



5
24

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ARAGON"

SOLDADURA AL ARCO EN
ESTRUCTURAS METALICAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

GERARDO AZUARA SANCHEZ



ENEP
ARAGON

TRABAJO CON
FALLA DE ORIGEN

Escuela Nacional de Estudios Profesionales

Aragón

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO

1992



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 está 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.

INDICE

| | | |
|---------------------|--|----|
| Capítulo I | Introducción..... | 1 |
| Capítulo II | Generalidades..... | 5 |
| | Módulo de elasticidad..... | 6 |
| | Relación de poisson..... | 6 |
| | Módulo de elasticidad al cortante..... | 8 |
| | La soldadura como elemento de construcción..... | 9 |
| | El acero como material estructural..... | 9 |
| | Propiedades físico-químicas..... | 10 |
| | Propiedades mecánicas de los metales..... | 11 |
| | Coeficiente de dilatación térmica..... | 13 |
| | Control de calidad..... | 14 |
| | Ensayos no destructivos..... | 14 |
| | Ensayos destructivos..... | 18 |
| | Control de calidad del acero..... | 21 |
| | Metalurgia de los aceros..... | 22 |
| Capítulo III | Métodos de soldaduras y sus equipos..... | 44 |
| | Soldadura a la fragua..... | 45 |
| | Soldadura de termite..... | 46 |
| | Soldadura de resistencia..... | 47 |
| | Soldadura de oxiacetileno..... | 48 |
| | Soldadura con arco de hidrógeno atómico..... | 50 |
| | Soldadura al arco eléctrico..... | 51 |
| | Equipo y accesorios para la soldadura..... | 56 |
| | Suministro de corriente para la soldadura al arco..... | 60 |
| | Polaridades..... | 68 |
| | Selección de los electrodos..... | 71 |
| | Identificación y clasificación de electrodos..... | 73 |
| Capítulo IV | Técnica de la soldadura..... | 78 |
| | El arco eléctrico para soldar..... | 79 |
| | Longitud de arco..... | 79 |

| | | |
|--------------------|---|------------|
| | Corriente apropiada..... | 80 |
| | Desviación del arco..... | 81 |
| | Velocidad de avance..... | 82 |
| | Simbología..... | 83 |
| | Solución del tipo de junta y soldadura..... | 84 |
| | Tipo de juntas..... | 84 |
| | Juntas a tope en varillas..... | 90 |
| | Expansión, contracción y esfuerzo..... | 96 |
| Capítulo V | Diversos procedimientos y su rapidez..... | 103 |
| | Observaciones generales..... | 104 |
| | Selección de electrodos..... | 105 |
| | Tipo de cordones..... | 105 |
| | Procedimientos con los electrodos del tipo A..... | 108 |
| | Procedimientos con los electrodos del tipo B..... | 111 |
| | Procedimientos con los electrodos del tipo C..... | 112 |
| | Soldaduras a tope en planchas gruesas posición plana.. | 113 |
| | Soldaduras a tope en V, en juntas en T de planchas gruesas..... | 114 |
| | Soldaduras a tope verticales..... | 114 |
| | Soldaduras a tope, posición sobre-cabeza..... | 115 |
| | Soldaduras horizontales..... | 116 |
| | Soldaduras en ángulo en posición plana..... | 117 |
| | Soldaduras de solapa..... | 118 |
| | Soldaduras de canto en posición plana..... | 118 |
| | Soldaduras de tapón o de cuña..... | 119 |
| Capítulo VI | Aplicaciones típicas de la soldadura..... | 124 |
| | Aplicaciones típicas de la soldadura al arco eléctrico | 125 |
| | Puentes..... | 126 |
| | Edificios..... | 127 |
| | Obras..... | 132 |
| | Obras de acabados y protección..... | 133 |

| | | |
|----------------------|---|------------|
| | Instalaciones eléctricas..... | 134 |
| | Equipo para movimiento de tierras..... | 136 |
| Capítulo VII | Aplicaciones a un caso real..... | 138 |
| | Geometría de la soldadura..... | 139 |
| | Normas del Reglamento del Departamento del Distrito Federal..... | 142 |
| | Resistencias de diseño de soldaduras..... | 142 |
| | Tamaño mínimo de soldaduras de penetración..... | 143 |
| | Soldaduras de filete..... | 143 |
| | Tamaños máximos..... | 144 |
| | Longitud máxima..... | 144 |
| | Separación entre elementos de unión..... | 146 |
| | Juntas traslapadas..... | 147 |
| | Remates..... | 147 |
| | Soldaduras de tapón o de ranura..... | 148 |
| | Orientación de las soldaduras..... | 149 |
| | Ejemplos de aplicación..... | 150 |
| Capítulo VIII | Comparativa de costos..... | 173 |
| Capítulo IX | Conclusiones..... | 178 |
| | Apéndice A tablas de conversión de unidades..... | 182 |
| | Apéndice B tabla de coeficientes térmicos..... | 190 |
| | Apéndice C corrosión..... | 193 |
| | Apéndice D vocabulario..... | 209 |
| | Bibliografía..... | 235 |

CAPITULO I

INTRODUCCION

Introducción.

El propósito de esta tesis, es muy pretencioso, ya que es el de brindar herramientas a los Ingenieros ó futuros Ingenieros acerca de la soldadura al arco eléctrico, aplicada a estructuras metálicas del tipo civil.

El presente trabajo tiene plasmado de manera clara y concisa los temas que se tratan; ideal para cualquier Ingeniero que se interese sobre la construcción, la supervisión, el diseño, control de calidad, y todo lo que se relacione a la soldadura al arco eléctrico.

Esta tesis es en respuesta a que en México es difícil encontrar información completa acerca del tema; ya que la única información de la que se dispone es la de algunos manuales de las Cfas, fabricantes de electrodos, los cuales son enfocados a la construcción; además de los manuales, se encuentran libros de texto, donde se encaminan al punto de vista de la resistencia de las soldaduras (diseño).

Esto es, no se encuentra la información junta; es por lo que hace a esta tesis muy interesante y digna de ser leída por cualquier persona que se interese por el tema.

El presente trabajo consta de nueve capítulos, de los cuales el primero es una introducción del mismo trabajo, el segundo capítulo es el de las generalidades; en este capítulo se dan las definiciones de soldadura y soldar, propiedades físicas y químicas del acero, propiedades mecánicas de los metales, conceptos de esfuerzo-deformación, coeficiente de dilatación térmica, control de calidad y nociones de metalurgia del acero, en el tercer capítulo se tratan, los métodos de soldadura y sus equipos, haciendo una breve descripción de los métodos de soldadura, excepto de la soldadura al arco eléctrico, en donde se profundiza en cada inciso que se trate, como son equipos eléctricos y tipos de corrientes utilizadas, tipos de arcos que se dan, características de equipos de protección y por último se tratan los electrodos desde su elección; su clasificación y las características propias de cada electrodo.

En el cuarto capítulo técnica de la soldadura al arco eléctrico; se tratan aspectos prácticos de la realización de la soldadura al arco, los tipos de juntas y soldaduras que existen; y la identificación gráfica de los mismos, también se detallan las juntas en varillas corrugadas, los tipos de juntas y soldaduras a emplear, en dichas varillas; aunado a esto se describen los efectos de expansión, contracción y esfuerzo, que se presentan en la realización de la soldadura al arco.

En el quinto capítulo diversos procedimientos y su rapidez. Se hace un pequeño preámbulo de la comparativa económica en la realización de soldaduras. Paso seguido se describen los tipos de cordones que existen, y lo más importante es que se dan gráficamente las indicaciones para hacer correctamente las uniones a base de soldadura al arco; se describen diversos tamaños de placas, los biselados que se le deben hacer a cada espesor y la manera de ir depositando los cordones de la soldadura; y un número recomendado de cordones para cada junta dependiendo del espesor de las piezas a unir.

En el sexto capítulo aplicaciones típicas de la soldadura, se muestra un panorama muy general de las aplicaciones de la soldadura mediante material fotográfico.

En el séptimo capítulo aplicación a un caso real, interpretaciones del Reglamento del Distrito Federal, mediante figuras esquemáticas, se dan ejemplos de aplicación y se propone un ejemplo para análisis y diseño en acero y en concreto, para posteriormente hacer una comparativa de costos.

Capítulo ocho comparativa de costos se hacen las comparativas del ejemplo propuesto en el capítulo anterior en base a las soluciones estructurales que se dieron, las cuales fueron en acero y en concreto; cabe mencionar que se hizo la comparativa con concreto reforzado ya que es la solución de material más socorrida por los Ingenieros en México.

Capítulo nueve conclusiones se hacen las observaciones sobre los objetivos y alcances que se pretenden en este trabajo.

Esta tesis se complementa con anexos y de cuatro apéndices.

El apéndice A es de tablas de conversión de medidas del Sistema Internacional S. I. y del Sistema Inglés al Sistema Métrico Decimal.

En el apéndice B, se dan valores de coeficientes de dilatación térmica.

En el apéndice C, se presenta un estudio completo de corrosión en metales, y en el apéndice D, se presenta un vocabulario de los términos más comunes usados en esta tesis.

CAPITULO II

GENERALIDADES

En la figura anterior podemos apreciar las zonas que atraviesa un acero cuando se sujeta a la prueba de tracción.

Zona de elasticidad (OA).- La cual se caracteriza por seguir la ley de Hooke; que dice: las deformaciones unitarias son proporcionales a las fuerzas que las producen y al cese de dichas fuerzas, el elemento recupera su estado original.

Zona de fluencia general (AB).- Aquí tiene lugar un aumento considerable de la longitud de la probeta, sin el aumento apreciable de la carga.

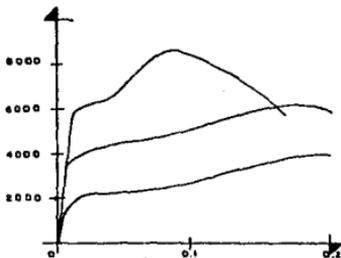
Zona de endurecimiento (BC).- En esta zona el alargamiento de la probeta va acompañado del correspondiente aumento de la carga, pero de manera lenta que en el tramo elástico.

Zona de fluencia local (CD).- Aquí el alargamiento de la probeta transcurre simultáneamente a la disminución de la fuerza.

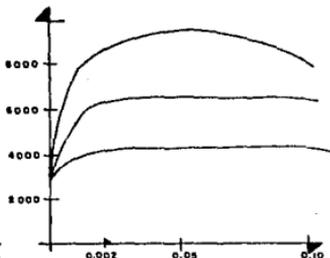
Zona de ruptura (D).- Es donde se da la ruptura de la probeta.

