

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



SOLDADURA INDUSTRIAL

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A N

ESTEBAN AZCANIO CRUZ
ROBERTO BARRON VILLALON

1 9 8 0



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

S O L D A D U R A I N D U S T R I A L

AZCANIO CRUZ ESTEBAN

BARRON VILLALON ROBERTO

INGENIERO QUIMICO

1 9 8 0

	PRESIDENTE	Ing. Adalberto Tirado Arroyave
Jurado Asignado	V O C A L	Ing. Carlos Doormann Montero
Originalmente	Secretario	Ing. Francisco Cabré Parra
Según el Tema	1er. Suplente	Ing. Arturo Morales Collantes
	2do. Suplente	Ing. Francisco Herrera Castañeda

Sitio donde se desarrollo el Tema: MEXICO, D.F.

Sustentantes Esteban Azcanio Cruz
del Tema: Roberto Barrón Villalón

Asesor del Tema: Ing. CARLOS DOORMANN MONTERO.

A MI MADRE

Con afecto y mucho amor
por su apoyo y sus con-
sejos.

A MIS HERMANOS

Por ayudarme a
salir adelante.

A MIS FAMILIARES

Con afecto.

A la Facultad de Química.

A mis Maestros.

Al H. Jurado.

Al Ing. Carlos Doormann Montero
por su valiosa ayuda.

A todas las personas que
de alguna manera contri-
buyeron a la realización
de esta Tesis.

I N D I C E

Introducción	6
CAPITULO I	
Generalidades	7
CAPITULO II	
TIPOS DE SOLDADURA	
Principales Procesos de Soldadura	9
Clases de Soldadura	18
CAPITULO III	
MATERIALES	
Selección del Material de Relleno	20
Sistema de Identificación	23
El Revestimiento de los Electrodo s	31
CAPITULO IV	
EQUIPOS	
Equipo para la Soldadura de Arco Metálico Protegido .	35
Equipo para la Soldadura a Gas	38
Equipo para la Soldadura de Resistencia Eléctrica ...	41
Equipo para la Soldadura con Hidrógeno Atómico	42
Equipo para la Soldadura de Haz Electrónico	43
CAPITULO V	
PRUEBAS	
Pruebas no Destructivas	44
Pruebas Destructivas	47
Requisitos para la Soldadura de Materiales Ferrosos .	52

Calificación del Procedimiento de Soldeo	66
Calificación de la Operación	72
Simbología	80
Análisis de Resistencias y Esfuerzos de los Soledos .	95

CAPITULO VI

APLICACIONES

Aplicaciones de la Soldadura de Arco Eléctrico	104
Aplicaciones de la Soldadura de Resistencia Eléctrica	108
Aplicaciones de la Soldadura a Gas	110
Aplicaciones de la Soldadura de Haz Electrónico	111
El Acero	112
Tratamientos Térmicos del Acero	119

I N T R O D U C C I O N

La soldadura juega un papel muy importante en la sociedad moderna, pues gracias a ella podemos disfrutar de infinidad de comodidades, las cuales hacen nuestra existencia más confortable.

Por siglos, el hombre buscó la manera de combinar efectivamente los metales para la fabricación de artículos de utilidad. Los descubrimientos básicos para la tecnología de la soldadura se hicieron durante la Revolución Industrial. En ese tiempo Edmund Davy descubrió el gas acetileno. En la actualidad, este gas suministra el combustible para los procesos de soldadura y corte oxiacetilénico. Al mismo tiempo, Humphrey Davy encontró que era posible crear un arco luminoso conectando una bateria a dos electrodos de carbono.

La necesidad de una técnica que ofreciera confianza en trabajos tanto de reparación como de fabricación, además de que disminuyera las pérdidas de tiempo ocasionadas por estos trabajos, vino a acelerar la aceptación de la soldadura en la industria.

El Ingeniero Químico, al estar en contacto con la industria, debe conocer todo lo relacionado con la soldadura, ya que ésta hace posible, entre otras cosas que, se obtenga una producción de alta calidad a precios competitivos, un mantenimiento rápido y eficaz, la construcción y diseño de equipos usados en los diferentes procesos, e infinidad de operaciones, lo que hace que la soldadura desempeñe un papel vital en la industria.

El objeto del conocimiento de la soldadura por parte del Ingeniero Químico, no implica que éste deba ser una autoridad en la materia, sino de que este conocimiento le será de gran ayuda en el desempeño de su profesión.

CAPITULO I

G E N E R A L I D A D E S

La soldadura es la unión ó fusión de dos piezas de metal por medio de calor y/o presión. Se han desarrollado muchos procesos de soldadura, estos procesos difieren ampliamente de la manera en que se aplica el calor y en el tipo de equipo usado. Algunos procesos requieren de martilleo, laminado ó presión para efectuar el soldeo; en otros el metal se transforma en fluido y no requiere presión. En los procesos donde es necesaria la presión las superficies deben alcanzar una temperatura suficiente para que tenga lugar la cohesión. Esta temperatura, casi siempre es una temperatura de subfusión. Sin embargo si se alcanza la temperatura de fusión, el metal fundido debe estar rodeado de metal sólido. En soldeos de este tipo no se requiere ningún metal de soldeo adicional. La mayoría de los soldeos se efectúan a la temperatura de fusión y necesitan que se agregue de cualquier manera metal de soldeo. Al soldar metales diferentes, es posible hacer un enlace satisfactorio con sólo alcanzar la temperatura de fusión de uno de los metales. También se puede soldar por fundición, calentando el metal a una temperatura alta y vaciandolo en la cavidad entre las dos piezas por unir. En este método el calor del metal de soldeo debe ser suficiente para que este se fusione perfectamente con el metal base.

La mayoría de las investigaciones de la soldadura moderna han tenido lugar a partir de la primera guerra mundial como resultado de las demandas de la industria que necesitaban medios más rápidos de fabricación y ensamblaje de partes metálicas. Los procesos de soldadura son ampliamente usados en la fabricación de unidades automotrices, de aviones, carros de ferrocarril de alta velocidad, armazón de máquinas, trabajo estructural, tanques y trabajos de reparación de máquinas. En la industria petrolera la soldadura es ampliamente usada en la fabricación de tuberías. Durante la guerra el principal uso de la soldadura fué en la construcción de barcos; en tiempo de paz en la construcción de estructuras metálicas. También en la industria de

la fundición se ha dejado sentir la competencia de la soldadura, ya que muchas partes de máquinas que se hacían por fundición ahora se hacen con miembros de acero soldados juntos. Dicha construcción tiene la ventaja de ser más ligera y más fuerte que el hierro fundido. El corte con gas ha influenciado grandemente los productos forjados. Esto ha generado grandes ahorros pues evita el uso de costosos moldes. Difícilmente se encuentra en la actualidad una industria que no sea afectada de alguna manera por los procesos de soldadura y corte.

Los primeros procesos de soldadura estaban limitados al acero de bajo carbón y al hierro forjado, los cuales se sueldan fácilmente y tiene un amplio rango de soldeo. El rango de soldeo disminuye al aumentar la cantidad de carbón ó al agregar elementos aleantes, y esto dificulta la realización de un buen soldeo. No obstante, el desarrollo de nuevos electrodos y nuevas técnicas de soldeo ha alterado grandemente nuestro concepto de lo que es material soldable. Usando equipo y material adecuados, prácticamente se pueden soldar todos los metales ferrosos y no ferrosos.

PRINCIPALES PROCESOS DE SOLDADURA

Soldadura de Resistencia Eléctrica

En este proceso se pasa una fuerte corriente eléctrica a través de los metales a unir, causando un calentamiento local, y el soldeo se acompleta aplicando presión. Este proceso se remonta a la última parte del siglo diecinueve y fué usado por Elihu Thompson. Cuando pasa la corriente a través del metal, la resistencia mayor esta en el punto de contacto; entonces, el mayor efecto de calentamiento está en el punto donde se hará el soldeo. Normalmente se usa corriente alterna, que llega a la máquina con el voltaje comercial normal. En la máquina un transformador reduce el voltaje y aumenta el amperaje lo suficiente para producir una buena corriente de calentamiento. La cantidad de corriente necesaria es de 30 a 40 Kva. por pulgada cuadrada de area a unir, basada en un tiempo de alrededor de 10 segundos. Para otros intervalos de tiempo la potencia varía inversamente con el tiempo. La presión necesaria para efectuar el soldeo varía de 4000 a 8000 psi.

La soldadura de resistencia es practicamente un proceso de producción adaptado para la unión de metales de bajo calibre que se pueden superponer. Normalmente el equipo usado es conveniente para sólo un tipo de trabajo, y las piezas a soldar deben acercarse a la máquina. Es el único proceso que permite la acción de la presión, mientras se aplica el calor precisamente regulado. Además, la operación es extremadamente rápida.

La solubilidad del metal depende en cierto grado de su punto de fusión. Practicamente la soldadura por resistencia se aplica a todos los metales, aunque unos cuantos como estaño, zinc y plomo presenten dificultad para soldarlos.

Los tres factores que se deben tomar en cuenta en la soldadura por resistencia están en la fórmula:

$$\text{Calor} = I^2 R T$$

donde:

I = Corriente de la soldadura en amperes.

R = Resistencia del metal que se está soldando.

T = Tiempo.

El amperaje del secundario ó la corriente de la soldadura está determinado por el transformador. Para obtener una probable variación de la corriente del secundario, el transformador tiene adaptado un regulador en el lado del primario para variar el número de vueltas en la bobina del primario. Esto se puede ver en la figura. Estas tres variables, corriente, resistencia y tiempo deben ser cuidadosamente consideradas para la obtención de buenos soldeos; además están determinadas por factores tales como espesor y tipo de material, y del tipo y tamaño del electrodo.

Es muy importante la periodicidad de la corriente de la soldadura. Después de aplicar la presión habrá un lapso hasta el inicio del soldeo. Se acciona la corriente y se mantiene el tiempo conveniente para el soldeo. Se suspende la corriente, pero se mantiene la presión hasta que el soldeo se enfría, así los electrodos no se arquean y también se protege al soldeo de la decoloración. La presión en el soldeo se puede obtener manualmente, por medios mecánicos, por resortes, ó por medios hidráulicos. Su aplicación se debe controlar y coordinar con la corriente de soldadura.

La soldadura por resistencia se puede subdividir como: Soldadura por puntos; Soldadura por proyección; Soldadura de costura; Soldadura a tope; Soldadura por percusión.

Soldadura de Resistencia por Puntos.

En este tipo de soldadura se mantienen dos láminas de metal entre los electrodos metálicos. El ciclo se indica cuando los electrodos se ponen en contacto con el metal bajo presión antes de aplicar la corriente, este tiempo se denomina tiempo de prensado. Se hace pasar entre los electrodos una corriente de bajo voltaje y suficiente amperaje, lo cual ocasiona que el metal que está en contacto eleve su temperatura a la de la temperatura de la soldadura. Tan pronto como alcanza la temperatura, la presión entre los electrodos oprime al metal juntándolo y completando el soldeo. Este período, normalmente de 3 a 30 ciclos, se conoce como el tiempo de soldeo. Enseguida mientras es mantenida la presión se corta la corriente por un período llamado tiempo de agarre, durante el cual gana resistencia por enfriamiento. Se disminuye la presión y se mueve la pieza soldada para soldar otras piezas. Este es el tiempo de liberación. Todos los tiempos se miden en términos de ciclos de corriente y varían normalmente de 3 a 60 (1 ciclo = 1/60 seg.).

Probablemente la forma más simple de soldadura de resistencia es la soldadura por puntos y para la lámina de acero no presenta mucho problema. Para mejores soldeos se necesita lámina de acero libre de escoria ó sustancias extrañas. Dichas sustancias causan variaciones en la resistencia de la superficie y aumentan el efecto de calentamiento del metal en contacto con los electrodos.

Si no se preparan adecuadamente las superficies de las láminas se pueden encontrar defectos tales como imperfecciones de la superficie. Se puede notar que en la soldadura por puntos hay cinco zonas de generación de calor: una en la interfase entre las dos láminas, dos en las superficies de contacto de las láminas con los electrodos, y las otras dos en el metal de las láminas. La resistencia de contacto en la interfase de las dos láminas es el punto de mayor resistencia donde empieza la formación del soldeo. La resistencia de contacto en la interfase de las dos láminas es el punto de mayor resistencia donde empieza -

la formación del soldeo. La resistencia de contacto en la inter fase de las dos láminas es el punto de mayor resistencia donde empieza la formación del soldeo. La resistencia al contacto en este punto así como entre los electrodos y en la superficie de las láminas, depende de las condiciones de la superficie, magnitud de fuerza del electrodo, y tamaño de los electrodos. Si las láminas son idénticas, el balance de calor es tan exacto, que el punto de soldadura en el centro. Con láminas diferentes puede ser necesario usar electrodos de diferente tamaño ó conductividad para obtener un justo balance de calor.

Hay tres tipos generales de máquinas para soldadura -- por puntos: Máquinas Estacionarias de Punto Simple; Portátiles de Punto Simple y Portátiles de Punto Múltiple.

Soldadura de Resistencia por Proyección.

El soldeo por proyección se efectúa en puntos localizados en las piezas a trabajar mantenidas a presión entre los electrodos apropiados. Primero se someten las láminas que se van a soldar a una prensa de punción que hace pequeñas proyecciones o botones en el metal, precisamente en los puntos donde se va a efectuar el soldeo.

Soldadura de Resistencia por Costura. #1

Mediante uno ó dos electrodos de forma circular se hace correr a velocidad conveniente a lo largo de la unión de las orillas del material que se va a soldar.

Soldadura de Resistencia a Tope.

En este tipo de soldadura se colocan dos piezas frente a frente, quedando sus superficies ligeramente en contacto formando el circuito eléctrico, que es completado fluyendo la energía a través de la unión de las dos piezas. Por tanto, al circular la corriente se origina un arco en forma de llamarada en la unión, y al comenzar a reblandecer la temperatura al metal de las partes adyacentes, estas son forzadas bajo presión hasta soldarse.✓

Soldadura de Resistencia por Percusión.

En este proceso las piezas se mantienen alejadas. Cuando las piezas estan separadas 1/16 de pulgada hay una descarga - repentina de energía eléctrica provocando un arco muy intenso sobre las superficies y elevando la temperatura en ellas a un nivel muy alto. El arco se extingue por golpeo percusivo de las dos partes juntándose con suficiente fuerza para soldarlo.

Soldadura con Arco Eléctrico

En este proceso de soldadura se hace pasar aire a través de un espacio existente entre el electrodo metálico ó de carbón y el metal y el metal base que se está soldando. El electrodo ó metal de relleno se calienta a un estado líquido y se deposita en la unión para completar el soldeo.

El arco puede ser protegido ó no de la oxidación u otras reacciones de los elementos del aire ambiente que afectan al metal fundido, dicha protección se puede hacer de varias maneras a saber:

- a).- Recubriendo al electrodo con una capa fundida de metal adecuado.
- b).- Envolviendo al electrodo con polvo fundente.
- c).- Impregnando la atmósfera circundante con gas inerte.
- d).- Trabajando en el vacío.

La soldadura depositada con arco protegido es mejor que la soldadura depositada sin protección.

Hay dos tipos de electrodos: los consumibles, y los no consumibles. Los primeros, al mismo tiempo que establecen el arco se funden gradualmente, proporcionando metal para la unión que se pretende; en cuanto a los electrodos no combustibles, solamente establecen el arco, pero no se funden y se usan tanto en

soldadura de fusión como en soldadura de relleno. Los electrodos de carbón y de tungsteno no se funden.

En la soldadura por fusión, el metal base se derrite y consolida a lo largo de dos superficies que coinciden, sin adicionar ningún metal.

En la soldadura de relleno hay también fusión del metal, pero las dos partes que deben unirse no se funden entre sí directamente, sino que se adiciona un metal de relleno a la unión, el cual se funde con cada lado del metal base.

La soldadura con arco puede ser manual, automática, ó semiautomática. En el proceso automático, el electrodo ó material de aporte se alimenta automáticamente dentro del arco para reponer el que se va fundiendo, manteniendo la distancia apropiada del arco. El electrodo es sostenido por la cabeza soldadora mecanizada que se mueve a lo largo de la junta. En la soldadura semiautomática, el electrodo o material de aporte se alimenta automáticamente, pero el electrodo ó cabeza soldadora será movida manualmente a lo largo de la junta. Para la soldadura manual el electrodo se fija en el portaelectrodo manteniendolo en una distancia y posición determinadas para guiarlo a lo largo de la unión y hacer el arco requerido.

Si es necesario el uso de polvo fundente o gas inerte para arco protegido, estos elementos se aplican automáticamente en sistemas automático y semiautomático.

Los procesos de soldadura con arco se dividen en dos subgrupos: Arco Metálico y Arco de Carbón, de los cuales el más importante es el segundo.

/ Soldadura de Arco con Electrodo de Carbón.

En este tipo de soldadura se establece un arco entre el electrodo de carbón y el metal base, ó entre dos electrodos de carbón y el arco que produce el calor para fundir el metal base, sin depositar ningún metal de aporte; pero en caso de que

este sea necesario, entonces se proporcionará en forma de material de aporte para el relleno, coincidiendo su análisis con el del metal base.

Soldadura de Arco Protegido con Gas Inerte.

En este tipo de proceso se produce la coalescencia por el calor de un arco entre el electrodo y la pieza a soldar que está protegido por una atmósfera de argón, helio CO₂ ó una mezcla de gases. Se emplean dos métodos: uno usando un electrodo de Tungsteno (Soldadura TIG, tungsteno gas inerte), y el otro usando un alambre metálico consumible como electrodo (Soldadura MIG, metal gas inerte).

Soldadura T I G.

En este proceso la zona de soldeo está protegida con gas inerte que es alimentado a través del sujetador del electrodo, enfriado con agua. Se puede emplear una mezcla de helio y argón, aún cuando este último es el más usado. Se puede usar corriente alterna ó corriente directa. La selección del tipo de corriente está determinada por el tipo de metal que se va a soldar. Para acero, hierro fundido, aleaciones de cobre y aceros inoxidables es necesario usar corriente directa con polaridad directa, mientras que la polaridad inversa no es muy usada. La corriente alterna es muy versátil en su aplicación y se usa para aluminio, magnesio, hierro fundido y otros metales.

Soldadura M I G.

Este proceso se efectúa por un arco protegido entre el electrodo consumible desnudo y la pieza a soldar. Se alimenta un alambre continuamente por medio de una pistola a una superficie que imparte una corriente al alambre. La corriente directa con polaridad inversa da un arco estable y proporciona más calor a la pieza de trabajo. Se recomienda para aluminio, magnesio, cobre y acero. Debido a la inestabilidad del arco no se usa la polaridad directa. La corriente alterna se usa muy poco para este proceso debido también al arco inestable. Cuando el gas protector es CO₂ se emplean electrodos que contengan desoxidantes. ✓

Soldadura con Arco Sumergido.

Se emplea un fundente granulado en cantidad suficiente para rodear al electrodo consumible que es movido para alimentar continua y mecanicamente a la unión que se está soldando.

El fundente que envuelve al arco, al metal fundido y al metal fundido y al metal base durante la operación, evita la contaminación y ayuda a controlar el enfriamiento. Además, el fundente proporciona desoxidantes y limpiadores de impurezas, mejorando con ello la calidad del metal fundido.

El calor del arco funde localmente al metal base, al electrodo y al fundente, penetrando, fundiendo y rellenando la unión. Este proceso utiliza normalmente mayor amperaje que el usado en otros procesos, lo cual redundo en mayor velocidad y mayor cantidad de metal de relleno depositado.

Soldadura de Arco con Hidrógeno Atómico.

La diferencia de este proceso con el resto de procesos de arco, es que el arco se forma entre dos electrodos. Se realiza por medio de una antorcha en la que se disponen los electrodos en "V", y se introduce hidrógeno en el arco. Se puede agregar metal de soldeo en forma de varillas.

Soldadura con Gas.

El gas inflamable se enciende con aire, ó con oxígeno produciendo suficiente calor para soldar. Al utilizar aire como ingrediente en la combustión, el calor que se produce no es suficiente para soldar ningún metal ya sea ferroso ó no ferroso, exceptuando el plomo. Si el gas inflamable es el oxígeno puro, la llama será mucho más caliente. El gas más usado es el acetileno (soldadura oxiacetilénica), pudiendose usar también; hidrógeno, gas natural, propano y butano.

La temperatura de la llama oxiacetilénica es de 2800 a 3500°C. La flama del hidrógeno con el oxígeno alcanza temperatu

ras de hasta 2000°C, el gas butano llega a 2200°C, al igual que el propano y el gas natural, acetileno con aire comprimido alcanza los 1870°C.

En este proceso se utiliza metal de aporte similar en sus características al metal soldado.

Soldadura con Haz Electrónico

En este tipo de soldadura la coalescencia se produce bombardeando la pieza con un rayo denso de electrones de alta velocidad. El metal es unido fundiendo las orillas de la pieza trabajada, ó penetrando a través del material, normalmente sin agregar metal de relleno.

CLASES DE SOLDADURA

La soldadura a tope puede ser abierta ó cerrada, según sea el grosor de las chapas a soldar y el método de soldadura empleado. En una unión a tope cerrado, que se utiliza para soldar chapas de 3 mm. de espesor como máximo las dos piezas se unen a tope. Cuando el procedimiento empleado es manual y se sueldan chapas con un espesor superior a los 4 mm., se deja una separación entre las dos chapas para facilitar la penetración del cordón de soldadura en la unión; se dice entonces que la unión es a tope abierto. Sin embargo, antes de soldar chapas gruesas es -- conveniente preparar los bordes de alguna manera, para conseguir la penetración total del cordón de soldadura en la unión.

La soldadura en ángulo se efectúa en las esquinas de las uniones en T. Se debe procurar que el cordón de soldadura tenga pies iguales, que no se produzca mezcla alguna y que su superficie sea plana, sin concavidad ni convexidad.

El pie de una soldadura en ángulo es la anchura del cordón medida sobre una de las chapas a soldar, y la garganta es la longitud de segmento-bisectriz del ángulo formado por las dos chapas, comprendido en el interior de la soldadura.

Una soldadura de tapón es un método para unir a tope dos chapas, haciendo un agujero en una de ellas y rellenándolo con soldadura.

Una variante de la soldadura en ángulo es la soldadura a solape. Aquí se tiene que procurar que el ancho del pie sea igual al grosor de las chapas. Una soldadura de solape doble indica que las chapas solapadas en ambos extremos del solape.

Una soldadura de borde es un cordón de soldadura depositado sobre los bordes colocados a ras de dos chapas adosadas.

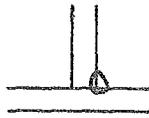
Con este tipo de soldadura sólo se unen chapas finas. El electrodo no podrá ser más grueso que la suma de los grosores de las chapas.

Un soldeo de costura es una sucesión de soldadura por puntos a solape.

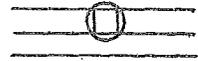
Hacer un recargue ó recubrimiento es aumentar el grosor de una pieza mediante el depósito de material de aportación. El recargue puede hacerse para reparación de piezas defectuosas, para aumentar la resistencia al desgaste ó a la corrosión ó bien para aumentar la dureza superficial.



