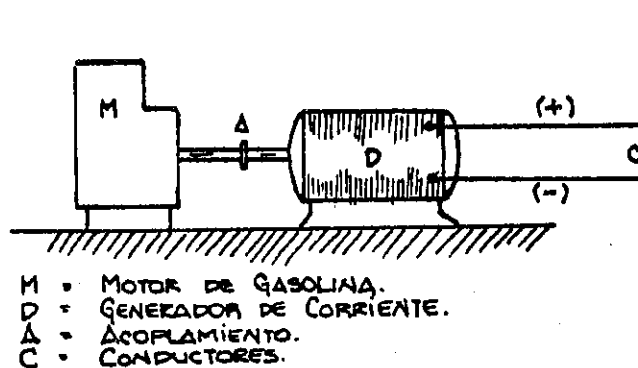


FIGURA No. 3

Las máquinas de soldar acopladas a un generador de corriente, tienen la gran ventaja de poderse utilizar en obras completamente apartadas de líneas de transmisión eléctrica. Esto hace que en dichas obras se pueda soldar y fabricar estructuras soldadas de todas dimensiones, siempre y cuando se cuente con los elementos complementarios. Además, todos los generadores tienen una salida de corriente continua, para que en caso de necesidad se pueda tender una línea de focos de alumbrado, para iluminar lugares de la obra en que por emergencia se tenga que trabajar durante la noche. Estas máquinas son fabricadas en tamaños medianos para poderlos transportar a cualquier lugar deseado. Como en todo motor, se requiere un mantenimiento para lograr una máxima eficiencia.

Las desventajas de los generadores movidos con motores de gasolina o diesel, son que la intensidad de la corriente presenta pequeñas variaciones que influyen en la estabilidad del arco eléctrico formado entre el electrodo y el metal base. El alto costo de funcionamiento cuando las máquinas viejas, aparte de resultar antieconómicas y molestar, provocan que las soldaduras efectuadas con ellas sean de mala calidad, por lo que se recomienda que las máquinas soldadoras, en estado de baja eficiencia, sean desechadas, ya que generalmente los contratistas tienen la idea de seguir trabajando con equipo inadecuado y antieconómico, pensando que así aumentan sus ganancias.

b) Si existe una red trifásica (corriente alterna).

En este caso, se puede aprovechar la energía eléctrica de la línea por medio de lo siguiente:

En caso de que la línea sea de alta tensión, se tendrá que construir una subestación para bajar el alto voltaje a bajo voltaje, es decir, a la corriente normal industrial de 220/380 volts. de corriente alterna, se tendrán las siguientes posibilidades.

1. Emplear un motor generador, figura número 4, siendo el motor alimentado con corriente alterna y el generador proporcionará corriente continua con el voltaje y amperaje requerido para soldar.
2. Emplear un transformador, figura número 5, que hará aumentar la intensidad de la corriente y bajar el voltaje requerido para soldar. En este caso la soldadura se efectuará con corriente alterna.
3. Emplear un transformador y unido al transformador un rectificador de corriente, figura número 6. El transformador va conectado a la red de corriente alterna normal y en la salida del mismo, se obtiene una intensidad de corriente alta y un voltaje bajo; estas salidas van conectadas a un rectificador que transforma la corriente alterna en continua. Los rectificadores pueden ser de selenio o de válvulas, similares a los usados en los radios normales.

Todas las máquinas anteriormente enunciadas, se pueden conectar a la red trifásica, en caso de tener que emplear motores monofásicos, se deberá tomar una fase de la red mencionada.

RED CORRIENTE ALTERNA TRIFASICA

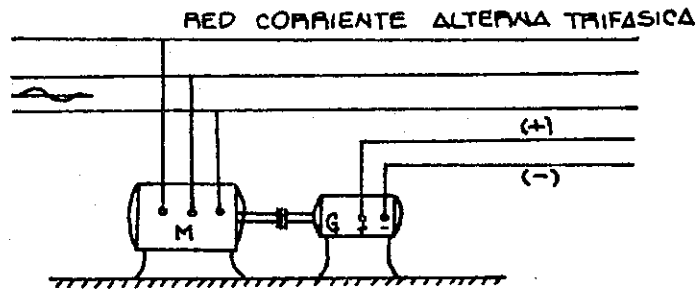


FIGURA No. 4

Quando la obra se halle en la ciudad y sólo se disponga de corriente alterna monofásica, se podrán emplear transformadores o motores que muevan generadores para producir corriente alterna y corriente continua con los amperajes y voltajes correctos.

Las conexiones más comunes de transformadores y generadores (motores) a la red trifásica, se hace en la forma de delta o en estrella. Figuras número 7 y 8.

RED CORRIENTE ALTERNA TRIFASICA

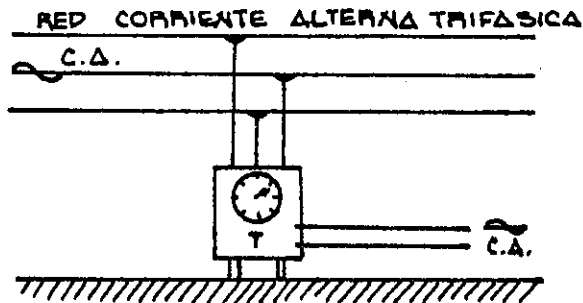


FIGURA No. 5

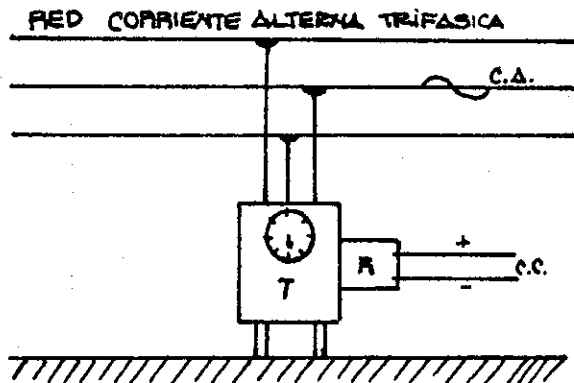


FIGURA No. 6

T = Transformador
R = Rectificador

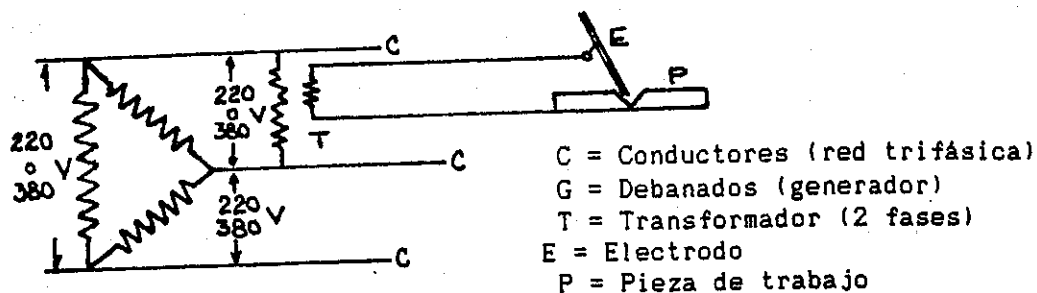
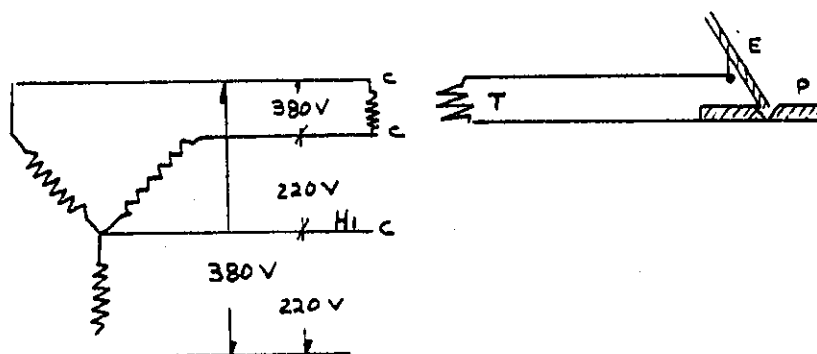


FIGURA No. 7



CONEXION EN ESTRELLA

FIGURA No. 8

Las máquinas de soldar automáticas modernas funcionan con cualquiera de los motores anteriormente descritos y su automatización se debe a que sueldan por sí solas una vez que el operador las hace funcionar, previo alineamiento y preparación de los aditamentos de funcionamiento.

En la inspección de la calidad de la soldadura eléctrica se deberá tener muy en cuenta el buen estado de la máquina de soldar, ya que una máquina que tiene un funcionamiento defectuoso invariablemente hará que las soldaduras presenten defectos, aun considerando que se trate de un soldador de cualidades excepcionales.

Actualmente, en el momento de ejecutar la inspección de la soldadura, se revisa el funcionamiento de la máquina y sus dispositivos.

Las máquinas de soldar, de acuerdo con los manuales de los fabricantes, proporcionan un determinado amperaje a un determinado número de revoluciones por minuto, por lo que cuando las máquinas tienen algún defecto en su funcionamiento, hará que el amperaje no sea el adecuado o el marcado en el manual.

Las máquinas llevan un aditamento llamado gobernador que regula las revoluciones por minuto, de tal manera que el amperaje sea constante. El mal estado de este aparato hace que el amperaje varíe, produciendo una junta soldada defectuosa, ya sea con falta de fusión o socavando el material base.

Se han encontrado en algunos casos, que el contratista emplea cables rotos, amarrados con alambre delgado, para conectarlos a los bornes de las máquinas soldadoras; la resistencia que ofrecen estos alambres delgados, hace que el amperaje de operación de soldadura baje considerablemente, haciendo que los alambres se calienten y se pongan al rojo y lleguen a fundirse, inclusive pueden provocar un incendio cuando se encuentren materiales combustibles en contacto con los alambres mencionados.

El diámetro y el largo de los alambres conductores de la corriente, influyen en forma considerable, ya que si se utiliza un alambre de diámetro menor al indicado, la intensidad de la corriente baja, calentando a los alambres conductores; si el alambre conductor es demasiado largo, se presentará una caída considerable del voltaje.

Como puede observarse, el inspector de soldadura eléctrica, no sólo debe limitarse a observar la técnica de aplicación de la soldadura, sino que debe revisar detenidamente la máquina de soldar, el gobernador, la uniformidad del ruido de escape (revoluciones por minuto), los bornes de la máquina, los manuales, el diámetro y la longitud de los cables, ya que cualquier desperfecto de alguno de los aditamentos que se han mencionado provoca soldaduras de mala calidad.

Es recomendable también, verificar el porta-electrodos y el equipo con que cuenta el soldador, ya que un mal equipo o la ausencia de éste, hará que la eficiencia del soldador sea baja o que inclusive no pueda soldar.

CAPITULO IV

TECNICA DE SOLDADO

4.1 CUIDADOS REQUERIDOS PARA EFECTUAR SOLDADURAS DE BUENA CALIDAD

El éxito de la soldadura descansa en que una soldadura bien ejecutada, une solidariamente a las dos piezas por soldar, formando una sola pieza con propiedades similares.

La soldadura por arco, exige una corriente constante en amperaje y un voltaje adecuado, la corriente puede ser alterna o continua, siempre y cuando sea proporcionada por una fuente que se pueda regular.

La potencia de todas las máquinas de soldar es indicada por la corriente de salida y que en todas las máquinas viene indicada en una placa remachada a ésta. Existen máquinas desde 100 amperes, que se usan en trabajos de poca importancia, hasta máquinas automáticas industriales de 2,000 amperes. Los fabricantes dan una tolerancia para asegurar un largo tiempo de servicio seguro y de eficiencia. La potencia se refiere a una duración de carga o ciclo de trabajo. La duración de carga de una máquina es el tiempo, dentro de un período de 10 minutos, durante el cual puede operar a la capacidad indicada. Suponiendo una máquina de 300 amperes con una duración de carga de 60% significa que ésta puede ser operada, con seguridad y sin peligro alguno, a 300 amperes por 6 minutos de cada 10. Si este período de carga se reduce, puede aumentarse el amperaje al máximo indicado por el fabricante. Así, con una duración de carga de 35% un equipo de 300 amperes podría operar con 375 amperes.

La corriente puede obtenerse de máquinas de transformador para conectarlos a la línea monofásica; transforman la corriente de entrada de alto-voltaje, bajo-amperaje a una corriente de soldadura de bajo-voltaje, alto-amperaje. Los transformadores deben estar provistos de elementos de regulación, para dar los amperajes adecuados.