Los aceros que están laminados en caliente tienen muy bien definido su límite de fluencia (punto donde el elemento sujeto a tensión, alcanza su máxima deformación antes de su ruptura); mientras los que están laminados en frío no. Ver la sig. figura.

ACEROS LAMINADOS EN CALIENTE



ACEROS LAMINADOS EN FRIO



El valor que propone el reglamento para el módulo de elasticidad del acero es de 2'040,000 Kg/cm².

Este valor es tomado ya que el módulo de elasticidad es relativamente independiente del límite de fluencia.

Una consecuencia directa de la suposición del comportamiento lineal es la validez del principio de superposición de causas y efectos.

Relación de Poisson.

Es la relación que hay entre las deformaciones longitudinal y transversal, ocasionadas por la acción de una fuerza longitudinal ó perpendicular al eje de la pieza.

Este coeficiente se tomó como 0.3 para el acero y su símbolo es la letra griega μ (μ).

Módulo de elasticidad al cortante.

Es la relación que existe entre el módulo de elasticidad y el doble producto de la suma de $\mu+1$ siguiendo lo anterior la ecuación queda:

$$G = \frac{E}{2(\mu+1)}$$

Por lo tanto:

G- Módulo de elasticidad al cortante.

E- Módulo de elasticidad.

μ - Coeficiente de poisson.

El reglamento del D.D.P. recomienda el valor de 784,000 (Kg/cm²).

¿Qué es soldar?

Es la acción de unir dos elementos metálicos, en este caso por medio de una soldadura.

¿Qué es soldadura?

Es el material por medio del cual se unen dos piezas metálicas; dicho material puede ser de aportación o no.

La soldadura como elemento de construcción.

En la búsqueda de optimizar estructuras, se han encontrado diversos tipos de materiales, formas, calidades, métodos de construcción, todo ello, con el propósito de alcanzar la optimización económica y estructural, esto es, dar soluciones estructurales a un costo más bajo.

La soldadura produce una economía que resulta principalmente de la introducción de continuidad y la eliminación de las piezas de conexión; ya sea remachada ó atornillada.

La soldadura se recomienda emplearse en el taller de fabricación de elementos estructurales; mientras que los tornillos o remachas se recomienda que se empleen en el campo.

Los usos de la soldadura son muy variados porque se utiliza para puentes, tuberías de abastecimiento de agua, drenaje, edificios (metálicos o de concreto), estructuras de formas caprichosas, naves industriales, y así se mencionaría un número finito de usos, para la soldadura.

El acero como material estructural.

El acero es uno de los materiales más importantes en lo que respecta a la Ingeniería Civil. Es por ello que debemos de conocer y entender sus propiedades tanto físicas, químicas y mecánicas; para que así se le dé el uso más adecuado a dicho metal.

Propiedades Físico-Químicas.

Entre las propiedades físicas y químicas del acero, contamos con conductibilidad térmica y eléctrica, peso específico, resistencia a la intemperie y resistencia a la corrosión.

Entendiéndose por intemperie, la destrucción de algún cuerpo bajo la influencia de agentes químicos, naturales y/o animales o la combinación de éstos.

Conductibilidad Térmica y Eléctrica.

Esta es una característica que tienen todos los metales. En particular el cobre, el bronce silicioso son buenos conductores de la electricidad, es por eso que se utilizan en la rama eléctrica en demasía, mientras que el hierro es buen conductor del calor. Es decir la conductibilidad térmica ó eléctrica es una particularidad de cada material. Las unidades de la conductibilidad térmica están dadas en $\frac{\text{BTU}}{\text{Hrs} \times \text{ft} \times \text{OP}}$ y la conductibilidad eléctrica está dada en $\frac{\text{Watts}}{\text{m} \times \text{OK}}$.

Peso Especifico.

Es la relación que existe entre el peso de un cuerpo y el volumen que ocupa expresado en (Kg/m³).

Resistencia a la Intemperie.

Es la resistencia que oponen los metales a sufrir deterioro por causa de agentes químicos, naturales o de cualquier índole.

La medida del deterioro se determina ocularmente con pruebas macro y micrométricas.

Resistencia a la Corrosión.

Es la propiedad que poseen los cuerpos de resistir la contaminación química y de los ácidos. La corrosión, se identifica ocularmente, tanto macro, como micrométricamente. (Ver el Apéndice C.)

Propiedades Mecánicas de los Metales.

Entre las propiedades mecánicas tenemos la maleabilidad, la ductibilidad, la fusibilidad, la soldabilidad, todas ellas basadas en ensayos mecánicos que demuestran su dureza, su elasticidad, su resistencia mecánica, su fatiga, su tenacidad.

- 1) Ductibilidad.- Es la propiedad que algunos cuerpos poseen de poderse hacer hilos de muy delgado espesor entre ellos tenemos el oro, la plata y el cobre, el acero entre otros.
- 2) Maleabilidad.- Es la propiedad que algunos metales poseen de dejarse reducir a láminas delgadísimas sin romperse ni agrietarse.
- 3) Fusibilidad.- El grado de fusibilidad de un cuerpo la determina su escurrecimiento cuando se encuentra en estado líquido. Con esta propiedad se pueden obtener piezas de formas complejas tales como licuadoras, carros. Entre los metales más fusibles se encuentran el plomo, el hierro y el aluminio.
- 4) Soldabilidad.- Es la propiedad que poseen los materiales mecánicos o diferentes entre sí de poder unirse por la acción del calor; de tal manera que se consiga un cuerpo homogéneo. Los metales más soldables son los aceros.
- 5) Temple.- Es la propiedad que algunos metales tienen por medio del procedimiento del mismo nombre. El proceso se obtiene calentando una pieza hasta determinada temperatura; posteriormente se somete a temperaturas muy bajas, este tratamiento se aplica generalmente a los aceros.
- 6) Dureza.- Es la resistencia que los materiales oponen para no ser penetrados o rayados por otros cuerpos más duros.

- 7) Elasticidad.- Es la propiedad que algunos cuerpos poseen de deformarse bajo la acción de una fuerza y de volver a su estado natural bajo el cese de esa fuerza.
- 8) Resistencia.- Es la propiedad que algunos cuerpos tienen de resistir - esfuerzos dinámicos (golpeteo).
- 9) Fatiga.- La fatiga está asociada a bandas de deslizamiento, que se forman durante los esfuerzos cíclicos de trabajo, por ejemplo cuando una probeta es cargada o descargada un número grande de veces, con cargas conocidas, hasta lograr su falla o deterioro, decimos que el elemento está fatigado.
- En la fatiga se distinguen dos fases:
- a) La acción considerada a las tensiones del metal originan la formación de picaduras y grietas.
 - b) Se produce el deterioro por propagación de las grietas; que puede ser acelerada por la concentración de las tensiones en la base de la grieta.
- La formación de una picadura redondeada ó de una grieta- está posiblemente asociada a un mecanismo de deslizamiento y/o por la desorganización estructural del material.
- 10) Fragilidad.- Es la propiedad opuesta a la ductibilidad, y consiste en la capacidad del material sin deformaciones residuales - apreciables.
- 11) Plasticidad.- Es la propiedad opuesta a la elasticidad, es decir, que algunos cuerpos sometidos a la acción de fuerzas y de no volver a su estado natural bajo el cese de esa fuerza.

Coefficiente de dilatación térmica.

Cuando la temperatura oscila en una estructura ó en algún elemento estructural tenderá a deformarse (acortándose ó alargándose) dicha deformación será proporcional a la variación de temperatura.

Todo ésto puede expresarse en términos de la deformación inducida ó por variación de temperatura.

Es decir:

$$E = \alpha (AT)$$

Por lo tanto:

E. Deformación unitaria.

α = Coeficiente de expansión térmica.

AT. Incremento en la temperatura.

Ver tabla de coeficiente de expansión térmica en Apéndice B.

Control de calidad.

Es un conjunto de pruebas y de inspecciones oculares con el objeto de conocer las características de los materiales en proceso y productos terminados. En nuestro caso de la soldadura y el acero que garantizan la seguridad de acuerdo a las especificaciones del proyecto.

Para que haya un buen control de calidad en la soldadura, es muy importante verificar antes de soldar; las preparaciones, las juntas precalificadas, los electrodos, el amperaje a usar y la sanidad de los metales a soldar.

Es por ello que la utilización de la soldadura requiere una inspección cuidada y muy competente, tanto en el procedimiento como en el producto terminado, y esta inspección deberá de ser en el taller y en el campo, debido a que la soldadura depende en gran medida, a la habilidad del soldador, a la resistencia de la soldadura (autógena ó de aportación) al tipo de arco (si está protegido o no), a la polaridad que se tenga en el arco y a todos los elementos que influyen en la soldadura.

Los ensayos que se usan para determinar qué soldadura está bien realizada son: las inspecciones oculares, los ensayos no destructivos y los ensayos destructivos.

Inspecciones oculares.

Se hacen con el fin de observarse los defectos superficiales, como poros, arrugas, hojeaduras, grietas e inclusiones.

Ensayos no destructivos.

Se llaman así porque los ensayos que se aplican a una pieza ó soldadura no implican una destrucción o daño a la misma, entre los ensayos más comunes tenemos la radiografía, líquidos penetrantes, ultrasonografía y el método Magnaflux.

Radiografía.

Este método se basa en las propiedades de atravesar con rayos x, gamma, iridio o cobalto a los materiales, para obtener una fotografía por medio de una transparencia la cual está a una escala conveniente, la más usual es la tamaño natural, es decir, uno a uno de lo que se requiere reconocer.

Este tipo de inspección es el que se usa para la rapidez en donde se obtiene el resultado, así mismo la identificación de los defectos y la fácil detección de cualquier anomalía, este tipo de ensayos tiene los alcances para detectar poros, grietas, falta de penetración, inclusiones de escoria, desalinación de las placas, de tamaños de las piezas.