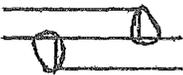
A TOPE



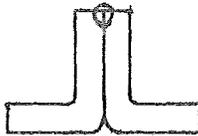
EN ANGULO



DE TAPON



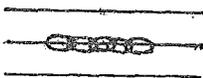
A SOLAPE



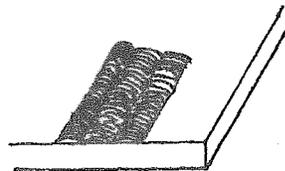
AL BORDE



POR PUNTOS



CONTINUA



DE RECARGUE
RECARGUE DURO

FIG. 2-1 TIPOS DE SOLDADURA

CAPITULO III

M A T E R I A L E S

Selección del Material de Relleno.

Para seleccionar el material de relleno hay que tomar en cuenta tres factores: costo, calidad y facilidad de operación ó aplicación. La información específica necesaria para controlar estos tres factores es la siguiente:

- 1.- Composición del metal base.
- 2.- Dimensiones del material a soldar.
- 3.- Posición del soldeo.
- 4.- Preparación y ajuste de la unión.
- 5.- Condiciones de aplicación.
- 6.- Requerimientos ó especificaciones de la estructura soldada.

A continuación se discuten los anteriores puntos requeridos para la soldadura de arco metálico en acero estructural.

Composición del Metal Base.

El acero estructural es principalmente hierro y carbón con pequeños niveles de impurezas (alrededor de 0.040% en peso) de azufre, silicio y fósforo. La composición de los electrodos de acero suave, así como sus propiedades en las series 60XX y 70XX son casi idénticas a las del metal base.

Dimensiones del Material a soldar.

Las dimensiones como espesor y área superficial son importantes, pues controlan la disipación del calor, la cual está relacionada con la selección del diámetro del electrodo y el amperaje. [Para un tipo de electrodo con un diámetro determinado hay un amperaje mínimo, por ejemplo 3/32 de pulgada E6012 = 40 amp. y 1/8 pulg. E6012 = 75 amp.] Al aumentar el amperaje aumenta el calor. Es difícil controlar una soldadura con amperajes -

altos, puede provocar hoyos en metales delgados, mientras que en metales gruesos deja rayaduras y superficies irregulares. Con poco calor, hay poca penetración y mala fusión. Es más económico usar electrodos con mayor diámetro, sin bajar la calidad del soldeo, ya que estos electrodos depositan más metal en el mismo - - tiempo comparados con los electrodos de menor diámetro.

Posición de la Soldadura.

Cuando se trabaja en una posición distinta de la plana, se presenta el problema de la gravedad, que actúa sobre el metal fundido. Este problema se puede minimizar usando un electrodo de menor diámetro (5/32 de pulg. ó menos). Para las posiciones horizontal, vertical y elevada se recomienda un electrodo que enfríe rápido. Por ejemplo, el metal transferido a través del arco de un electrodo E6010 de diámetro de 1/8 de pulg. se enfría al ponerse en contacto con el metal base. El cráter de un electrodo E7024 de diámetro 1/4 pulg. tarda algunos segundos en solidificarse.

{ Preparación y Ajuste de la Unión.

Para obtener un soldeo rápido y sin pérdida de calidad es necesario tener una preparación adecuada y un buen ajuste. Si se usa un electrodo E6010 un depósito de soldeo de la más alta calidad, pero este electrodo no es conveniente cuando la amplitud de la raíz del soldeo es grande. En consecuencia, el - - ajuste y la preparación se hacen tomando en cuenta el electrodo que se usará.]

{ Condiciones de Aplicación. }

El operador de soldadura debe seleccionar un electrodo tomando en cuenta la facilidad, apariencia, calidad y velocidad de aplicación. [Por ejemplo, puede escoger un electrodo debido a un fácil uso, el departamento de ventas puede sugerir el uso de un electrodo E7018 que deja una mejor apariencia en la superficie, y el superintendente puede desear un tipo E6024 debido a su alta velocidad de deposición con lo que se efectúa un soldeo más rápido a menor costo.]

Requerimientos ó Especificaciones del Soldeo.

Cuando una falla del soldeo causa daños a una maquinaria costosa, una parte del contrato del fabricante incluye un -- soldeo del 100% con propiedades mecánicas específicas. Para evitar problemas debe hacerse una selección cuidadosa del electrodo. Si la estructura que se está soldando va a resistir un peso que requiera su máxima ductilidad, el mejor electrodo es el E7016. Las demás especificaciones se refieren a la resistencia a la tensión, resistencia al doblar, resistencia al impacto, y solidez.

Un factor muy importante para una mejor operación y un mejor aprovechamiento de los electrodos es el almacenamiento. Los soldeos de baja calidad se producen por la influencia de pinturas, lubricantes, y de la humedad atmosférica en los electrodos. Para evitar lo anterior, se deben almacenar los electrodos en recipientes a prueba de vapor. Los electrodos tienden a absorber la humedad atmosférica y producen hidrógeno, el cual contamina el soldeo.

Para acabar con la confusión existente en la denominación de los materiales que se emplean en la soldadura, se creó un Comité Conjunto formado por miembros de la American Welding Society (AWS) y de la American Society for Testing Materials (ASTM). Este comité estableció especificaciones para un grupo selecto de materiales de relleno, dentro de los cuales se encuentran las varillas de relleno para la soldadura a gas, electrodos de acero suave, y electrodos de baja aleación.

Dentro de estas especificaciones se incluye información general sobre longitudes, diámetros, empaques, y codificación de los materiales de relleno, además de información específica de los porcentajes de aleación para cada material de relleno, características de operación, y propiedades del metal de soldeo depositado.

Patrones de longitud. La longitud del material de relleno está determinada por el proceso específico de soldadura. La longitud requerida para la soldadura de arco metálico es de 14 pulgadas. Para electrodos de menor diámetro (hasta de 1/16 de pulgada) la longitud puede ser de 9 a 12 pulgadas; los electrodos de mayor diámetro (más de 3/8 de pulgada) tienen longitudes de hasta 18 pulgadas. Para soldadura oxiacetilénica y para soldadura protegida con gas se usan varillas de 36 pulgadas de longitud. Para la soldadura MIG se usan carretes de 1 lb, 5 lb, 50 lb, etc.

Patrones de diámetro. Los electrodos para la soldadura de arco metálico tienen de 1/16 a 1/2 pulgada de diámetro. Las varillas para la soldadura oxiacetilénica y para la soldadura protegida con gas tienen de 1/16 a 1/4 de pulgada. Los electrodos de menor diámetro para la soldadura MIG se clasifican en tamaños decimales que varían de 0.020 a 0.064 pulgadas y los de mayor diámetro se clasifican en fracciones de pulgada (1/16, 1/32 y 1/8). Normalmente las tolerancias se restringen a unos cuantos milésimos de pulgada.

SISTEMA DE IDENTIFICACION

El comité Conjunto AWS-ASTM estableció especificaciones para diecinueve grupos de metales de relleno. Dentro de estos diecinueve grupos hay tres tipos muy usados:

- 1.- Varillas de hierro y acero para soldaduras a gas.
- 2.- Electrodos de acero suave revestidos para la soldadura a gas.
- 3.- Electrodos de acero de baja aleación revestidos para la soldadura de arco. Para los electrodos de acero metálico hay un código de colores implantado por la NEMA. Según este código, la identificación se hace por un color en la punta del electrodo, un punto de color en la sección desnuda, y un color en el revestimiento.

La mayoría de los electrodos de arco metálico están co dificados con un sistema que emplea cuatro números precedidos de la letra E. Los últimos dos números indican el tipo de corriente y la naturaleza del arco. El tercer número sólo indica la po sición del arco ó la posición de trabajo para la cual rinde más este electrodo. Los números uno y dos nos dan información acerca de la resistencia a la tensión del metal de soldeo.

Por ejemplo, en E7024, el 24 indica CA ó CD (con la terminal positiva ó negativa del electrodo) con una acción mode rada del arco. Debido a que el número 2 indica que el metal de soldeo es de enfriamiento lento, la posición de soldeo será un filete horizontal ó plano. Los primeros dos dígitos (70) indican que el electrodo nos dará un depósito de soldeo con una resistencia potencial a la tensión de 70 000 lb/pulg² (psi). Por ejemplo, si se tiene un metal de soldeo con una área de una pulgada cuadrada ésta área soportará por lo menos 70 000 lb. La re sistencia de los soldeos hechos con electrodos revestidos para la soldadura de arco metálico es de 60 000 a 70 000 psi.]

Electrodos para la Soldadura de Arco. ✓

En los electrodos no revestidos, la elevada temperatura en la zona de soldeo, forma con los gases de la atmósfera y con el metal fundido óxidos y nitratos que reducen las propiedades de dureza y ductibilidad del metal, ya que los óxidos tienen una resistencia muy baja a la tensión.

En los electrodos revestidos, al fundirse los componen tes del revestimiento, estos llevan a cabo una acción refinadora, purificadora, y desoxidante, liberando gases inertes que forman una atmósfera que protege la punta del electrodo, preservando la zona del soldeo del oxígeno y del nitrógeno. A su vez, los resi duos fundidos del revestimiento del electrodo van formando una capa protectora de escoria sobre el metal fundido, retardando el enfriamiento, y produciendo una soldadura más dúctil.

Además de estas ventajas el electrodo revestido le da una mejor apariencia a la soldadura, se logra un mejor contacto de arco, regulando su penetración se reduce el chisporroteo, y mejora la calidad de los rayos X en la soldadura.

Con el intenso calor del arco, el polvo de hierro se convierte en acero, agregando más metal al que ya está fundido, contribuyendo con esto a la velocidad de la soldadura y a la cantidad de metal depositado.

Por otro lado, la capa actúa como aislante del corazón metálico del electrodo, lo que afecta la longitud del arco y al voltaje de la soldadura.

Electrodos de acero al carbón.

Los electrodos de acero al carbón, para soldar aceros de bajo y medio carbón, están clasificados como AWS E4510 y E6010-11-12 hasta el 27 y 28; el electrodo E4510 es un electrodo desnudo, y los de la serie E6000 están revestidos.

agui
Hay electrodos que se pueden usar con corriente directa (CD) o con corriente alterna (CA). Los electrodos de polaridad directa son aquellos en que el portaelectrodo se conecta al polo negativo; en cuanto a los de polaridad invertida, el portaelectrodo se conecta al polo positivo.

[Los electrodos AWS E45XX tienen una resistencia a la tensión de 45 000 lb/pulg². Los electrodos E4510 se usan en todas las posiciones con polaridad invertida y aplicando corriente continua. Por otro lado, los electrodos AWS E6010 se usan en todas las posiciones, aplicando corriente continua con polaridad invertida, pero se obtienen mejores resultados en la posición vertical y en la elevada. Su recubrimiento delgado facilita la operación de la soldadura en las posiciones ya mencionadas, sin afectar la calidad de la soldadura. Hay recubrimientos muy delgados, menos del 10% del peso del electrodo con el hierro en polvo, que mejora las características del arco, tales como la penetración de la soldadura, para lo cual es necesaria la habilidad

del operador, de tal manera que se eviten al máximo las salpicaduras y las perforaciones.]

[El electrodo E6010 es excelente para puntear debido a su ductilidad y alta penetración.]

Electrodos de acero aleado. X^u

Con el uso de electrodos revestidos con núcleo de alambre de acero aleado se pueden lograr soldaduras con alto grado de resistencia, superior a las 100 000 lb/pulg.².

En la mayoría de los electrodos, el revestimiento es del tipo ferro-calcio, composición característica de los electrodos de bajo hidrógeno, el revestimiento contiene también hierro en polvo, por tal razón, se les clasifica como EXX15-16 ó 18.

Electrodos de acero inoxidable.

Con estos electrodos se obtiene un metal similar al de la pieza trabajada, sin embargo, el alambre del núcleo del electrodo puede ser diferente del metal base, a fin de aumentar su resistencia a la corrosión, eliminar grietas, o disminuir la precipitación del carbón.

Al transformarse el metal en el arco, hay poca pérdida de cromo y de níquel, mientras que de los otros elementos, las pérdidas son mayores.

Para limitar la oxidación, se agrega sílice y manganeso en el revestimiento; para dar estabilidad a la soldadura se agrega titanio, y esto facilita la eliminación de escoria y evita la precipitación del carbón.

La presencia de la cal en el revestimiento elimina el hidrógeno presente en la soldadura, dicho hidrógeno, en caso de presentarse provoca agrietamientos en el fondo de la soldadura. Debido a su afinidad con el cromo, es conveniente excluir del revestimiento cualquier material que contenga carbón en demasía.

Electrodos especiales.

Los electrodos más usados son: a) Electrodos de acero suave; b) Electrodos de aceros aleados, clasificados para alta - resistencia; c) Electrodos inoxidables.

[Además de los anteriores, ^{Cuestionable.} hay otros electrodos para - operaciones especiales, que cubren funciones específicas; entre estos están los que se usan para la soldadura de cobre, cobre -- aleado, aluminio, hierro fundido, manganeso, aceros al níquel - manganeso, y los aleados con níquel, que se emplean para superfi- ciales duras. En otros casos, algunos electrodos sirven para soldar metales diferentes, como por ejemplo, los electrodos que se usan para soldar níquel o bronce, también se pueden usar en hie- rro fundido, acero austenítico inoxidable, manganeso o acero de alto carbón, etc.]

Varillas para la soldadura a gas.

El material de relleno para la soldadura oxiacetiléni- ca tiene que ser acero de bajo carbón sin revestimiento. En esta clase de soldadura, la resistencia a la tensión se obtiene va- riando la proporción del carbón y aleaciones en la varilla de -- aporte.

[Las especificaciones AWS A.5.2-66 y ASTM A251-66 para varillas de acero suave no revestidas clasifican a estas de - - acuerdo con:

- 1.- La resistencia máxima a la tensión del metal de - soldeo.
- 2.- Su aplicación.]

Tres tipos comunes de varillas son RG65, RG60, y RG45. Las letras RG indican que es una varilla para soldadura a gas, y los números indican la resistencia a la tensión en miles de uni- dades. La varilla RG45 tiene una resistencia de 45 000 lb/pulg² (psi) simulando las condiciones de soldeo. Los contaminantes, - tales como azufre y fósforo, están restringidos a menos 0.040 % en peso.

ELECTRODOS PARA SOLDADURA T I G

En este proceso de soldadura se utiliza un solo electrodo de tungsteno, siendo la pieza de trabajo el otro electrodo en una atmósfera inerte. En este caso no se puede emplear CO_2 como gas protector ya que convierte al tungsteno del electrodo en carburo de tungsteno. Estos electrodos deben permanecer limpios ó pulidos ya que la presencia de lubricantes u otras impurezas, aún en cantidades pequeñas podría provocar porosidad en la soldadura, contaminación de la misma y chisporroteo del arco.

El problema de la soldadura T I G es la contaminación mutua del metal soldado y el electrodo de tungsteno. Al haber metal soldado en el electrodo de tungsteno se produce un efecto aleante que disminuye el punto de fusión, haciendo consumible al electrodo. Los electrodos de tungsteno puro son los más baratos, pero son los que más fácilmente se contaminan. Hay electrodos aleados con 1% de óxido de torio, con 2% de óxido de torio, ó con 1% de óxido de circonio que son más resistentes a la contaminación y soportan mayores intensidades. El tungsteno con torio tiene mayor emisividad electrónica, por lo cual resulta un arco más fácil de iniciar y más estable. Los mejores resultados para este material se obtienen empleando corriente directa. El tungsteno aleado con óxido de circonio se utiliza principalmente para soldadura con corriente alterna.

Los electrodos de tungsteno no tienen todavía un código oficial de colores, pero los siguientes colores son usados ampliamente en la industria.

PUNTA	NOMBRE
Verde	Tungsteno
Amarilla	Tungsteno + 1% de Torio
Roja	Tungsteno + 2% de Torio
Café	Tungsteno + Circonio

Una práctica muy común es el esmerilado del electrodo en forma puntiaguda antes de empezar a soldar. Al ser usada, la punta se va redondeando. Si el amperaje usado es muy alto la punta del electrodo empieza a tomar forma de bola. Cuando esto pase, se debe parar, ajustar el amperaje, romper la punta en forma de bola, esmerilar el electrodo y empezar de nuevo.

ELECTRODOS PARA SOLDADURA M I G

Como todos los electrodos para soldadura de arco, estos se diseñan de acuerdo con el tipo de metal base que se va a soldar. Los electrodos pueden ser alambre desnudo, alambre con fundente ó alambre con alma de fundente (alambre hueco con el fundente adentro). El diámetro de estos electrodos varía desde 0.051 hasta 0.32 cm. y les hay en rollos ó carretes de 50, 20, 2 y 1 lb. Con el alambre sólido desnudo se agregan desoxidantes que ayudan a limpiar la soldadura. Es indispensable el empleo de desoxidantes para el alambre de aportación cuando el gas protector usado es argón con oxígeno ó con bióxido de carbono. Los desoxidantes evitan la porosidad y las fracturas por fragilidad, además que le dan muy buenas propiedades mecánicas a la soldadura.

ELECTRODOS PARA LA SOLDADURA POR RESISTENCIA

Estos electrodos tiene que llevar la corriente a las chapas metálicas que se someten al soldeo por puntos, y también tienen que aplicar una presión tal que mantenga juntas a pichas y chapas y forjar el botón de la zona caliente de la soldadura. Como se ve deben tener una alta conductividad eléctrica y alta resistencia a la compresión y a la dureza. Ya que el metal puro nos da la mejor conductividad eléctrica y las aleaciones las mejores propiedades mecánicas, es necesario usar electrodos de cobre que cumplan lo anterior de la mejor manera.

{ Hay tres tipos diferentes de electrodos de cobre para soldadura por resistencia: Las aleaciones del tipo 1, que son trabajados en frío para obtener mejores resistencias y durezas. Dentro de este tipo estan los electrodos de cobre-cadmio, al ser sobrecalentados se recocen, las aleaciones del tipo 2, tienen ca racterísticas intermedias entre las del tipo 1 y el tipo 3, dentro de estas aleaciones está la cobre-cromo. Las aleaciones del tipo 3 son tratables termicamente y tienen resistencias mecánicas y durezas más altas, junto con conductividades eléctricas ba jas. Los electrodos más usados son los del tipo 2. Todas las un tas de los electrodos para soldadura por puntos tienen conos Morse del número 1, 2, ó 3, así como conductos internos para el agua de refrigeración. }

Además de los electrodos de cobre, se emplean electrodos de metales refractarios para condiciones de trabajo muy seve ras. Dichos electrodos pueden ser cobre-tungsteno sintetizado, carburo de cobre-tungsteno, tungsteno puro comercial, y molibdeno.

EL REVESTIMIENTO DE LOS ELECTRODOS

El revestimiento de los electrodos está compuesto por una mezcla en polvo aglutinada con silicatos, líquidos alcalinos; sus funciones son las siguientes:

- 1.- Facilita el encendido del arco y su estabilidad.
- 2.- Mejora las condiciones de viscosidad y tensión superficial del metal en estado líquido, de tal manera que sea bien transformado al metal de aporte y se mezcle bien con el metal base.
- 3.- Aumenta la velocidad de fusión.
- 4.- Provee una atmósfera protectora.
- 5.- Aporta elementos que equilibran los procesos físico-químicos del arco.
- 6.- Aislan electricamente al alambre, lo que hace más manejable al arco.

[Los constituyentes más usados para hacer la mezcla empleada en los revestimientos son:

Minerales:

- Fe_3O_4 (magnetita)
- FeTiO_3 (ilmenita)
- MnO_2 (pirolusita)
- Fe_2O_3 (hematita)

Anhidridos:

- TiO_2 (rutilo)
- SiO_2 (cuarzo)

QUESTIONABLE

Fundentes:

CaF_2 (fluorita)

Silicatos:

KAlSiO_2 (feldespato)

Carbonatos:

CaCO_3 (calcita)

MgCO_3 (magnesita)

$\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$ (dolomita)

Materiales Orgánicos:

Celulosa

Alginato

Dextima, etc.

Metales:

Ferroaleaciones

Polvo de hierro

Aleaciones no Ferrosas.

El papel jugado por el revestimiento de los electrodos en la soldadura eléctrica puede ser enfocado desde tres puntos - de vista: el metalúrgico, el eléctrico y el fisiomecánico.]

Desde el punto de vista metalúrgico, el electrodo debe dar un metal fundido con características bien definidas, para lo cual el revestimiento colabora protegiendo al baño de metal fundido de la acción del medio ambiente, al mismo tiempo aporta los elementos que compensan las pérdidas sufridas por la oxidación.

* En el revestimiento hay materiales que al descomponerse en el arco eléctrico proporcionan una atmósfera gaseosa que evita el contacto directo entre el aire y el metal fundido. Cuando el revestimiento es celulosico, hay liberación de Hidrógeno, el cual al ser fuertemente reductor actua:

Sobre el óxido de hierro: $FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O$

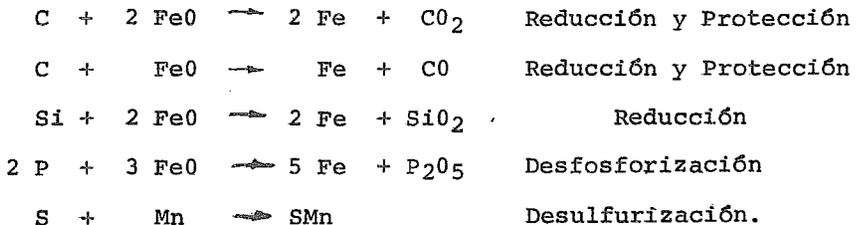
Sobre el nitruro de hierro: $2Fe_4N + 3H_2 \rightarrow 8Fe + 2NH_3$

Cuando el revestimiento está hecho a base de carbonatos, la atmósfera protectora es de CO y de CO₂.

Cuando la velocidad de fusión del revestimiento es menor que la velocidad de fusión del alambre, se tiene el caso de la protección de la gota en estaño líquido, quedando protegida ésta dentro del revestimiento sólido hasta que éste se funde.

En la soldadura, la escoria protege al metal mientras éste está en estaño líquido y luego actúa como aislante, retardando el enfriamiento, aportando al mismo tiempo elementos de aleación.

Las reacciones metal-escoria que se presentan en las soldaduras de aceros son:



Según la composición del revestimiento, será el tipo de corriente apropiada para el soldeo, y en el caso de la corriente directa, su polaridad.

Además, con la composición del revestimiento es posible:

- 1.- Influir sobre la forma del depósito del electrodo.
- 2.- Influir sobre la penetración.
- 3.- Efectuar la soldadura en cualquier posición.
- 4.- Evitar un arco errático.
- 5.- Favorecer la transmisión de calor al metal.

En el caso de la forma del metal de soldeo depositado, el revestimiento actúa variando la tensión superficial del metal en estaño líquido.

La penetración se aumenta al ser más lenta la fusión - del revestimiento con respecto al alambre del electrodo. Al presentarse el entubamiento en la punta del electrodo el flujo gaseoso se concentra como en una tobera y se concentra en el metal base, lo cual aumenta la penetración.

Según la posición de soldadura que se efectúe será el revestimiento que se usará para tener una operación óptima.

Cuando se emplean electrodos desnudos, el arco tiende a seguir el camino de menor resistencia eléctrica, y el punto de contacto sobre la pieza a soldar sufre continuas desviaciones.

La función del revestimiento es la de servir en este - caso como guía mecánica para el arco eléctrico.

CAPITULO IV

EQUIPOS

EQUIPO PARA LA SOLDADURA DE ACERO METALICO PROTEGIDO

Para este tipo de soldadura la corriente debe mantenerse constante mientras varía el voltaje del arco. El calor obtenido en la junta que se suelda es proporcional a la corriente -- que está fluyendo a través del arco. El efecto de calentamiento del arco es mayor al aumentar la corriente. Las fuentes de energía para las máquinas de soldadura proporcionan corriente alterna (CA) ó corriente directa (CD).