Existen 2 tipos diferentes de reguladores para las máquinas de soldar: uno de ellos es un regulador continuo operado por un volante manual, el otro es un regulador por derivaciones, en el cual los cables del electrodo se enchufan en diferentes tomas para diferentes intensidades de corriente. Las máquinas con rectificadores son transformadores mono o trifásicos a los que se les agrega rectificadores de selenio o de otro tipo para cambiar la corriente de salida de alterna o continua. Estas máquinas tienen básicamente los mismos reguladores, características y corriente de salida que la de los transformadores.

Los generadores de corriente continua consisten en una armadura que gira en un campo magnético. La corriente es generada en la armadura y recogida por medio de escobillas. La armadura gira impulsada por un motor eléctrico o de

combustión interna.

Existen máquinas de soldar provistas de equipos combinados que producen corriente continua y corriente alterna; por lo cual se consideran las más adaptables. Están formados por un transformador monofásico y de un rectificador y de los cuales se puede obtener corriente alterna o directa con solo mover una palanca.

En las máquinas de soldar de corriente continua, se puede cambiar la polaridad del electrodo de positiva o negativa, lo cual hace cambiar las características del arco, de acuerdo con la polaridad indicada por los fabricantes de electrodos que trabajan con corriente continua.

Al seleccionarse una máquina de soldar se debe tener en cuenta el tipo de corriente de línea con que se cuenta. En general las máquinas de soldar son fabricadas para cualquier tipo de energía, pero algunas solo pueden conseguirse para condiciones específicas.

Las unidades motor-generador se consiguen generalmente solo para corriente alterna trifásica, pero pueden obtenerse para diferentes ciclos y voltajes y también para corriente continua. Las soldadoras de corriente alterna se fabrican para corriente alterna monofásica de varios ciclos.

Para que el soldador pueda efectuar soldaduras de buena calidad debe contar además, de la práctica y experiencia y una máquina de soldar adecuada y electrodos de características especiales relacionadas con el metal base, con los siguientes aditamentos:

- Los cables eléctricos de conducción
- Las terminales de los cables
- Los porta-electrodos
- Las grapas de toma de tierra
- Herramientas para limpiar los cordones de soldadura
- Accesorios.

El equipo y los accesorios anteriormente descritos deben ser de la mejor calidad posible para la máxima seguridad del operador.

La corriente de soldadura es llevada desde la fuente de energía a la porta-electrodo por un cable de cobre aislado. Se utiliza un cable muy flexible entre el porta-electrodo y la máquina.

El diámetro de los cables usados para soldar varía de acuerdo con el amperaje de la máquina y de la longitud del cable.

El cable debe tener terminales apropiadas de cobre, esta terminal se solda al cable y se ajusta en los bornes de la máquina, que son tornillos con tuerca de mariposa.

El porta-electrodo sujeta al electrodo durante el proceso de soldado, debiendo ser liviano, bien aislado y fuerte para resistir los impactos físicos, además, debe ser del tamaño adecuado a la capacidad de amperaje de la máquina,

un porta-electrodos con un sujetador de resorte es el más adecuado, ya que permite fijar y soltar el electrodo rápidamente.

La grapa de la toma de tierra, que se fija al trabajo, completa el circuito eléctrico de soldado. Una grapa con resorte es más conveniente; pueden obtenerse grapas magnéticas, siendo en algunos casos necesarias para asegurar un buen contacto de tierra, en superficies donde sea dificultoso usar las grapas comunes y corrientes.

La máscara o pantalla protectora para la cara es necesaria para proteger del calor, de los rayos emitidos por el arco y de las salpicaduras del metal fundido. La máscara debe estar provista de un tafilete para fijarla a la cabeza y la pantalla puede tenerse en la mano por medio de un mango. La máscara que deja las manos libres para trabajar es la más adecuada. El filtro o cristal obscuro debe ser del número 10 u 11 para efectuar las soldaduras corrientes. Se recomienda que el cristal obscuro se proteja con un cristal transparente para evitar que el cristal obscuro se maltrate rápidamente.

Los guantes y delantales de cuero curtido al cromo protegen las manos y la ropa del calor y de las salpicaduras del arco. Cuando se solda en posición vertical, horizontal y sobre-cabeza, deben llevarse hombreras y mangas de cuero.

Los anteojos de seguridad deben llevarse debajo de la máscara para proteger los ojos del operador cuando quita la escoria, que por lo general, se encuentra caliente y brinca al tratar de quitarla. También se deben tener los anteojos de seguridad cuando esmerila las piezas para hacerles la preparación, ajustarlas y cuando limpia el metal con el cepillo de alambre. El martillo y el cepillo de alambre deben usarse para limpiar perfectamente el cordón de soldadura. Un disco de esmeril ahorra mucho trabajo para rebajar cordones, quitar óxido y lajeaduras del metal base en la zona de soldado.

4.2 ENCENDIDO DE LOS ELECTRODOS

El operario debe saber encender, apagar y conservar el arco. Para encender el arco, se puede hacer de 2 formas, la primera consiste en raspar el extremo del electrodo, como si se raspara un fósforo, al hacer contacto el extremo el electrodo con la placa de acero, se enciende el arco, inmediatamente después, se debe retirar un poco el electrodo para formar un arco más largo. Figura No. 1.

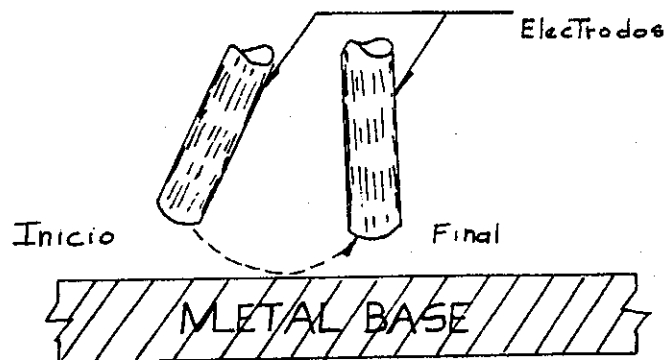


FIGURA No. 1

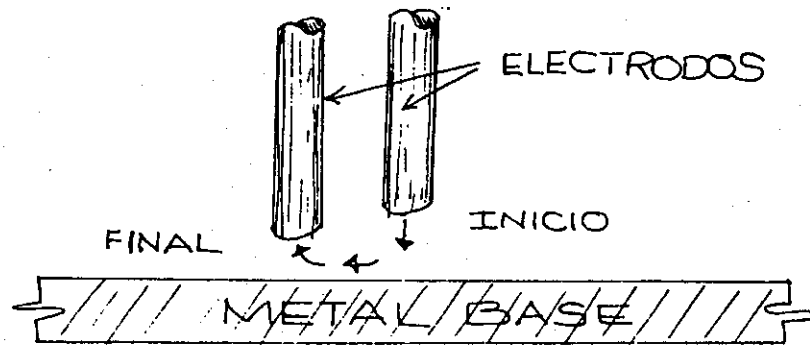
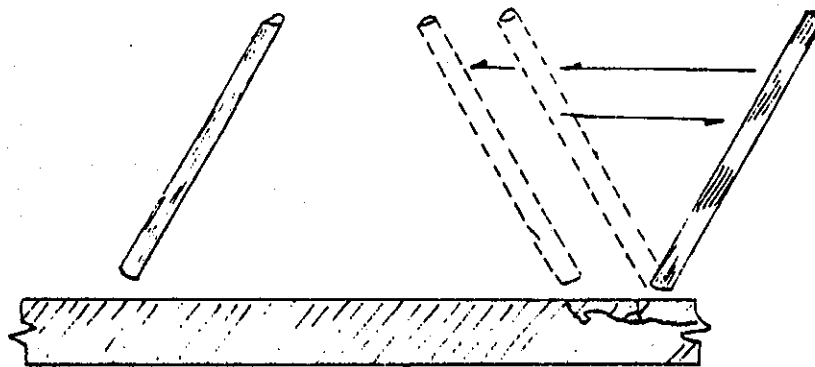


FIGURA No. 2

El segundo método consiste en mover el electrodo hacia el metal, base, en dirección vertical y hacia abajo y tan pronto como se toque el metal base, se retira momentáneamente hasta formar un arco más largo, luego se vuelve a la longitud del arco normal. Figura No. 2.



Remate de cordones

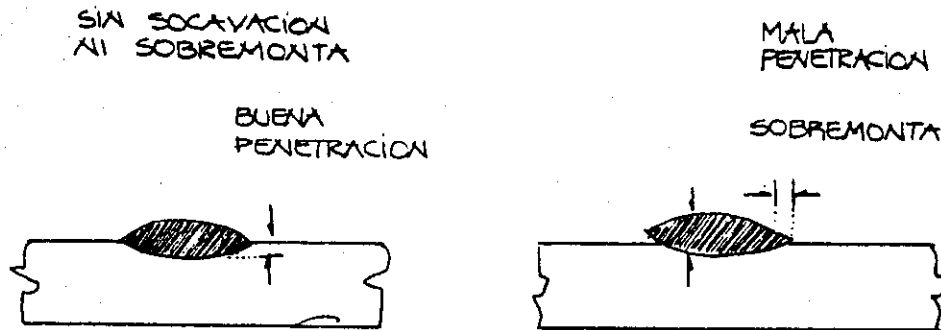


FIGURA No. 3

Para aplicar un cordón de soldadura en posición plana se encenderá el arco y se inclinará el electrodo, en el mismo sentido de avance, se deberá inclinar un ángulo de 75 a 80 grados con respecto a un eje horizontal manteniendo el electrodo en un plano perpendicular al de la placa. Figura No. 4.

El largo normal del arco debe ser ligeramente inferior al diámetro del electrodo y se considera normal de 1.5 a 3.0 mm de largo.

Es dificultoso apreciar la longitud del arco en el momento de soldar, pero se apreciará la longitud del arco por la forma como se deposite el cordón. Con un arco demasiado largo, se notará un incremento apreciable de salpicaduras, la penetración será deficiente, se notarán sobre montas, el sonido del arco será más un siseo que una crepitación; el electrodo se derretirá en gotas grandes y la escoria se quitará con dificultad del cordón.

Si la velocidad de avance es excesiva, el cordón resultará delgado, de aspecto fibroso con poca penetración. Figura No. 3.

Si el avance es lento, el metal de aportación se amontonará desbordándose sobre el metal base. Figura No. 3.

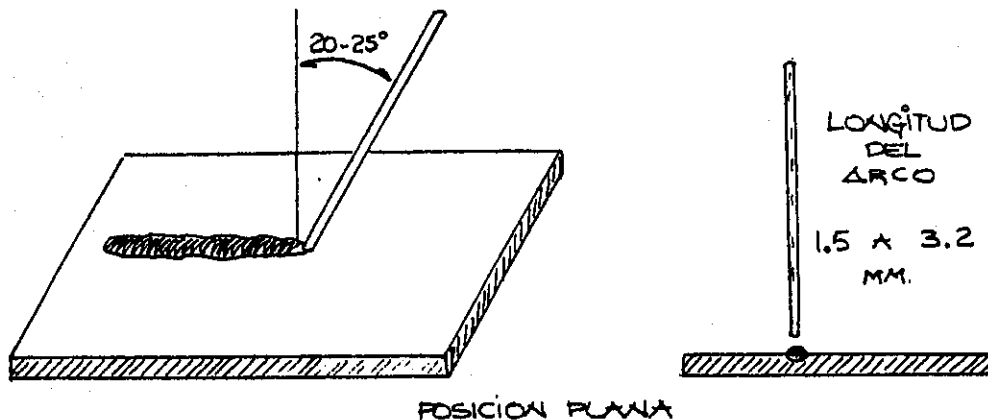


FIGURA No. 4

Como puede observarse, la regulación del amperaje es primordial, así como la velocidad de avance para obtener cordones bien formados, buena presentación y un mínimo de salpicaduras.

Si el amperaje es excesivo, el cordón resultará plano con muchas salpicaduras y algo poroso, recalentándose el electrodo.

Si el amperaje es insuficiente, se tendrá dificultad de encender y mantener el arco a su longitud correcta. El metal de aportación se amontonará con mucha sobremonta y la penetración será deficiente.

4.3 TECNICA DE SOLDADURA MANUAL EN DIFERENTES POSICIONES

JUNTAS A TOPE EN POSICION PLANA

La junta a tope es aquella que se presenta cuando se colocan 2 placas para unir las en todo su espesor, como puede observarse en las figuras número 5.

En este tipo de junta se pueden presentar muchas varianzas, dependiendo del espesor del material, de si se soldará por una cara o por las dos, del equipo que se disponga para hacer las preparaciones, etc.