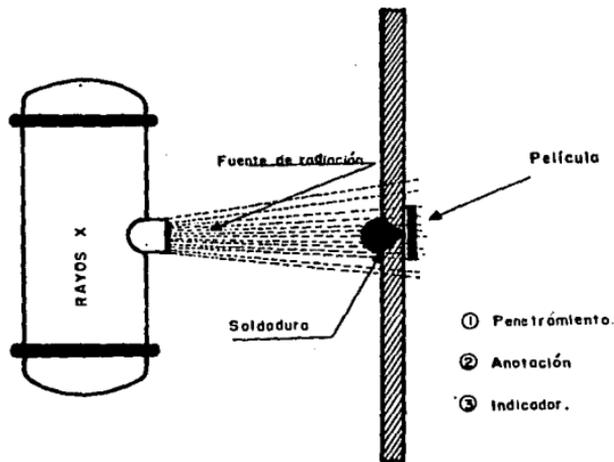


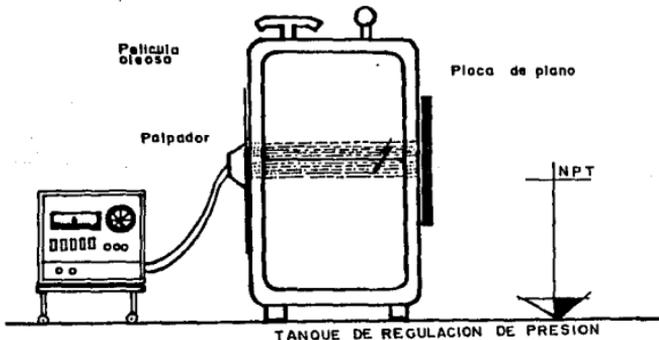
Figura de una toma de radiografía a una soldadura realizada.

Inspección de líquidos penetrantes.

Este método consiste en lavar la pieza o soldadura que se va a inspeccionar con un líquido desengrasante, cuando ya se encuentra limpia se le aplica -- un líquido color rojo que tiene la propiedad de penetrar en las discontinuidades y/o defectos que pueden existir, como grietas, poros o socavaciones. Después de la aplicación se deja que el líquido seque. Terminada esta operación, y con la superficie seca, se aplica una suspensión en polvo o líquido (revelador) dejando impresa la forma del defecto en la superficie blanca -- del revelador.

Inspección por ultrasonido.

Se usa para determinar porosidades, grietas, inclusiones de escoria, además ayuda a calcular espesores de paredes en recipientes, depósitos cerrados, o piezas que es imposible medir con otros sistemas. Las superficies que se -- están inspeccionando deben ser lisas y estar recubiertas de una sustancia oleosa especial de manera que asegure un buen contacto, la cabeza exploradora (palpador) y la pieza a analizar.



Esquema de aplicación del ultrasonido a un tanque de regulación.

Para el procedimiento se usa un detector supersónico que envía una corriente de frecuencia muy elevada al palpador, éste a su vez produce ondas sonoras - de 1 a 5 millones de ciclos por segundo las cuales chocan entre la superficie del material que se inspecciona penetrando hasta que se encuentra con la pantalla de un osciloscopio dibujado entre las imperfecciones del mismo.

El espesor del material se mide según el tiempo que transcurre en regresar.

Prueba con partículas magnéticas (magnaflux).

Es un método para detectar grietas o poros formando un campo magnético mediante aplicación a la soldadura o pieza que se va a probar de dos polos (Norte y Sur) que están conectadas a un potente electroimán. Para hacer el ensayo en una pieza caliente se espolvorea en la superficie entre polo y polo (interior que comprende el flujo magnético un polvo de limadura de hierro; para detectarse la presencia de una discontinuidad) se identifica por medio de la acumulación de las partículas quedando bien adheridas a los defectos, los que se hacen bien identificables (ensayos por vía húmeda).

El ensayo por vía seca se usa mucho y es eficiente en la soldadura de piezas con tratamiento térmico y con grandes espesores en donde existen biselés anchos para asegurar la buena calidad de la secuencia de cordones entre capa y capa de soldadura depositada.

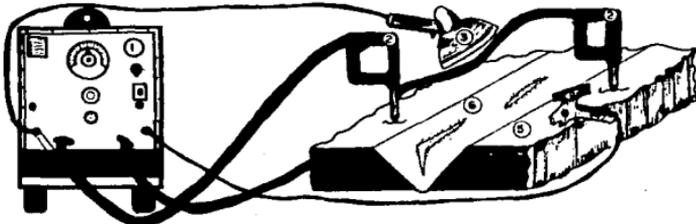


Fig. de partículas magnaflux.

Ensayos destructivos.

Se llaman así los ensayos que se aplican a una pieza ó soldadura con destrucción de la misma para comprobar la calidad (descubrir sopladuras, rechupes, segregaciones e inclusiones no metálicas).

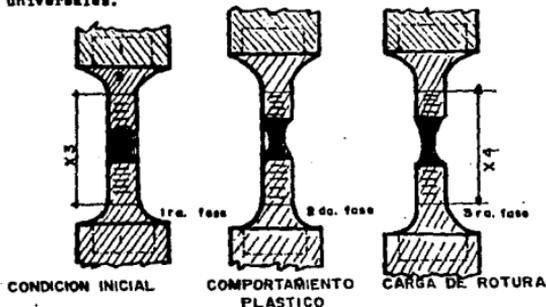
Entre los ensayos más comunes tenemos:

- 1.- Prueba de tracción ó tensión.
- 2.- Prueba de flexión ó de dobles guiado.
- 3.- Prueba de escuadra (fillet weld) (en soldadura de ángulo).

Prueba de tracción.

Es la más popular entre los ensayos destructivos y consiste en la aplicación de una carga axial a una determinada probeta normalizada en sus dimensiones -- hasta llegar a una deformación plástica y más allá hasta su ruptura.

Con esta prueba se determinan el punto de fluencia, límite elástico, deformaciones, reducción de área y ductibilidad. Las pruebas se efectúan a las máquinas universales.



Etapas de la prueba de tracción.

Prueba del ángulo de dobles guiado.

Estos ensayos se usan en pruebas de calificación de procedimientos y de habilidades de soldadores, además para comprobar la sanidad y la ductibilidad de los materiales, tanto de base como de aportación.

Las pruebas se efectúan en máquinas sencillas hechas para este propósito ó también en máquinas universales.

En los ensayos de dobles puede estar en el ángulo de dobles, en la cara ó en la raíz de la pieza homogénea.

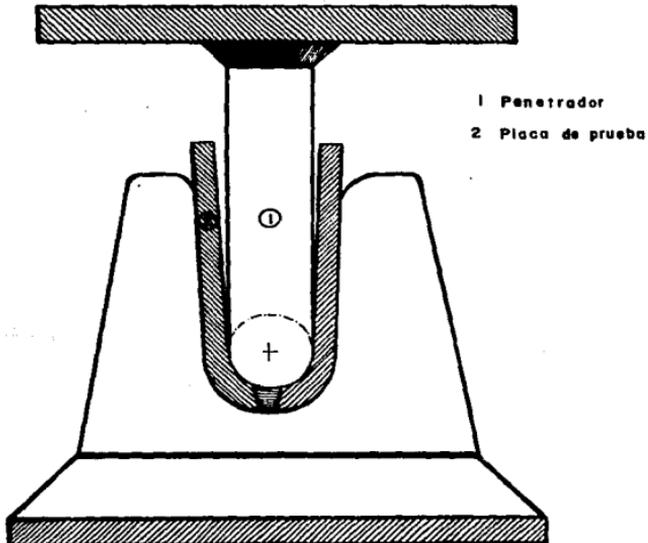


Figura de la prueba de dobles guiado.

NOTA:

Debemos entender por sanidad los puntos que establece la S.C.T. al igual que las M.T.C. del D.D.F. en su reglamento "construcciones de acero" art. 006 - B.06 inciso a) que dice:

Las caras de la preparación deberán ser tersas y uniformes, además deben de estar libres de rebabas, grietas u otros defectos perjudiciales. Las superficies no tendrán escamas sueltas, escoria, óxido, grasa húmeda, ó cualquier material que perjudique el procedimiento de la soldadura.

Se pueden admitir escamas de laminación que resistan un tratamiento vigoroso con cepillo de alambre de acero, así como una ligera capa de aceite secante ó de recubrimiento inhibidor de óxido.

También dichas escamas de laminación deberán removerse cuando se usen electrodos con recubrimiento de bajo hidrógeno o se aplique el sistema de arco sumergido.

Todas las superficies localizadas á distancias menores de 5 cm. de cualquier soldadura, deberán estar libres de pintura ó de materiales perjudiciales a la soldadura.

El Reglamento del D.D.F. de Construcción de Acero señala: Que una vez realizadas las uniones soldadas deben inspeccionarse ocularmente, y se reparan todas las que presenten defectos aparentes de importancia tales como tamaño insuficiente, cráteres, socavación del metal base. Toda soldadura agrietada debe rechazarse.

Prueba de escuadra.

Este tipo de prueba es para la calificación de las soldaduras y la habilidad de los soldadores, y se basa en la aplicación de una fuerza de compresión en el lado opuesto al cordón de la soldadura hasta la ruptura de la misma.

Por tanto en dichas pruebas, el cordón de la soldadura debe de estar exento de fisuras, poros e inclusiones de escoria.

Control de calidad del acero.

Diffícilmente un acero podría ser perfectamente uniforme; puesto que en su elaboración hay factores que influyen de manera considerable e insignificante; es por ello que se establecen límites de variación absoluta para estar dentro de cada calidad.

Ahora bien, tenemos que la producción del acero en México se realiza con especificaciones de la Dirección General de Normas (D.G.N.) y en caso de no existir alguna norma, se buscan los rangos normalizados, que son establecidos por las sociedades extranjeras, entre las que tenemos:

- A.S.T.M. American Society for Testing and Materials.
- A.P.I. American Petroleum Institute.
- S.A.E. American Iron and Steel Institute.
- A.W.S. American Welding Society.

Al igual que la soldadura las pruebas de control de calidad en el acero, son con el objeto de conocer las características del mismo, calidad de los materiales en proceso y calidad del producto terminado. Es por ello que son aplicables los mismos ensayos de la soldadura, tanto destructivos como no destructivos.

Las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras metálicas impresas el 6 de agosto de 1990 por el D.D.F. no mencionan nada sobre el control de calidad del acero.

Peor aún no señalan alguna norma de referencia para ser consultada en caso dado que se requiera, lo cual va motivando a un desinterés y a un desconocimiento sobre la calidad que se debe de dar en las construcciones de concreto armado.

Lo que puede estar al alcance para su consulta rápida, son los manuales de las compañías que fabrican electrodos, que por lo regular dichos manuales no son encontrados.

METALURGIA DE LOS ACEROS.

Introducción.

La fabricación del acero es compleja desde que se tiene el mineral de hierro, hasta el producto final; para lograr ésto son necesarias una serie de transformaciones y procedimientos de trabajo.

Las características de cada procedimiento ó transformación depende tanto de las materias primas como de las propiedades requeridas en el producto terminado, puesto que ellos afectan la calidad del hierro ó acero, la producción del acero para ser económicamente rentable debe observar dos puntos muy importantes, por una parte se debe producir en grandes volúmenes, determinados por las capacidades eficientes de los hornos, además de las capacidades inherentes a cada uno de los procedimientos subsecuentes que también cuentan con carácter restrictivo y por otra parte se deben buscar los minerales de hierro con el más alto porcentaje posible en su contenido de éste. Esta es la táctica que han seguido actualmente los países que se dedican a la producción del hierro y/o el acero.