Máquinas de Corriente Alterna (CA).

La corriente que, fluye en las terminales de una máquina de soldadura de CA se mueve en dos direcciones opuestas en cada ciclo. Las líneas de CA nos dan una corriente de 60 ciclos. Esto nos indica que hay 60 ondas eléctricas positivas y 60 ondas eléctricas negativas por segundo en la línea de energía. Hay un momento en que el valor de la corriente es cero, cuando la corriente cambia de + a -. Debido a este bajo valor de la corriente no se pueden usar electrodos de acero suave y de aleaciones a base de aluminio teniendo máquinas de corriente alterna.

Máquinas de Corriente Directa (CD).

En las fuentes de energía de corriente directa la corriente fluye en forma continua en la misma dirección. Las terminales de las fuentes de energía están marcadas + y - ya que la corriente no cambia de dirección. Cuando se conectan las terminales de las fuentes de energía al electrodo y al metal base se mantiene el arco, el exceso de electrones fluye de la terminal - a la +. El flujo de corriente tiende a igualar el potencial de las dos terminales. La diferencia entre una máquina de CD y una de CA es que en la de CD el flujo de corriente es continuo - en una dirección, lo cual ocasiona que el arco sea más estable,

además al seleccionar la conexión de la terminal + ó -, se controla el calor cedido al electrodo. Por ejemplo, si un electrodo se conecta a la terminal positiva, el 70% del calor del arco está en el electrodo, de lo contrario si está conectado a la terminal negativa, el 70% del calor está en el metal base. Como se ve hay un cambio de polaridad y en el calentamiento al cambiar las terminales de una fuente de energía de CD.

Existen varios tipos de fuentes de energía para el proceso de soldadura con arco metálico. Para lugares donde no hay líneas de transmisión eléctrica se tiene un generador de CD con motor impulsor. También hay generadores de CA con motor impulsor. Otro tipo de fuente de energía utiliza un motor eléctrico para impulsar un generador de CD. Existe otro, tipo transformador, para convertir el voltaje y emperaje de las líneas ordinarias de energía a otros más apropiados para soldar. Otros tipos usan rectificadores, en este tipo de fuente de energía la corriente alterna se transforma en corriente directa usando una máquina que limita el flujo de corriente a una sola dirección. También hay otro tipo de transformador rectificador para dar corriente alterna o corriente directa.

Conexiones Eléctricas.

Cables Para Soldadura. Los cables que conectan el portaelectrodo y el metal base a la máquina de soldadura deben de ser de un tamaño adecuado; mientras más largo es el cable, mayor es su diámetro. Los cables están aislados, consisten de miles de alambres delgadísimos, lo que le da flexibilidad. Los alambres del cable están hechos de cobre. También hay conductores de aluminio, pero necesitan mayor tamaño para una misma capacidad de corriente que la que conducen los de cobre.

Pinzas de Tierra. Para evitar pérdidas eléctricas en la conexión, es necesario conectar el metal base a un cable a tierra. Las pinzas de tierra se deben mover con facilidad debido a que constantemente se cambia la conexión, además deben de hacer un contacto efectivo.

Porta-electrodo. Es el accesorio que une al electrodo con el cable de soldadura. El porta-electrodo está hecho con una aleación de bronce pesado, con el que hay buen contacto con el electrodo. Algunos porta-electrodos están aislados completamente con plásticos termofijos. La mayoría de los operadores de soldadura prefieren el modelo de peso ligero por su facilidad de operación. Para seleccionar un porta-electrodo, hay que tomar en cuenta las siguientes características:

- 1.- Facilidad de operación usando guantes pesados.
- 2.- Aislamiento contra cortos circuitos.
- 3.- Rango de temperatura.
- 4.- Sujeción óptima del electrodo.

Núnca se debe colocar un porta-electrodo en el metal base cuando esté energizado el circuito.

EQUIPO PARA SOLDADURA A GAS

Cilindros. Los cilindros para óxígeno tienen capacidad de 20 a 300 fts. A una temperatura de 70°F soportan una presión de 2200 lb/pulg². Estan acondicionados con una capucha que protege la válvula de bronce, y un tapón de seguridad para usarse en caso de incendio.

Los cilindros para el acetileno son de 10 a 300 fts. a 70°F soportan 250 lb/pulg². Contienen una sustancia química disuelta en un material absorbente, que estabiliza al acetileno. Si el acetileno no está estabilizado no se pueden emplear presiones superiores a las 15 Lbs/pulg². Los cilindros disponen tambien de tapones de seguridad en la parte superior y en el fondo.

Reguladores de Presión. Estos accesorios sirven para:
a) reducir la presión en el tanque; b) mantener la presión constante. Las partes principales de los reguladores son:

- 1.- Tornillo ajustados de la presión.
- 2.- Resorte que transmite la fuerza del tornillo al diafragma.
- 3.- Diafragma que permite el movimiento de la válvula.
- 4.- Una válvula y su asiento.

Mangueras. Los diámetros internos de los tamaños standar son de 3/16, 1/4, y 5/16 pulgadas. El diámetro de la manguera está determinado por la longitud de la manguera y la presión a la que sale el gas. Con una manguera larga tenemos caída de presión, pero es difícil de manejarse.

El uso de mangueras dobles con una chaqueta externa evita que éstas se enreden. Sin importar que sean dobles o sencillas, las mangueras para el oxígeno son de color verde o negro y las del gas combustible son de color rojo. En el cilindro los accesorios del lado izquierdo corresponden a la manguera del gas combustible, y los accesorios del lado derecho para las mangueras del oxígeno.

El soplete consiste de un cuerpo con dos válvulas, una cámara de mezclado, y una boquilla. Al ajustar las válvulas de oxígeno y acetileno, los gases pasan a la cámara de mezclado, y por último a la boquilla, donde se efectúa la ignición. Los sopletes más usados son: el de igual presión y el inyector. El soplete de igual presión (llamado también de presión media) necesita presiones iguales del oxígeno y del gas combustible de 1 a 15 psi. La presión del oxígeno puede ser superior a 25 psi, mientras que la del gas combustible está abajo de 15 psi para boquillas grandes (diámetro de 0.07 pulg. o más). Para el soplete tipo inyector, la presión del acetileno debe ser de 1 psi. mientras que las presiones del oxígeno varían de 10 a 40 psi.

Boquillas. El tamaño de la boquilla se mide en el diámetro interno a la salida de la boquilla. Para metales gruesos se usan boquillas con diámetros mayores de 0.070 pulg. Si la boquilla no está limpia, la flama no será adecuada debido a los elementos extraños adheridos a la boquilla, que originan que el calor sea retenido en la boquilla.

Por último, tenemos el encendedor, que consiste de un pedernal ajustado a una lima, lo cual por el lado de costo y seguridad es una gran ventaja.

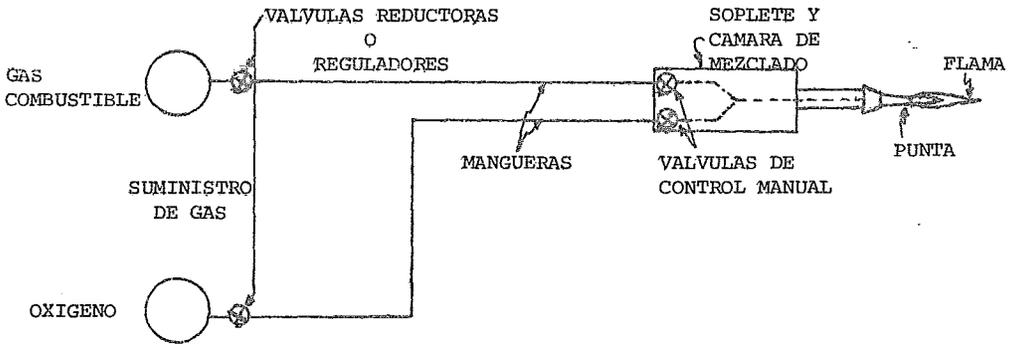


FIG. 4-1 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL SOPLETE Y EL SUMINISTRO DE GAS PARA LA SOLDADURA OXIACETILENICA

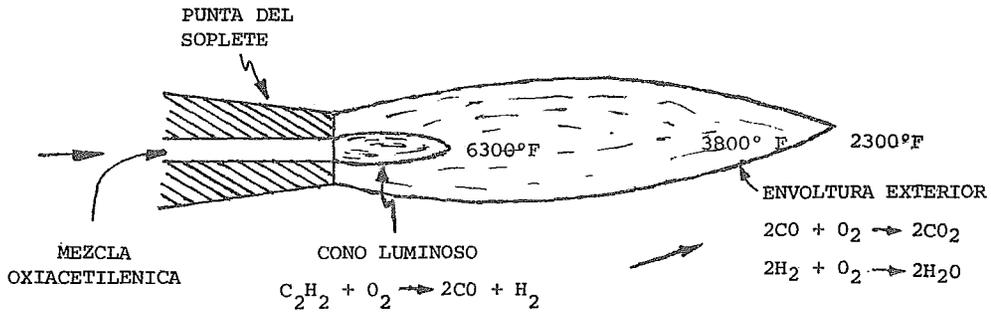


FIG. 4-2 FLAMA NEUTRA MOSTRANDO LAS TEMPERATURAS OBTENIDAS

EQUIPO PARA LA SOLDADURA POR RESISTENCIA ELECTRICA

La forma más simplificada de fuente de energía para la soldadura por resistencia eléctrica usa un transformador de corriente alterna que consta de embobinados primario y secundario, y armadura.

La relación del voltaje del secundario al voltaje del primario será como la relación del número de vueltas del conductor en el embobinado primario. La corriente variará inversamente al voltaje para que el número de voltios en la entrada sean iguales al número de voltios a la salida, sin considerar las pérdidas. Una forma común para seleccionar diferentes valores de corriente es la derivación del primario en lugares adecuados.

Los medios para aplicar presión son: pedal y leva actuada por motor. La presión se transmite a los electrodos en forma mecánica, neumática ó hidráulica. La última es el medio más preciso de control, e indudablemente lo mejor para una operación rápida de la soldadura.

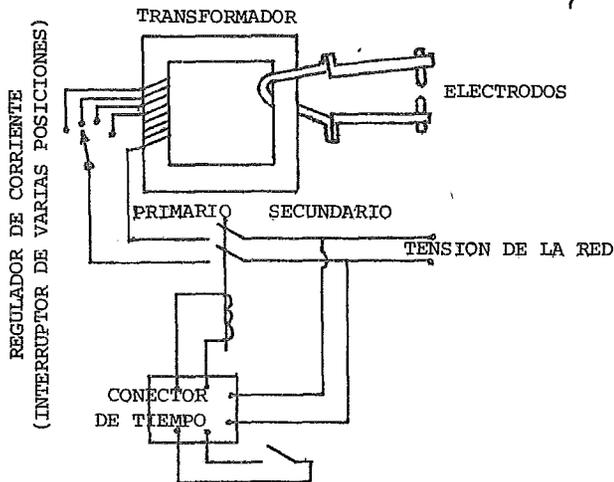


FIG. 4-3 FUNDAMENTO DE LA SOLDADURA POR RESISTENCIA ELECTRICA

EQUIPO PARA LA SOLDADURA CON HIDROGENO ATOMICO

El equipo consta esencialmente de un portaelectrodos, una manguera para gas, cable- eléctricos, un transformador, y - un regulador que se fija al tanque de hidrógeno.

El portaelectrodo proporciona un medio adecuado para establecer el arco eléctrico y controlar el flujo adecuado de hi drógeno alrededor de los electrodos y de la soldadura.

Los transformadores usados en la soldadura con hidróge no no varían bastante en su diseño, pero hay una tendencia de - - usar un primario móvil para regulación. En general, el primario se conecta a la fuente de energía a través de un interruptor con fusibles, y el secundario se conecta al circuito de la soldadura por medio de un contacto magnético que se abre cuando se inte - rrumpe el arco, eliminando así el peligro de un choque. Este - proceso difiere de otros procesos de soldadura a gas en que el - arco se forma entre los dos electrodos, en lugar de estar fomado entre el electrodo y la pieza a soldar.

EQUIPO PARA LA SOLDADURA DE HAZ ELECTRONICO

El equipo consiste de una pistola de electrones colocada dentro de una cámara de vacío. La pistola está colocada de tal manera que se puede subir, bajar, ó mover en un plano horizontal. La pistola se puede poner en posición antes de tener el vacío en la cámara, antes del soldeo. Después de lograr un vacío de 10 mm Hg. en la cámara, se energiza el circuito del rayo y se dirige al punto deseado en la parte a soldar. Generalmente, el rayo permanece estacionario, mientras que la pieza se mueve a una determinada velocidad pasando por el haz de electrones. El rango de temperatura de esta pistola de electrones es suficiente para vaporizar el tungsteno o cualquier otro tipo de material conocido.

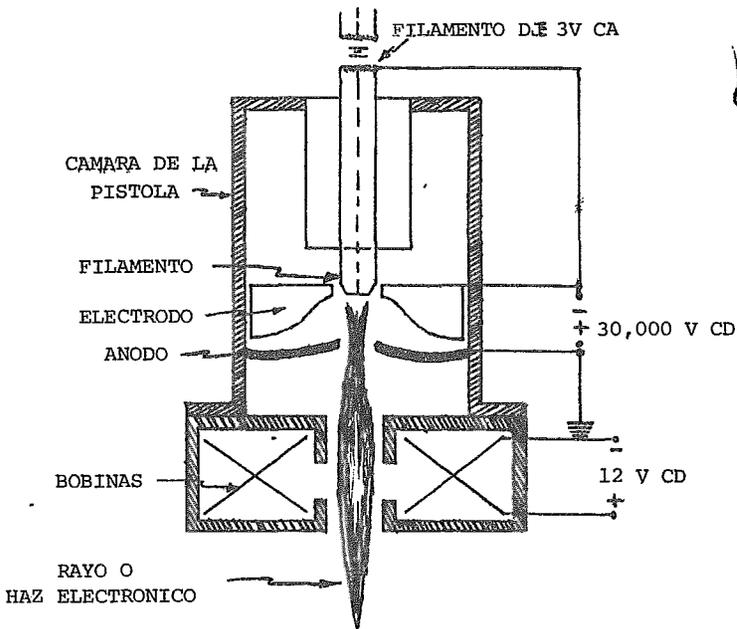


FIG. 4-4 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA PISTOLA DE ELECTRONES USADA PARA LA SOLDADURA DE HAZ ELECTRONICO

CAPITULO V

P R U E B A S /

Un requisito indispensable para estar seguros de la calidad del soldeo efectuado es la ejecución de ciertas pruebas -- con el metal base, los electrodos ó el metal depositado. Estas - pruebas son:

1.- Pruebas No Destructivas.

2.- Pruebas Destructivas.

Pruebas No destructivas.- Una prueba no destructiva es aquella que no inutiliza las piezas probadas, ni altera la calidad de estas. Dentro de las pruebas no destructivas más usadas se cuenta con las siguientes:

1.- Radiografía.

2.- Pruebas con Ultrasonidos

3.- Pruebas Magnéticas

4.- Pruebas con Líquidos Penetrantes.

A continuación se da una explicación detallada de cada una de las pruebas citadas.

Radiografía Industrial.- En este método se coloca una película debajo del metal que se va a revisar. Se hacen pasar - Rayos X a través del metal, llegando éstos a la película, dejando en ésta una imagen del metal. Cada material atravesado por - la radiación absorbe una cantidad determinada de dicha radiación. Si suponemos que el metal tiene una inclusión de escoria, y siendo que la escoria absorbe menos radiación que el acero, la radiación transmitida por la escoria a la película es mayor que la radiación transmitida por el acero. La radiación más intensa en el negativo de la película mostrará una zona más oscura, indicando un defecto de soldadura. En el caso de que se tengan sopladuras se tendría el mismo efecto.

Pruebas con Ultrasonidos.- Un detector de defectos por ultrasonidos posee un generador de frecuencia que es un oscilador electrónico de 2.25 megaciclos. Este envía corriente alterna al cristal explorador, que convierte la energía eléctrica en energía acústica de 2.25 megaciclos. Esta energía acústica se proyecta a la pieza examinada. En caso de que haya un defecto tal como una grieta dentro del material, la onda acústica se refleja sobre la superficie de la grieta y vuelve al cristal explorador como un eco. Este eco proviene del lado más cercano de la grieta. En este momento el generador ultrasónico deja de emitir ondas para que el cristal pueda captar los ecos. Al percibir el cristal el eco genera una corriente alterna de la misma frecuencia que el eco recibido. El voltaje generado en el cristal es amplificado y se aplica a las placas horizontales del oscilógrafo de rayos catódicos. Dependiendo de la magnitud del defecto será la respuesta obtenida en la pantalla del oscilógrafo.

Inspección por Partículas Magnéticas.- Este método está limitado a los materiales ferromagnéticos, es decir, a aceros y fundiciones. En primer lugar debe magnetizarse la pieza de trabajo. Enseguida, se cubre la superficie con una capa delgada de polvo magnético, óxido negro (Fe_3O_4) u óxido rojo (Fe_2O_3) y una sustancia fluorescente. Al haber una grieta, el campo magnético de la pieza establece un polo norte magnético en un lado de la grieta y un polo sur en el otro extremo. Al ser atraído por estos polos el polvo magnético se marca la grieta. Al soplar sobre la pieza, el polvo no adherido en la superficie se quita fácilmente, dejando únicamente el polvo indicador de la grieta. Los defectos situados o profundidades mayores de 12.5 mm apenas se detectan.

Inspección con Líquidos Penetrantes.- Este método se puede emplear para detectar cavidades, grietas o agujeros que se extiendan a la superficie del metal, y puede utilizarse también para la detección de fugas en tanques. Una prueba simple de penetración se hace con Kerosina y talco. Se limpia perfectamente y se seca la superficie, después se aplica una capa delgada de kerosina u otro fluido penetrante. Se deja tiempo para que la

kerosina penetre en cualquier defecto por acción capilar. Al pa
sar un paño sobre la superficie, queda unicamente el penetrante
en las posibles grietas. Se espolvorea una capa de talco sobre
la superficie. Al poco rato el líquido penetrante comenzará a -
penetrar en el polvo blanco desde las grietas, nuevamente debido
a la acción capilar. Al ser absorbido el penetrante por el pol-
vo, impartirá a éste un color amarillento que indicará la pre -
sencia de la grieta.

PRUEBAS DESTRUCTIVAS

Las pruebas destructivas son aquellas en las cuales - los materiales examinados ya no tienen ningún valor ó aplicación. Las pruebas no destructivas no reducen la utilidad de la pieza - probada.

Las muestras para las pruebas destructivas se pueden - tomar ya sea de una unión en una estructura soldada, ó bien de - una pieza pequeña soldada bajo condiciones muy cercanas a las -- imperantes al momento de efectuar el soldeo que se está probando. Estas pruebas están diseñadas para simular los diversos tipos de cargas que soportará la pieza soldada, al ponerla en servicio.

A continuación se describen algunos tipos de pruebas - destructivas:

Ensayo a Tensión.

Para obtener las características de tensión de una sol- dadura, se debe tomar una muestra en dirección transversal a la unión, en un punto representativo de la junta y con el cordón de la soldadura casi en el centro, como se muestra en la figura:

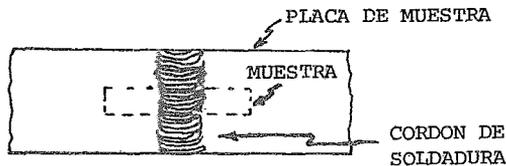


FIG. 5-1 MUESTRA PARA EL ENSAYO DE TENSION.

Generalmente, las muestras tomadas de una unión en una estructura terminada requieren de maquinado, para reducir las a - dimensiones estándar, ya que el espesor de la muestra en cues -- tión puede ser diferente del recomendado para este tipo de ensa- yo.

La prueba consiste esencialmente en sujetar la muestra a una carga de tensión conocida, se anota la deformación a medida que se va aumentando la carga, y se grafican los valores de carga unitaria (ordenada) contra deformación unitaria (abscisa), obteniendo una curva.

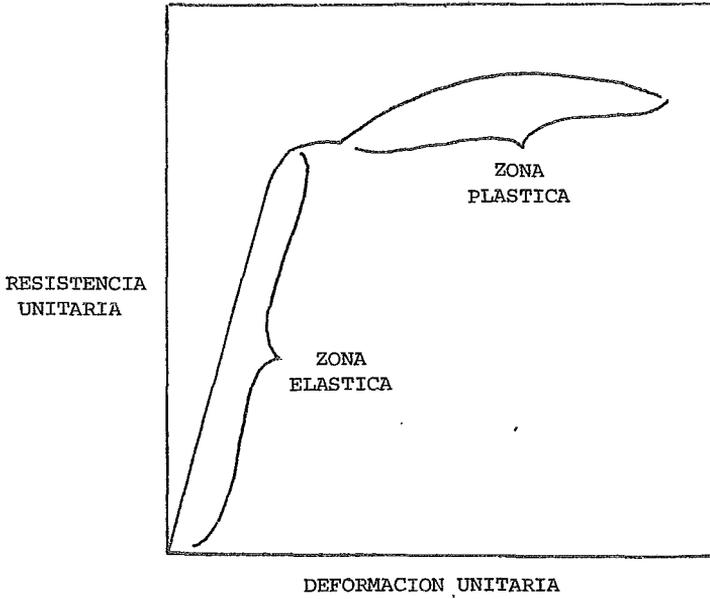
La resistencia a la tensión se calcula dividiendo la carga máxima total entre el área transversal original en pulgadas cuadradas. El porcentaje de alargamiento se calcula en el extensometro, mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Longitud final} - \text{Longitud original}}{\text{Longitud original}} \times 100 = \% \text{ de alargamiento}$$

La reducción del área se calcula con la siguiente relación:

$$\frac{\text{Area transversal original} - \text{Area transversal final}}{\text{Area transversal original}} \times 100 = \% \text{ Red. Area}$$

Un método sencillo para encontrar la resistencia a la cedencia es localizarla directamente en una gráfica Esfuerzo-Deformación hecha cuidadosamente, similar a la anterior. Se denomina Resistencia a la cedencia, a la carga unitaria en la que ocurre la deformación, sin aumentar apreciablemente la carga. Para los aceros de bajo al carbón, esto está representado por una sección plana en la curva, arriba del rango elástico.



. FIG. 5-2 GRAFICA ESFUERZO-DEFORMACION.

Ensayo de Rotura de una Muestra Ranurada.

La muestra está ranurada en el centro del metal de soldeo, de tal manera que la fractura se efectúe en el cordón de -- una manera violenta.

Esta es una prueba de continuidad y homogeneidad que -- demostrará la cantidad de bolsas de aire, su localización o arreglo, al grado de penetración, las inclusiones de escoria, a la -- vez nos da una información del número de pasos usados y del tamaño del grano.

Si el número de bolsas ó huecos no es mayor de 8 por -- pulgada cuadrada, las muestras fracturadas se pueden aceptar, -- siempre y cuando ningún hueco tenga una dimensión mayor de 1/16 de pulgada, ó que la combinación más grande de huecos no pase de 1/8 de pulgada.

Ensayo de Doblez.

Existen dos tipos de pruebas de dobles: doblez confinado y doblez libre.

En la prueba de doblez confinado se obliga a la muestra a tomar la forma de una gúfa. Con esta prueba se detectan -- defectos tales como huecos ó poros, y falta de penetración.