Las juntas a tope tienen grandes variantes, para lo cual se indicarán los siguientes ejemplos:

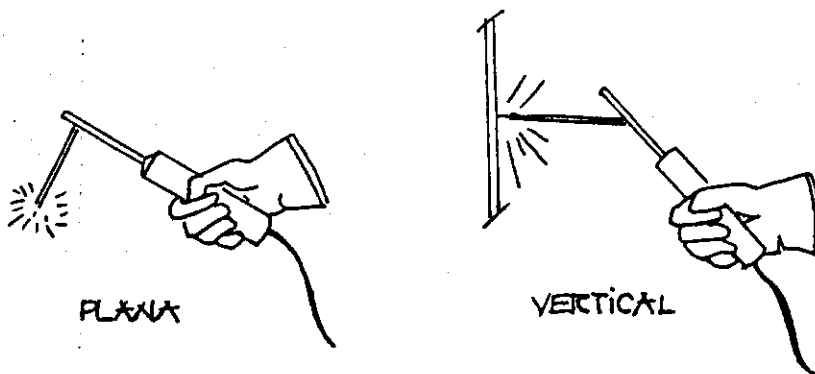
Cuando las placas por unir son delgadas, la junta podrá soldarse inclusive por un sólo lado, quedando perfectamente soldadas.

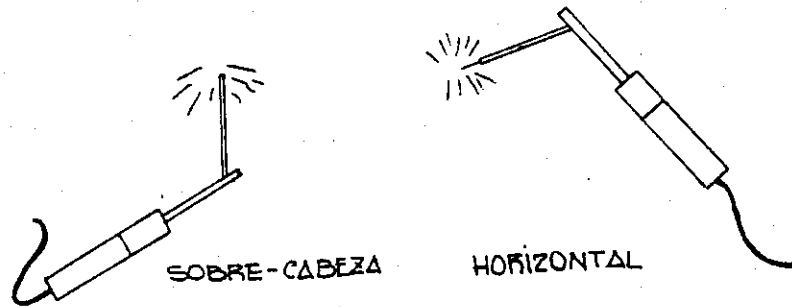
Cuando las placas son relativamente gruesas, el procedimiento de soldado se podrá efectuar, soldando por los 2 lados, siempre que la penetración de la soldadura de cada aplicación por cada lado se traslape en el centro de la junta, como puede apreciarse en las figuras número 5.

Cuando las placas tengan un espesor de consideración, que de acuerdo con las especificaciones se tenga que hacer una preparación para garantizar una penetración completa en la raíz, se podrán hacer las siguientes preparaciones de las placas, en función de las condiciones de trabajo, de acuerdo con las especificaciones de la AWS, se podrán hacer en doble bisel en V, doble bisel en J, doble bisel en U, bisel simple con placa de respaldo, bisel en las 2 placas con placa de respaldo, etc.

En toda junta a tope se recomienda que cuando se emplee preparación, se aplique soldadura alternativamente por las 2 caras de la soldadura, para evitar las deformaciones, ya que una vez terminada una junta teniendo una deformación, se tendrá que enderezar el perfil, lo cual no siempre se puede hacer y se puede provocar la ruptura de la zona soldada al quererla hacer en frío o si se aplica calor se pueden presentar cambios en la estructura del metal, lo cual puede perjudicar al material fragilizándolo. De todo lo anterior, se ve que los cuidados requeridos para efectuar buenas soldaduras tratándose de espesores de consideración se deben tomar todos los cuidados requeridos para no perjudicar el material base y hacer un trabajo de buena calidad.

INCLINACION DEL ELECTRODO CON RESPECTO AL PORTA ELECTRODO Y DE ACUERDO CON LA POSICION DE LA SOLDADURA





EN LA SIGUIENTE FIGURA SE MUESTRAN LAS DIVERSAS POSICIONES PARA SOLDAR

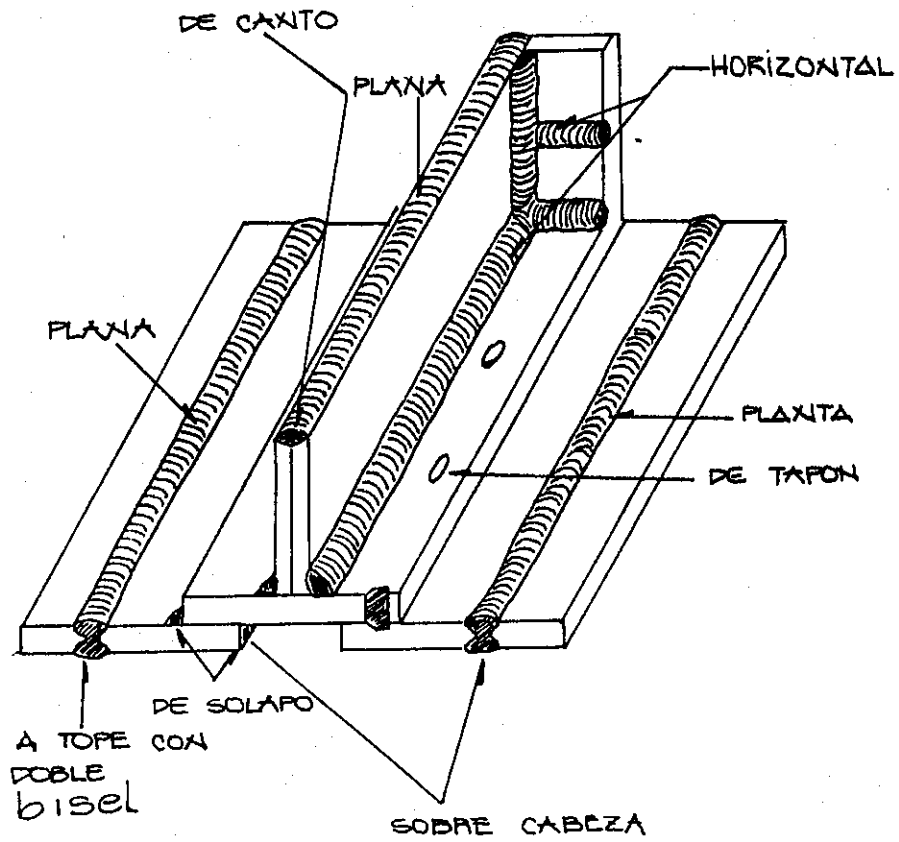


FIGURA No. 5

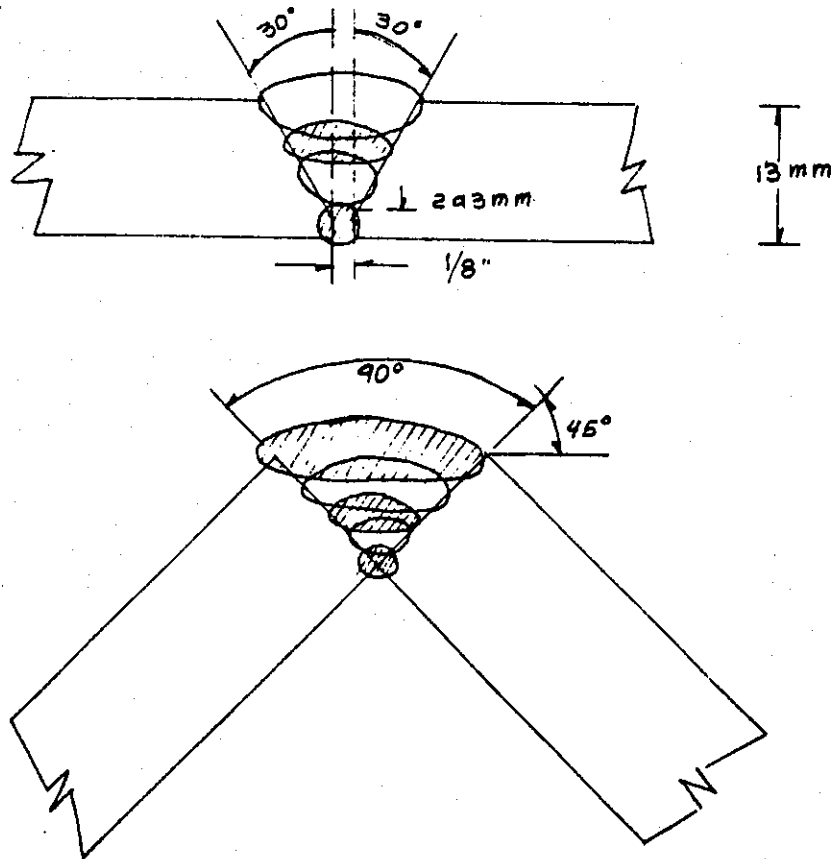


FIGURA No. 5

JUNTAS DE SOLDADO EN POSICION PLANA

En todas las juntas la preparación de las zonas por soldar es de vital importancia para obtener soldaduras de buena calidad, en el caso de las juntas de solapa, las placas por unir se traslapan de manera tal como se indica en la figura número 6. Debiéndose tener superficies verticales, limpias, libres de grasa, aceite, agua, óxido, escamas del mismo material, etc.

Las placas deben estar en posición plana para que la soldadura se aplique con el electrodo dándole una inclinación de 45° con respecto de la placa horizontal y unos 25 a 30° en el sentido de avance del electrodo. Se deberán emplear los electrodos adecuados para obtener un depósito uniforme con una velocidad de aplicación que de el menor costo posible, sin sacrificar calidad.

Se recomienda que en este tipo de juntas, de ser posible, se inclinen las placas un pequeño ángulo de 10° para que la soldadura por sí sola se acomode con mayor facilidad en la raíz de la junta.

El cordón deberá irse observando mientras se aplica, dándole su tiempo adecuado de mezclado, haciendo que la escoria aun plástica, flote por sí sola en la parte posterior del cráter. Si se observa que el cordón de soldadura tiende a socavar el material, inmediatamente se debe corregir la inclinación del electrodo, verificar el amperaje de la máquina y asegurarse que la velocidad con que se aplica la soldadura es la adecuada.

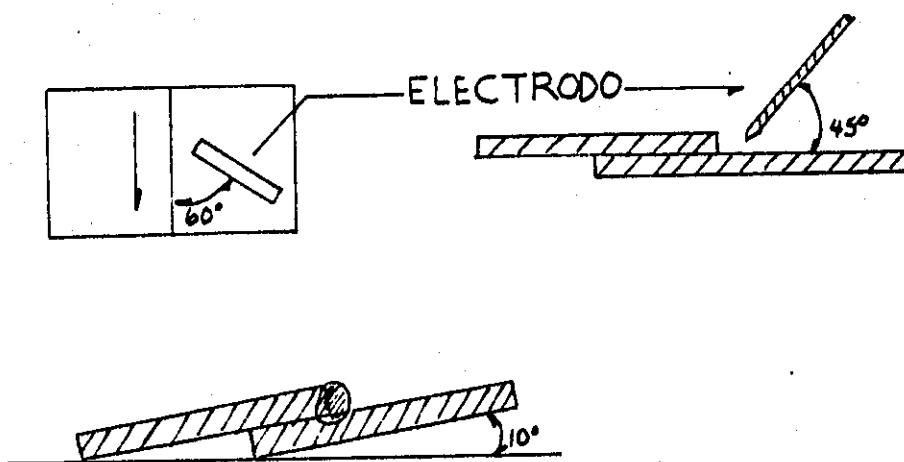


FIGURA No. 6

JUNTAS EN ANGULO EN POSICION PLANA

Las juntas en ángulo o en esquina formada por 2 perfiles, son de las más empleadas en estructuras soldadas. La mayoría de las juntas debe de procurarse soldar en posición plana, ya que así se garantiza un porcentaje de seguridad que la junta será de buena calidad.

En las figuras número 7, se muestran las placas en posición de soldarse, observándose que existe una tendencia a socavar el material de la placa vertical, ya que la gravedad actúa directamente sobre la soldadura líquida, haciendo que ésta trate de escurrir hacia abajo y sólo una práctica bastante experimentada puede evitar este defecto bastante común en los fabricantes de estructuras. Los ángulos que deberá tener el electrodo con respecto de la placa horizontal, es de 45° y una ligera inclinación hacia la dirección de avance de 25 - 30°.

El defecto anteriormente descrito, o sea la socavación, se podrá suprimir estando las placas giradas un ángulo de 45° tal como se ve en las figuras número 7, aquí se vuelve a apreciar que la soldadura por sí sola se acomoda en el canal formado por las 2 placas.