Entre los minerales industriales más usados se encuentran:

- Magnética.- (óxido magnético Fe_3O_4), es el más puro y rico de los minerales de hierro, con un contenido del 70%.
- Hematitas.- (óxido férrico anhídrico Fe_2O_3), es el hierro ologisto; casi siempre fibroso, con un contenido del 60% al 65%.
- Limonita.- (óxido férrico hidratado $2 Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$), es el más común de los minerales de hierro, con frecuencia mezclados con fosfatos. Las limonitas contienen un 55%.
- Siderosa.- (carbonato de hierro $FeCO_3$), es el hierro espático, con un contenido del 50%.

Restricciones en la producción del acero.

Las circunstancias limitan económica o prácticamente los rangos de producción en cuanto a propiedades físicas, dimensiones, o tonelaje.

Hay otro tipo de restricción que es el obtener productos utilizados por el consumidor.

Estas restricciones cuya finalidad consiste en obligar a la adaptación ó - coordinación del procedimiento de fabricación del acero a su transformación subsiguiente en el producto final, sólo pueden ser salvadas con una estrecha colaboración entre el fabricante del acero y el consumidor; es decir - que el fabricante de acero entregue un producto con las cualidades y propiedades necesarias, las cuales requiere el consumidor para dar solución a problemas.

Fabricación del hierro colado.

El hierro fundido es una aleación de hierro y carbono metalúrgico (coque metalúrgico), donde el contenido de dicho carbono en las fundiciones (hierro colado) es variable y oscila entre un 2% a un 7% aproximadamente, pero debemos de estar conscientes de que un contenido alto de carbón en la fundición le confiere gran fragilidad, es por ello que en las fundiciones comerciales se trabaja con un índice que oscila entre 2% a un 5.5% aproximadamente.

Es importante conocer los factores que influyen en la resistencia del hierro y del acero; por lo consiguiente veremos la Metalurgia del Hierro e intrínsecamente la del acero; ya que éste, es el refinamiento del hierro como lo veremos un poco más adelante.

Empecemos por definir qué es la Metalurgia, para que halla un entendimiento más completo del tema, obteniendo con ésto una conceptualización más precisa de lo que se intenta decir.

Definición de Metalurgia.

Es el conjunto de métodos que permiten pasar del mineral, al metal bruto; del metal bruto, al metal puro; que es con el que se trabaja, para ello - la Metalurgia la podemos dividir en dos fases; enriquecimiento y Química-Metalúrgica.

Fase 1.- En esta fase se enriquece el mineral utilizando tratamientos mecánicos y eliminando la mayor parte de las impurezas; para ello - se utilizan numerosos métodos, entre los cuales destacan;

- Selección Manual.
- Trituración.
- Lavado.
- Selección Magnética.
- Levigación.

Fase 2.- En esta fase se encuentran todos los procedimientos químicos que permiten la elaboración del metal bruto.

Los procesos se llevan en un alto horno; llamado así por su gran altura y por su gran capacidad de producción, después de dar las tres etapas de la fase segunda, veremos los elementos componentes de un alto horno.

La elaboración del hierro coqueado se realiza en tres etapas, las cuales son:

- 1.- Oxidación.
- 2.- Carburación.
- 3.- Purificación.

A continuación se describen las tres etapas en las que se divide la segunda fase de la Metalurgia de los Metales.

- 1.- Oxidación.- El mineral de hierro es llevado al estado de óxido, y se enriquece éste, ya enriquecido se somete a la acción reductora del carbono; en realidad no es el carbono el que reduce el óxido, sino el óxido de carbono formado por la combustión del carbón coque a alta temperatura.
- 2.- Carburación.- El hierro se carbura aproximadamente a 1600°C al unirse con el carbono, el producto obtenido, es una aleación de hierro y carbono con contenidos de éste último del 3% al 5% el cual se le ha llamado hierro colado (fundición).
- 3.- Purificación.- La eliminación de la ganga (impurezas de arcilla, caliza o sílice) dicha purificación se logra mediante la adición de un fundente adecuado al mineral formando un producto más soluble con punto de fusión de aproximadamente 1700 °C. El cual es más ligero que la fundición (llamado escoria).

Definiremos el carbón coque, ya que es una materia prima del hierro colado.

Carbón de Coque.

Es el producto sólido que queda en las rectorías o los hornos en los que se destila la hulla.

Se produce en fábricas de gas, en cuyo caso es un subproducto y en las fábricas de carbón en cuyo caso constituye un producto esencial llamado coque metalúrgico.

Es un excelente combustible, el cual no produce llama al quemarse es por ello que es difícil de inflamar; se utiliza como reductor en Metalurgia, es de consistencia dura y compacta; su uso común es en el calentamiento de calderas, hornos metalúrgicos y fraguas.

La función del coque es la de producir el calor necesario para fundir el hierro y la escoria, así como para acelerar los procesos químicos y la desproporcionar el carbono que es necesario para desprender el oxígeno contenido en los óxidos de hierro.

El propósito de los fundentes empleados (caliza generalmente) es el formar junto con las cenizas del coque y la ganga de la carga ferrosa una escoria fluida, de bajo punto de solidificación y de una composición química tal que facilite al máximo la disminución del azufre en el arrabio o hierro colado.

Como dije anteriormente antes de ver las etapas de la fase química veremos los elementos de alto horno, las fases del alto horno y la localización donde se llevan los procesos de la fase química.

Definición de alto horno.

Es el aparato por medio del cual se llevan al cabo reacciones metalúrgicas, para elaborar el hierro y el acero.

Descripción.

Es una columna hueca refractaria que está formada por dos troncos de cono de fuerte palastro (placa) unidos dichos conos por su base.

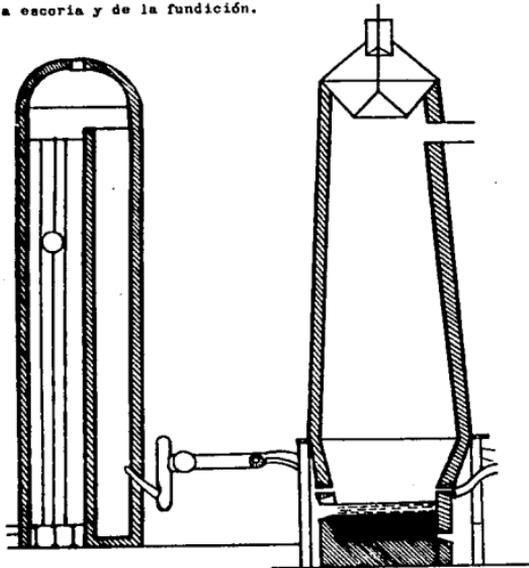
El interior está tapizado de ladrillos refractarios de sílice y en el exterior tiene un revestimiento metálico.

El cono superior (I), es decir, la cuba; está delimitado por el trayante que es por donde se ingresan las materias primas (el carbón coque, la caliza y el mineral de hierro); dicho cono lleva una abertura, la cual permite la salida de los gases.

El cono inferior (II) unido al anterior por el vientre, comprende el estalaje, debajo del cual se encuentra la obra y luego el crisol.

En la obra existen unos orificios por los cuales se hacen llegar los gases, por medio de los huecos llamados toberas.

En la base se encuentran dos orificios, los cuales se usan para la separación de la escoria y de la fundición.



Corte lateral de un alto horno.

Descripción de la nomenclatura.

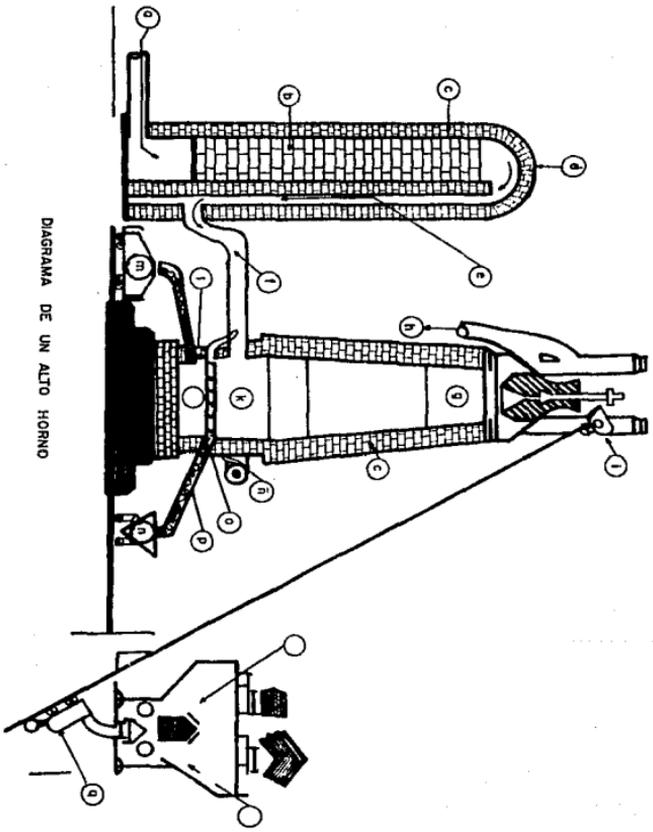
- a) Inyección de aire por equipo electromecánico de aire caliente.
- b) Cámara refractoria (hecha con ladrillos refractarios) siguiendo norma -- DGN-C16-46.
- c) Revestimiento interior de ladrillos refractarios.
- d) Recuperadores de aire.
- e) Circulación de aire caliente.
- f) Inyección de aire caliente a la zona de fusión por medio de los orificios que contiene a las toberas.
- g) Ingreso de materias primas (caliza, mineral de hierro y carbón coque) por el tragante.
- h) La salida se concreta a los depuradores, o convertidores de acero (gas caliente).
- i) Carro de alimentación
- j) Por ser más pesado el hierro colado que la escoria la podemos separar.
- k) Escoria fundida.
- l) Piqueta de hierro No.
- m) Carro de hierro caliente.
- n) Carro de remoción de escorias.
- ñ) Tubo colector.
- o) Tobera.
- p) Bigotura.
- q) Carro de Carga No. 2.

A continuación se describe un alto horno mediante las partes que integran a dicho horno, para posteriormente identificar las cuatro zonas que se encuentran en el mismo, donde se transforma el mineral a hierro colado.

Esto es muy importante comprenderlo porque nos da una idea muy general de cómo realmente se va transformando el mineral en hierro que posteriormente se convertirá en acero.

La idea que se pretende transmitir es la de dar a conocer todos los factores - que son inherentes a la calidad del acero.

DIAGRAMA DE UN ALTO HORNO



Zonas de Alto Horno.