En la prueba de doblez libre no se emplea el confinamiento. Su valor reside en la determinación de las propiedades plásticas de las puntas soldadas. Al principio se dobla un poco la muestra en una prensa, de tal manera que se forme una pieza -- excéntrica, la cual posteriormente se dobla con facilidad, al -- ser sometida a una carga externa, que actúa como una columna. Se dobla hasta que aparecen grietas en la superficie. Se considera falla a una abertura de 1/16 de pulgada de largo ó mayor.

La ductilidad se puede calcular matemáticamente, dividiendo la deformación entre puntos de referencia y multiplicando por 100.

Ensayos de Impacto.

Este tipo de prueba determina la sensibilidad del material soldado, con ranuras, a temperatura ambiente. Hay dos tipos de ensayo Izod y Charpy.

La máquina para este tipo de ensayos consiste básicamente de un péndulo, el cual al ser liberado golpea la probeta, causando la ruptura en la ranura.

Ensayos de Dureza.

En estos ensayos, un penetrador de fuerza y tamaño dados es forzado sobre el material ensayado, con una carga adecuada. Se emplean aparatos como el Escleroscopio de Shore, el Brinell, ó el Rockwell.

REQUISITOS PARA LA SOLDADURA DE MATERIALES FERROSOS

Las reglas establecidas en la Sección IX del Código de la ASME son aplicables a la calificación de procedimientos de soldadura, soldadores, y operadores de soldadura para todo tipo de soldadura de arco y de gas, permitido en otras secciones de dicho Código.

En esta sección se especifica que cada fabricante o contratista será responsable de la soldadura efectuada por su organización, y que conducirá las pruebas sugeridas en esta sección para calificar los procedimientos de soldadura empleados en sus trabajos y la destreza de los operadores de soldadura al aplicar estos procedimientos, para lo cual llevará un registro de los resultados obtenidos en dichas pruebas.

La orientación del soldeo con respecto a planos de referencia horizontal y vertical se clasifican de acuerdo con la Fig. Q-2 en cuatro posiciones. Estas son: plana, horizontal, vertical y elevada.

Posiciones para la examinación de Soldeo en Ranura.

(a) El soldeo en ranura a examinar para la Calificación del Procedimiento y de la Operación se hará en material de prueba que esté orientado con respecto a los planos de referencia horizontal y vertical como se describe abajo, tomando en consideración que se permite una desviación angular de $\pm 15^\circ$ de los planos especificados durante el soldeo.

(1) Posiciones de placas.

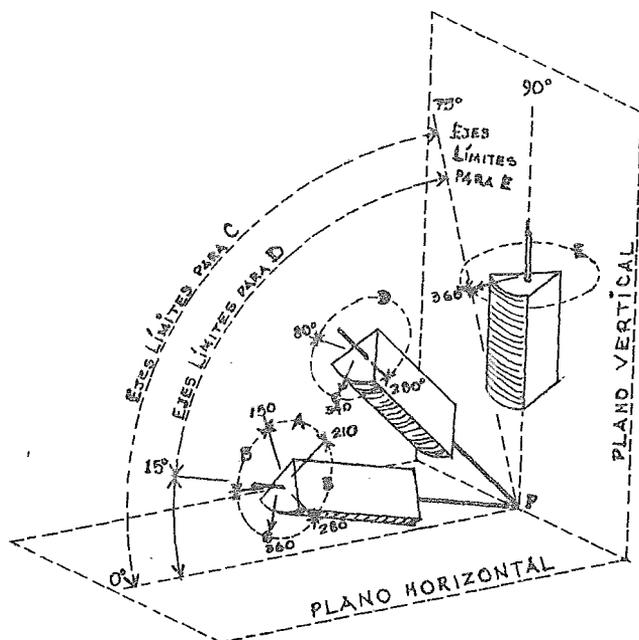
(a) Posición de placa 1G en un plano horizontal con metal de soldeo depositado desde arriba. Fig. Q 3(a)

(b) Posición de placa 2G en un plano vertical con los ejes de soldeo horizontales. Fig. Q 3(b)

(c) Posición de placa 3G en un plano vertical con los ejes de soldeo verticales. Fig. Q 3(c)

(d) Posición de placa 4G en un plano horizontal con el metal de soldeo depositado desde abajo. Fig. Q 3(d).

POSICIONES DE SOLDEO



POSICIONES PARA EL SOLDEO EN RANURA FIG. Q-2				
POSICION				
PLANA	A	0 a 15	150 a 210	
HORIZONTAL	B	0 a 15	80 a 150 210 a 260	
ELEVADA	C	0 a 75	0 a 80 260 a 360	
VERTICAL	D	15 a 75	80 a 260	
	E	75 a 90	0 a 360	

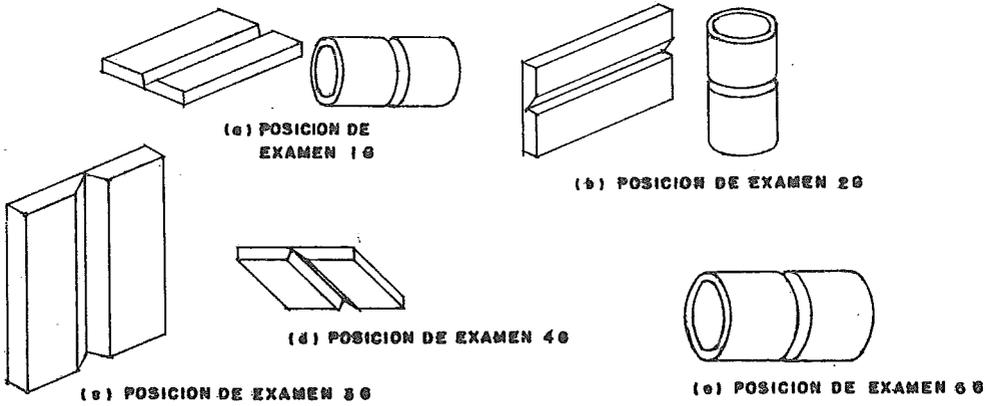


FIG. Q3 POSICIONES DE PLACAS Y TUBOS A EXAMINAR PARA SOLDEO EN RANURA

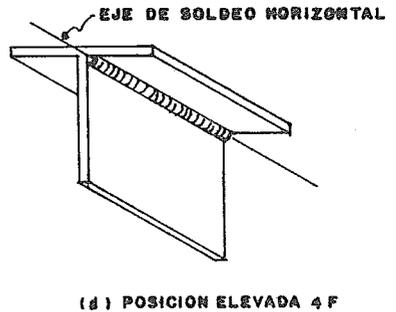
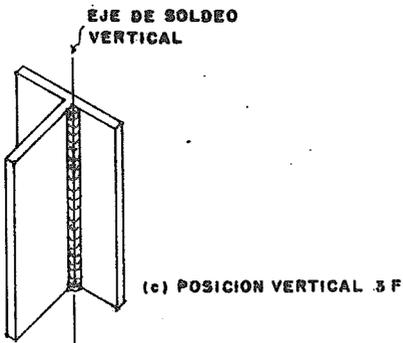
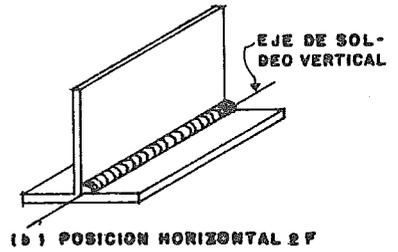
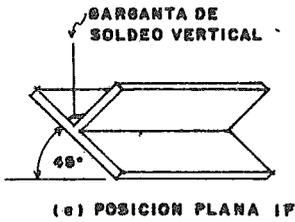


FIG. Q4 POSICIONES DE PLACAS A EXAMINAR PARA SOLDEO EN FILETE

(2) Posiciones para tubos:

(a) Posición 1G con su eje horizontal, el tubo es girado al estar soldando de tal modo que el metal de soldeo sea depositado desde arriba. Fig. Q 3(a)

(b) Posición 2G con su eje vertical y el eje de -- soldeo en un plano horizontal. El tubo no es rotado durante el soldeo. Fig. Q 3(b)

(c) Posición 5G con su eje horizontal y con la soldadura en ranura en un plano vertical. El soldeo se hará sin girar el tubo. Fig. Q 3(e)

(d) La calificación en las posiciones horizontal, vertical, o elevada servirán también para la posición plana. La calificación en la posición horizontal fija, 5G, servirá para -- las posiciones plana, vertical, y elevada. La calificación en -- las posiciones horizontal, vertical, y elevada servirá para todas las posiciones.

(3) Posiciones especiales. La calificación de una -- orientación particular sugerida es válida solo para la posición examinada en ese instante.

Posiciones para el examen de la soldadura en filete.

(a) El soldeo en Filete para efectuar las pruebas se hará en material que esté orientado como se describe abajo -- con respecto a los planos de referencia horizontal y vertical, -- permitiéndose una desviación angular de ± 15 con respecto a dichos planos de referencia.

(1) Posición plana 1F. Las placas se colocan de tal manera que la soldadura se deposita con su eje horizontal y su -- garganta vertical. Fig. Q 4(a)

(2) Posición horizontal 2F. Las placas están colocadas de tal modo que la soldadura es depositada con su eje horizontal en la parte superior de la superficie horizontal y contra la superficie vertical.

(3) Posición vertical 3F. Las placas están colocadas de tal manera que la soldadura es depositada con su eje vertical. Fig. Q 4(c)

(4) Posición elevada 4F. Las placas colocadas de tal modo que la soldadura se deposita con su eje horizontal sobre la parte superior de la superficie horizontal y contra la superficie vertical. Fig. Q 4(d)

(b) La calificación en las posiciones horizontal, vertical, o elevada calificará también la posición plana. La calificación en la posición horizontal, vertical, y elevada calificará para todas las posiciones.

(c) Posiciones especiales. La calificación de una orientación particular sugerida es válida solo para la posición examinada en ese instante, permitiéndose una desviación angular de $\pm 15^\circ$ en la inclinación del eje de soldeo y rotando la cara de la soldadura como está indicado en la Fig. Q2.

Tipos y objeto de las pruebas.

(a) Para calificar el procedimiento de soldadura y a los soldadores se usan tres tipos de pruebas:

(1) Las pruebas de tensión directa se usan en las pruebas de calificación del procedimiento para medir la resistencia a la tensión de las juntas soldadas en ranura.

(2) Las pruebas de flexión guiada se usan para calificar el procedimiento y la operación para checar el grado de solidez y ductilidad de juntas soldadas en ranura.

(3) Las pruebas usadas para checar el tamaño, contorneo, y grado de solidez de la soldadura en filete.

(b) Para probar la habilidad de los operadores en hacer soldaduras solidas, se efectúa una examinación de la longitud de la soldadura por medio de radiografía o por secciones.

Pruebas de tensión.

(a) Muestras. Las pruebas de tensión se harán en cada uno de los tipos de muestras de la Fig. Q6:

(1) Las muestras de sección reducida de la Fig. Q6(a) se usarán para pruebas de tensión en placas de todos los espesores.

(2) Las muestras de sección reducida de la Fig. Q6(b) se usan para pruebas de tensión en tuberías de todos los espesores que tengan un diámetro externo mayor de 3 in.

(3) Muestras torneadas, Fig. Q6.

(a) Si las muestras torneadas se usan como se indica abajo en (b) y (c), se hará un conjunto completo para cada prueba de tensión requerida.

(b) Para espesores hasta de 1 1/4 de pulgada se puede usar una muestra torneada simple.

(c) Para espesores por encima de 1 1/4 de pulgada se cortarán muchas muestras a lo largo del espesor total de la soldadura con sus centros paralelos a la superficie del material y no más de una pulgada de separación. Los centros de las muestras adyacentes a la superficie del material no excederán los 5/8 de pulgada desde la superficie.

(4) Las muestras para tensión de la Fig. Q6(d) se pueden usar para probar tubos o tuberías con un diámetro externo de 3 in. o menos. Las pruebas cumplirán los requisitos de (c).

(b) La muestra de la prueba de tensión se romperá bajo la carga de tensión. La resistencia a la tensión será calculada dividiendo la carga máxima en la ruptura entre el área mínima transversal de la muestra medida antes de aplicar la carga.

(c) Para pasar la prueba de tensión, la muestra deberá tener una resistencia a la tensión no menor que:

(1) La resistencia a la tensión especificada para el material base, o

(2) La resistencia a la tensión especificada para el más débil de los dos materiales, si se están usando materiales con resistencia a la tensión mínima diferentes, o

(3) La resistencia a la tensión especificada para el metal de soldeo en aquellos casos donde se recomienda el uso de metal de soldeo de mayor resistencia a la temperatura ambiente que el metal base. Si la muestra se rompe en el metal base fuera de la línea de soldeo, se considera que la prueba reúne los requisitos a condición de que la resistencia no esté más del 5% abajo de la resistencia a la tensión especificada para el metal base.

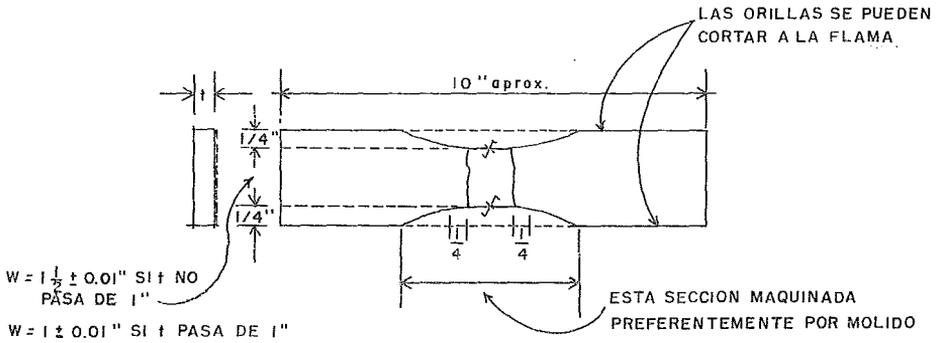


FIG. Q 6 (a) MUESTRA DE SECCION REDUCIDA P/TENSION (PLACA)

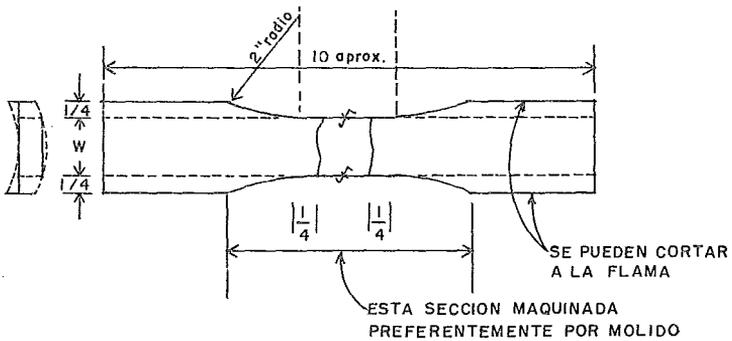


FIG. Q 6 (b) MUESTRA DE SECCION REDUCIDA P/TENSION (TUBO)

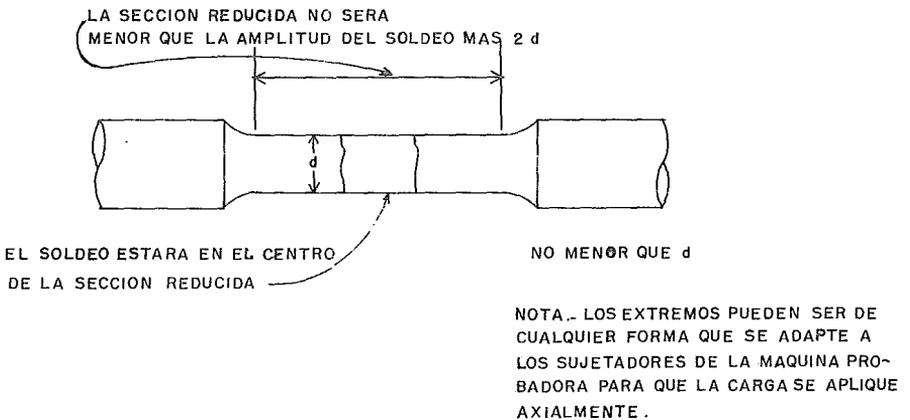


FIG. Q 6 (c) MUESTRA DE SECCION REDUCIDA ALTERNA PARA TENSION

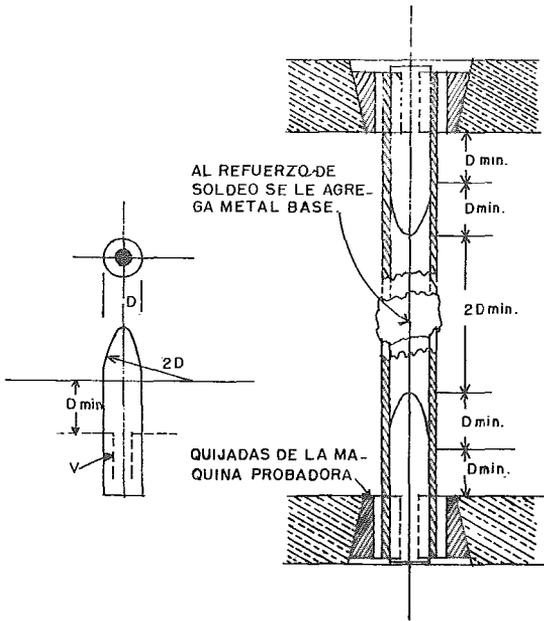
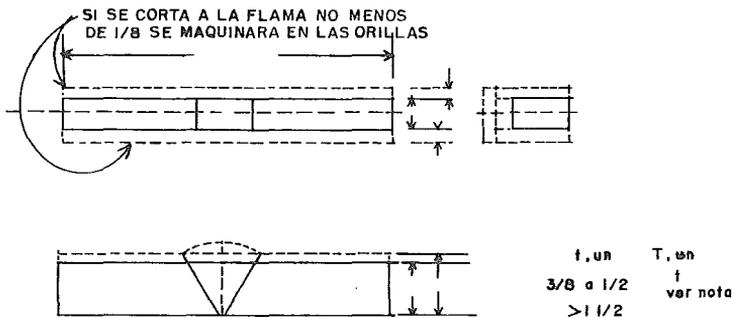


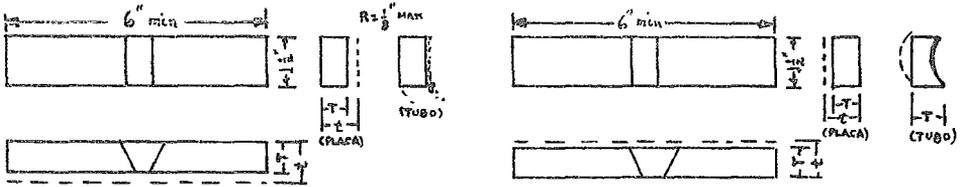
FIG. 06 (d) SECCION COMPLETA DE UNA MUESTRA DE TENSION PARA TUBERIA DE DIAMETRO PEQUEÑO



CORTAR A LO LARGO DE ESTA LINEA CUANDO \dagger SE PASE DE 1 1/2 cm. LA ORILLA SE PUEDE CORTAR A LA FLAMA Y PUEDE O NO SER MAQUINADA.

NOTA : PARA PLACAS DE MAS DE 1 1/2 DE ESPESOR CORTAR LA MUESTRA EN TIRAS APROX. IGUALES ENTRE 3/4" Y 1 1/2" DE ANCHO Y ENSAYE ESTA TIRA.

FIG. 07 MUESTRA DE FLEXION NATURAL

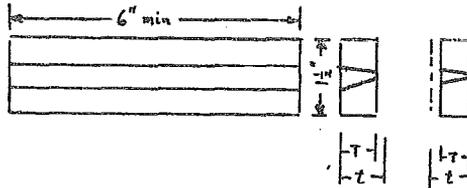


CARA

RAIZ o BASE

FIG. Q.7.2. MUESTRAS TRANSVERSALES DE CARA Y RAIZ PARA FLEXION PLACA Y TUBO.

t, in	T, in
$1/16 - 1/8$	t
$1/8 - 3/8$	t
$> 3/8$	$3/8$



t, in	T, in
$1/16 - 1/8$	t
$1/8 - 3/8$	t
$> 3/8$	$3/8$

FIG. Q.7.3. MUESTRAS LONGITUDINALES DE CARA Y RAIZ PARA FLEXION. PLACA Y TUBO

Muestras para la prueba de flexión guiada.

Las muestras para esta prueba se prepararán cortando la placa o tubo a examinar para formar muestras de sección transversal casi rectangulares. Las superficies de corte se denominarán como lados de la muestra. Las otras dos superficies se llamarán las superficies del pie y de la cara, donde la superficie de la cara tiene la mayor amplitud de soldadura. Las muestras de flexión guiada son de cinco tipos, dependiendo de que los ejes de soldeo sean transversales o paralelos a los ejes longitudinales de la muestra y en que superficie (lado, cara, o base) estén en el lado convexo (externo) de la muestra flexionada. Los cinco tipos son:

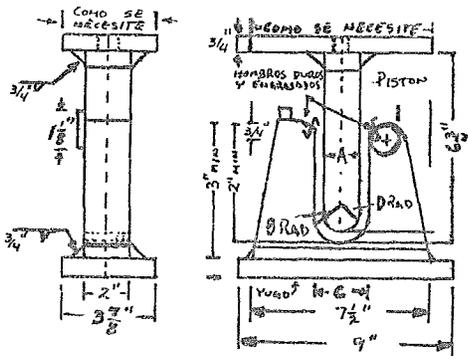
(1) Flexión transversal de lado. El soldeo es transversal al eje longitudinal de la muestra que es flexionada, de tal modo que una de las superficies de lado viene a ser la superficie convexa de la muestra flexionada. Fig. Q7.1.

(2) Flexión transversal de cara. El soldeo es transversal al eje longitudinal de la muestra que es flexionada, de tal modo que la cara viene a ser la superficie convexa del espécimen flexionado. Fig. Q7.2.

(3) Flexión transversal de base. El soldeo es transversal al eje longitudinal de la muestra que es flexionada, de tal modo que la base viene a ser la superficie convexa del espécimen flexionado. Fig. Q7.2.

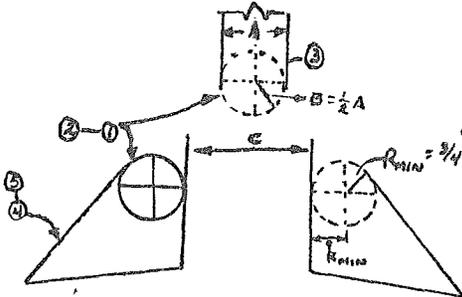
(4) Flexión longitudinal de cara. El soldeo es paralelo al eje longitudinal de la muestra flexionada de tal modo que la cara viene a ser la superficie convexa de la muestra flexionada. Fig. Q7.3.

(5) Flexión longitudinal de base. El soldeo es paralelo al eje longitudinal de la muestra flexionada de tal manera que la base viene a ser el lado convexo de la muestra flexionada. Fig. Q7.3.

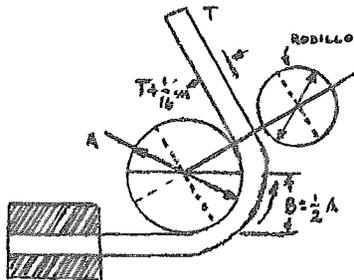


IN (PAM) ESPELOR DE MUESTRA	A, in (mm)	B, in (mm)	C, in (mm)	D, in (mm)
3/8 (9.5)	1/2 (38.1)	3/4 (19.0)	2 3/8 (60.8)	3 1/16 (30.2)
t	4t	2t	6t + 1/8 (8-2)	3t + 1/16 (1.6)

FIG. Q-8 APARATO PARA LA PRUEBA DE FLEXION GUIADA.