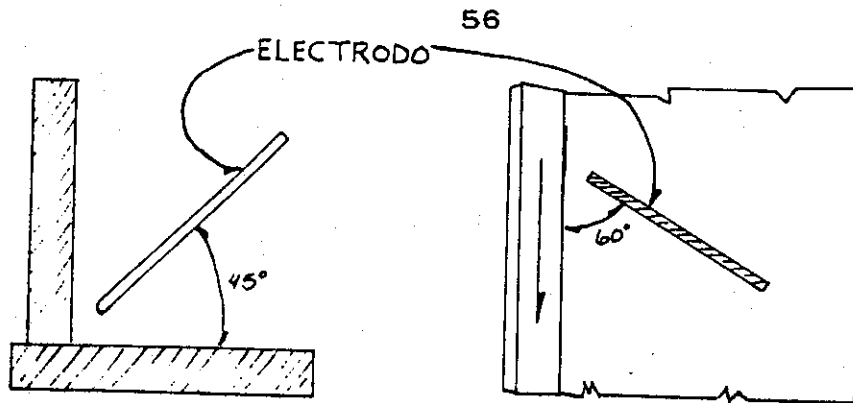


FIGURA NUM. 7

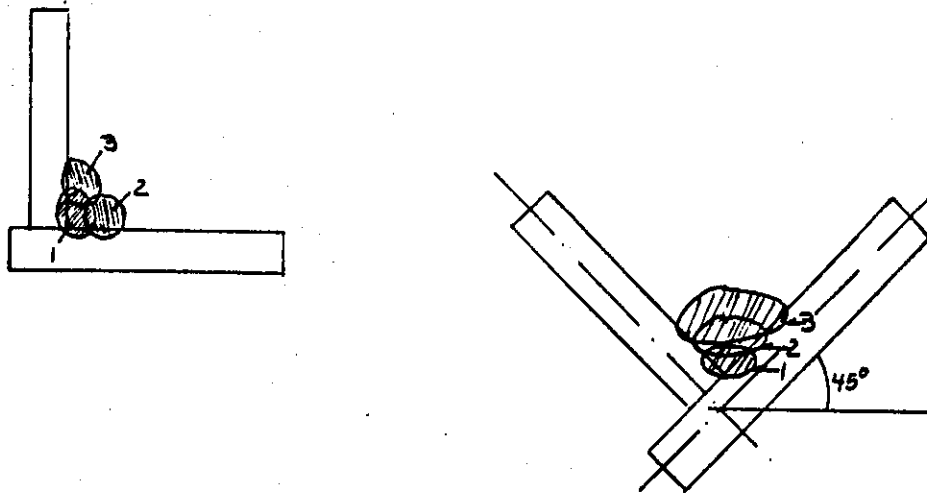


FIGURA No. 7

SOLDADURA HORIZONTAL SOBRE UN PLANO VERTICAL

Soldando en otras posiciones diferentes a la posición plana el arco neutraliza los efectos de la gravedad, debido a la energía creada por el revestimiento. En todas las posiciones el arco deposita en el cráter las gotas de soldadura desprendidas del electrodo, pero la gravedad actuará sobre el metal fundido en el cráter, es por lo tanto necesario saber utilizar la fuerza del arco para mantener el metal fundido en donde se requiere. El movimiento dado al electrodo y la longitud del arco, adquieren mucha importancia. En las posiciones en que el metal fundido está expuesto a la fuerza de gravedad, se requiere que el metal fundido solidifique rápidamente. De aquí que es necesario conocer las propiedades de cada tipo de electrodo, para su mejor aprovechamiento. Los electrodos de solidificación rápida, son los requeridos en la posición de soldado en posición horizontal. (ver la figura No. 8).

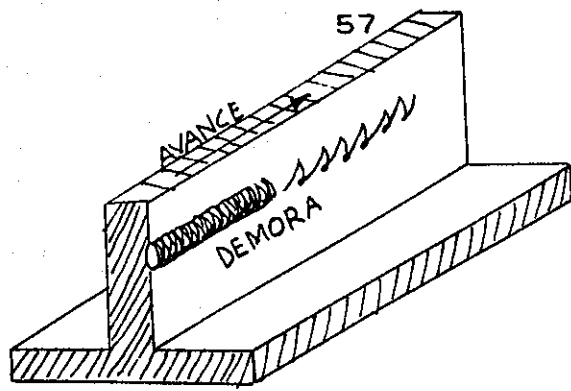
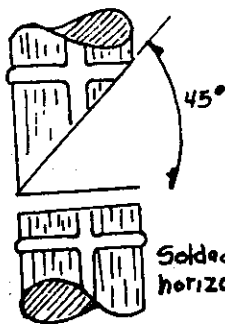
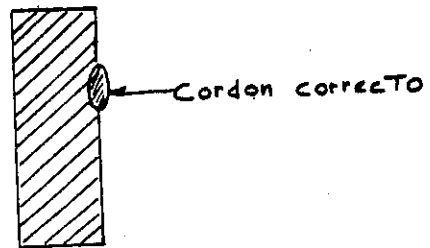
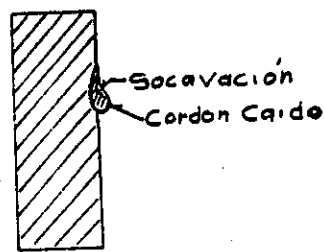


FIGURA No. 8

SOLDADURA EN POSICION HORIZONTAL

La posición el electrodo en el momento de aplicar la soldadura, debe tener aproximadamente 5° por debajo de la posición perpendicular, e inclinado de 15 a 20° en la dirección avance.



Soldadura en Posición horizontal a Varilla

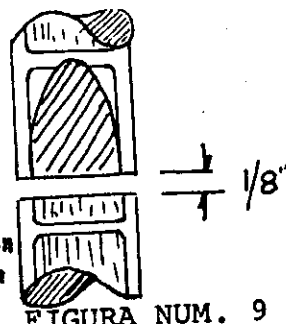


FIGURA NUM. 9

El metal fundido tiende a "colgarse" como se ilustra en la figura número 9, para evitar este defecto, se recomienda disminuir el amperaje.

Si aun bajando el amperaje, el defecto persiste, se recomienda hacer con el electrodo un movimiento de zig-zag (chicote), como se aprecia en la figura número 8; acortando el arco en la parte superior del chicote, hará que el cordón quede en forma correcta. En cordones anchos se requiere utilizar un movimiento de vaivén algo más intenso, como se aprecia en la figura número 10.



FIGURA No. 10

JUNTA A TOPE EN POSICION HORIZONTAL

Es común en la fabricación de estructuras, encontrar juntas a tope en posición horizontal, siendo de 3 tipos; sin bisel, con bisel en una de las placas y con bisel en las 2. (ver figura número 11).

- a) Para el caso en que se trate de una junta sin bordes, el amperaje debe ser el regulado de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Manténgase el electrodo en posición perpendicular a las placas o unos 5° más abajo, inclinado 5 o 10° en la dirección de avance. Se debe mantener un arco corto y un ligero movimiento de chicote en zig-zag, en caso que se observen muchas salpicaduras y el "baño" difícil de controlar, se recomienda disminuir el amperaje.

Tratándose de placas de 1/4 de pulgada de espesor, el material depositado debe tener una penetración mayor de la mitad del espesor. Al hacer la segunda pasada de soldadura por la parte posterior, las placas deben de quedar soldadas con una buena penetración y fusión.

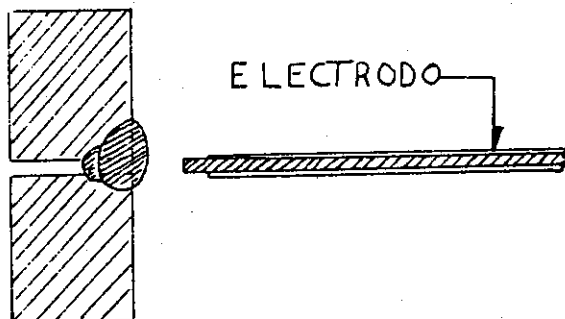


FIGURA No. 11

- b) En soldaduras a tope con un bisel, se tendrán las mismas características que en a) en cuanto al amperaje, manteniendo un orden de aplicación de los cordones de soldadura con las inclinaciones adecuadas. Las figuras números 12 y 13, ilustran el orden y las inclinaciones, debiendo tener un ángulo de 5 a 10° en la dirección de avance. Los cordones en este caso se deben aplicar en línea recta, sin oscilaciones, solamente en la última pasada si es conveniente darle un ligero movimiento de vaivén.

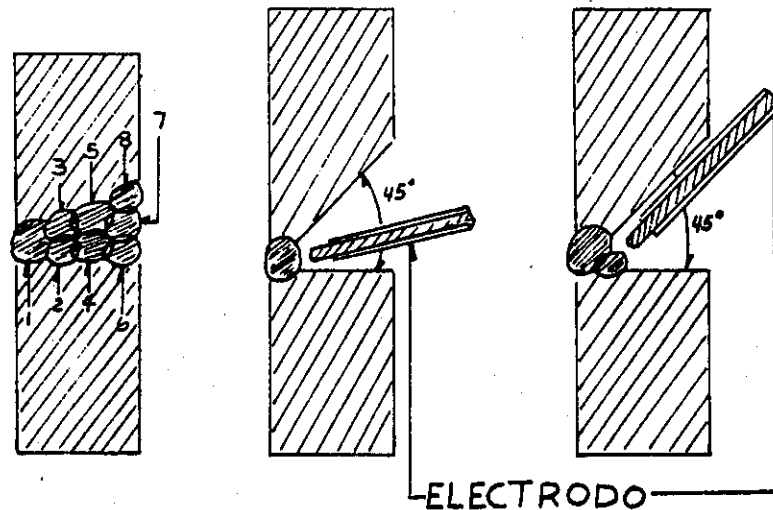


FIGURA No. 12

- c) En las juntas en que se tenga bisel en las 2 placas, únicamente se presentará la diferencia de los casos anteriores en que el orden de aplicación de los cordones es muy importante, ya que se debe evitar que queden espacios muy estrechos que provoquen inclusiones de escoria, además se recomienda aplicar un cordón de soldadura en la parte posterior de la junta, removiendo el cordón de penetración.

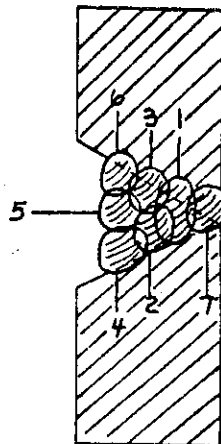


FIGURA No. 13

Los números indican el orden de aplicación de los cordones de soldadura.

SOLDADURA VERTICAL

Como su nombre lo indica, la posición de una junta vertical implica que el electrodo se debe mover en un eje vertical, pudiendo hacerse de 2 formas, soldando de abajo hacia arriba y de arriba hacia abajo (Ver la figura número 14). Se recomienda el soldar descendiendo en placas delgadas y en tubería, en placas gruesas, lo indicado es soldar ascendiendo ya que se puede llevar una cantidad mayor de material fundido. En caso contrario, es necesario dar más pasadas, lo cual hace que la pieza se deforme por la mayor cantidad de calor.

El procedimiento es el siguiente:

Mantenga el electrodo apuntando hacia arriba, con un ángulo de 60° con la placa. Encienda el arco y manténgalo muy corto, pero visible, mueva el electrodo hacia abajo con rapidez suficiente para impedir que la escoria se adelante al "baño", se debe apagar el arco, limpiar la escoria y empezar nuevamente.

Se pueden dar diferentes tipos de tejidos, los cuales se aprovechan cuando se requiere un cordón de soldadura más ancho.

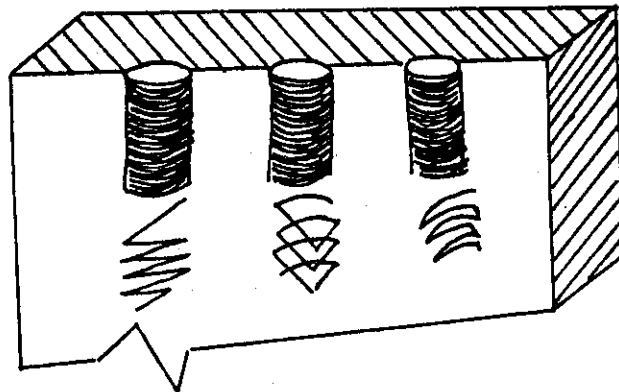


FIGURA No. 14

CAPITULO V

CONTROL DE CALIDAD DE LAS SOLDADURAS

El control de calidad de las soldaduras puede efectuarse en diversas etapas del proceso de fabricación, de acuerdo cuando se crea más conveniente, así:

- 5.1 Control antes de ejecutar la soldadura.
- 5.2 Control durante el proceso de soldado.
- 5.3 Control de las piezas soldadas que abarca, el control por medio de ensayos o pruebas de juntas similares a las que desea analizar, para lo cual las probetas se ensayarán destruyéndolas por completo, a este método se le da el nombre de pruebas "destruktivas".

También puede hacerse una especie de muestreo de la estructura o material ya soldado, por lo que el control se llamará "semi-destruktivo", puesto que la estructura será destruida parcialmente.