Aquí examinaré los cambios que sufren los minerales a través de las cuatro zonas en que se divide el alto horno para su estudio, las cuales se identifican en la siguiente figura.



A continuación describimos las zonas localizadas en la fig. anterior, ya que en cada una se lleva una reacción química importante.

Zona I.- Zona de secado.- Es la zona por donde se cargan las materias primas (caliza, mineral de hierro y carbón coque) por la boca del alto horno; dichas materias primas entran en contacto con gases calientes ascendentes los cuales son inyectados por las toberas a presión, el aire caliente se encuentra con las materias primas secando éstas ya que éste se encuentra a una temperatura de aproximadamente 150°C .

Zona II.- Zona de reducción.- La marcha ascendente de gases calientes, ocasiona que se arda el carbón coque, el cual produce anhídrico carbónico, y éste al elevarse se transforma en óxido de carbono, (por la humedad de dichas materias primas que traen en el interior); dicho óxido, al atravesar una capa de mineral la reduce (gana electrones) y se transforma de nuevo en gas carbónico.

($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} \rightarrow 2\text{Fe} + \text{CO}_2$). En contacto con la capa de carbón que se encuentra más arriba el anhídrico carbónico se transforma de nuevo en óxido de carbono, el cual reducirá el óxido de hierro de la capa inmediata superior y así sucesivamente mientras que la temperatura sea lo suficientemente elevada. (que varía de 500 a 1000°C).

Zona III.- Zona de carburación.- Es la zona comprendida al nivel del vientre y la boca del alto horno, en donde por efecto de la temperatura (1200 a 1350°C) el hierro se ablanda y absorbe del coque incandescente el carbono (carburación).

Zona IV.- Zona de fusión.- En esta etapa la temperatura oscila entre 1800 y 2000°C , el hierro se satura de carbono dando origen a la elevación de hierro-carbono, la cual toma el nombre de hierro colado.

A grandes rasgos éstas son las cuatro zonas en que se divide el proceso de producción del hierro colado, es decir son las etapas más representativas de la transformación del mineral al hierro colado, pero no son las únicas. Las demás etapas son las que conforman cada una de éstas etapas globales, ya que en el horno dependiendo de la temperatura y la profundidad donde se encuentre el mineral se va transformando poco a poco mediante las reacciones químicas que se originan en ese lugar.

El hierro saturado de carbono ha absorbido el 6.6% de carbono aproximadamente.

Producción del Acero.

Se entiende por acero primario el que se produce por afinación, aceración del arrabio.

El acero vertido en un molde para tomar una forma determinada se llama acero colado.

Los procesos usuales para producir el acero primario, ó procesos de afinación ó aceración son:

- a) Crisol.
- b) En convertidor Bessemer
Thomas
- c) En convertidor Lina Donawits.
- d) Horno de reverbero ó de hogar abierto (Siemens-Martin),
en hornos eléctricos, de arco de inducción.

El acero es una aleación de hierro-carbono, en la cual el carbono es contenido en un porcentaje de 0.05% al 1.7% además está constituido por porcentajes de elementos como manganeso ó azufre, silicio y fósforo. El acero es un recabado del hierro fundido a través de una operación de afinación que consiste en la carburación del hierro fundido; es decir, reducir su contenido de carbono.

A continuación se exponen las características de cada proceso de refinación de hierro; además de que se hacen algunos comentarios acerca de su costeabilidad, sus alcances, así como una figura descriptiva para que se haga más comprensible la idea que se quiere dar.

Crisol.

Este procedimiento se usa muy poco por su alto costo, aunque dá muy buenos resultados.

Convertidores Bessemer y Thomas.

El proceso consiste en la afinación de arrabio líquido en recipientes de forma de pera, llamados convertidores, mediante soplo de aire, de oxígeno ó de mezclas de ambos a través del metal ó superficialmente en forma lateral ó verticalmente por arriba.

También se usan mezclas de vapor de agua oxígeno, y de anhídrido carbónico y oxígeno como medios de soplo, dichos soplos son a través de orificios llamados toberas.

Los convertidores se clasifican en:

- de soplo de fondo.
- de soplo lateral.
- de soplo de arriba.

Los procesos de aceración llevados a efecto en los convertidores son ácidos ó básicos, según la naturaleza de su revestimiento refractario.

En los ácidos el material refractario es de sílice y en ellos se trabaja con escoria ácida; en los básicos el refractario es de magnésita ó dolomita, la escoria es básica.

El proceso ácido es conocido generalmente con el nombre de Bessemer y el básico con el de Thomas.

El convertidor está cargado en posición horizontal y está cargado de hierro fundido, en estado líquido a una temperatura de 1400°C a una parte de su capacidad de 1/6 a 1/8.

Después el convertidor se coloca en posición vertical al mismo momento que se inyecta aire a presión a través de toberas.

Así el oxígeno contenido en el aire quema el carbono del hierro fundido -- transformándolo en acero.

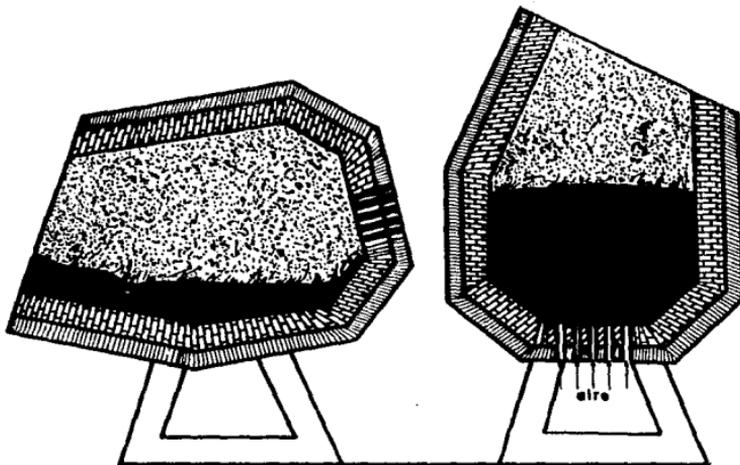


Fig. de un convertidor Bessemer-Thomas.

Convertidor Lins y Donawits.

Para la elaboración de acero por el procedimiento L.D. (Lins y Donawits) - como se le denomina en Europa ó como se le llama en E.U. B.O.F. (Basic Oxygen Furnace).

Se utiliza un recipiente cilíndrico de acero, designado convertidor, el cual está cerrado en el fondo con un casquete hemisférico y rematado en el extremo superior por un cono truncado que cuenta con una boca usualmente conoéntrica, de diámetro menor que el cilindro.

Interiormente se coloca un forro de refractario, tipo básico generalmente - mayasita ó dolomita. El arrabio en el alto horno consiste predominantemente del elemento Fe combinado con otros elementos, siendo los más usuales carbonos manganeso, fósforo, azufre y silicio.

La carga metálica para realizar una colada de acero en un convertidor con oxígeno puro (99.5%) el contenido de carbono se reduce a los porcentajes característicos, de los aceros y además se eliminan impurezas existentes, sobre todo fósforo silicio, manganeso y azufre, obteniendo así la decarburación del hierro fundido y su transformación en acero.

El tiempo de soplado varía de 45 a 55 mins. la proporción de carga es del 75% de arrabio líquido y 25% de chatarra, así como cantidades menores de mineral de hierro usado como refrigerante.

Para refinar la carga se procede a oxidar las impurezas ó elementos indeseables en el arrabio, ésto se hace haciendo lucidor, sobre la superficie líquida del metal contenido en el convertidor uno o varios chorros de oxígeno a alta velocidad. Se emplea para ello una lanza tubular enfriada por agua, con movimiento vertical ascendente y descendente que se introduce a través de la boca del convertidor para ser centrada en la superficie expuesta del vaso metálico. A continuación se hace el esquema de un convertidor de éste tipo.

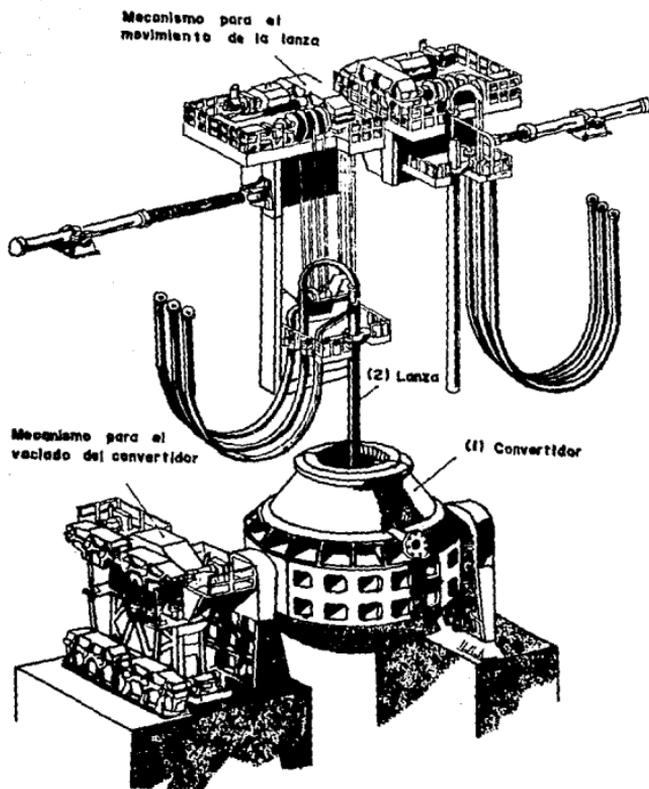


Fig. Convertidor Linz y Donawitz

Procedimiento por horno Martin-Siemens.

Consiste en la aplicación del arrabio y la fusión de chatarra en hornos de reverbero, también llamado de hogar abierto para la producción de acero, oxidando las impurezas mediante mineral de hierro o por inyección de oxígeno.

El calentamiento de estos hornos se efectúa mediante combustibles gaseosos ó líquidos naturales ó artificiales, inyectados a presión por medio de inyecciones, y pulverizados con aire vapor.

El hierro fundido se decarburiza con la presencia del mineral de hierro. El tiempo de la operación es aproximadamente 10 horas.