ESPELOR DE MUESTRA, in	A, in	B, in	C, in
3/8	1/2	3/4	2 3/8
t	4t	2t	6t + 1/8



ESPELOR DE MUESTRA, in	A, in	B, in
3/8	1/2	3/4
t	4t	2t

FIG. Q-8.1 APARATO ALTERNATIVO EQUIPADO CON RODILLO.

FIG. Q-8.2 EMPARQUE ALTERNATIVO PARA EL APARATO USADO PARA FLEXION.

Pruebas de flexión guiada.

(a) Las tablas Q 13 y Q 14 dan el tipo y el número de muestras que se usan en las pruebas de flexión guiada para calificar la operación y el procedimiento.

La muestra se probará de acuerdo con (b) y para pasarla deberá cumplir los requisitos de (c).

(b) Las muestras de flexión guiada serán flexionadas en el aparato de pruebas como el de las Figs. 8, 8.1, o 8.2. Cuando se usan los aparatos de las Figs. Q 8 y Q 8.1 el lado de la muestra que da al hueco del aparato será la cara para muestras de flexión de cara, la base para muestras de flexión de base, y el lado con más defectos, si los hay, para muestras de flexión de lado. La muestra será forzada hacia la matriz aplicando carga en el pistón hasta que la curvatura de la muestra sea tal que no se pueda insertar un alambre con un diámetro interno de $1/8$ in. entre la matriz y la muestra de la Fig. Q 8 y de tal manera que la muestra es rechazada en la base si se usa el aparato de rodillo Q 8.1. Cuando se usa la envoltura alrededor del aparato de la Fig. Q 8.2 el lado de la muestra que da al rodillo será la cara para las muestras de flexión de cara, la base para las muestras de flexión de base y el lado con más defectos, si los hay, para las muestras de flexión de lado.

(c) Para que las muestras de flexión guiada pasen la prueba no deben de tener roturas u otros defectos de aberturas mayores de $1/8$ in. medido en cualquier dirección de la superficie convexa de la muestra después de la flexión, las roturas existentes en las esquinas de la muestra durante la prueba no se tomarán en cuenta, a menos que haya una evidencia definida de que resulten de inclusiones de escoria u otros defectos internos.

(d) En aquellos casos donde los espesores de pared de tubos o tuberías son menores que $3/8$ in. y la relación diámetro espesor no permite la preparación de muestras rectangulares

de flexión guiada completas, la muestra de flexión guiada estándar de 1 1/2 in. de espesor de la Fig. Q 7.2. puede remplazarse por tres muestras de menor tamaño con espesor de 3/8 in. o 4t, - cualquiera de los dos que sea menor. El refuerzo de la soldadura y el anillo de apoyo que se moveran al mismo nivel de la superficie del tubo o tubería, y las esquinas pueden proveerse con un radio no mayor de 1/3 t, previos a las pruebas de flexión.

Pruebas de soldadura en filete.

(a) Muestras para Procedimiento y Operación. Fig. Q 9(a). La muestra a examinar deberá de carecer de roturas visibles. Será cortada transversalmente para proporcionar una sección central de 10 in de largo y dos secciones en los extremos - de aproximadamente 1 in de largo. Se empleará para la operación.

La muestra requerida para calificar el procedimiento se cortará transversalmente para darnos cinco secciones de aproximadamente 2 in de largo. Fig. Q 9(c).

(b) Prueba de fractura. El tallo de la sección central de 10 in de la Fig. Q 9(a) se localizará lateralmente de tal modo que la base de la soldadura esté en tensión. La carga se aumentará constantemente hasta que la muestra se rompa o se doble sobre si misma. Ahora bien, para pasar la prueba:

(1) La muestra no deberá romperse; o

(2) Si se rompe, las superficies rotas no mostrarán evidencia de roturas o fusión de la base incompleta, y la suma de las longitudes de inclusiones y bolsas de gas visibles en la superficie fracturada no pasara de 2 in.

(c) Macroexaminación de la muestra de la Fig. Q9(a) Uno de los dos extremos será pulido y grabado para dar una clara definición de la estructura del metal de soldeo y de la zona afectada por el calor. Para pasar la prueba:

(1) El exámen visual de la sección transversal del metal de soldeo y de la zona afectada por el calor mostrará la fu sión completa en la base y ausencia de roturas.

(2) La soldadura no deberá tener concavidad ni ser conv
vexa más de $1/16$ in; y

(3) No habrá más de $1/16$ in de diferencia en las longi
tudes del pie del filete.

(d) Macroexaminación de las muestras de la Fig. -
Q 9(c). Una cara de cada sección transversal será pulida y gra
bada para dar una definición clara de la estructura de la solda
dura. Para pasar la prueba:

(1) Un examen visual de las secciones transversales de
la soldadura y de la zona afectada por el calor mostrará una fu
sión completa en la base y ausencia de roturas.

(2) No habrá más de $1/8$ in de diferencia en la longi -
tud de los pies del filete.

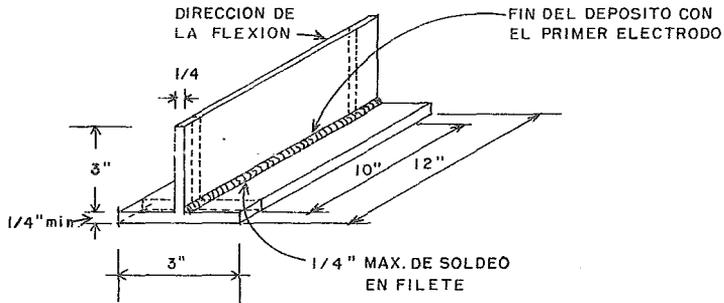


FIG. Q 9 (a) MUESTRA DE SOLDEO EN FILETE PARA LA PRUEBA DE CALIFICACION DE LA OPERACION

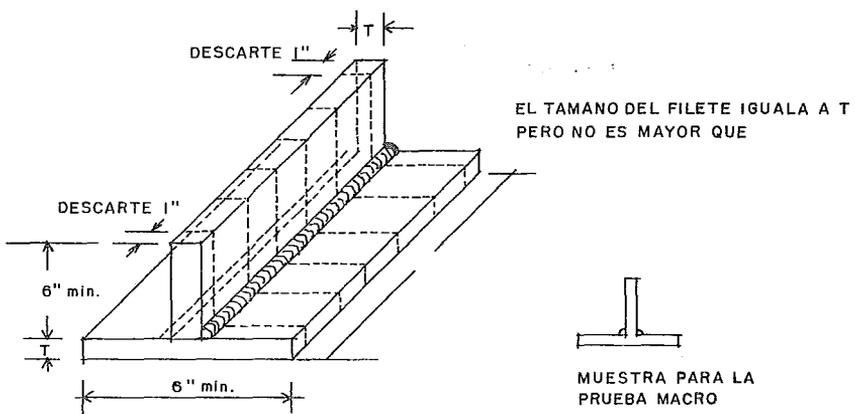


FIG. Q 9 (c) PRUEBA DE LA SOLIDEZ DEL SOLDEO EN FILETE PARA LA CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO

CALIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

Cada fabricante o contratista registrará en detalle y calificará la Especificación de Procedimiento para cualquier procedimiento de soldadura que él siga en la elaboración de trabajos de soldadura efectuados de acuerdo con este Código. Todo trabajo de soldadura usado para calificar un procedimiento de soldadura se hará de acuerdo con una especificación del procedimiento.

Con excepción de los recipientes o partes de recipientes hechos con aceros templados cuya resistencia mínima a la tensión está arriba de 95 000 psi y los aceros templados en los cuales es de hasta 95 000 psi incluso (P 11 y P 12) las pruebas para la calificación del procedimiento para soldeo en ranura y soldeo en filete se harán en soldeos en ranura hechos usando muestras de tensión de sección reducida y muestras de flexión guiada. Las pruebas de soldeo en ranura calificarán el procedimiento de soldadura a usar con ambos tipos de soldeo dentro del rango de las variables esenciales de la Especificación del Procedimiento.

Para recipientes o partes de recipientes contruidos con materiales P 11 y P 12, las pruebas de calificación del procedimiento para soldeo en ranura se harán usando muestras de tensión de sección reducida y muestras de flexión guiada. Para la soldadura en filete se hará de acuerdo con dicho en las pruebas para soldadura en filete. Las pruebas de calificación del procedimiento calificarán el procedimiento a usar dentro del rango de las variables esenciales de la Especificación del Procedimiento.

Variables esenciales.

El procedimiento de soldadura debe establecerse como una nueva Especificación de Procedimiento y debe ser recalificada completamente cuando se haga cualquiera de los cambios enlistados abajo en el procedimiento. Se pueden hacer otros cambios

diferentes a estos sin necesidad de recalificación siempre y -- cuando la Especificación de Procedimiento sea revisada para mostrar estos cambios.

Variable 1 a-1 El cambio del material base con una clasificación dada a un material con otra clasificación, o a cualquier otro material base. Cuando las uniones se hacen con materiales de diferente clasificación, ya sea ferroso o no ferroso, se debe hacer una Calificación de Procedimiento para la combinación, aún cuando se hayan hecho para cada uno de los dos materiales base soldados.

a-2 Para recipientes o partes de recipientes contruídos con materiales P 11 y 12, un cambio de un material base de un subgrupo o cualquier otro subgrupo. Se debe hacer una calificación de procedimiento para la combinación, aún cuando ya se haya hecho para cada uno de los materiales por separado.

Variable 2 Un cambio del tipo de metal de relleno requiere una recalificación bajo las siguientes condiciones:

a-1 Para soldadura de arco metálico con electrodos recubiertos, un cambio del número de electrodo.

a-2 Para soldadura de arco metálico con electrodos recubiertos, un cambio en la composición química de la soldadura depositada.

b-1 Para soldadura de gas, un cambio del tipo de metal de relleno, del tipo GAXX al tipo GBXX y viceversa.

b-2 Para soldadura de gas, un cambio de metal de relleno del tipo atenuado de aluminio al de silicón, y viceversa.

b-3 Para soldadura a gas, un cambio en la composición del metal de soldeo.

c-1 Para soldadura de arco gas-metal, un cambio en el electrodo consumible de electrodo desnudo a electrodo con núcleo de fundente, a recubierto, o viceversa.

d-1 Para soldadura de arco sumergido, un -- cambio de un metal de relleno que contiene 1.75-2.25% de manganeso a un metal que contiene menos de 1% de manganeso o viceversa, requerirá recalificación. La presencia o ausencia de 0.5% de molibdeno en el análisis del metal de relleno no requerirá recalificación.

d-2 (a) Para soldadura de arco sumergido, - un cambio en el análisis del metal de relleno.

(b) En la soldadura de arco sumergido, donde el contenido de la aleación del metal de relleno depende - mucho de la composición del flujo usado, cualquier cambio en -- cualquier parte del procedimiento de la soldadura que causaría - que los elementos aleantes principales en el metal de soldeo es- tuvieran fuera del rango de especificación química dado en la es- pecificación del procedimiento de soldadura. Si hay indicios de que el soldeo no siga la especificación del procedimiento, el -- inspector puede solicitar un chequeo de la composición química - del metal de soldeo.

e-1 Para cualquier otro proceso de soldadu- ra, un cambio en la composición del metal de soldeo depositado - de un análisis a otro.

f-1 Para toda soldadura empleada en reci -- pientes o partes de recipientes construídos con material P 11, un cambio en la clasificación AWS-ASTM del metal de relleno o -- una composición del metal de soldeo no cubierta por la especificación AWS-ASTM.

Variable 4 La adopción de otras posiciones de soldadu -- ra diferentes de las calificadas anteriormente.

Variable 5 (a) Una disminución de 100°F o más de la -- temperatura mínima de precalentamiento especificada.

(b) Para recipientes o partes de recipien - tes construídas con material P 11, un aumento o disminución de - 100°F o más de la temperatura mínima de precalentamiento especi- ficada o un cambio de la temperatura mínima y máxima entre pasos especificada.

Variable 6 (a) Un cambio de la temperatura del tratamiento de calor y variación del ciclo de tiempo.

Variable 6 (a) Un cambio en la extensión del ciclo temperatura-tiempo para el tratamiento de calor.

(b) Para recipientes o partes de recipientes construidos con material P 11, un cambio en la extensión de temperatura y tiempo para el tratamiento de calor. La prueba de calificación del procedimiento estará sujeta al tratamiento de calor esencialmente equivalente a los encontrados en el tratamiento de calor de materiales base y en la fabricación de recipientes o partes de recipientes incluyendo al menos los tiempos agregados a la temperatura o temperaturas.

Variable 7 (a) En la soldadura de arco, la omisión de la cinta de refuerzo en la soldadura simple de uniones soldadas a tope; y en soldadura a gas, la adición de cintas de refuerzo en las uniones soldadas a tope.

(b) En cualquier proceso de soldadura, la adición u omisión de inserciones consumibles.

Variable 8 En soldadura con máquina, un cambio de arco simple a arco múltiple, o viceversa.

Variable 9 En soldadura con máquina, un cambio de paso múltiple por lado, a paso simple por lado.

Variable 10 En soldadura de arco gas-metal y tungsteno-gas.

(a) Un cambio de un gas simple a cualquier otro gas simple o a una mezcla de gases, o un cambio en la composición del porcentaje especificado de una mezcla de gases.

(b) Un aumento de 25% o más, o una disminución de 10% o más en la velocidad de flujo del gas o mezcla protectora.

Variable 11 (a) El cambio de un proceso de soldadura a cualquier otro proceso de soldadura o una combinación de los procesos de soldadura.

(b) Cuando el soldeo inicial se hace por un proceso y la porción restante de la ranura se completa por otro proceso.

Variable 12 La omisión del gas inerte de apoyo.

Variable 13 Para recipientes o partes de recipientes - construidos con materiales P 11, un cambio en el tipo de corriente (CA o CD), polaridad o rango especificado para el amperaje, voltaje y velocidad de corrida.

Variable 14 Un cambio de espesor en el material base más allá de lo permitido.

Preparación de la unión de prueba.

(a) El material base, el metal de relleno, y el procedimiento de soldadura estarán dados de acuerdo con la Especificación de Procedimiento. Las dimensiones del material a examinar y la longitud de soldeo serán suficientes para darnos las muestras requeridas.

(b) Los materiales base pueden ser tubo o placa. Cuando se usa tubería como material base, se recomienda un diámetro nominal de 5 in y un espesor de pared de 3/8, aunque se puede usar tubería con diámetros mayores y satisfacer los requisitos del procedimiento para todos los tamaños. La tubería de tamaño pequeño se puede sustituir, pero en esos casos el procedimiento se calificará para espesores comprendidos entre la 1/2 y dos veces el espesor de pared del tubo examinado, pero no más de 3/4 in.

(c) Dimensiones del soldeo en ranura. La unión a examinar será soldada usando el tipo de soldadura en ranura propuesto en la Especificación del Procedimiento. Las dimensiones de la soldadura en ranura no son Variables Esenciales de la Especificación del Procedimiento.

(d) Consideración de la restricción. Cuando se hacen pruebas para la soldadura a tope, hay que tomar en cuenta el efecto de la restricción angular, lateral, y extrema en el soldeo. Esto se aplica principalmente al material y metal de soldeo con una resistencia de 80 000 psi o aún mayor, y a secciones pesadas de materiales con resistencias a la tensión altas y bajas. La adición de la restricción en el soldeo da como resultado una dificultad a la rotura que de otra manera no ocurriría.

(e) Para recipientes o partes de recipientes construidos con materiales tipo P 11, el soldeo en ranura para espesores de menos de 5/8 in se preparará por procesos térmicos cuando dichos procesos se empleen en la fabricación.

CALIFICACION DE LA OPERACION

Con las pruebas de calificación de la operación se trata de determinar la habilidad de los soldadores u operadores de soldadura para hacer soldeos sólidos.

La prueba de operación se puede terminar en cualquier momento o etapa del procedimiento examinado cuando el supervisor de la prueba vea que el soldador u operador de soldadura no tiene la habilidad requerida para obtener resultados satisfactorios.

A cada soldador u operador de soldadura calificado se le asigna un número de identificación, o una carta o simbolo, -- por el fabricante, el cual servirá para identificar su trabajo.

(a) Soldadores. Cada soldador que suelde sobre recipientes construídos siguiendo los lineamientos de éste código deberá pasar las pruebas para la Calificación de la Operación. Las variables esenciales y los resultados de las pruebas obtenidos por cada soldador se registrarán en la Especificación de la Operación. El soldador que prepare en la forma adecuada las - - muestras para las pruebas de calificación del procedimiento está calificado. Las pruebas para la Calificación de la Operación se harán a el soldeo en ranura, usando muestras de flexión guiada o para soldadura en filete, usando muestras de Unión T. Los soldadores que pasen las pruebas para soldadura en ranura están calificados para hacer soldeo en filete de todo espesor. Los soldadores que pasen las pruebas para soldeo en filete están calificados sólo para hacer soldeo en filete.

(b) Operadores de Soldadura. El operador de soldadura que prepare las muestras para la Prueba de Calificación del Procedimiento de Soldadura en forma adecuada está calificado. Al - ternativamente, cada operador que suelde sobre recipientes si -- siguiendo los lineamientos de este Código, será examinado como si

que para cada procedimiento de soldadura en el cual suelda usando máquinas de soldadura en donde la velocidad de corrida y la posición de la cabeza de soldeo con respecto a la obra se controlan mecánicamente, a excepción de ajustes menores de factores tales como rugosidad de la placa, ausencia de redondez y ángulo de carga:

(1) Se examinará por radiografía o por secciones un soldeo de tres ft de longitud hecho por el operador.

(2) Para asegurar que el operador pueda llevar a cabo lo estipulado en el procedimiento de soldadura, se tomarán radiografías de acuerdo con la examinación radiográfica de puntos, o dos secciones transversales, tomadas en el tercer punto de soldeo aproximadamente.

(a) Estandar para la examinación radiográfica por puntos.

I.- Soldaduras en las que la radiografía muestra cualquier tipo de rotura o una zona de penetración incompleta se rechazarán.

II.- Se rechazarán soldeos donde la radiografía muestre inclusiones de escoria o cavidades, si la longitud de cualquiera de dichas imperfecciones es mayor que $\frac{2}{3} T$, donde T es el espesor de la placa más delgada en el soldeo. Si existen varias imperfecciones como las anteriores seguidas, solo se aceptará al soldeo si la suma de las dimensiones más largas de dichas imperfecciones no es mayor que T en una longitud de 6T (o proporcionalmente para radiografías más chicas que 6T) y si las imperfecciones más largas consideradas están separadas al menos por 3L de metal de soldeo aceptable, donde L es el largo de la imperfección más larga. La longitud máxima aceptable para una imperfección será de $\frac{3}{4}$ in. Cualquier imperfección menor que $\frac{1}{4}$ in se aceptará para cualquier espesor de placa.

III.- Porosidad aceptable.

(b) Estándar para secciones:

- I.- Las muestras deberán ser tales que nos de una sección transversal total de la unión soldada.
- II.- Las muestras serán pulidas, y luego grabadas por cualquier metodo que revele los defectos sin alargarlos o exagerarlos indebidamente.
- III.- Si las secciones se cortan con oxígeno de la pared del recipiente la abertura en la pared del recipiente no tendrá más de 1 1/2 in de diámetro, o de amplitud del soldeo, cualquiera que sea mayor, medida después de quitar toda la escama suelta y la acumulación de escoria. Las muestras cortadas con oxígeno serán aserradas a traves de la soldadura para obtener una superficie plana que expondrá la amplitud total del soldeo en la superficie cortada.
- IV.- Las secciones sacadas de la unión soldada no mostrarán ningún tipo de rotura o de zonas de fusión incompleta o penetración inadecuada de la unión. Las bolsas de gas y las inclusiones de escoria se permitirán solo:
 - a).- Cuando la amplitud de cualquier inclusión simple de escoria entre las capas de soldeo sustancialmente paralelas a la superficie de la placa no es mayor que la mitad de la amplitud del metal de soldeo sólido donde se localiza la inclusión de escoria: y
 - b).- Cuando el espesor total de todas las inclusiones de escoria en cualquier plano situado casi en ángulo recto con respecto a la superficie de la placa no sea mayor que el 10% de el espesor de la placa más delgada; y
 - c).- Cuando hay bolsas de gas que no pasen de 1/16 in y cuando no hay más de seis bolsas de gas de este tamaño máximo por pulgada cuadrada de

de metal de soldeo, o cuando las áreas combinadas del mayor número de bolsas no pase de - 0.02 pulgadas cuadradas por pulgada cuadrada de metal de soldeo.

V.- Después de quitar los segmentos o tapones se les marca o etiqueta para u identificación y, después de grabados, son mantenidos en recipientes apropiados, con un registro de el lugar de donde fueron sacados, así como el operador que efectuó la soldadura.

(3) Si el soldeo no cumple los requisitos de (2), las subsecuentes uniones, soldadas por el operador usando el procedimiento de soldeo con máquina serán examinadas por el mismo método hasta que el operador demuestre que es capas de producir soldes aceptables.

(4) Los resultados de el exámen radiográfico o por secciones serán registrados.

(c) El doldeo que requiera una combinación de procesos puede ser efectuado por uno o más soldadores u operadores de soldadura. Sin embargo, cada uno solo puede hacer la porción de soldeo para la cual está calificado.

Variables esenciales.

Un soldador debe ser recalificado cada vez que se haga uno o más de los cambios enlistados abajo para la especificación del procedimiento. Cualquier otro cambio no comprendido en esta lista no amerita recalificación. Al hacer las placas de muestra para la prueba de clificación del procedimiento correctamente, al soldador se le considera calificado.

Variable 1 Un cambio de metal de relleno usado en la calificación de 1 operación a otro metal de relleno con otra calificación.

Variable 2 La adopción de otras posiciones de soldadura distintas a las mencionadas a las mencionadas anteriormente.

Variable 3 Un cambio en la trayectoria especificada para cualquier paso de soldeo vertical, si es hacia arriba hacer lo hacia abajo o viceversa.

Variable 4 El omitir la cinta de apoyo en las uniones a tope soldadas con arco.

Variable 5 El uso de cinta de apoyo en la soldadura a gas.

Variable 6 (a) El cambio de un proceso de soldadura a otro, o una combinación de procesos de soldadura.

(b) Donde se hace necesaria una combinación de procesos para efectuar un soldeo, cada soldador u operador de soldadura deberá estar calificado para el proceso de soldadura que el indique.

(c) Un cambio de soldadura de arco gas- tungsteno o soldadura de arco gas-metal, o viceversa.

(d) Cuando se efectúa un soldeo combinado, el soldador u operador de soldadura que haga el paso base será examinado con un mínimo de dos flexiones de base.

Variable 7 En cualquier proceso, poner o quitar inser ciones consumibles.

Variable 8 No usar gas inerte de apoyo.

Características de la unión a examinar.

(a) La información concerniente a las variables esenciales (metal de relleno, posición, procedimiento, etc.) se enlistarán en el Registro del Fabricante de las Pruebas de Calificación de la Operación del Soldador. Al hacer la cali-

ficación de la operación se tomarán detalles tales como precalentamiento, postcalentamiento, materiales base, etc., que son variables esenciales para cualquier especificación de procedimiento calificada. Las dimensiones del material examinado y la longitud del soldeo serán suficientes para proporcionar las muestras a examinar necesarias.

(b) El material base puede ser placa o tubo. Cuando el material base es tubo, se recomienda un diámetro nominal mínimo de 5 in.