El control de uso más generalizado actualmente, debido a sus ventajas en cuanto a que el material soldado no sufre ninguna destrucción, es el método de control no destruktivo.

5.1 CONTROL ANTES DE EJECUTAR LA SOLDADURA

El control anterior al soldado, deberá hacerse a los materiales que intervienen, ensayando el material base, metal de aportación o electrodos, generadores de corrientes eléctrica, equipo en general y calificación de los soldadores. La evaluación de la calidad de la mano de obra, así como el estudio de los planos de fabricación para comprobar si las disposiciones de las soldaduras está de acuerdo con lo que recomienda la técnica son indispensables. Esto último decide el tipo de unión que se debe emplear, el tipo de montaje y las condiciones de ejecución. El estudio anterior lo debe realizar un perito en soldadura que controlará el trabajo de la fabricación.

El control de la mano de obra o de la calidad de los soldadores se debe llevar a cabo mediante exámenes rigurosos, tanto en práctica como en teoría ya que el soldador debe saber resolver problemas de soldadura que se le presenten en ausencia de la persona especializada. Se recomienda la especialización de un soldador en un tipo determinado de construcción, ya que esto aumenta la seguridad y la calidad.

5.2 CONTROL DURANTE LA EJECUCION DE LA SOLDADURA

El control de la soldadura en el momento de la ejecución, se hace por medio de inspecciones continuas, lo que permite asegurar la perfecta ejecución de la

soldadura. En este control, se puede garantizar la correcta utilización de la materia prima y sobre todo una rigurosa observación de los métodos de unión fijados en un principio. El método se puede acompañar con ensayos semi-destructivos o destructivos para comprobar la constancia de la calidad de los soldadores y el perfecto funcionamiento de las máquinas de soldar.

Este es el momento adecuado para inspeccionar de cerca los defectos de ejecución por medio de controles parciales, con el fin de poner inmediato remedio, en este momento en que las piezas son fácilmente accesibles y reparables.

La atención del Inspector puede atraerse por la velocidad de ejecución del trabajo, ya que los defectos aparecen en seguida, puesto que en las soldaduras efectuadas con una velocidad excesiva se provoca falta de penetración o una fusión parcial de la pieza a soldar con el material base (falta de fusión). Si la soldadura es efectuada con lentitud las soldaduras resultan por lo general sobrecargadas y recalentadas.

5.3 CONTROL DE LAS SOLDADURAS DESPUES DE EJECUTADAS

Según las características y el tipo de construcción su control puede ser de carácter destructivo, semi-destructivo y no destructivo.

EL CONTROL DE CALIDAD DESTRUCTIVO

Para este control, se efectúa un muestreo de todos los lotes de juntas soldadas en forma semejante y de los cuales se extraen especímenes de prueba para ensayarlos a tensión, doblado, dureza, etc, de acuerdo a la forma de la construcción y como vayan a trabajar los elementos estructurales. A los tanques de presión, calderas, cubetas, tuberías, se les somete a una presión hidrostática para ver posibles fugas o defectos que se pudieran presentar, exámenes mecánicos para calificar la calidad de la junta, exámenes micrográficos y macrográficos de la zona fundida.

El control de las soldaduras por este método, es limitado y depende en primer lugar del precio del costo de la construcción.

Las pruebas mecánicas que se efectúan a juntas soldadas, deben cuando menos cumplir con las especificaciones en cuanto a resistencia física y a propiedades químicas que el metal base tiene.

En lo que se refiere a la prueba de tensión, las probetas deben cumplir la geometría de la figura A. Para la prueba de doblado, las probetas deben tener las dimensiones de la figura B.

CONTROL DE CALIDAD SEMI-DESTRUCTIVO

El control semi-destructivo se efectúa de muestras sacadas en zonas dudosas, sin producir la destrucción de la junta, con la posibilidad de rehacer nuevamente el cordón de soldadura continuo en el lugar donde se extrajo la muestra.

Estas orillas se pueden cortar con soplete

El refuerzo de la soldadura se maquinará al ras del material base.

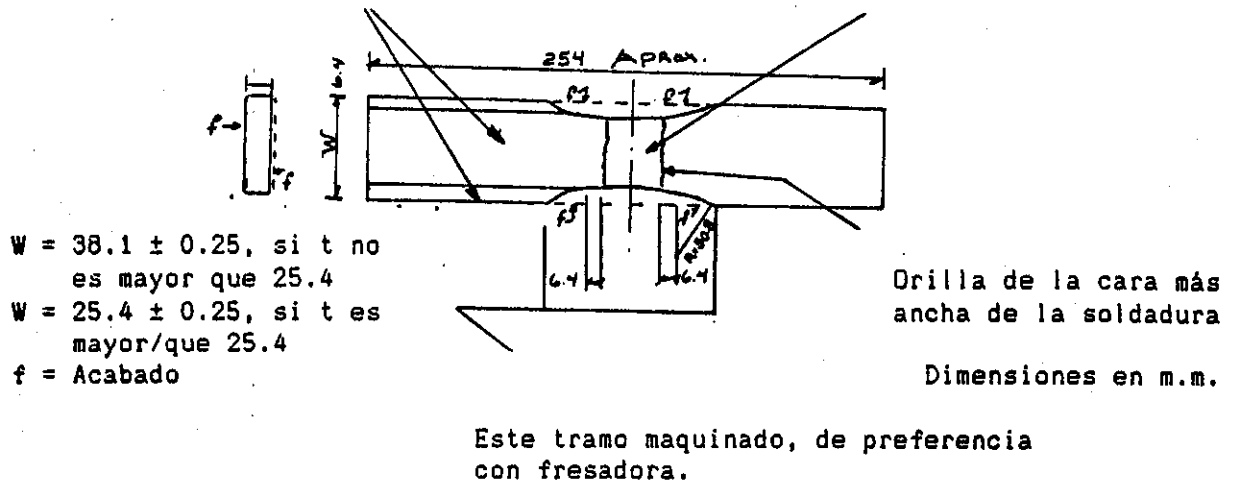


FIG. A- ESPECIMEN DE SECCION REDUCIDA PARA PRUEBA DE TENSION

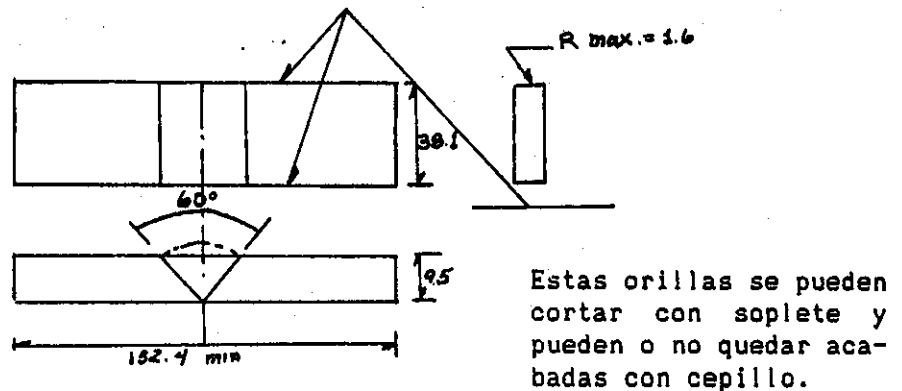


FIG. B- ESPECIMEN PARA PRUEBA DE DOBLADO EN LA CARA Y EN LA BASE

CONTROL DE CALIDAD NO DESTRUCTIVO

Cuando las soldaduras son controladas por inspección visual o métodos que no alteren físicamente ni químicamente a la soldadura, se dice que el control es "no destructivo".

Existen diferentes métodos no destructivos que se pueden clasificar en la siguiente forma:

- Control visual o con ayuda de aparatos ópticos.
- Control físico utilizando diversas propiedades particulares de los metales, como son: eléctricas, acústicas, magnéticas, radiográficas y rayos gama.

El control visual se lleva a cabo haciendo una inspección visual por un experto en soldadura, para apreciar los posibles defectos internos, la observación de la parte posterior de las soldaduras, pone en evidencia la penetración de la soldadura, la nivelación de las placas soldadas, quemadoras, (perforaciones con el mismo electrodo encendido), oquedades, poros superficiales, grietas y otros defectos. En las zonas en que no se puede apreciar perfectamente la parte posterior de la junta, es necesario auxiliarse de un "endoscopio" que no es más que un aparato óptico con iluminación propia y con un prisma para ver los defectos interiores en lugares no accesibles.

CONTROL FISICO

En estos métodos se hace intervenir alguna propiedad de la materia, haciéndose la siguiente clasificación de acuerdo con la propiedad que se emplee:

- Control acústico y magneto-acústico.
- Control por conductibilidad eléctrica.
- Control electromagnético.
- Control magnético.
- Control radiográfico por rayos X.
- Control por rayos gamma.
- Control por ultra-sonidos.

Los controles más usados son los magnéticos y los radiográficos, por lo que se le dará más importancia que a los demás.

CONTROL ACUSTICO Y MAGNESO-ACUSTICO

Este método consiste en la detección de defectos por medio de un estetoscopio, de la frecuencia sonora provocada por un martillo con el que se golpea suavemente la soldadura.

La sensibilidad de este método se aumenta empleando un magneto acústico, que es una bobina de inducción que se desplaza sobre la soldadura, situada en un campo magnético, provisto de un amplificador y audífonos; las irregularidades producidas en el campo magnético por un defecto son suficientes para originar en la bobina de inducción una fuerza automotriz, que pasa al amplificador y se escucha en el audífono. El principio es el siguiente: como para escuchar un sonido depende del número de vibraciones, el aparato se regula de manera tal que quede en las proximidades del límite de audición para una variación normal del campo magnético, así, toda irregularidad del campo supondrá un aumento de la intensidad del sonido gracias al aumento de vibraciones.

El operador debe contar con una experiencia bastante grande para que pueda identificar la clase de defecto que está escuchando por los audífonos, cuando pasa la bobina por uno de ellos.

Los resultados que se han obtenido hasta esta fecha, no han dado los resultados esperados, pero si indican la presencia de un defecto, sin saber de qué se trata.

CONTROL POR CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

En este control por conductividad eléctrica, el principio se basa en la resistencia que ofrece un metal al paso de la corriente, entre dos puntos situados a igual distancia en el metal base y en el metal fundido.

Este método tiene el defecto que no es muy sensible, registrando, únicamente los defectos demasiado grandes, que se pueden apreciar con más claridad por alguno de los otros métodos. Se hace la observación que este tipo de ensayo se hace en cables conductores de corriente eléctrica, para verificar las soldaduras de las conexiones.

CONTROL ELECTROMAGNETICO

El principio de este método fue descubierto por el americano Sperry, en el año de 1923, empleándose en la detección de fisuras en los rieles de ferrocarril.

El principio en que está basado, es el siguiente: se trata de un pequeño carro que corre a lo largo de los rieles, llevando a los lados unas escobillas que transmiten corriente de 2500 amperes, a una tensión de un volt. Las líneas de fuerza del campo magnético formado por la corriente así creadas, son interrumpidas por una pequeña bobina situada entre las escobillas a una pequeña distancia de los rieles.

Cuando en el desplazamiento del pequeño carro se presenta un defecto, queda perturbado el flujo que atraviesa la bobina, lo que da origen a la inducción de una corriente, que se amplifica y puede leerse ya amplificada en aparatos adecuados. Así se tienen marcadas todas las zonas defectuosas de los rieles.

CONTROL RADIOGRAFICO CON RAYOS X

Los rayos X y los rayos gamma tienen la propiedad de penetrar gruesas placas de acero, razón por la cual se han utilizado en la industria y en el control de la calidad de todo tipo de materiales, ya que se pueden apreciar los defectos interiores de casi todos los materiales empleados en la industria con mayor o menor dificultad.

Los tubos utilizados para producir los rayos X son del tipo de cátodo incandescente, generalmente del sistema Coolidge con anticátodo de tungsteno, cerrados herméticamente.

Estos tubos se alimentan normalmente con generadores de tensión constante. Las tensiones de voltaje necesarias son variables, según el espesor, son de 100 a 500 KV; este último valor representa el límite superior que se alcanza hoy en día.

El principio del control por medio de rayos X, es el siguiente:

Cuando los rayos X atraviesan cuerpos opacos, son parcialmente absorbidos, la intensidad incidente I_0 de la radiación, para una sustancia determinada:

$$I_0 = I_0 e^{-\mu x}$$

Donde:

x = Espesor atravesado.

u = Coeficiente de absorción del material, que es tanto mayor cuanto que la densidad del cuerpo irradiado crece o sea que un cuerpo, mientras más denso, los rayos X penetran con más dificultad.

u = 0.111 para el aluminio.

u = 0.304 para el hierro.

u = 0.495 para el plomo.