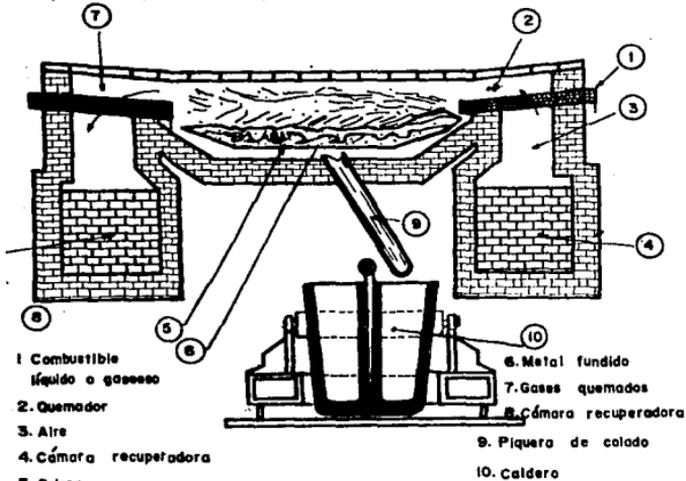


Fig. del convertidor Martin-Siemens.

Proceso por horno eléctrico de arco.

Son dos tipos de hornos eléctricos de arco los cuales son:

Hornos de arco directo.

Hornos de arco indirecto.

-Hornos de Arco Directo.-

Estos hornos son los más utilizados para producir acero, y utilizan electrodos verticales de grafito, de carbón amorfo o de pasta de carbón, se encuentran en los hornos en número de dos, si los hornos son monofásicos o bifásicos, lo cual queda limitado generalmente a los pequeños de menos de 500 Kg. de cupo y de tres a seis en los trifásicos.

En estos hornos el arco salta entre los electrodos y el metal, por lo cual habiendo circulación de corriente a través del metal, al calentamiento por los arcos se agrega el producido por la resistencia del propio metal.

-Hornos de Arco Indirecto.-

Se diferencian de los anteriores, en la posición de los electrodos que es horizontal ó inclinada y en que el arco salta solo entre ellos, realizándose el calentamiento por su radiación.

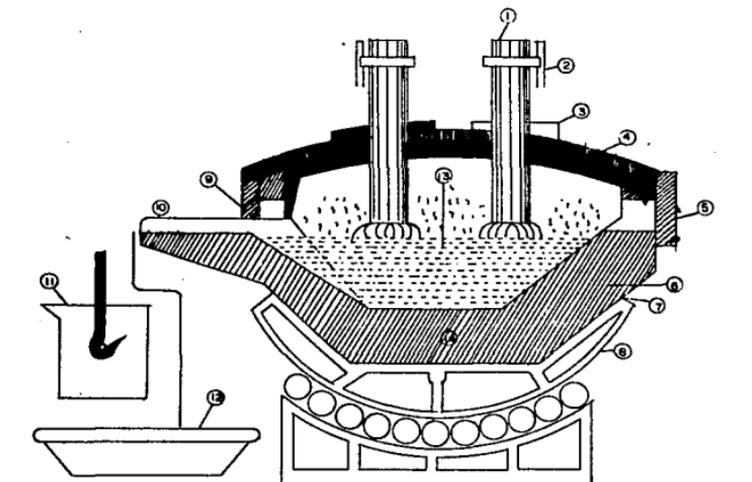
Como en los convertidores y en los hornos Martin, estos hornos también pueden tener revestimiento básico o ácido.

La carga está compuesta normalmente de chatarra de acero, y la primera fase de operación requiere la formación de una escoria básica oxidante con el objeto de eliminar el fósforo y otros elementos oxidables.

Para ello se cargan cal y mineral de hierro sobre el acero fundido.

A continuación se muestra una figura del horno eléctrico del arco.

HORNO ELECTRICO DE ARCO



- 1- ELECTRODOS
- 2- MORDAZA Y PORTAELECTRODO
- 3- BOQUILLA DE ELECTRODO
- 4- BOVEDA
- 5- PUERTA DE TRABAJO
- 6- REVESTIMIENTO REFRACTARIO DEL CRISOL
- 7- CASCO DE LAMINA
- 8- CREMALLERA DE VOLTEO
- 9- PARED LATERAL
- 10- CANAL DE COLADA
- 11- OLLA DE COLADA
- 12- CAJA DE ESCORIA
- 13- BAÑO LIQUIDO
- 14- PISO O SOLERA

Productos de acero.

Los lingotes de acero, producto de la refinación del arrabio se laminan para formar placas de anchos y espesores variables, además de diversos perfiles - estructurales; barras redondas, cuadradas y rectangulares; y tubos. La mayor parte del laminado, se efectúa sobre acero en caliente, y el producto se llama "acero laminado en caliente".

Algunas de las placas delgadas se laminan doblándolos aún más después de haberlas dejado enfriar. A este tipo de laminación se le llama laminado en frío.

Los perfiles más comunes son:

Perfiles W
Perfiles S
Perfiles M
Perfiles C
Perfiles Mc
Perfiles L
Perfiles T



Perfiles W
Sección de
platin ancho



Perfiles S
Viga American
Standard (viga I)



Perfiles C
Canal



Perfil L
Angular de
lados iguales



Perfiles L
Angular de
lados desiguales



Perfil T
Te estructural, cortado
de un perfil W



Rectangulares



Cuadrados



Redondos

Barras



Placas

Fig. de perfiles estructurales producidos en acero.

Perfiles W.

Perfil estructural que se usa con mayor frecuencia; es debido a que este perfil es doblemente simétrico tanto con respecto al eje x como al eje y.

NOTA: La A.S.T.M. dá como tolerancia en la elaboración de dichos perfiles, - en los que respecta al alma de 1/16".

Perfiles S.

Son perfiles doblemente simétricos de acuerdo con las dimensiones adaptadas en 1896.

Anteriormente se conocían como vigas I, las diferencias que hay entre los -- perfiles W y S son:

- 1.- El ancho del patín del perfil S es menor.
- 2.- La cara interna del patín del perfil tiene una pendiente de aproximadamente 16.7° .
- 3.- El peralte teórico es el mismo que el nominal.

EJEMPLO: Una viga S510 * 111.6 tiene un peral nominal 510 mm y un peso de -- 111.6 Kg/m.

Perfiles L.

Estos son perfiles angulares con lados iguales ó desiguales.

La A.S.T.M. marca que la variación máxima en el ancho es de 1/16".

Perfiles T.

Los T son miembros estructurales que se obtienen cortando perfiles W, S ó M, - por lo general se hace el corte de tal manera que se produzca un perfil con - área equivalente a la mitad del área de la sección original, pero se puede -- desplazar el corte, para así obtener una sección con mayor peralte.

Como he dicho el acero es una refinación del hierro fundido, logrando con esto la disminución del contenido de carbono del hierro fundido, pero para que tenga características que nosotros necesitamos como la resistencia, ductibilidad, soldabilidad, resistencia a la corrosión; es necesario alearlo con ciertos elementos aleantes.

Elementos aleantes del fierro fundido y/o acero y algunas de sus proporcionadas características al acero.

Aluminio.- Se controla el tamaño del grano, y se utiliza para purificar el acero en la producción.

Carbono.- Es el elemento endurecedor del acero, pero a mayor contenido de carbono, mayor dureza y mayor fragilidad.

Cromo.- Este es el elemento que hace inoxidable a los aceros además baja su conductibilidad térmica y eléctrica.

Cobalto.- Conserva las propiedades de consistencia y dureza en altas temperaturas.

Cobre.- Confiere resistencia al acero bajo la acción de la corrosión atmosférica.

Manganeso.- Proporciona tenacidad y dureza en el acero.

Molibdeno.- Refina su estructura granular y aumenta la dureza de los aceros porque aumenta la dureza de los elementos aleantes en el acero.

Níquel.- Aumenta la tenacidad y dureza a bajas temperaturas; en porcentajes mayores al 20%, hacen al metal automagnético.

Nitrógeno.- Se usa en aceros inoxidables para evitar el crecimiento de gas.

- Oxígeno.-** Es usado en los procesos de elaboración de los aceros, para que mar el exceso de carbón y para disminuir tiempos de fusión.
- Fósforo.-** Es usado para facilitar el maquinado del acero en proporción má xima de 0.05% del volumen.
- Azufre.-** Se encuentra en todos los aceros en proporciones que van de --- 0.03% a 0.06% para que así facilite el maquinado en exceso, pro duce agrietamiento y porosidad.
- Silicio.-** Proporciona al acero, una buena resistencia mecánica, fluidez a la temperatura de fusión, ejerce control en el contenido del -- oxígeno y proporciona propiedades magnéticas.
- Tantalo.-** Se le agrega al acero en casos en que se necesite un aumento de la dureza por formación de carburos.
- Boro.-** Elemento muy útil para endurecer algunos aceros donde se añaden en cantidades muy pequeñas del orden de 0.002%.
- Titanio.-** Es usado como estabilizador en aceros inoxidable. Es buen deso xidante y en algunos casos, se agrega en un acero para restrin gir los efectos del nitrógeno y del carbón, siendo que se com bi na con ellos.
- Tungsteno.-** La mayor aplicación de este elemento la podemos encontrar en los aceros para herramientas adicionando pequeñas cantidades de éste en un acero, produce una estructura de grano fino.
- Vanadio.-** Produce control en la estructura granular, produciendo aceros de grano fino, alta dureza y resistencia al temple.
- Circonio.-** Es un elemento altamente desoxidante, por ésto se debe de añadir con otros elementos similares.

CAPITULO III
METODOS DE
SOLDADURA
Y SUS EQUIPOS

Métodos de Soldadura y sus Equipos.

En la actualidad existen diversos métodos y procedimientos de soldadura utilizados en la Industria, unos más que otros, pero no todos son muy comunes.

Entre los métodos más comunes, destacan los siguientes:

- 1.- Soldadura a fragua o con fuego.
- 2.- Soldadura de termita.
- 3.- Soldadura de resistencia.
- 4.- Soldadura con oxiacetileno ó gas.
- 5.- Soldadura con arco de hidrógeno atómico.
- 6.- Soldadura al arco eléctrico.

Soldadura a la fragua ó con fuego.

Este método es el más antiguo de los métodos de la soldadura, ya que surge en la forma de organización social conocida como la barbarie, a esta época pertenecen los griegos, las tribus Itálicas, antes de la fundación de Roma y vikingos entre otras.

Los hombres de esta época idearon una especie de horno, el cual daría el calor suficiente para hacer que el hierro alcance su estado plástico.

Dicho lugar era una oquedad en alguna roca ó en el suelo, lo único importante era que se pudiera maniobrar, es decir, que se tubiera la facilidad de sacar y meter al horno el metal, para así calentarlo y después golpearlo; al principio con roca golpeadora y después con mazo. La roca sobre la cual se golpeaba fué substituída por el yunque, así, el método de la soldadura se constituyó en el método de la herrería.

Debido a su costo y lentitud, este método queda en desventaja con respecto a la soldadura al arco eléctrico, que se emplea en la fabricación de piezas estructurales en acero a gran escala.

En nuestros días quedó en desuso.

Soldadura de Termita.