(c) Las dimensiones de la soldadura en ranura para la unión a examinar usada al hacer pruebas de calificación de la operación del soldeo doble de uniones a tope y para el soldeo simple de uniones a tope con cinta de apoyo serán las mismas que las dadas para cualquier especificación de procedimiento calificada por el fabricante.

(d) Las dimensiones de la soldadura en ranura para la unión examinada al haber pruebas de calificación de la operación del soldeo simple de uniones a tope sin cinta de apoyo, serán las mismas que las dadas para cualquier especificación de procedimiento calificada por el fabricante.

(d) Donde se va a calificar la habilidad del soldador para soldar sobre material de aleación de acero, la muestra examinada puede ser del material aleado; o las placas o tubos de acero al carbono pueden ser sustituidos para la prueba de operación, con las siguientes limitaciones:

(1) El contenido total de la aleación del material que sustituye al acero al carbono no pasara del 6%.

(2) El contenido total de la aleación de los electrodos usados sobre placas y/o tuberías de acero al carbono no pasará del 6%. La calificación de soldadores donde el contenido total de aleación pasa del 6% se completará sobre material del mismo grado tal como se establece en la especificación del procedimiento.

(3) Cuando se usan electrodos de aleación de acero de clasificación SA-316 o SA-298 como en el inciso anterior, sobre placa o tubo de acero al carbón, las muestras examinadas serán precalentadas, soldadas, y postcalentadas de acuerdo con la especificación del procedimiento para el tipo de electrodo involucrado.

(4) Los soldadores que califiquen con placas examinadas de acero al carbón usando electrodos F-4 de la clasificación SA-233 están también calificados para soldar usando electrodos de aleación de acero de un número F menor o comparable, dentro de la limitación del 6% de contenido total de aleación.

(f) Cuando se califica la habilidad del soldador para soldar sobre acero inoxidable, las placas o tubos de acero al carbón se pueden sustituir para la prueba de operación y ser soldadas con electrodos austeníticos (F5). No se necesita precalentamiento o postcalentamiento.

Cuando un soldador no pasa las pruebas será examinado nuevamente bajo las siguientes condiciones:

(1) Cuando esta nueva examinación es inmediata, deberá hacer dos soldeos para su examinación de cada tipo para cada posición en que haya fallado, con lo que pasará la prueba.

(2) Cuando el entrenador ha tenido entrenamiento posterior o práctica se hará una nueva examinación completa de la Especificación del Procedimiento para cada posición en que haya fallado, con lo que pasará la prueba.

Se requiere una Renovación de la Calificación de una Especificación del Procedimiento cuando: (1) el soldador u operador de soldadura no ha usado el proceso específico, es decir, arco metálico, de gas, arco sumergido, etc., para soldar ya sea materiales ferrosos o no ferrosos por un período de tres meses o más, o (2) cuando hay una razón específica para dudar de su habi

lidad al efectuar soldeos que cumplan las especificaciones. La renovación de la calificación en (1) se hará un solo espesor de placa examinada simple.



S I M B O L O G I A

Las características de las juntas soldadas se establecen por medio de representaciones gráficas, las cuales tienen comúnmente los elementos que se anotan a continuación, además en el croquis adjunto se ve su localización:

Línea de referencia

Flecha

Símbolo básico

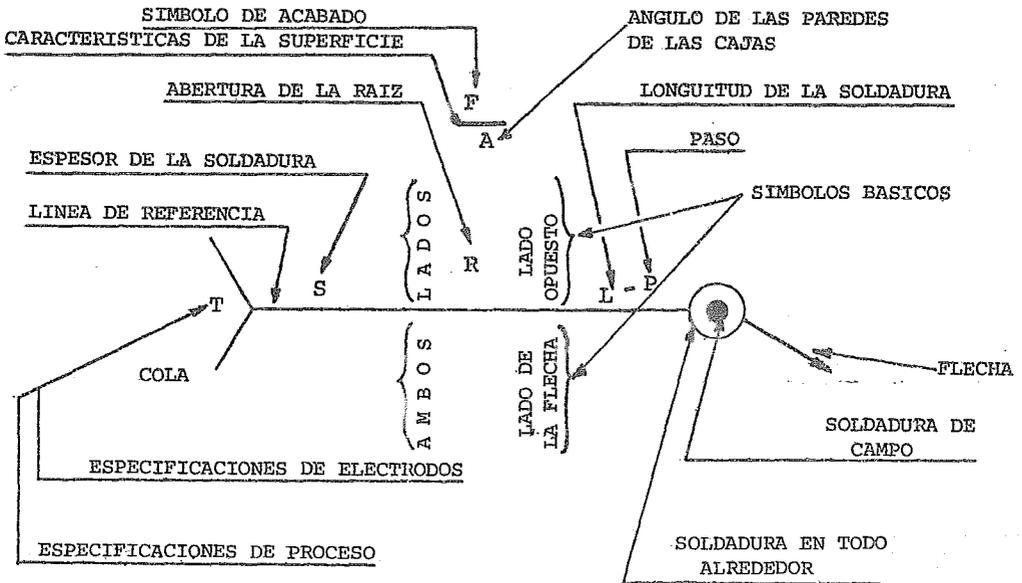
Dimensiones y otras especificaciones

Símbolos complementarios

Símbolos de acabado

Cola

Especificaciones relativas a proceso y electrodos



La línea de referencia, que preferentemente se trazará paralela a los cantos del papel, es la construcción que sirve de base para el ordenamiento de los símbolos y especificaciones.

La flecha, se coloca en la prolongación de una de las extremidades de la línea de referencia, y sirve para señalar la conexión a soldar. La punta de la flecha respectiva se colocará, según el caso, precisamente sobre uno de los lados de la unión, por lo que, generalmente, en toda conexión soldada, se establecerá un lado marcado por la flecha y un lado contrario a la flecha.

Los símbolos básicos definen en detalle las características de la conexión, el tipo de soldadura y las ranuras que deban hacerse a los miembros de la unión. Estos símbolos son los que se anotan en el cuadro que sigue:

TIPO DE SOLDADURA							
CORDON	FILETE	TAPON O RANURA	RANURA DE LAS PIEZAS				
			RECTANGULAR	V	BISEL	U	J
							

Las dimensiones establecen, de acuerdo con el símbolo básico, el espesor del cordón de soldadura, la longitud del mismo, el paso cuando se trata de filetes no corridos sino de soldadura por puntos, la separación en la raíz de las ranuras, el ángulo abarcado por estas, el espesor de un tapón, etc., En todos los casos las dimensiones se anotarán en mm.

Los símbolos complementarios, que se usan como adiciones al símbolo básico, son los que anotan en el cuadro que sigue:

TODO ALREDEDOR	SOLDADURA DE CAMPO	SUPERFICIE	
		ENRASADA	CONVEXA
			

Los símbolos básicos se aplican hasta donde haya un -- cambio notable en la dirección del filete, excepto cuando se use el símbolo complementario de "todo alrededor", cuyo sentido es -- obvio.

El signo de soldadura de campo se aplicará a todos a -- aquellos casos en que la conexión por soldadura no se resuelva en el taller, o en el lugar en donde se hacen las fases iniciales -- de la fabricación.

Si no hay indicación expresa, todas las soldaduras se entenderán continuas.

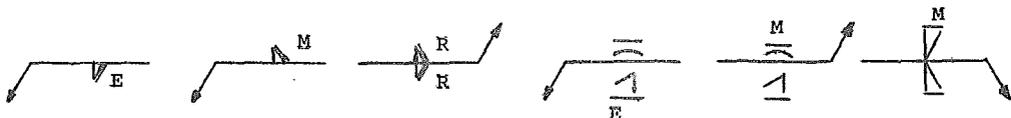
Los símbolos de acabado son complementos de los símbo-- los básicos que definen las características de la superficie ex-- terior de un filete o de la soldadura corrida dentro de una caja. Esto se resuelve por la adición al símbolo básico de los elemen-- tos que siguen:

1.- El símbolo de enrase, cuando la superficie deba -- ser casi plana, sin tener que recurrir a ningún medio mecánico -- de acabado.

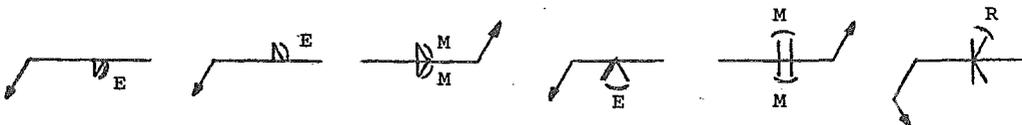


2.- El símbolo de enrase y además las letras E (esmeri-- lado), R (rebabeado), y M (maquinado), cuando la superficie soldada deba hacerse plana por medio de alguno de los recursos anota-- dos.

Se debe entender que la letra sólo indica el método pe-- ro no el grado de acabado, por lo que, en su caso, se deberán -- preveer las notas aclaratorias pertinentes.



3.- El símbolo de contorno convexo, además de las letras cuyo significado se ha anotado en el punto anterior, cuando la superficie de la soldadura debe tener un contorno convexo, lo grado por medios mecánicos.



La "cola se coloca en la extremidad de la línea de referencia, en el lado opuesto a la flecha, y debe hacerse aparecer en la representación gráfica, solo en aquellos casos en que se interese la anotación expresa de especificaciones relativas a proceso, y a electrodos, por ejemplo AE para arco automático -- protegido con electrodo, AS para arco automático sumergido, etc. Si no hay nada que anotar en materia de proceso o electrodos, se omite la cola en la representación gráfica.



Se pueden usar los símbolos sin anotación de especificaciones, procesos u otras referencias:

a) Cuando se formulen especificaciones por separado, - en cuyo caso se consignará de las anotaciones expresas, todas -- las soldaduras se sujetarán a la hoja de especificaciones No....

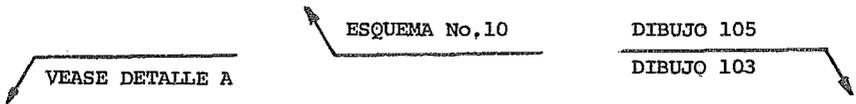
b) Cuando entre las notas generales del dibujo se incluyan informaciones relativas a las características predominantes de las uniones, por ejem:

"con excepción de las anotaciones expresas, todos los cordones de soldadura serán de 8 mm de espesor".

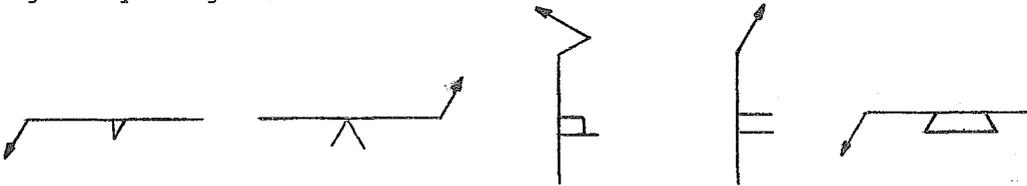
"con excepción de las anotaciones expresas, las separaciones entre placas, de uniones a tope, serán de 3 mm."

"con excepción de las anotaciones expresas, los biselados en los extremos de las placas se harán con ángulos de 30°".

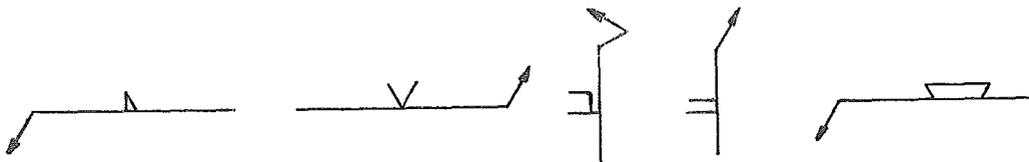
c) Cuando los símbolos básicos no sean los adecuados, o no proporcionen información completa o suficiente clara al taller, en cuyo caso se emplearán anotaciones como las que siguen:



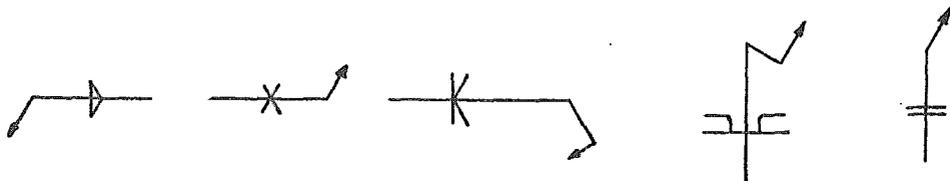
Las soldaduras en el lado de una unión marcada por la flecha, se establecen localizando los signos respectivos, con --relación a la línea de referencia, en el lado más próximo al lector (lado inferior o derecho del papel), como se ilustra en las figuras que siguen:



Las soldaduras, en el lado de una unión contrario u --opuesto al marcado por la flecha, se establecen localizando los símbolos respectivos con relación a la línea de referencia, en el lado contrario al lector (lados superior o izquierdo del papel), como aparece en las figuras siguientes:



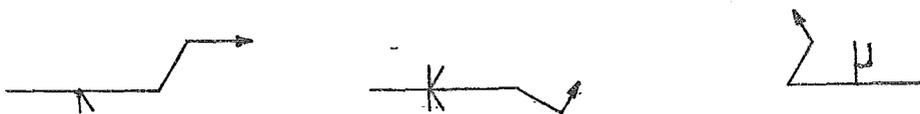
Las soldaduras que daban hacerse tanto en el lado de la junta marcado por la flecha, como en el lado opuesto, se establecen localizando los símbolos respectivos a ambos lados de la línea de referencia, como puede verse en las siguientes figuras:



Los símbolos que ilustran chaflanes, biseles, y cajas en J, llevarán la pierna perpendicular a la línea de referencia, siempre del lado izquierdo.



Se emplearán líneas quebradas en la prolongación de la línea de referencia que lleva la flecha, para caracterizar uniones a tope con ranuras a bisel o cajas en J y los quiebres de estas líneas se hacen de tal forma que señalen al miembro de la unión que habrá de biselarse o que llevará la caja.



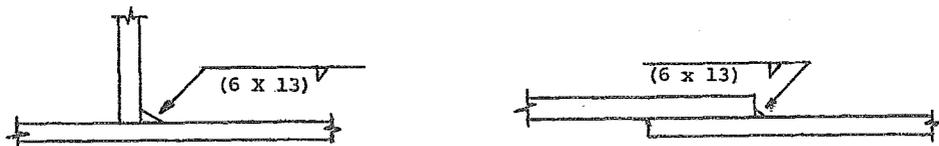
La localización de las informaciones que definen las características de una unión soldada se hará, colocando las cifras relativas a lo largo de la línea de referencia, precisamente en el lado en que haya sido colocado el símbolo básico, y para leer siempre de izquierda a derecha.

Cuando deban soldarse ambos lados de la unión, las cifras respectivas aparecerán en ambos lados de la línea de referencia, sean o no iguales las especificaciones correspondientes.

FILETES. La cifra que define el espesor de un cordón (cateto del triángulo que forma el chaflán correspondiente), se anotará precisamente a la izquierda del símbolo básico, como puede verse en las siguientes figuras:



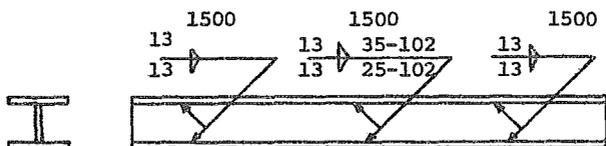
Cuando los lados del chaflán sean desiguales, las cifras se pondrán dentro de un paréntesis, pero siempre a la izquierda del símbolo respectivo, estableciéndose sobre el dibujo la orientación correspondiente:



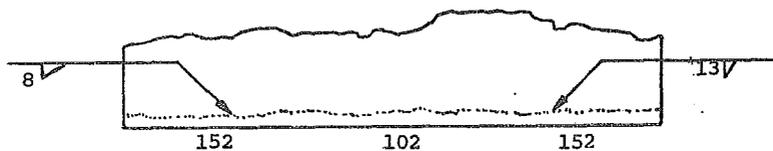
La longitud de un filete se establece por medio de una cifra que aparecerá precisamente a la derecha del símbolo básico correspondiente:



Quando no aparezca esta anotación, se sobrentenderá -- que la soldadura habrá de correrse sin interrupción hasta que ha ya un cambio brusco de dirección. Las longitudes de los filetes pueden también anotarse con símbolos específicos combinados con anotaciones sobre la pieza.



Se puede mostrar también en forma gráfica la extensión de un filete soldado, como se ilustra en la siguiente figura:



Quando los filetes deban extenderse a lo largo de una línea quebrada, se empleará la misma línea de referencia, pero con varias puntas de flecha, que se apoyarán en cada uno de los tramos de la línea a soldar, excepto cuando la soldadura deba hacerse en todo alrededor, en cuyo caso se empleará el símbolo respectivo.

En cordones interrumpidos, el paso, o sea la distancia medida de centro a centro, entre dos puntos contiguos de soldadu

ra, se anotarán a la derecha de la cifra que representa la longitud de los puntos o incrementos, la que a su vez quedará registrada siempre a la derecha del símbolo básico como sigue:



Las soldaduras resueltas con cordones interrumpidos en ambos lados de la unión, y con puntos en cadena, o sea con puntos uno frente al otro, se ilustran como sigue:



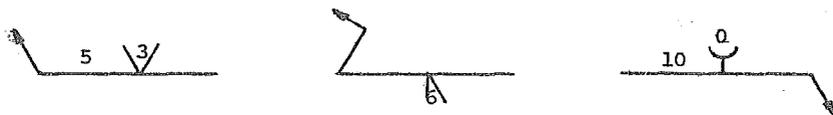
Los cordones interrumpidos en ambos lados de la unión con puntos en tresbolillo, esto es, alternados, se ilustran como sigue:



Todas las anotaciones correspondientes a cordones interrumpidos presuponen que se soldarán puntos en cada uno de los extremos del tramo por soldar.

Cuando se especifica cordones interrumpidos, entre dos tramos de soldadura continua de longitudes definidas, el símbolo indica que entre dichos tramos y el primero y último puntos respectivamente, quedará un espacio igual al paso menos la longitud de un incremento.

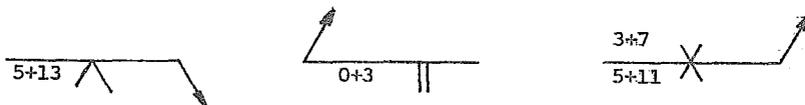
RANURAS O CAJAS. Las especificaciones relativas a soldaduras en ranura o cajas para conexiones a tope se colocarán en el mismo lado de la línea de referencia que el símbolo básico correspondiente.



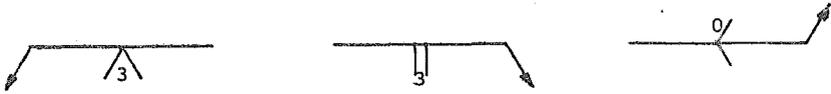
Cuando se trata de una unión a tope con cajas o biselados dobles, es decir, en ambos lados de las placas o miembros a soldar, las especificaciones relativas aparecerán en ambos lados de la línea de referencia, sean o no iguales dichas especificaciones.



El espesor de la soldadura en ranuras o cajas, habrá de colocarse precisamente a la izquierda del símbolo básico. Este espesor se descompondrá en dos cifras separadas por el signo más, que se leerán de izquierda a derecha, representando la primera la profundidad de la penetración, y la segunda la altura de la caja.



La separación o abertura de la raíz de las cajas se anotará dentro del símbolo básico respectivo como sigue:

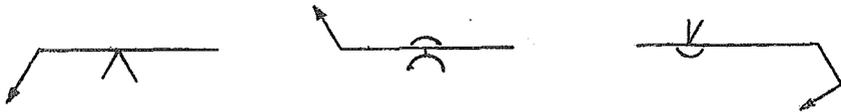


Arriba, o en su caso, abajo, de la especificación de la abertura en la raíz, se anotarán las características de la caja, es decir, ángulo, separación entre paredes, etc., y se harán detalles complementarios para ilustrar las cajas en U o en J.



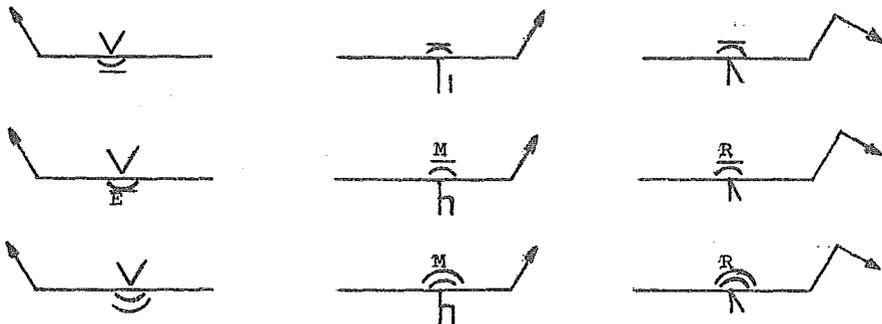
LISTONES O CEJAS. El símbolo de listón, ceja o canto sencillos, debe usarse en la representación de cordones de apoyo o respaldo, para soldadura en uniones a tope, de placas provistas de cajas o ranuras sencillas, esto es, practicadas en un solo lado de la unión.

Esta modalidad se representa colocando el símbolo de listón sencillo en el lado de la línea de referencia opuesto al que ocupe el símbolo básico, como se ilustra en la figura:



Las dimensiones de los listones empleados como soldadura de apoyo no se anotarán en el símbolo de soldadura. Si se desea especificar estas dimensiones, se anotará expresamente en el dibujo.

Las especificaciones relativas a acabado son aplicables a los distones de apoyo, por lo que son correctas las representaciones mostradas abajo:

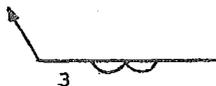


El símbolo de listón o ceja puede usarse también para identificar superficies construídas con rebordes o depósitos de soldadura. Estas superficies se marcarán utilizando el símbolo de listón o ceja dobles, cualquiera que sea el número de capas que formen la superficie de que se trate. Ver figuras:



En este caso, el símbolo no indica soldadura de una unión, por lo tanto, no tienen aplicación los conceptos "lado de la flecha" y "lado opuesto de la flecha". El símbolo se dibujará siempre en el lado de la línea de referencia próximo al lector y la flecha debe señalar con claridad la superficie sobre la cual habrá de hacerse el depósito de soldadura.

La cifra que establece el espesor de una superficie construída con soldadura se anotará a la izquierda del símbolo respectivo. Se entenderá que esta cifra establece el espesor mínimo. Cuando no se desee especificar espesor, se omitirá la cifra de referencia.

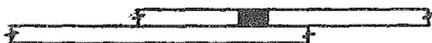


Cuando el área total de una superficie plana o encorvada deba ser reforzada con soldadura, ninguna otra dimensión, fuera del espesor, debe anotarse, y cuando solo sea una porción de esa superficie la que habrá de engruesarse con soldadura, la localización, orientación y dimensiones del área respectiva se establecerán con cotas sobre el dibujo.

RELLENOS O TAPONES. La soldadura genericamente denominada de rellenos o tapones se emplea para conectar dos placas su perpuestas como sigue:

1.- Haciendo perforaciones, generalmente circulares, en una de las placas que después se rellenan con soldadura.

2.- Haciendo perforaciones, continuadas en ambas placas, que posteriormente se rellenan con soldadura.



Para estas formas de conexión, se aplicarán las reglas generales, relativas tanto a localización de símbolos básicos y de dimensiones, como a uno de símbolos complementarios, especificaciones de acabado, características de proceso, etc., y se añadirán con las siguientes.

Las dimensiones (generalmente diámetro) de la perforación, se anotarán en mm, precisamente a la izquierda del símbolo básico.