Si se coloca una placa fotográfica en la parte posterior de una pieza de metal de espesor x, sobre la que se hace incidir un haz de rayos X paralelos a la placa, se obtendrá, después de algún tiempo de exposición, un ennegrecimiento de la placa fotográfica uniforme, tanto más notable cuanto que la película sea más sensible.

Si en la pieza se encuentra un vacío, ejemplo un hueco de ancho d la intensidad de los rayos emitidos que atraviesan el defecto, será:

$$I' = I_0 e^{-u(x-d)}$$

La intensidad de los rayos emitidos que atraviesan el espesor x, en donde no existe defecto será:

$$I' = I_0 e^{-ux}$$

La relación de intensidades $\frac{I'}{I} = e^{ud}$

Se nota que es una función de la naturaleza del material (u) y del espesor del defecto (d) o sea que los defectos destacarán más, cuanto mayor sea la relación de I' a I, es decir, cuanto mayor lo sean (u) y (d).

El método tiene una sensibilidad que depende de muchos factores:

- La nitidez de las imágenes
- Del contraste.
- De la posición y dimensiones del defecto.
- De la potencia del tubo y condiciones operatorias, tiempo de exposición y calidad de la película.

NITIDEZ DE LAS IMAGENES

Las radiografías son más precisas mientras se pueda definir con más precisión los contornos de los defectos. En la práctica, el haz de rayos X incidente no es paralelo, ya que la fuente de energía no es puntual, por lo que

las imágenes salen con los contornos borrosos. Si el foco está muy cerca, es imposible obtener un perfil exacto de los defectos, sobre todo si se trata de defectos de espesores muy delgados como son fisuras. Para evitar un límite ya que la intensidad disminuye al inverso del cuadrado de la distancia, por lo que se utilizará la energía más baja del aparato de rayos X o diafragar el haz de rayos X.

CONTRASTE

Para obtener un buen contraste, es preciso proteger la placa fotográfica contra las radiaciones secundarias.

Cuando un haz de rayos X incide sobre un cuerpo, éste se convierte a su vez en una fuente de radiaciones X "secundarias", compuestas de rayos difundidos del primer haz y de una radiación de fluorescencia de mayor longitud de onda. Los cuerpos por radiografiar conviene delimitarlos con materiales en polvo de plomo o en algunos casos con placas de plomo, si se ha sabido delimitar el cuerpo, se obtendrá una proyección neta de la pieza. En el caso de piezas de una superficie irregular, la distancia pieza-película puede ser demasiado grande. También existen unas rejillas de plaquitas de plomo para proteger la película radiográfica, pero es necesario dar a estas rejillas un movimiento alternativo perpendicular a la dirección del haz incidente, para no reproducir sobre la película la proyección de las rejillas.

TIEMPO DE EXPOSICION

El tiempo de exposición se calcula teóricamente con el fin de obtener una densidad óptica de la película más favorable para la calidad del trabajo que se desarrolla. El tiempo de exposición es función de la sensibilidad de la emulsión de la película (tienen doble emulsión) y de la intensidad de la fuente (aparato de rayos X). La intensidad decrece aumentado la distancia de la fuente al material por radiografiar en proporción inversa del cuadrado de la distancia. Además, el tiempo de exposición es función del espesor del material por atravesar, disminuyendo la intensidad en función del espesor según la ley exponencial de absorción.

$$I_0 = I_0 e^{-\mu x}$$

En el caso de emplear cápsulas radioactivas que tienen una longitud de onda mucho más corta, para atravesar espesores de gran tamaño, como es el cobalto 60, se salva la dificultad utilizando pantallas reforzadoras que se colocan en ambas caras de la película. Estas pantallas, debido a su radiación, producen fluorescencia de mayor longitud de onda, fácilmente absorbibles por la emulsión fotográfica. Las placas reforzadoras están hechas de placas delgadas de plomo o pantallas de tungsteno de calcio.

El empleo de pantallas reforzadoras, hace que el tiempo de exposición se reduzca, cuando se mantiene el mismo espesor y cuando la tensión en los bornes del aparato de rayos X aumenta.

Tensiones utilizadas en la práctica, así como el tiempo de exposición, en el caso de placas radiográficas reforzadas con pantallas de tungsteno de calcio, manteniéndose una distancia foto-pieza de 60 centímetros, se indican a continuación.

ESPESOR mm.	TENSION KV.	T. EXPOSÍ. min.	ESPESOR mm.	TENSION KV.	T. EXPOSÍ. Hr.
20	100	5 a 7	100	200	1
50	150	15 a 20	130	400	2

En la práctica se ha considerado que 15 centímetros, es el espesor posible por radiografiar con buena calidad, para espesores mayores se recomienda el empleo de cápsulas radioactivas, principalmente por el cobalto 60, ya que tiene un gran poder de penetración.

En este método se tiene la ventaja de poder apreciar defectos de un tamaño de 1 al 2% del espesor de la soldadura, siempre y cuando se tenga un espesor constante y condiciones adecuadas de radiografiar la pieza.

El límite de espesor varía mucho con la posición y forma de defectos. Los defectos próximos a la película serán más fácilmente visibles que otros alejados. Los defectos de forma definida, se aprecian con mayor claridad que los defectos de contornos irregulares.

El método de radiografía tiene una importancia bastante grande, ya que da una imagen materializada de los defectos y quedan impresos para comprobaciones posteriores al término de la obra.

Aunque este método representa un costo grande, debido a que se tiene que contratar compañías particulares para la toma de las mismas, el resultado que se tiene compensa con ganancias la inversión. Se considera que el método radiográfico es actualmente el mejor de que se dispone para controlar la calidad de los trabajos de soldadura.

Después de una temporada de práctica, se pueden obtener imágenes correctas, nítidas y contrastadas, la interpretación de las radiografías resulta difícil y debe confiarse a especialistas en soldadura.

CONTROL POR ULTRASONIDO

La utilización de ondas ultrasónicas de 1,000,000 ciclos por segundo, es de una gran aplicación en el control de calidad de materiales.

El procedimiento consiste en atravesar la pieza por una energía ultrasónica y definir la energía disipada debido a la presencia de un defecto o de un cuerpo extraño en el interior del material. El aparato puede estar provisto de 2

palpadores, uno de los cuales emite la energía ultrasónica y el otro, el receptor, captura la energía que no es absorbida.

El control de las soldaduras puede hacerse utilizando 3 métodos:

1. El método por transmisión. En este método se utilizan 2 palpadores, el emisor y el receptor. Si en la pieza que se analiza se encuentra un defecto una parte de la energía se pierde por reflexión o absorción y el receptor registra una pérdida de energía. Ver la figura A.
2. El método por reflexión. Aquí se utiliza el rayo reflejado sobre la cara opuesta de la pieza o sobre un defecto. La radiación se dirige oblicuamente y la onda reflejada sigue la ley de reflexión, de igualdad de ángulos de incidencia al de reflexión. Si en el trayecto de la radiación se presenta un defecto, figura B. La reflexión se hace en parte sobre esos defectos, el receptor capta una parte de las ondas reflejadas de la parte posterior de la pieza y otra parte reflejada de los defectos o sea que se reciben 2 trenes de ondas, sumadas algebráicamente.
3. El método de reflexiones múltiples. En este método, la energía sufre varias reflexiones antes de llegar al receptor, si un defecto se encuentra en el trayecto la energía es absorbida por reflexiones sucesivas y el receptor casi no recibe energía emitida. En este procedimiento se requiere poca energía que se refleja en la cara opuesta y hay la facilidad que los 2 palpadores se colocan en el mismo lado. Ver la figura C.

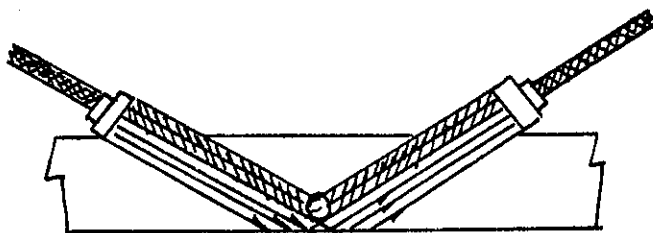


FIGURA B

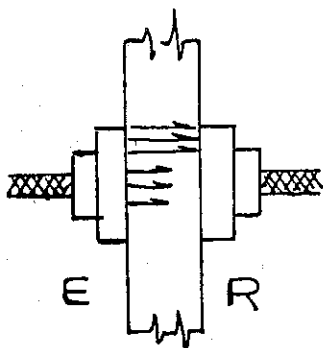


FIGURA "A"

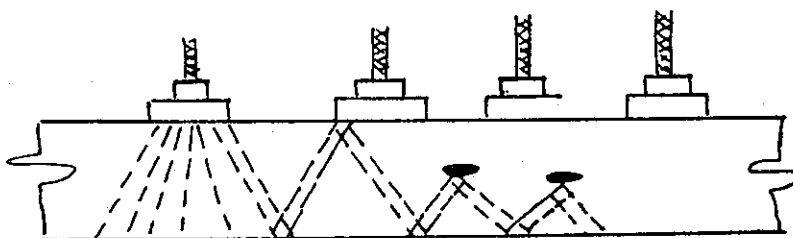


FIGURA "C"

INTERPRETACION RADIOGRAFICA

La interpretación radiográfica y el reporte de los defectos de la soldadura, es la última etapa en este tipo de control de calidad, siendo la interpretación la más importante, porque el reporte únicamente transcribirá la sugerencia de reparar o de permitir tal o cual defecto.

Las especificaciones son una base para calificar la gravedad de un defecto, pero no son suficientes, sino se toma en consideración las condiciones de trabajo de las estructuras, es decir, los esfuerzos a que trabajará durante su vida útil.

En las uniones de vigas y columnas soldadas, deberán considerarse o cuando menos tener idea de la distribución de los esfuerzos en las juntas soldadas, puesto que unas juntas soldadas trabajan a toda su capacidad y otras son para unir piezas de manera que trabajen monolíticamente; el que interpreta las radiografías deberá saber la importancia de cada junta, para que de acuerdo con ello, aplicar criterios técnicos y no exagerar o pasar por alto los defectos.

Todo defecto grave deberá repararse de inmediato antes de pasar a otra etapa de fabricación; en el campo no deberán dejarse reparaciones pendientes al final de una etapa y tener experiencia en la interpretación de radiografías, para que interprete las radiografías posteriormente al radiólogo y de las recomendaciones y procedimientos de reparación más adecuado.

FALTA DE PENETRACION

Es un defecto, por falta de preparación adecuada para efectuar la soldadura.

Definición: Relleno incompleto en la raíz de la soldadura. Registro radiográfico: una línea oscura derecha y bien definida, puede variar de ancho según el espacio entre los bordes de los biseles. Siempre se presenta en el centro del cordón.

Precauciones: Algunas un tubo desalineado parece falta de penetración, lo mismo sucede en las placas de acero.

Causa del defecto: Bisel demasiado cerrado, electrodo muy grande, amperaje muy bajo.

Procedimiento para evitarlo: Preparar biseles correctamente, usar electrodos adecuados, subir el amperaje.

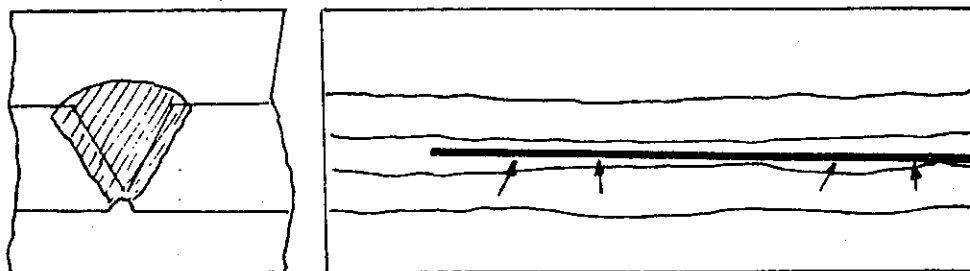


FIGURA No. 1

SOCAVADO

Definición: Canal al borde de la soldadura causado por exceso de calor y llevar demasiado metal incandescente.

Registro radiográfico: Línea oscura de densidad y espesor variado en la orilla de la soldadura. (Junto al metal base).

Precaución: Buscar líneas finas en la zona de unión de la soldadura y el metal base, que incluso podría ser una rotura.

Causas del defecto: Llevar demasiado metal incandescente, soldar con un amperaje demasiado alto, tamaño excesivo del electrodo, soldar muy despacio.

Procedimiento para evitarlo: Soldar más rápido, no llevar demasiado metal incandescente, usar amperaje adecuado, usar electrodos delgados.