La soldadura de termita es en esencia un procedimiento de fundición. Porque utiliza una reacción química para encender una mezcla de polvo fino de aluminio y óxido de hierro. Durante la reacción se separa el oxígeno del óxido de hierro para combinarse con el aluminio.

El hierro libre es secado cuando se alcanza una temperatura muy elevada y - vertiendo dentro de un molde que de antemano se ha preparado y puesto alrededor de las piezas, a soldarse. Por otro lado las piezas son precalentadas al rojo vivo antes de verter el metal líquido dentro del molde; al efectuar esto, se disuelven las piezas dentro del molde en metal líquido, por lo cual al enfriarse se vuelve una sola sección homogénea.

El procedimiento requiere el uso de recipientes de construcción especial y - de mezclas de preparación especial, así como de materiales para moldear, aparatos para precalentar y diversos accesorios.

La soldadura de termita es de indiscutible utilidad en la reparación de piezas pesadas, restauraciones metálicas de formas caprichosas; pero su uso queda restringido debido a que exige el uso de moldes; por ello es de muy alto costo.

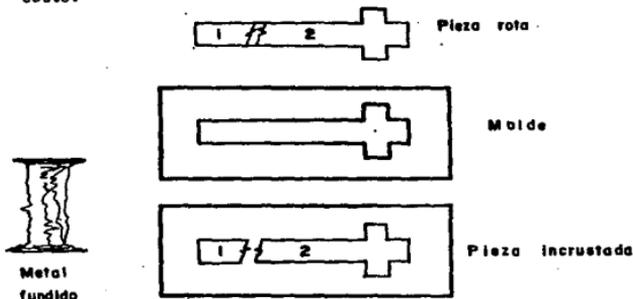


Fig. de Soldadura de Termita.

Soldadura de Resistencia.

La soldadura de resistencia es un procedimiento de calentar y prensar. Las piezas que se desean soldar son calentadas a la temperatura de fusión, haciendo pasar una potente corriente eléctrica a través de la junta; cuando se ha alcanzado la temperatura propia para soldar, se aplica presión mecánicamente para efectuar la unión.

La soldadura de resistencia está dividida en varios procedimientos, destacando los siguientes:

- 1.- Soldadura por puntos.
- 2.- Soldadura a tope.

La soldadura por puntos se hace sobreponiendo las piezas una encima de otra, forzando así la solapa.

Dicha solapa estará en medio de las dos puntas de los electrodos; a través de las cuales se hace pasar la corriente y se aplica presión, para efectuar la soldadura en un solo punto.

Para la soldadura a tope se colocan las piezas que se van a soldar, cabeza con cabeza para calentarlos eléctricamente y después prensar las juntas.

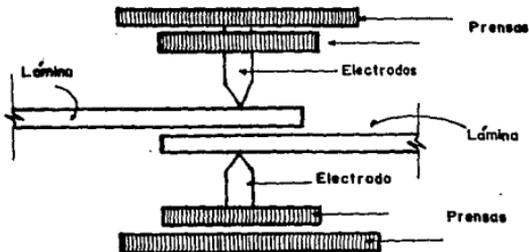


Fig. de Soldadura de Resistencia.

Para aceros de aleación especial como los comprendidos dentro del grupo - "Inoxidables", con frecuencia se usa la soldadura por puntos, en la cual se usan corrientes elevadas a intervalos de corta duración y efectuados con mucho cuidado.

Su uso se limita en producciones a gran escala.

Soldadura de Oxiacetileno ó Gas.

En la soldadura de oxiacetileno ó gas se produce una llama de temperatura elevada encendiendo una mezcla bien proporcionada de dos gases, generalmente oxígeno y acetileno.

La soldadura se eleva calentando previamente con la flama del soplete las - piezas que se van a unir, juntando en el punto de contacto, es decir, exactamente donde se soldarán; después de esto, cuando las piezas alcanzan una temperatura de fusión, se agrega el metal de soldar, fundiendo éste también con el soplete; el metal de soldar (soldadura) deberá ser de composición apropida.

La soldadura con autógena ó oxiacetileno es un procedimiento de pudelaje, es decir, el metal fundido que forma la soldadura se halla en un charco de reducidas dimensiones, sobre el cual hay una aplicación de pequeñas intermiten-cias de la flama.

El procedimiento de la soldadura con gas requiere que se tenga un suministro constante de oxígeno y acetileno, además de diversos dispositivos necesarios para ajustar la mezcla, regular el paso de gas.

Los mismos gases que se usan para soldar se usan también para cortar metales, es por esto que se convierte en un auxiliar importante de la soldadura al arco eléctrico.

Esto se llama generalmente corte a gas ó "fresado" a gas.

Debido a la flexibilidad del equipo y a la pequeña inversión que representa, es muy usado para el corte.



Fotografía de Edificio en Construcción ubicado en Av. de los Insurgentes y Paseo de la Reforma en la Cd. de México.

En la fotografía se aprecia al obrero haciendo el corte con oxiacetileno a piezas que se utilizarán de prueba a los obreros (prueba de escuadra).

También en la fotografía se puede ver lo ligero del equipo, ya que se puede maniobrar en pequeños espacios que son muy comunes en el campo de trabajo.

Soldadura con Arco de Hidrógeno Atómico.

Para soldar con hidrógeno atómico se mantiene un arco eléctrico de corriente-alterna entre dos electrodos tungsteno, al mismo tiempo se pasa una corriente de gas de hidrógeno alrededor de los electrodos.

El calor del arco divide las moléculas de hidrógeno en átomos, los que vuelven a combinarse fuera del arco para formar el hidrógeno molecular.

El calor intenso producido por el hidrógeno atómico al retornar a su forma molecular, es utilizado para fundir los metales que se van a soldar.

Los electrodos de tungsteno no llegan a formar parte de la soldadura; sólo se les utiliza como medio de establecer y mantener el arco, sin embargo se van evaporando.

El metal que se está soldando no forma parte del circuito eléctrico; por lo tanto no es necesario conectarlo con tierra. La manipulación actual del porta-electrodo es parecida a la manipulación de la antorcha de gas usada en la soldadura de oxiacetileno; se hace pasar la llama sobre los bordes que se van a unir, fundiendo los mismos hasta que se unan.

La soldadura al arco con hidrógeno atómico, se emplea para la soldadura de aleaciones ferrosas de acero en general y metales no ferrosos.

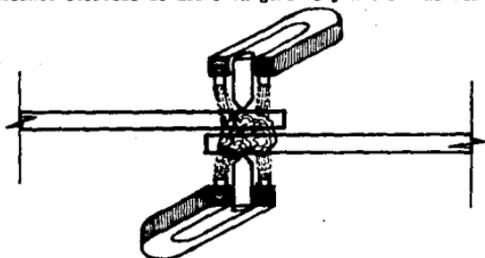


Fig. de Soldadura al Arco de Hidrógeno Atómico.

Soldadura al Arco Eléctrico.

La soldadura al arco eléctrico no es más que una chispa sostenida entre dos terminales ó electrodos. En éste caso se forma el arco entre el trabajo que se va a soldar y un electrodo el cual está detenido con un porta-electrodo apropiado.

En el instante que se forma el arco entre el material a soldar y el electrodo, existe una temperatura cercana a los 3600°C.

Este calor funde un charco pequeño de metal en el trabajo a realizarse y va calentando el extremo del electrodo.

El metal adicional que se requiere se obtiene del mismo electrodo; ya que éste cubre la energía eléctrica necesaria para la fusión.

Existen tres tipos de soldadura al arco eléctrico, los cuales difieren únicamente y exclusivamente en el tipo de electrodo que se usa y de ahí reciben su nombre.

Los tres tipos son:

Soldadura al arco metálico.
 Soldadura al arco de carbono.
 Soldadura al arco protegido.

Soldadura al Arco Metálico.

El arco se forma entre el trabajo y un alambre metálico; que bajo el calor inmenso producido por el arco, una pequeña parte del trabajo que se va a soldar se calienta al punto de fusión casi instantáneamente. El otro extremo del arco, la punta del alambre, se fundido y se forman glóbulos pequeños de metal fundido.

Los glóbulos son impulsados efectivamente a través del arco y no dejados caer; este es el hecho que permite el uso de la soldadura al arco metálico en soldaduras de sobre-cabeza.

Soldadura al Arco de Carbono.

El arco es formado entre el trabajo y una varilla de carbono.

El calor del arco funde un charco pequeño en la superficie del material -- que se soldará; este charco se conserva; mientras tanto que se agrega el metal adicional el cual es provisto en forma de varilla, la cual se irá fundiendo.

Este tipo de soldadura, es un procedimiento de pulso; por lo tanto no es aplicable a soldaduras de sobre-cabeza ó verticales.

Su mayor aplicación consiste en la soldadura automática ó en aplicaciones especializadas.

Puede utilizarse como herramienta cortadora, especialmente cuando se desea cortar respiraderos, desmantelar una estructura o cuando no es indispensable un corte muy liso.

Arco Protegido.

Sabemos que el acero fundido tiene afinidad por el oxígeno y el nitrógeno; por lo tanto cuando está expuesto al aire éste entra en combinación química con el oxígeno y el nitrógeno del aire para formar óxidos y nitruros en el metal soldado; pero si se protege el metal durante el procedimiento de fusión no puede tener lugar la combinación química perjudicial, esto puede lograrse protegiendo completamente el arco; Este tipo de soldadura se puede llevar a cabo en el taller y en lugares donde se poseen las condiciones de posición requeridas, ya que sino se tiene esa condición no se podrá realizar correctamente dicha soldadura.

Las soldaduras hechas con un arco completamente protegido carecen de óxidos y nitruros, y en consecuencia están constituidas con metal que tiene características físicas contempladas.

La resistencia contra la corrosión de soldaduras al arco protegido es mayor que el acero dúctil laminado en frío y mucho más grande que la de las soldaduras hechas con un arco sin ninguna protección.

Se obtiene un arco protegido mediante el uso de tipos específicos de electrodos que tiene un revestimiento grueso. Dicho revestimiento es de tal composición que bajo el calor del arco despiden grandes cantidades de un gas, que envuelve y protege enteramente al arco del ambiente.

La acción del arco sobre el revestimiento del electrodo resulta en una formación de escoria que flota por encima del metal de soldadura fundido y lo protege del ambiente mientras se enfría.

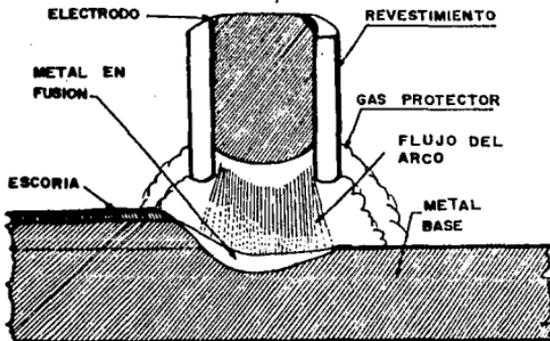


Fig. de Soldadura al Arco Protegido.