La altura del relleno, se supondrá, a menos de que aparezca indicación expresa, igual al espesor de la placa perforada. Cuando la altura del relleno deba hacerse menor que la profundidad de la perforación, se colocará precisamente dentro del símbolo básico, la cifra que exprese en mm la altura del tapón.



El paso, o sea la distancia de centro a centro de dos tapones contiguos, se anotará, en mm, a la derecha del símbolo básico respectivo.



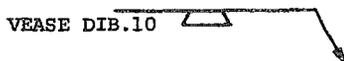
El ángulo que forma el contorno de la perforación sobre la superficie de las placas se anotará abajo, o en su caso arriba del símbolo básico como aparece en las ilustraciones que siguen:



El símbolo de tapón o relleno no se emplea para representar chaflanes corridos dentro de una perforación.

MUESCAS, HENDIDURAS O CUÑAS. Las muescas, hendiduras o cuñas, cubren el tipo de soldadura que se emplea para conectar dos placas superpuestas, practicando en una de ellas muescas -- alargadas que después se rellenarán con soldadura.

Para este tipo de conexión, se emplea el mismo símbolo básico utilizado para soldadura de tapón o de relleno, y también son aplicables las reglas relativas tanto a la localización de símbolos básicos y de dimensiones como a uso de símbolos complementarios, especificaciones de acabado característico de proceso, etc., y se adicionarán con las siguientes. Las dimensiones de la muesca no se anotarán junto al símbolo de soldaduras. A la izquierda de éste se pondrá solo una nota de referencia para localizar sobre el dibujo los detalles que muestran longitud, anchura, ángulos de los contornos, orientación, espaciamiento, localización, etc.



La altura del relleno dentro de la muesca se supondrá, a menos de que aparezca indicación expresa, igual al espesor de la placa que lleve la hendidura. Cuando la altura del relleno deba hacerse menor que la profundidad de la muesca, se colocará precisamente dentro del símbolo básico, la cifra que exprese en mm la altura correspondiente.



ANALISIS DE RESISTENCIAS Y ESFUERZOS DE LOS SOLDEOS

Esfuerzos permisibles de diseño. Los esfuerzos promedio permisibles para todo tipo de soldeo sujeto a carga estática y hecho con electrodos aprobados con resistencia a la tensión de ~~60 000~~ psi son:

1.- Esfuerzo cortante a través de la sección de la garganta de un soldeo de filete, o a través de la sección de un soldeo en ranura o de tapón = 13 600 psi.

2.- Esfuerzo cortante a través de una sección de la garganta de un soldeo a tope = 13 600 psi.

3.- Compresión a través de la sección de la garganta de un soldeo a tope = 20 000 psi, o igual al metal principal.

4.- Tensión a través de la garganta de un soldeo a tope = 16 000 psi.

Suposiciones para los esfuerzos de la soldadura.

Para obtener formulas prácticas de diseño, es necesario hacer las siguientes suposiciones básicas:

1.- La distribución de esfuerzos es uniforme en el corte longitudinal, en la flexión, y en el corte torsional.

2.- El área crítica, o área mínima transversal, se localiza en la garganta del soldeo.

3.- El momento de inercia a través del eje longitudinal del soldeo es despreciable.

4.- Los esfuerzos resultantes son la suma vectorial de los componentes de los esfuerzos a través de cualquier sección determinada.

5.- Los valores obtenidos por sustitución numérica, -- son nominales.

Resistencia del soldeo en filete. Generalmente, se -- considera que el soldeo en filete sufre un esfuerzo cortante en la garganta del soldeo, sin tomar en cuenta si la carga se aplica paralela o transversalmente al eje de soldeo, y el esfuerzo unitario se calcula dividiendo fuerza entre el area de la garganta de soldeo.

$$(\text{Garganta de soldeo} = \sqrt{2}/2 \times \text{tamaño del soldeo})$$

En la Fig.A-1 se ilustran dos tipos de filetes, con -- pies iguales en a, y desiguales en b, mostrando la sección de la garganta en cada caso.

La resistencia P de un típico soldeo en filete se considera igual al esfuerzo cortante longitudinal del filete, o

$$P = f_s \times L \times \sqrt{2}/2 \times h$$

dondo P = carga, lb

f_s = esfuerzo cortante unitario, psi

L = Longitud de soldeo, in

h = tamaño del soldeo, in

Ahora bien, si se sustituyen los esfuerzos unitarios -- permisibles en la ecuación y el valor de L y h se supone que es la unidad.

$$P = 13\ 600 \times 1 \times \sqrt{2}/2 \times 1 = 9\ 600 \text{ lb}$$

lo cual quiere decir que una pulgada de soldeo de filete de 1 in tiene una resistencia de 9 600 lb. Así, la resistencia de un soldeo en filete de la misma especificación de material se puede expresar como

$$P = 9\ 600 \text{ h por pulgada lineal.}$$

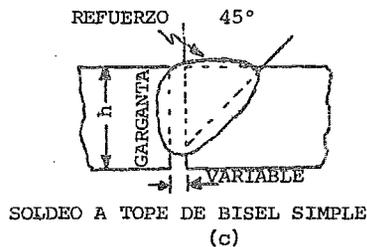
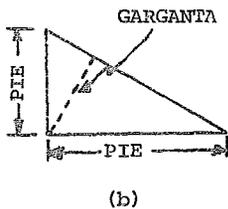
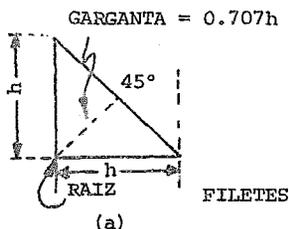


FIG. A-1 DOS TIPOS DE FILETES

Esta última relación es muy útil, pues así un diseñador puede recordar fácilmente que el esfuerzo cortante de 1/8 in de soldeo en filete de 1 in de largo es de 1 200 lb.

El soldeo en filete de pie desigual no es tan común como el filete de 45°. Para calcular su resistencia, se debe determinar las dimensiones de la garganta.

Resistencia de soldeos a tope. La resistencia de un soldeo a tope es de un modo parecido en base a las dimensiones de la garganta, como se ve en la Fig. A-1(c). La carga soportada entonces es el esfuerzo unitario de tensión o compresión aplicado al área transversal efectiva de la garganta.

Algunas veces se usa soldeo de tapón. Como su nombre lo dice, es un tapón de metal de soldeo, depositado en un hoyo perforado. La resistencia de este soldeo se puede calcular, aplicando el esfuerzo cortante en psi al área transversal del hoyo.

La Fig. A-2 es de gran ayuda para el cálculo de resistencias de los diversos tipos de soldeo mencionados antes,

Ejemplo: Encontrar la longitud de un soldeo de filete de 1 in capaz de soportar una carga de 80 000 lb (use la Fig. A-2).

Se dibuja una línea recta entre las líneas B y C, usando 80 000 lb y el punto de la flecha que señala el soldeo de filete, como indicadores. Esta línea recta intersectará la línea X. A través de este punto en X y el soldeo de filete de 1 in

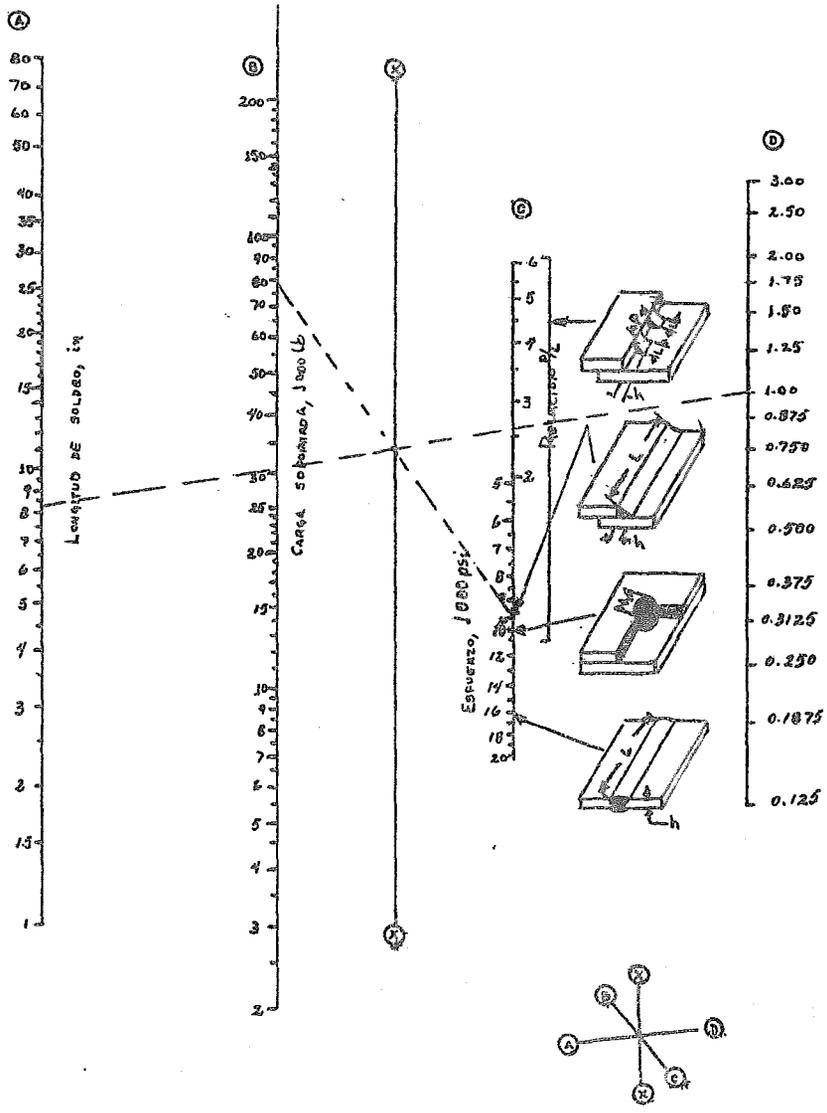


FIG. A-2 CARTA PARA EL CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LA UNION

in en D, se dibuja una segunda línea recta que cruza la línea A. El valor indicado en la línea A es la longitud del soldeo de filete que se necesita para soportar seguramente la carga en cuestión. Para este ejemplo, el valor $L = 8 \frac{1}{2}$ in.

Soldeos en corte paralelo. En estos casos la carga P es soportada de la misma manera por cuatro soldeos en filete de tamaño h y de largo L . Aunque es sabido que la distribución del corte en el filete no es uniforme, ya que el extremo del filete soporta más carga, el error será despreciable si consideramos una distribución uniforme.

Se ha demostrado antes que el corte permisible por in lineal = 9 600 h . Por lo tanto, si deseamos saber el tamaño del soldeo, tenemos:

$$P = 4 L (9\ 600\ h)$$

$$h = P / (9\ 600 \times 4L) \text{ in.}$$

si $P = 120\ 000$ lb y $L = 6$ in.

$$h = 0.521 \text{ in.}$$

Un filete de $9/16$ in será suficiente.

Otro caso de filetes resistiendo al corte se muestra en la Fig. A-3. La longitud de los filetes será repartido para prevenir flexiones en el ángulo. De este modo, se obtiene un diseño balanceado para los soldeos de filete. Los valores de L_1 y L_2 se pueden determinar:

$$(L_1 + L_2 = \sqrt{2}P / (hf_s))$$

donde P , f_s , y L se definen como antes.

Entonces, L_1 y L_2 se pueden calcular, tomando momentos en la superficie y en la base del centroide del ángulo, así:

$$L_1 = \frac{\sqrt{2}P}{hf_s} \cdot \frac{b}{a+b} \text{ in.}$$

$$L_2 = \frac{\sqrt{2}P}{hf_s} \cdot \frac{a}{a+b} \text{ in.}$$

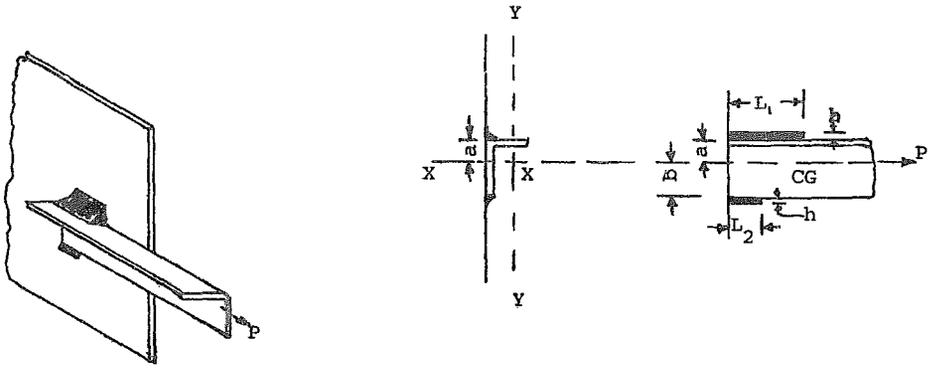


FIG. A-3 FILETES RESISTIENDO AL CORTE,

Soldeos sujetos a esfuerzos combinados.

Corte y flexión. La figura A4 muestra una viga empotrada, formada por una placa rectangular conectada a un soporte rígido por medio de soldeos en filete y soportando una carga P.

La conexión debe soportar una carga P en corte vertical y restituir un momento igual a Pe. Como antes, el esfuerzo cortante unitario

$$f_s = \sqrt{2} P / (2hL) \quad \text{psi} \quad (1)$$

Otra práctica común al diseñar, es calcular los esfuerzos de flexión por la teoría de vigas, o $f = Mc/I$, donde I es el momento de inercia, dado en pulgadas, c es la distancia al extremo de la placa, dada en pulgadas, y M el momento dado en libra pulgada.

$$I = \frac{\sqrt{2} h L^3}{12} \text{ in}^4 \quad c = \frac{L}{2}$$

$$f = \frac{Pe \times \frac{L}{2}}{\frac{\sqrt{2} h L^3}{12}} = \frac{3\sqrt{2} Pe}{h L^2}$$

Para determinar el esfuerzo máximo, se deben combinar las ecuaciones (1) y (2). Se podría usar el círculo de Mohr, o cualquier otro procedimiento analítico para hacer los cálculos necesarios. Sin embargo, una aproximación suficiente para el --

cálculo de los esfuerzos combinados, es no tomar en cuenta el -- plano de acción y combinar los componentes de los esfuerzos vectorialmente. Esta resultante está limitada al esfuerzo unitario permitido para el material

Indudablemente, este método puede ser de dudable solidez, debido a que no concuerda con los métodos más rigurosos empleados en el análisis de la resistencia de materiales; no obstante eso, tiene muchas ventajas. Además, los valores obtenidos en numerosas pruebas, tienden a darle solidez a la suposición.

Por lo tanto,

$$f_{MAX} = \sqrt{f^2 + f_s^2} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{2} P}{2hL}\right)^2 + \left(\frac{3\sqrt{2} Pe}{hL^2}\right)^2}$$

$$f_{MAX} = \frac{\sqrt{2} P}{2hL} \sqrt{1 + \left(\frac{6e}{L}\right)^2} \quad \text{psi}$$

Si el tamaño que se necesita para que un filete lleve una carga P se desconoce, si usamos un esfuerzo límite de (9 600h) o - - 13 600 psi, tenemos:

$$h = \frac{\sqrt{2} P}{2 f_{MAX} L} \sqrt{1 + \left(\frac{6e}{L}\right)^2} \quad \text{in}$$

Corte y torsión. Aparte del tipo de análisis de unión descrito antes, una conexión muy comunmente encontrada es en la cual se presentan, un corte longitudinal o transversal, y un corte torsional, Fig. A-5.

En este caso, la conexión soporta a la carga P por corte, y resiste un momento igual a Pe. Como antes:

$$f_s = \frac{\sqrt{2} P}{2 h L} \text{ psi}$$

El momento debe ser resistido por corte torsional, debido a que la carga y las fuerzas de resistencia estan en el mismo plano. El valor del esfuerzo de corte torsional se obtiene por la formula general de corte torsional.

$$f_s = \frac{M_t c}{J}$$

donde. M_t = torque, in-lb

c = distancia al extremo, in

J = momento polar de inercia, in.

Recordando, que en resistencia de materiales el valor del momento polar de inercia J iguala a la suma del momento de inercia alrededor de los dos ejes principales, y despreciando h en el cálculo, debido a que normalmente es un valor muy pequeño, tenemos

$$I_{x-x} = \left(\frac{2\sqrt{2}}{2}\right) h L \left(\frac{b}{2}\right)^2 = \left(\frac{\sqrt{2}}{1}\right) h L \frac{b^2}{4} \text{ in}^4$$

$$I_{y-y} = \left(\frac{2\sqrt{2}}{2}\right) \left(\frac{h L^3}{12}\right) = \left(\frac{\sqrt{2} h L^3}{12}\right) \text{ in}^4$$

$$J = I_{x-x} + I_{y-y} = \left(\frac{\sqrt{2}}{4}\right) h L b^2 + \frac{\sqrt{2} h L^3}{12} = \left(\frac{\sqrt{2} h L}{12}\right) (L^2 + 3b^2) \text{ in}^4$$

$$c = \sqrt{\left(\frac{L}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2} = \frac{1}{2} \sqrt{L^2 + b^2} \text{ in}$$

ENTONCES

$$f'_s = \frac{M_t c}{J} = \frac{P_e \times \frac{1}{2} \sqrt{L^2 + b^2}}{\left(\frac{\sqrt{2} h L}{12}\right) (L^2 + 3b^2)} \text{ psi}$$

$$f_{max} = \sqrt{f_s^2 + f'_s{}^2 + 2 f_s f'_s \cos \phi}$$

Donde:

$$\phi = \arctan \frac{b}{L}$$

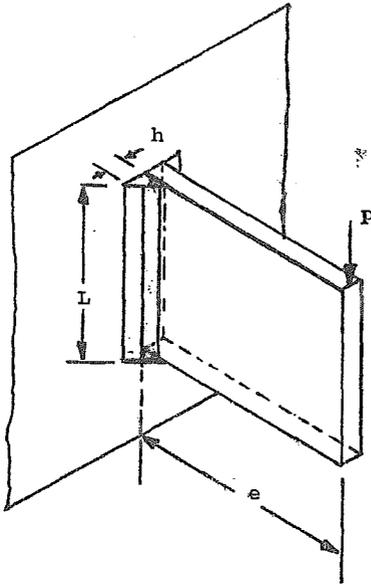
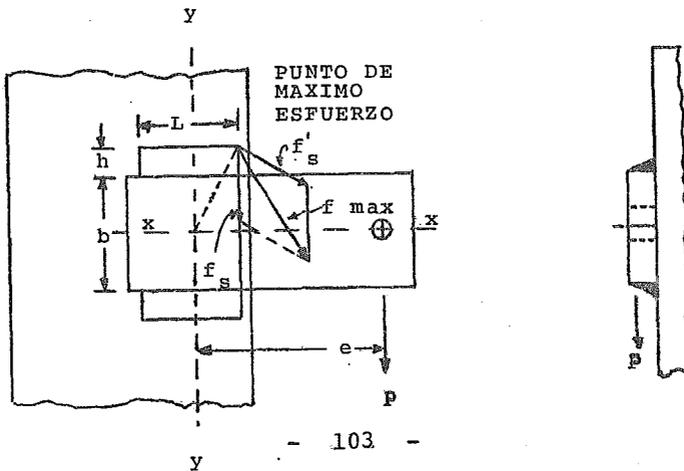


FIG. A-4 VIGA EMPOTRADA SOLDADA

FIG. A-5 UNION SOLDADA EXPERIMENTANDO CORTE LONGITUDINAL TRANSVERSAL Y TORSIONAL



A P L I C A C I O N E S

APLICACIONES DE LA SOLDADURA DE ARCO ELECTRICO

Las principales ventajas derivadas del uso de la soldadura de arco eléctrico son:

- 1.- Alta calidad de las uniones.
- 2.- Gran flexibilidad del proceso.
- 3.- Alta proporción de deposición.
- 4.- Bajo costo de operación.

Algunas de las aplicaciones de esta soldadura, merced a las anteriores ventajas, se encuentran en la construcción de - tanques, puentes, calderas, tuberías y estructuras para maquinaria, muebles y barcos.

A continuación se enumeran los diversos tipos de soldadura de arco y sus aplicaciones.

Soldadura de Arco Metálico Protegido.

Con este tipo de soldadura se pueden hacer trabajos en uniones para cualquier posición que pueda ser alcanzada por un - electrodo, gracias a la facilidad con que se pueden extender las terminales de las fuentes de energía en distancias relativamente grandes sin necesidad de mangueras para gas protector ó agua de enfriamiento. Este tipo de soldadura se puede aplicar tanto en interiores como en exteriores, como por ejemplo en tanques de al macenamiento, estructuras de barcos, puentes, también se puede - usar en la reparación y mantenimiento de maquinaria en fábricas y aún en lugares en donde no es posible aplicar otras soldaduras, todo esto debido a las ventajas mencionadas inicialmente.

Dentro de los metales soldables fácilmente con esta soldadura están los aceros al carbón, los aceros de baja aleación, los aceros inoxidable y las aleaciones resistentes al calor.

Dentro de los metales que pueden soldarse con este método pero que necesitan pre ó postcalentamiento está el hierro fundido, los aceros de alta resistencia y los aceros endurecidos.

Hay metales que no se adaptan a esta soldadura debido a sus bajos puntos de fusión y de ebullición, estos metales son los más suaves, tales como el zinc, plomo, y estaño.

Soldadura de Arco Tungsteno-Gas (TIG)

Este tipo de soldadura se puede operar manual o automáticamente, se puede emplear para hacer soldadura continua, intermitente ó por puntos. Se puede emplear en cualquier posición y se adapta perfectamente al soldeo de metal delgado.

Con este método se pueden soldar aceros al carbón, aleaciones de acero, aceros inoxidable, aleaciones resistentes al calor, metales refractarios, aleaciones de aluminio, aleaciones de berilio, aleaciones de cobre, aleaciones de magnesio, aleaciones de níquel, aleaciones de titanio y aleaciones de circonio.

Los metales que tiene bajo punto de fusión no se pueden soldar con este método. Mediante el uso de procedimientos especiales se pueden soldar metales con alto punto de fusión revestidos con plomo, estaño, zinc, cadmio ó aluminio.

Al soldar metales que están revestidos se presenta el fenómeno de la interaleación, lo cual origina una disminución de las propiedades mecánicas.

Este tipo de soldadura es muy recomendable para secciones que tengan espesores de 1/8 de pulgada o menores, para los cuales la velocidad de soldeo es alta.

Cuando el trabajo se va a efectuar sobre secciones de forma irregular que necesitan soldeos cortos, ó para el soldeo en zonas de difícil acceso, es preferible la operación manual, pudiéndose hacer esta en posición plana, horizontal, vertical ó elevada. La operación automática se aplica en superficies curvas o rectilíneas.

Soldadura de Arco Metal-Gas (MIG)

Con este proceso se pueden soldar fácilmente aceros al carbón, aceros de baja aleación, aceros inoxidables, aleaciones resistentes al calor, aluminio y aleaciones de aluminio de las series 3000, 5000 y 6000, cobre y aleaciones de cobre.

Dentro de los metales que pueden soldarse con este método pero que necesitan procedimientos especiales para ello, están los aceros de alta resistencia, las aleaciones de aluminio de las series 2000 y 7000, las aleaciones de cobre con altos porcentajes de zinc, hierro fundido, acero austenítico al manganeso, titanio y aleaciones de titanio, y los metales refractarios.

Según sea el tamaño del filete, será el espesor del metal base, para la mayoría de las aplicaciones, el mayor tamaño práctico es el filete de 1/4 de pulgada.