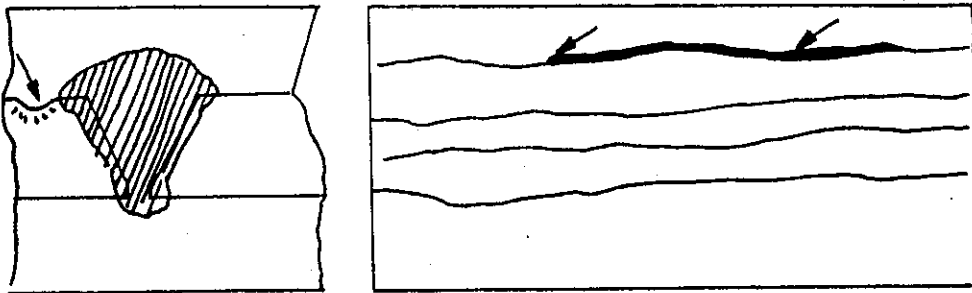


FIGURA No. 2

SOLDADURA ROTA

Definición: Una discontinuidad en la soldadura o entre la soldadura y el metal base.

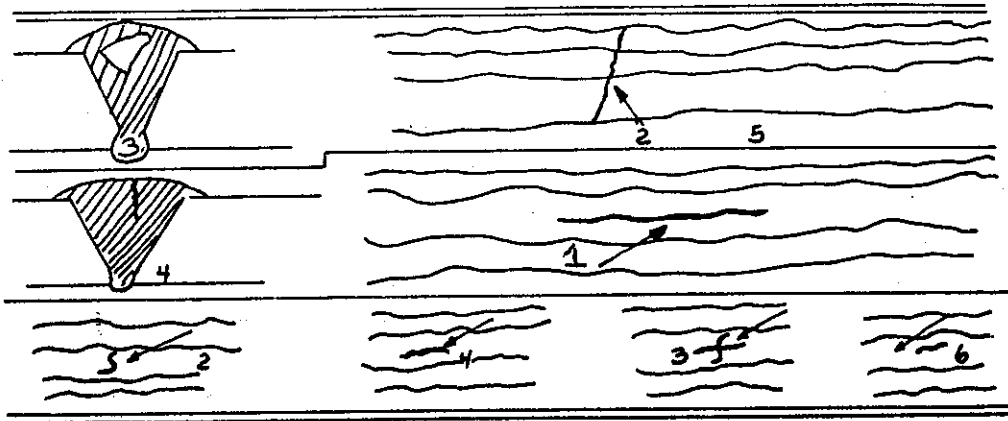
Registro radiográfico: Líneas oscuras generalmente con orillas ásperas que normalmente se presentan en el primer cordón, tiene que ser perpendicular a los rayos gamma o difícilmente se puede apreciar.

Hay 6 tipos de roturas:

1. Rotura de cráter longitudinal.
2. Rotura de cráter transversal.
3. Rotura de cráter de forma de estrella.
4. Rotura de enfriamiento longitudinal.
5. Rotura transversal.
6. Roturas salteadas.

Causas del defecto: Enfriamiento violento, demasiada rigidez de la pieza, alto contenido de carbono en el metal base, soldar lloviendo.

Procedimiento para evitarlo: Proteger la soldadura con tela de asbesto para que ésta enfíe lentamente. No soldar estructuras de una rigidez que no permita ciertas deformaciones. Precalentar el material por soldar adecuadamente. No soldar cuando esté lloviendo.



SOCAVANDO INTERNO

Definición: Canal en la orilla interior de la soldadura causado por exceso de calor.

Registro radiográfico: Línea oscura que se desvanece a lo largo del primer cordón.

Precaución: No confundir con la línea de escoria.

Causa del defecto: Soldado muy lento, demasiado amperaje, bisel preparado incorrectamente.

Procedimiento para evitarlo: Soldar con amperaje adecuado, soldar más rápido, preparar bien el metal.

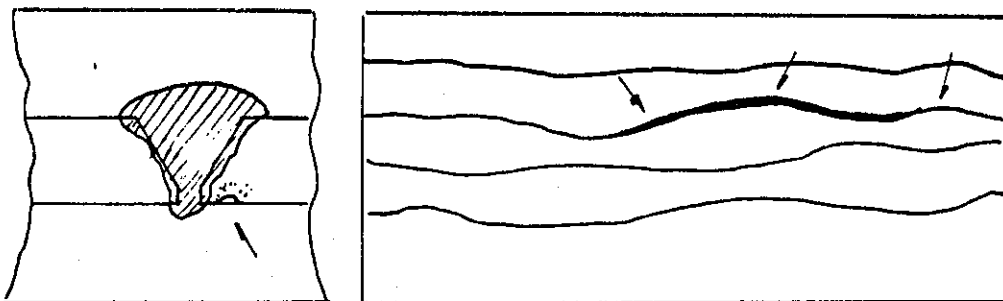


FIGURA No. 3

RECHUPE

Definición: Lugar donde la soldadura se encoge, dejando formas que aparecen como grietas.

Registro radiográfico: Registro obscuro, longitudinal, de aproximadamente $1/4''$, que se presenta en el centro del primer cordón. Generalmente está rodeado con más metal que en otros lugares.

Precaución: Se confunde fácilmente con una rotura discontinua.

Causas del defecto: Enfriamiento muy rápido, llevar mucho metal incandescente.

Procedimiento para evitarlo: Soldar más rápido, bajar el amperaje, usar electrodos adecuados.

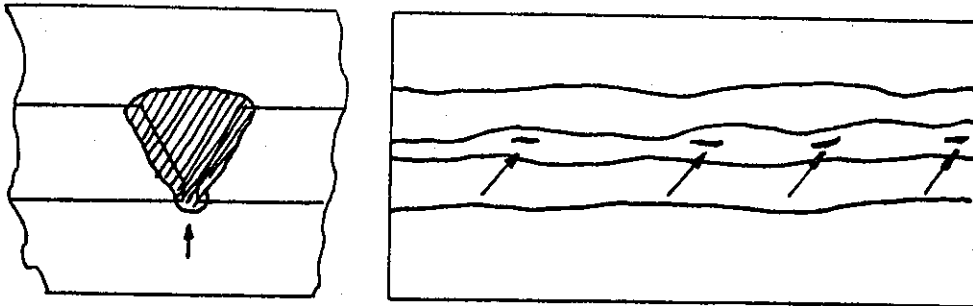


FIGURA No. 4

POROSIDAD

Definición: Cavidades gaseosas de forma esférica generalmente, aunque puede presentar diversas formas.

Registro radiográfico: Manchas bien definidas, dependiendo de la densidad directamente proporcional al diámetro.

Precauciones: Existe en ocasiones un tipo de porosidad de forma de agujas que es necesario reparar, removiendo el material base y depositando más soldadura.

Procedimiento para evitar la porosidad: Conservar incandescente el arco lo más posible, para permitir el escape de los gases de la combustión. Usar los amperajes adecuados y secos. Limpiar el aceite, la pintura, la grasa, el óxido o cualquier materia extraña de los biseles de la preparación.

Causas del defecto: Tamaño incorrecto del diámetro del electrodo, metal base de calidad inferior, corriente excesiva para soldar, electrodos húmedos, biseles sucios, etc.

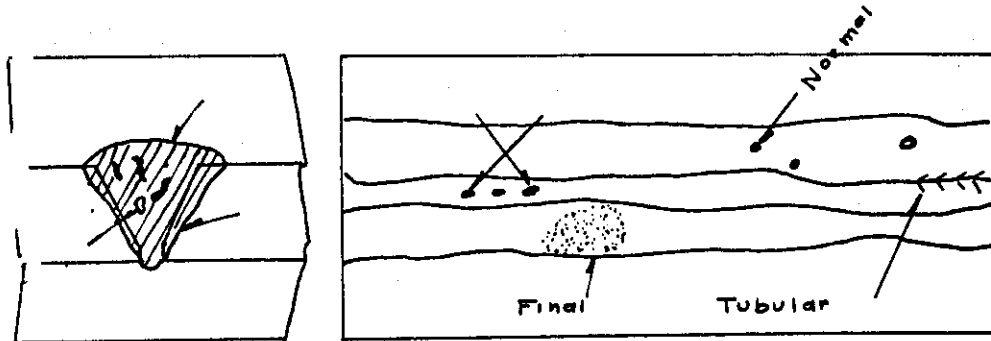


FIGURA No. 5

INCLUSION DE ESCORIA

Definición: Materia no metálica atrapada en la soldadura, generalmente es materia incombustible del revestimiento o flux (fundente) en las soldaduras automáticas.

Registro radiográfico: Manchas oscuras de forma irregular que se pueden presentar en cualquier parte de la junta de soldadura, de preferencia entre los cordones o entre cordones y material base.

Precauciones: Muchas veces se originan roturas en los extremos de los cordones.

Causa: Insuficiente amperaje o falta de limpieza de los cordones de soldadura.

Procedimiento para evitar inclusiones de escoria: Corregir la técnica de soldar, subir el amperaje, limpiar adecuadamente antes de aplicar cada cordón.

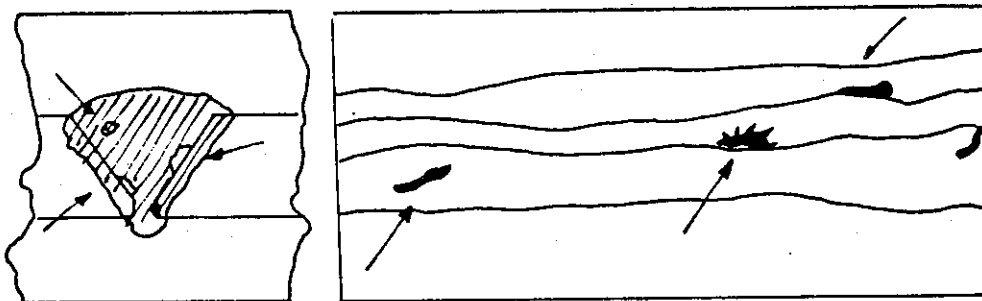


FIGURA No. 6

LÍNEA DE ESCORIA

Definición: Escoria atrapada a lo largo del cordón depositado anteriormente.

Registro radiográfico: Una línea oscura al lado del primer cordón, es bien definido y en línea recta.

Precaución: No es común que las roturas se formen en ese lugar, pero si puede unirse en su trayectoria.

Causas del defecto: Falta de limpieza entre cordones, falta de trabajar el metal.

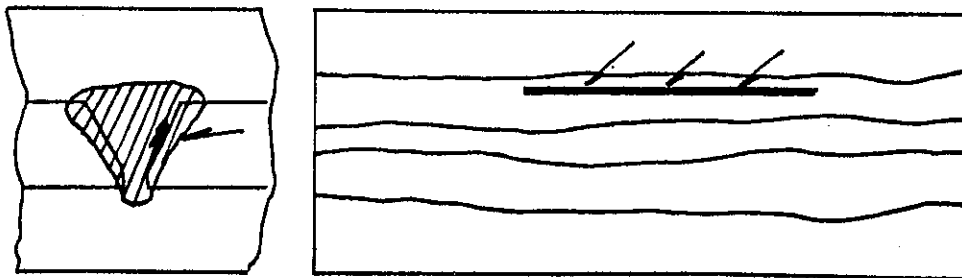


FIGURA No. 7

QUEMADAS

Definición: Porción del primer cordón donde hubo una penetración excesiva y causó que el metal incandescente cayera al interior de la junta.

Registro radiográfico: Una mancha oscura redonda, que se desvanece en las orillas y algunas veces es más clara en el centro, generalmente siempre se encuentran en el centro de la junta.

Precaución: Es muy común que en el centro de la quemada se encuentren pequeñas grietas, pudiendo ser longitudinales, transversales o de forma de estrellas.

Causa del defecto: Amperaje muy lento o manipulación defectuosa del electrodo.

Procedimiento para evitarlo: Bajar la corriente, usar el electrodo adecuado.

5.4 DEFECTOS DE LAS SOLDADURAS

Los defectos de las soldaduras pueden presentarse en diferentes formas, ya sea afectando a la junta soldada superficialmente, interiormente, físicamente, o químicamente, es decir, que se puede presentar el caso de que una soldadura tenga una apariencia exterior e interior sana, pero que el metal haya sufrido cambios en su estructura molecular a una estructura de cualidades físicas perjudiciales a la junta, es el caso de que una junta soldada quede en un estado de fragilidad y que al menor esfuerzo de trabajo se rompa bruscamente, tal como sucede en los aceros que contienen un porcentaje alto o medio de carbón y que se sueldan con un procedimiento inadecuado.

Los defectos exteriores, se pueden observar a simple vista o con auxilio de una lupa para apreciar en algunos casos poros de tamaño bastante pequeños o grietas finas que se escapan a simple vista. Las grietas finas de espesores de décimas de mm. son de los defectos más peligrosos, ya que éstas son fallas que se propagan con mucha facilidad, no debiéndose en estos casos considerar porcentajes de defectos, porque aunque una grieta solamente tenga la décima parte de la longitud de la junta, se considera que sólo la décima parte de la junta no trabajará y que se tenga un margen de 90%, lo cual no es cierto, ya que el elemento al trabajar con un mínimo de esfuerzo, las grietas se propagan en toda la longitud provocando la falla total de dicho elemento.

Los defectos que se pueden llamar geométricos o sea que se notan por no guardar la geometría de la junta soldada, como es la falta de soldadura (soldadura escasa), oquedades exteriores, socavaciones, sobremontas, etc. son defectos que se pueden apreciar a simple vista por medio de una inspección visual.

Los defectos internos más comunes son: inclusiones de escoria, poros o bolsas de gas esféricas o alargadas, vacíos de forma irregular debidos a una fusión defectuosa o sea que en esas zonas no logró entrar en estado de fusión no habiendo mezcla del material, es decir, no hubo una liga perfecta de los materiales para formar una pieza sólida.

En resumen, los defectos de las soldaduras pueden deberse a muchas causas, algunas de ellas son las siguientes:

- Que el material base tenga en la zona que se va a soldar concentraciones de carbón, azufre, fósforo, lajeaduras del material, etc.
- Que las superficies de la preparación de la junta tenga aceite, grasa, pintura, humedad, óxido, etc.
- Que la junta por soldar no tenga la preparación adecuada.
- Que el tipo de electrodo no sea el adecuado para el metal base.
- Que se utiliza un electrodo demasiado grande o pequeño.
- Que la máquina de soldar no esté en buenas condiciones.
- Que el amperaje o el voltaje dado por el operador no sean los convenientes.
- Que los aditamentos como son los cables, bornes, contactos, no estén en buenas condiciones y hagan variar el voltaje o amperaje, etc.
- Que el operador no tenga la suficiente práctica y experiencia o que emplee una técnica inadecuada, etc.

- Que el calentamiento de la junta soldada sea en forma rápida y el enfriamiento sea violento, etc.

Como puede verse, los motivos por el cual las juntas soldadas presentan defectos son numerosos y se requiere tener un cuidado bastante meticulouso para obtener resultados positivos en cuanto a calidad.

FALTA DE PENETRACION

Como su nombre indica, hay una falta de penetración o sea que la fusión no alcanzó a penetrar en la raíz de la penetración, observándose una entalladura que es una iniciación de falla, ya que puede considerarse como un inicio de rotura de la soldadura. Este defecto se debe a que no se tiene el amperaje adecuado o que la preparación se hizo en forma inadecuada o que las placas se unieron demasiado.

Este defecto se considera como un defecto grave y es frecuente encontrarlo en soldaduras de placas gruesas. La resistencia de la junta soldada baja por reducción de la sección.

FALTA DE ESPESOR O SOLDADURA

Cuando se efectúa una soldadura, hay que tener muy en cuenta que la sección en donde se soldó sea de igual espesor al de los materiales por unir, ya que frecuentemente los soldadores dejan una sección insuficiente debido a una falta de material de aportación. Su reparación es sencilla y se efectúa engrosando esa zona con más material de aportación de soldadura.

MORDEDURAS O SOCAVACIONES

Las socavaciones se presentan por una fusión muy prolongada de los bordes o que se está empleando un amperaje muy alto. Este defecto se presenta en las soldaduras de posición vertical u horizontal. Su reparación es muy fácil y se efectúa aplicando más material de aportación del electrodo.

BORDES DESNIVELADOS

En este caso los bordes no se encuentran en un mismo plano en el momento de efectuar la soldadura, debido a una mala preparación de los bordes o a una deformación exagerada en el momento de soldar.

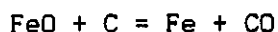
Este defecto es grave porque aparentemente en la cara exterior se observa una soldadura sana pero en el reverso de la soldadura se encuentra el defecto, también es importante hacer notar que casi siempre viene acompañado de otros defectos, como son inclusiones de escoria.

POROS SUPERFICIALES

Este defecto consiste en poros que bien se pueden presentar en la cara superior o en la inferior de la soldadura. Se debe a un desprendimiento gaseoso en el momento de la solidificación de la soldadura o se debe a que el operario no da tiempo, por decirlo así, para que los gases debidos a la combustión del

revestimiento logren salir a la superficie, por levantar inmediatamente la capa de escoria que sirve para que la solidificación del material de aportación del electrodo no la haga en forma inmediata y forme una costra que impida el escape de los gases, quedando éstos atrapados en el interior de la soldadura. También puede observarse que cuando existe gran cantidad de gases y el período de solidificación es relativamente lento, los gases provocan poros superficiales.

En el acero, la reacción que da un desprendimiento de gases es la que corresponde a la desoxidación por el carbono:



El CO se desprende para dar sopladuras cuando la solidificación es rápida o porosidad superficial cuando la solidificación es lenta.

Este defecto se presenta debido a una mala calidad de la aleación del material, observándose que se presenta más a menudo en aceros que contienen más de 0.20% de carbono, si la aleación no encierra elementos desoxidantes, como el manganeso y silicio en cantidad suficiente. La reparación de zonas que contienen poros, consiste en remover la soldadura y volver a soldar nuevamente teniendo cuidado de no cometer el mismo error.

GRIETAS

Las fisuras que pueden tener su iniciación en el seno del metal fundido a tensiones o esfuerzos posteriores, se presentan en forma de grietas.

Son defectos debido a una mala calidad del acero, a una mala calidad del electrodo, a que no se usó un precalentamiento de las piezas por unir o que las placas por unir están sumamente rígidas, no permitiéndole ninguna deformación, provocando esfuerzos interiores de gran consideración.

Este defecto es sumamente grave y su reparación requiere la consulta de un técnico especializado en soldadura.

FALTA DE PENETRACION EN EL INTERIOR DE UNA JUNTA SOLDADA

Este defecto se asemeja al de falta de penetración normal en exterior, en la raíz de la junta. La falta de penetración de una junta soldada se presenta en placas gruesas, por lo que su apreciación exige el empleo de un método de Control de Calidad como son los rayos X, ultrasonido, etc. El defecto se debe a diferentes causas, que la preparación de la junta no se hizo en forma adecuada, que el amperaje es insuficiente, demasiado hombro, que las placas estaban demasiado cerradas en el momento de soldar, por no haber utilizado separadores, etc. Este defecto se considera grave ya que la resistencia de la placa disminuye en sección, lo cual hace que pueda fallar la junta por insuficiencia del área.

La reparación de soldaduras que presentan falta de penetración, se hará removiendo la soldadura y aplicando soldadura nuevamente, teniendo cuidado de no requemar el material al remover la soldadura defectuosa.

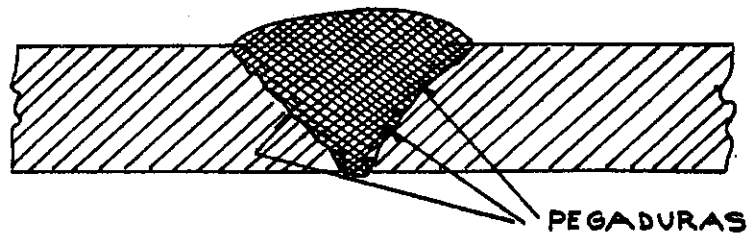
PEGADURA O FALTA DE FUSION

Este defecto se presenta cuando no existe una liga íntima de los cordones de soldadura o entre el material base y el metal de aportación. Se ha observado que el defecto de pegadura se debe a las siguientes causas:

- El metal de aportación en estado líquido se deposita sobre el metal no fundido sin que existe interpenetración molecular.
- Existe interposición de una finísima capa de óxido entre la zona fundida y el metal base.

Este defecto es difícil de detectar, ya que aunque existe continuidad, no es lo suficiente para resistir esfuerzos de trabajo. El único control, es por medio de ensayo de probetas del material dudoso en la máquina de ensayos.

Se puede eliminar este defecto, utilizando un arco corto y suficiente amperaje.



SOPLADURAS

Las sopladuras son debidas a gases incluidos que pueden provenir del metal de aportación del alma del electrodo con demasiado carbón. Existen otras causas como son un desprendimiento gaseoso del revestimiento del electrodo por humedad o acumulación de una gran cantidad de productos carburados.

LINEAS DE ESCORIA

Cuando al soldar, el operador no limpia perfectamente los cordones en las distintas pasadas, se presenta este defecto. También puede ser debido a una mala disposición de las pasadas estrechas de la soldadura en placas gruesas.

La escoria es fusible y en las consiguientes pasadas de soldadura, se propiciará la formación de inclusiones de escoria.

FISURAS INTERNAS

En el interior del metal fundido, se producen fisuras muy finas que no se pueden descubrir fácilmente. Bajo el efecto de tensiones, las fisuras se hacen grietas que provocan la falla de la pieza o bajo esfuerzos dinámicos. Es fácil el agrietamiento del primer cordón de penetración (raíz) cuando el operario no tiene el cuidado de precalentar las placas por soldar en las primeras horas de la mañana, cuando se encuentran frías.

CONCLUSIONES

1. Es importante conocer en un material sus características físicas, las cuales dan una idea bien definida en cuanto a resistencia mecánica, ductilidad, conductibilidad eléctrica, térmica, densidad, dureza, etc.
2. En la fabricación de estructuras, aparte de la tolerancia en cuanto a dimensiones de los perfiles, interesa saber la resistencia a la tensión, ductilidad del material y la dureza superficial.
3. En los procedimientos de soldadura, la Manual es la más empleada actualmente en nuestro medio; el operador requiere tener una habilidad especial, saber encender el arco, mantener un pulso firme, conservar la longitud de arco constante y efectuar el llenado atendiendo a las especificaciones requeridas.
4. Ventajas de la soldadura Manual: El control de aplicación es directamente por la mano del soldador, lo cual hace que un buen soldador pueda darse cuenta inmediatamente de una soldadura defectuosa.

Desventajas de la soldadura Manual: El avance de la soldadura manual es muy lento, lo que hace que los tiempos de producción sean relativamente altos.

5. Ventaja de la soldadura Automática: No se tiene que estar cambiando electrodo constantemente, lo cual hace que el tiempo de trabajo sea menor. Debido al alto amperaje de trabajo, se obtienen penetraciones bastante mayores que en la soldadura manual, lo cual es una ventaja de consideración.

Desventaja: El voltaje debe mantenerse constante. El costo de empleo de estas máquinas es alto, por lo que la inversión inicial es grande.

6. Se puede soldar con corriente continua y corriente alterna, existiendo varias posibilidades de obtención de la corriente. Además de la importancia de la soldadura, desde el punto de vista técnico, también es importante la clase de electrodo, propiedades y dimensiones del material base, construcción, etc.; han de tenerse en cuenta las condiciones locales del trabajo y de la corriente (energía) para la elección de las fuentes (Generadores).
7. El control de calidad de las soldaduras puede efectuarse en las diversas etapas del proceso de fabricación, es decir, control antes de ejecutar la soldadura; durante el proceso de soldado y después de ejecutado el soldado.

RECOMENDACIONES

1. Obtener las especificaciones de las características del material con que se va a trabajar, para un mejor conocimiento, control y desarrollo del mismo.
2. El trabajo a desarrollar debe ser encargado a operarios con mano de obra calificada, experiencia, responsables y con completo conocimiento de su oficio.
3. Se debe tener la suficiente supervisión al ejecutar el trabajo de una estructura importante, para que ésta sea realizada según las especificaciones y procedimientos, establecidos en planos.
4. Se debe tener el espacio, equipo y herramienta necesaria que facilite al operario realizar un buen trabajo.
5. Se debe efectuar un control antes de ejecutar la soldadura, durante el proceso de soldado y después del soldado para obtener una buena calidad de trabajo.
6. Facilitar a los operarios el acceso a cursos de capacitación, para un mejor conocimiento del trabajo que deben desarrollar.

BIBLIOGRAFIA

1. AISC. Manual of Steel Construction. 7th. Ed. American of Steel Construction Inc. 1970.
2. AWS. Revisions to Structural Welding Code. 1973, 1974.
3. LEYENSETTER. Tecnología de los Oficios Metalúrgicos. Editorial Reverté, Barcelona, España, 1974.
4. RINALDI, Emilio. Tratado Moderno de la Soldadura. José Montesó Editor. Barcelona, 1968.
5. SEELY F. B. Resistencia de Materiales. UTHEA, México, 1954.
6. REPRESENTACIONES Y SERVICIOS DE INGENIERIA, S. A. Soldadura, Aplicaciones y Práctica. Diseño Editorial, S. A. Monterrey, México, S.A.