Soldadura de Arco Sumergido.

En este tipo de soldadura, hay tres categorías: los metales más apropiados, los menos apropiados y los inapropiados, tomando en consideración su facilidad de soldeo.

Dentro de los metales más apropiados para éste tipo de soldadura están los aceros no aleados de bajo carbón con 0.30% de carbón, 0.05% de fósforo, y 0.05% de azufre, también están --

los aceros inoxidables, los aceros al carbón indurecibles, los aceros alta resistencia de baja aleación endurecibles, y los aceros estructurables de alta resistencia endurecibles.

Algunos de los metales menos apropiados son los aceros estructurales de alta resistencia de bajo carbón, aceros de alto carbón, y aleaciones de cobre.

Por último, dentro de los metales no apropiados, tenemos al hierro fundido, el acero austenítico al manganeso, acero de alto carbón para herramientas, aleaciones de aluminio, aleaciones de magnesio, plomo, zinc y titanio.

APLICACIONES DE LA SOLDADURA POR RESISTENCIA ELECTRICA

Con este método se pueden soldar prácticamente todos los metales, aunque hay unos cuantos que presentan dificultad para ser soldados con este método, estos metales son el estaño, el zinc, y el plomo. A continuación se presentan algunas aplicaciones para los diferentes tipos en que se subdivide este método.

Resalte.

Con este tipo de soldadura durante los procesos de fabricación se reducen una ó varias operaciones. La soldadura por resalte es de gran utilidad al unir partes fabricadas por estampado ó troquelado. Debido a que hay metales que no tienen la suficiente resistencia para soportar el aplastamiento al hacer los resaltes, son pocos los metales que se pueden soldar por resalte. Los metales que se pueden soldar fácilmente por resalte son los metales ferrosos en su mayoría. Los materiales inadecuados para soldeo por resalte son el cobre y cierto tipo de latones. El soldeo por resalte sólo se aplica al aluminio en grado mínimo.

Costura.

Este tipo de soldeo está restringido para los procesos de fabricación con láminas metálicas, debido al alto costo del equipo y a las dificultades en el suministro de energía eléctrica para unidades de gran tamaño.

Chisporroteo.

Se usa para soldar piezas iguales, que tengan la misma area transversal. Entre las aplicaciones más comunes está la soldadura de los extremos de tiras, barras y anillos. Se pueden soldar la mayoría de los metales comerciales. Algunas excepciones notables son: plomo, zinc, antimonio, bismuto y aleaciones en las cuales estos elementos sean los principales ingredientes. El fierro vaciado se puede soldar por chisporroteo, pero tiene tendencia a formar martensita, que es muy frágil.

Percusión.

Los usos de la soldadura por percusión se restringen a soldar dos piezas separadas electricamente y a secciones que no tengan un área mayor de 1/2 pulgada cuadrada. Los ejemplos más comunes de piezas soldadas por percusión son: alambres, tubos y barras.

Por Puntos.

El tipo de soldadura de resistencia eléctrica por puntos es el más usado dentro de este método. Dentro de los metales soldados fácilmente están los aceros al carbón, aleaciones de níquel y acero inoxidable. La soldadura por puntos generalmente se aplica en láminas delgadas; pero también es posible ejecutarla en láminas hasta de 1 pulgada de espesor.

APLICACIONES DE LA SOLDADURA A GAS

Se emplea para unir láminas delgadas de metal, tubos de pared delgada, tubos pequeños, ensambles con poco ajuste, y para pulido ó reparación de soldeos de arco. Este método se emplea en la industria automotriz y en la industria aeronáutica, en plantas fabricantes de láminas metálicas y en la fabricación de tubería industrial, además de su uso para trabajos de mantenimiento.

Con este método se pueden soldar la mayoría de los metales ferrosos, aceros al carbón, hierro fundido y otras aleaciones de hierro, aleaciones de cobre y aleaciones de níquel.

Los metales no apropiados para este método son los refractarios (columbio, tántalo, molibdeno y tungsteno) y los metales reactivos tales como titanio y zincornio.

Cuando se sueldan otros metales que no sean aceros, se usa fundente, que se aplica al material de aporte ó en la superficie de la junta del metal base, lo que facilita la limpieza del mismo, retardando la oxidación y ayudando a la fusión.

APLICACIONES DE LA SOLDADURA DE HAZ ELECTRONICO

Este método se emplea en cualquier metal que pueda soldarse. Con este método se pueden soldar metales endurecibles, partes acabadas de acuerdo con las dimensiones del ensamble final, soldeo en zonas cercanas a elementos sensibles al calor, -- soldeo de metales refractarios y metales reactivos, y soldeo de metales diferentes.

Una de las limitaciones de este proceso incluye el alto costo del equipo, la necesidad de que las partes sean soldadas al vacío, y algunas restricciones tales como el tamaño de la pieza a soldar. Por el otro lado, su costo de operación es bajo, la preparación de la junta es simple, no hay contaminación del metal de soldeo, el soldeo es rápido, y como se mencionó antes, el proceso se puede usar para soldar materiales nucleares y refractarios, los cuales no se pueden soldar por otros métodos.

E L A C E R O

El hierro puro se usa muy poco en la industria, por lo cual es aleado con una pequeña proporción de carbono ó de otros elementos, recibiendo dicha aleación el nombre de acero. Además de los elementos aleantes siempre hay pequeñas proporciones de azufre y fósforo que provienen del metal del cual se extrajo el hierro, siendo consideradas estas como impurezas indeseables. Hay otros elementos aleantes presentes que no se consideran impurezas, por no ser perniciosos, estos son el manganeso y el silicio. Existen aceros indicados para cada aplicación: aceros duros y blandos, aceros soldables y térmicamente tratables, aceros forjados y moldeables, aceros ferromagnéticos y permagnéticos, aceros resistentes a altas y bajas temperaturas, a la corrosión y al desgaste. Un acero al carbono contiene algo de carbono y porcentajes menores de azufre, fósforo, silicio y manganeso. Un acero de baja aleación contiene además porcentajes de otro metal ó metales tales como el níquel. Un acero de alta aleación contiene proporciones superiores al 10% de elementos aleantes. El intervalo de variación del contenido de carbono para los aceros de alta y de baja aleación comprende desde 0.03% hasta 2.0% de carbono.

Los aceros que tienen más de 2% de carbono se denominan fundiciones, siendo estas la fundición gris, la fundición blanca, la fundición maleable y la fundición dúctil. Generalmente las fundiciones tienen 3% ó más de carbono y silicio en más de 1%, y son materiales para moldeo, no para forja.

Las fuentes más comunes para la obtención del hierro son:

- 1.- Magnetita, Fe_3O_4 , de color negro; contiene alrededor de un 65% de hierro.
- 2.- Hematita, Fe_2O_3 , de color rojo, contiene aproximadamente un 50% de hierro.
- 3.- Taconita, de color verde, contiene posiblemente un 30% de hierro y silicatos.

La transformación del mineral en acero se efectúa en - dos etapas:

- 1.- El mineral se transforma en arrabio en horno alto.
- 2.- El arrabio se transforma en acero en un horno refi
nador ó convertidor.

El arrabio es una fundición de hierro con muchas impu- rezas y de baja calidad, contiene alrededor de 4.5% de carbono. Este arrabio se manda a los hornos convertidores para obtener fi
nalmente el acero.

Los aceros en los que el único elemento aleante es el carbono reciben el nombre de aceros al carbono. De acuerdo con la proporción de carbono, los aceros se clasifican de la siguien
te manera:

- 1.- Aceros de Bajo Carbono ó Suaves. 0.08% a 0.30% de carbono.
- 2.- Aceros de Medio Carbono. 0.35 a 0.55% de carbono.
- 3.- Aceros de Alto Carbono. 0.60 a 1.50% de carbono.
- 4.- Fundición de Acero. Más de 2% de carbono.

Los aceros de bajo carbono se utilizan en la fabrica - ción de puentes, depósitos de líquidos, tuberías, carrocerías de automóviles y chapa fina. Los aceros de medio carbono se em ---
plean en la construcción de elementos tales como dientes ó puas de rastrillos y aperos agrícolas, etc. Los aceros de alto carbo
no se usan para la fabricación de cuchillos, muelles, limas, - -
cuerdas de piano, armaduras para hormigón, martillos y ejes.

Al aumentar la proporción de carbono en el acero:

- 1.- Disminuye la temperatura de fusión del acero.
- 2.- El acero se hace más duro.
- 3.- Se obtienen mejores características mecánicas.
- 4.- El acero se hace más frágil.
- 5.- Aumenta la resistencia al desgaste.

- 6.- Disminuye la soldabilidad del acero, debido a que aumenta la tendencia al agrietamiento.
- 7.- Es más difícil de maquinar.
- 8.- Se pueden mejorar sus propiedades mecánicas mediante tratamiento térmico.

Hay que recordar lo siguiente:

- 1.- Los aceros que se sueldan con más facilidad tienen un porcentaje de carbono inferior al 0.30%.
- 2.- Para que un acero se pueda tratar térmicamente debe tener más de un 0.30% de carbono.

O T R O S E L E M E N T O S A L E A N T E S

El níquel y el manganeso, además de actuar como estabilizadores de la austenita aumentan la resistencia a la rotura. El níquel, lo mismo que el aluminio, producen una afinación del grano. El manganeso reduce la proporción de azúfre existente en el acero, al formar sulfuro de manganeso, MnS. El manganeso ayuda en el proceso de laminación.

Existen otros tantos elementos formadores de carburos, que contribuyen a aumentar la resistencia al desgaste de los aceros, así como sus características mecánicas. Dentro de estos están: el tungsteno, cromo, molibdeno, y vanadio. Los carburos de cromo y tungsteno se incluyen en la composición de electrodos para recubrimiento duro de piezas con desgaste. El cromo contribuye a aumentar la resistencia a la corrosión, por lo cual es el principal aleante de los aceros inoxidable.

L A F U N D I C I O N

El tipo más común de fundición es la fundición gris, - acero que contiene carbono entre 3 y 3.5% y más de 1% de silicio. Estas cantidades de carbono son grandes, por lo tanto no todo es absorbido por el hierro en forma de carburos, sino que una parte se separa en forma de escamas de grafito, que se distribuyen en toda la fundición. El grafito es un lubricante sólido, por lo cual es difícil conseguir que el metal fundido se adhiera a las escamas de grafito.

La fundición gris es poco dúctil, puede soportar cargas compresivas elevadas. Tiene baja resistencia a la rotura. Las escamas de grafito aumentan la resistencia a la corrosión, a las altas temperaturas y la resistencia a las vibraciones.

La fundición blanca es el tipo más duro de fundición. No se puede soldar.

DISOLUCION DE LA SOLDADURA

La disolución tiene una marcada influencia sobre el en durecimiento superficial. El primer depósito que hagamos con un electrodo rico en manganeso y carbono verá diluída su composición por disolución con el metal base.

Por lo tanto, es necesario depositar dos ó tres capas si queremos que la superficie quede con la composición necesaria. Estos efectos de disolución no se presentan cuando no hay metal de aportación.

ACEROS DE BAJA ALEACION

Son aquellos en los cuales la proporción de elementos aleantes es inferior al 5%. Normalmente se utilizan para aplicaciones donde sea necesaria gran tenacidad ó gran resistencia mecánica, ó a veces resistencia a la corrosión ó al calor.

Dentro de este grupo de aceros están los aceros estructurales, los aceros al cromo molibdeno, etc.

ACEROS MUY ALEADOS

Dentro de este grupo de aceros tenemos los aceros para herramientas y los aceros inoxidables.

ACEROS INOXIDABLES

Se denominan por tres números, siendo más significativo el primero.

Los de la serie 400 contienen un mínimo de 12% de cromo, y un máximo de 0.15% de Carbono. Los aceros inoxidables de la serie 400 son de red cúbica centrada. Además contienen 1% de Mn. y .1% de Si estos aceros son ferromagnéticos.

Los aceros inoxidable serie 400 más usados y sus composiciones son:

410	12% Cr	y	0.15% C	(Martensíticos)
430	18% Cr	y	0.12% C	(Ferríticos)

Los aceros de la serie 400 son aceros al cromo. Los de la serie 300, en cambio, son aceros de bajo carbono al cromo níquel.

Se pueden resumir las características de los aceros de la serie 300 como sigue:

- 1.- Son paramagnéticos.
- 2.- Son austeníticos, la estructura es obligada por la estructura del níquel.
- 3.- No se pueden endurecer por tratamientos térmicos.
- 4.- Tienen un coeficiente de dilatación triple que los aceros al carbono ó los aceros de la serie 400.
- 5.- Sufren endurecimiento por deformación en frío.

Los aceros inoxidable más usados de la serie 300 y sus composiciones son:

302	18% Cr,	8 a 10% Ni,	y	0.15% C
304	19% Cr,	8 a 12% Ni	y	0.08% C

En los aceros de la serie 300 y 400 debe hacer por lo menos un proporción mínima de 12% en Cr para no perder su resistencia a la corrosión, que se debe a la formación de una capa delgada de óxido de cromo en su superficie.

Para temperaturas comprendidas entre los 430 y los 870°C el carbono que hay en el acero austenítico inoxidable se combina con el cromo formando carburo de cromo. Este carburo de cromo se deposita en los bordes del grano de acero, recibiendo

la denominación de precipitación de carburo. Debido a esto hay empobrecimiento de cromo en las proximidades de los bordes del grano, lo que disminuye el carácter anticorrosivo.

Para evitar lo anterior se producen aceros con tan poco carbono, de tal manera que el problema sea mínimo, tales aceros se denominan aceros L ó ELC (extra low carbon). En estos -- aceros la proporción de carbón no es mayor de 0.03% y al soldarse queda reducida a una tercera parte.

Otra solución es añadir al acero inoxidable una cierta proporción de un metal con mayor afinidad con el carbono que la del cromo. Estos aceros se denominan aceros auténticos estabilizados.

En los aceros inoxidables 201 y 202, el contenido del níquel está entre 3.5 y 6% siendo compensado por un 5 a 10% de -- de manganeso. El contenido de cromo es el mismo que el correspondiente a un acero inoxidable del tipo 300, añadiéndose nitrógeno hasta un máximo de 0.25%. El nitrógeno y el manganeso favorecen la formación de la estructura austenítica.

Los aceros inoxidables de los tipos 50. y 502 son bajos en cromo, y se usan preferentemente en la industria del petróleo, donde la resistencia a la corrosión no necesariamente -- tiene que ser grande. Tienen de 4 a 6% de cromo y no son realmente aceros inoxidables.

TRATAMIENTOS TERMICOS DEL ACERO

Al someter a un material al tratamiento térmico se le cambian sus propiedades físicas variando la temperatura.

Las propiedades más afectadas son: la dureza, la ductibilidad, la fragilidad, el límite elástico, la carga de rotura, la resistencia al desgaste y la resistencia a la corrosión.

Los tratamientos térmicos empleados reciben los nombres de: endurecimiento, recocido, normalizado, revenido, relevado de esfuerzos, globulización, tratamientos especiales y templeado sin formación de martensita (austempering).

ENDURECIMIENTO DE ACEROS AL CARBON

En el diagrama de fases para el acero al carbono, la fase C.C. recibe el nombre de ferrita. Esta se encuentra en los aceros al carbono, los aceros aleados y en las fundiciones. Normalmente se le considera como hierro puro, pero a temperatura ambiente puede contener disuelto 0.008% de carbono. Los átomos de C. (0.77A) son lo suficientemente pequeños para ajustarse perfectamente entre los átomos de hierro de la red cristalina C.C.

Para que se pueda tratar térmicamente un acero, éste debe poseer una cantidad suficiente de carburos. Además, debe tener una transformación de la fase austenítica a altas temperaturas a otras fases a más bajas temperaturas.

De acuerdo con lo antes mencionado, el hierro puro no puede ser tratado térmicamente. De igual manera los aceros al carbón con menos de 0.3% de carbono no se pueden tratar térmicamente, dentro de estos están los aceros inoxidables de la serie 300 con una proporción de carbono inferior al 0.15%.

La cementita, Fe_3C , al igual que otros carburos, es dura, resistente y frágil, es el constituyente más duro de los aceros al carbono. A temperatura ambiente, todo acero al carbono - está constituido por una mezcla de ferrita y cementita. Para endurecer un acero al carbono, se le calienta primero hasta que sobrepase su temperatura crítica y tome una estructura austenítica. Se mantiene a esta temperatura lo suficiente para que se disuelva la cementita y otros carburos en la austenita. Se enfría rápidamente, templando el acero caliente en agua ó aceite. Debido a la rapidez del enfriamiento no hay tiempo a que se separe en ferrita y cementita. Se obtiene una solución supersaturada de carbono intersticial con red tetragonal centrada a temperatura ambiente, -- llamada martensita.

La martensita es dura, frágil y no ductil, por lo que - siempre existe el peligro de que se quiebre debido a las tensio - nes internas.

REVENIDO

Este método se aplica al acero martensítico para evi - tar el agrietamiento. El revenido se hace calentando hasta alcan - zar una temperatura ligeramente inferior a la temperatura de -- transformación, en el intervalo de los 150 a 650°C. En el temple se tiene la máxima dureza posible. Con el revenido se pierde la dureza, pero se gana tenacidad. En este método no interesa la velocidad de enfriamiento. Este método sirve como relevado de es - fuerzos residuales, pero no se debe de confundir con el relevado de esfuerzos que se aplica principalmente a las soldaduras.

RECOCIDO

Este es un proceso que se emplea para quitarle dureza al acero. Se calienta el acero hasta rebasar su temperatura crítica, entrando por consecuencia, en la fase austenítica, y se enfría lentamente. Este enfriamiento se lleva a cabo dejando en - friar el acero en un horno de recocado que enfría lentamente.

La velocidad de enfriamiento es fundamental para que un acero -- aumente ó disminuya su dureza, ya sea rápido ó lento el enfriamiento se inicia desde temperaturas superiores a la crítica.

Siendo el revenido y el recocado tratamientos térmicos reblandecedores, se diferencian en que en el revenido no hay cambio apreciable de la estructura. En el revenido no se disminuye la dureza, sino la fragilidad.

El enfriamiento lento en el recocado permite que los carburos existentes en la austenita se transformen en una estructura llamada perlita. El contenido de carbono en la perlita es de 0.8%. Para este contenido de carbono la temperatura de transformación es mínima. Los aceros que tienen 0.8% de carbono se denominan eutecticos.

NORMALIZADO

Es un método semejante al recocado. Se calienta el acero hasta unos 50°C por encima de la temperatura crítica y se le deja enfriar en el aire. Este tratamiento se emplea para dar al acero mayor dureza y resistencia, y para afinar el grano. Mientras más rápido es el enfriamiento menor es el tamaño de grano.

CARBURACION

Este proceso de endurecimiento superficial, consiste en calentar hierro ó acero al rojo vivo, en contacto con algún material carbonoso que puede ser sólido, líquido ó gas. A estas temperaturas cercanas a su temperatura crítica, el hierro tiene afinidad por el carbón. El carbón entra al metal para formar una solución sólida con el hierro y convierte a la superficie exterior en un acero de alto carbono. Este endurecimiento superficial le da a la pieza gran resistencia al desgaste, manteniendo blando su núcleo.

Cuando se quiere someter a los aceros aleados a un tratamiento térmico se topa uno con dificultades debido a los aleantes contenidos en estos aceros.

Los aleantes que se agregan al acero son de dos tipos: los endurecedores de la fase ferrítica y los formadores de carburos.

Resumiendo, se puede decir que el tratamiento térmico de un acero consiste en variar la forma de los carburos precipitados ó en una transformación de fases. Los aceros en los que - no puede haber transformación de fases, tales como los aceros --inoxidables ferríticos y austeníticos, no son sensibles, en general a los tratamientos térmicos.

RELEVADO DE ESFUERZOS

Es bien sabido que el proceso de soldadura es una de - las principales fuentes de esfuerzos residuales en las estructu - ras soldadas. Algunas veces, estos esfuerzos pueden elevarse a esfuerzos tan altos como la resistencia total del material, y - cuando se combinan con los esfuerzos de la carga externa, es muy probable que los valores resultantes pasen los de los esfuerzos de diseño. Así mismo, se sabe que estos esfuerzos causan distor - sión a la estructura, principalmente si tiene que ser maquinada. El quitar estos esfuerzos de una superficie metálica, puede cau - sar una redistribución de estos esfuerzos inducidos. En conse - cuencia, algunas partes quedan fuera de forma, haciendo imposi - ble obtener una alineación deseada.

Es evidente la necesidad de eliminar estas condiciones preesforzadas en las estructuras soldadas, principalmente cuando el soldeo está sujeto a cargas dinámicas.

Hay muchas maneras para reducir al mínimo los esfuerzos residuales: (1) el alargamiento de las fibras externas del soldeo resultantes de choques mecánicos; (2) usar la técnica apropiada de soldeo, que depende totalmente del soldador; y (3) el método más común y efectivo tratamiento térmico. El tratamiento térmico se describe en seguida:

El tratamiento térmico de relevado de esfuerzo más conveniente para una estructura soldada es: el calentamiento uniforme a 1 100°F - 1 200°F, manteniendola en esa temperatura 2 horas por pulgada de espesor, y enfriando lentamente en el horno a 250°F. Después del tratamiento, se saca la estructura y se enfría a temperatura ambiente. En el código ASME, la especificación para el relevado de esfuerzo térmico establece que, el soldeo se calienta lentamente a 1 100°- 1 200°F, se mantiene a esa temperatura al menos una hora por pulgada de espesor, entonces se enfría en el horno hasta 600°F, después de lo cual, se puede enfriar al aire.

Solamente una aleación de importancia industrial puede tratarse térmicamente de un modo similar a los aceros: el bronce de aluminio con una composición aproximada de 90% de Cu y 10% de Al. Enfriandola en un horno toma una estructura de recocido semejante a la perlita y adquiere mediante templado una estructura martensítica que le dota de gran resistencia y dureza.

La mayoría de los metales no ferrosos no son tratables térmicamente. Hay metales que se tratan mediante métodos diferentes a los empleados con el acero, con excepción de los bronce de aluminio. De entre estas aleaciones no ferrosas susceptibles de tratamiento térmico las más importantes son:

Berilio Cobre (2% de berilio)

Aluminio 4% Cobre;

Aluminio Zinc;

Magnesio 6% Aluminio;

Magnesio Zinc;

Aleaciones de Titanio

El método para endurecer estas aleaciones recibe el -- nombre de Bonificación. Este endurecimiento se lleva a cabo en dos etapas: Primero un tratamiento térmico de solubilización, y después un envejecimiento artificial ó precipitación final, llamada maduración. Al igual que muchos metales, estas aleaciones se pueden ablandar mediante un recocido.

BIBLIOGRAFIA

METALS HANDBOOK
AMERICAN SOCIETY FOR METALS
8^a EDICION. 1961

MANUFACTURING PROCESSES
BEGEMAN/AMSTEAD
JOHN WILEY E HIJOS. NEW YORK
5^a EDICION. 1963

CIENCIA Y TECNICA DE LA SOLDADURA
W.J. PATTON
URMO S.A. DE EDICIONES. ESPAÑA
1975

THE WELDING JOURNAL
SEPTIEMBRE 1977. EEUU.

SOLDADURA Y METALURGIA
EDITORIAL CONTINENTAL. MEXICO

SOLDADURA ELECTRICA. TECNOLOGIA
NIESE Y DIENST.
UNION TIPOGRAFICA EDITORIAL HISPANO AMERICANA
UTHEA. MEXICO.