Arcos sumergido.

Una variación de la soldadura al arco protegido es el arco sumergido, dicho arco logra las uniones mediante el calor provocado por uno o varios arcos eléctricos formados entre uno o varios electrodos de metal y el metal base.

La soldadura se protege por medio de una capa de material granular fusible, el cual se coloca sobre el metal a soldar.

Ver fig.

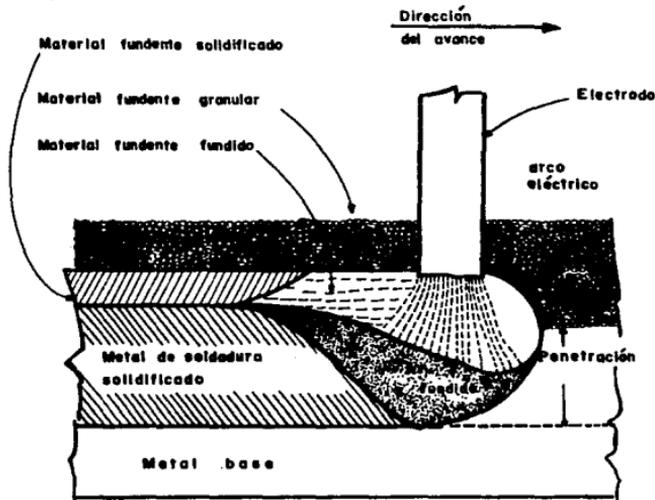


Fig. de Soldadura al Arco Sumergido.

La soldadura al arco eléctrico sumergido se caracteriza por el empleo de intensidades y velocidades altas, pueden usarse electrodos de diámetro grande y corrientes de varios miles de amperes, factores que permiten hacer soldaduras grandes de un solo paso, en vez de emplear pasos múltiples. Se obtiene también una gran penetración, es decir, una fusión profunda debajo de la superficie original del metal base. Es posible fundir, aproximadamente dos volúmenes de metal base por cada volumen de metal de aportación, por lo que -- el primero determina la composición química de la soldadura en mayor escala que cuando se suelda con electrodo recubierto.

Los materiales fusibles empleados como protección se hacen con diversas composiciones químicas, aunque los ingredientes son, generalmente, silicatos, a los que se les añade a veces metales en polvo que pasan a formar parte de la soldadura durante la fusión. Todos los materiales de protección se escogen de manera que produzcan un mínimo de gases durante el proceso; su contenido de hidrógeno es muy bajo.

En vez de que el arco se produzca en el aire, como sucede manualmente con el electrodo recubierto, el extremo del electrodo está sumergido en un material finamente granulado al que se le da el nombre de fundente, el cual se amontona a lo largo de la junta por soldar.

El calor producido por el arco funde el material granular que lo rodea, formando un charco de escoria fundida, cubierto por el material granular restante. El metal base y el de relleno proveniente del electrodo, fundido, desplaza la escoria y se depositan sobre el metal base sólido, formando la soldadura. El material granular, que es alimentado en forma continua al ir adelantando el trabajo, cubre por completo el charco de acero fundido; cuando se termina la soldadura, el material sobrante es recogido y vuelto a utilizar.

Equipo y accesorios para la soldadura.

Porta-electrodos.

Un porta-electrodo es simplemente una herramienta para sostener el electrodo; el cual tiene un mango aislante, para poder asirlo con la mano; una de las funciones del porta-electrodo es conducir la corriente al electrodo ó viceversa.

El porta-electrodo debe ser de mecanismo de sujeción que permita sostener el electrodo firmemente, además de facilitar el cambio rápido y conveniente de los electrodos e igualmente ofrecer un buen contacto eléctrico.

El porta-electrodo debe de ser de poco peso para que permita su manipulación con facilidad.

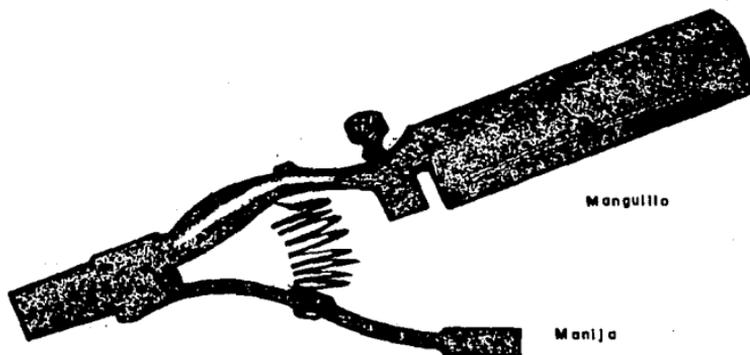


Fig. de Porta-electrodo.

Equipo de protección.

Son todos los elementos que cuya finalidad es proteger al personal de eventualidades que puedan poner en peligro la integridad física.

Los elementos de protección son:

- Caretas y protectores.
- Delantales.
- Guantes de cuero.
- Polainas de cuero.
- Mangas de cuero.
- Casco.
- Lentes.

Caretas y protectores.

Se usa para proteger la cara y ojos del soldador de los rayos directos del arco; éstos protectores están constituidos de fibra aislante comprimida de color obscuro para reducir reflejos al máximo de luz.

El protector debe ser liviano y cómodo, de tal forma que garantice la integridad del soldador.

Los protectores están provistos de una ventanilla de cristal, el cual debe de ser de una composición que pueda absorber los rayos infra-rojos, ultravioletas y la mayoría de los rayos visibles que emanan del arco.

Al escoger los lentes para soldar, es importante tener en cuenta la reputación del fabricante y su práctica con equipos para soldar.



Careta



Protector

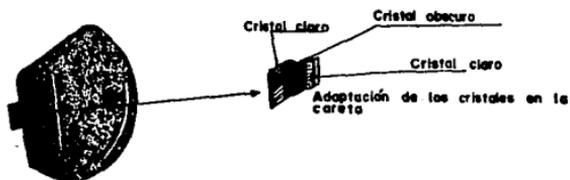
Además saber qué tipo de soldadura se va a utilizar, para basarse en -- pruebas hechas con lentes y escoger el apropiado.

En la siguiente tabla se marcan los tonos del cristal de la careta de acuerdo al tipo de soldadura que se emplee.

| Operación | | |
|-----------|---|-------|
| 1 | Soldadura blanda. | 2 |
| 2 | Soldadura fuerte. | 2 |
| 3 | Corte con oxígeno: hasta 1" 25 mm 0" (19 cm) o más. | 3 |
| 4 | Soldadura oxígeno: hasta 1/8" 3 mm 1/8" a 1/2" 1/2" (12.7 mm) o más. | 4 |
| | | 5 |
| | | 6 |
| 5 | Soldadura eléctrica convencional Electrodos de 1/16" 3/32" 1/8" y 5/32" 3/16" | 10 |
| | | 12 |
| 6 | Soldadura eléctrica gas tungsteno (no ferroso) Soldadura eléctrica gas cianuro (no ferroso) 1/16" 3/32" 1/8", 5/32" | 11 |
| | | 11 |
| 7 | Soldadura eléctrica gas tungsteno (ferroso) Soldadura eléctrica gas cianuro (ferroso) 1/16" 3/32" 1/8" 5/32" | 12 |
| | | 12 |
| 8 | Soldadura con hidrógeno atómico. | 10-14 |
| 9 | Soldadura con arco de carbón. | 14 |

Tabla para la elección del tono del lente.

El lente de careta ó protector está protegido contra el efecto de las salpicaduras del metal fundido y contra la ruptura por un cristal transparente.



Delantales de Cuero.

Durante el procedimiento de soldadura al arco, algunas chispas y glóbulos de metal fundido son lanzados por el arco; es por ello que se debe de proteger el cuerpo de probables quemaduras, para evitar dichas quemaduras, es aconsejable que el soldador use un delantal de cuero, además de polainas, mangas, y guardapiernas de cuero ó de cualquier material que resista el fuego como el asbesto.



Delantal de cuero



Mangas de cuero

Gautes.

Se usan preferentemente de cuero, para proteger las manos de algún toque-eléctrico, salpicaduras, chispas y en ocasiones cuando por descuido se llega a tocar la soldadura ó el trabajo estando caliente.



Polainas de cuero



Gautes de cuero

Suministro de Corrientes para la Soldadura al Arco.

La soldadura al arco requiere un suministro continuo de corriente eléctrica, en cantidad suficiente y de voltaje apropiado. El voltaje a través del arco - tendrá una variación desde unos 15 voltios hasta 45 voltios cuando se esté trabajando; esta variación se debe al cambio de condiciones del arco; mientras que la corriente variará entre los 20 a 25 amperes, y en algunos casos variará tanto como de 600 a 800 amperes; estas variaciones tanto de voltaje como de amperaje se dan tanto en corriente continua como en corriente alterna.

Por regla general se requiere de un generador, transformador ó rectificador- (planta) para soldar; dicho equipo deberá de satisfacer diversas condiciones de voltajes, ya que los trabajos a soldar serán muy variados como por ejemplo:

Soldar láminas de calibres delgados y gruesos, además las diferentes posiciones en que se realizarán dichas soldaduras (de manera vertical, horizontal ó sobre-cabeza) para soldar aceros con diferente límite de fluencia, para soldar bajo la acción del viento y en lugares encerrados.

Como vemos debemos preferir el generador que satisfaga todas estas condiciones.

Ahora bien como lo dijimos anteriormente las máquinas para soldar pueden ser:

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

Naturalmente estos equipos se pueden conseguir en el mercado nacional, en diferentes tamaños, presentaciones y calidades.

A continuación describiremos a los equipos mencionados.

Convertidor de corriente continua.

Es una máquina que consta de un motor trifásico y alimentado con corriente alterna de red (220 ó 440 volts), un generador de corriente continua, un excitador (todos acoplados en el mismo eje) y un equipo de control.

Los generadores de corriente continua se usan mucho en obras de edificación, - navales, así como en oleoductos, gaseoductos y en aplicaciones especiales que por exigencias del trabajo se necesite laborar en lugares reducidos, demasiado calurosos y en donde la humedad pueda poner en peligro la seguridad del operario; éstas máquinas se pueden emplear para todos los tipos de electrodos y para toda clase de soldaduras.

En lugares donde no existe alimentación de red, se usan los mismos tipos de máquina de corriente continua; con la única diferencia que en vez de tener motor eléctrico para revolucionar el generador, se tiene un motor de diesel ó gasolina.

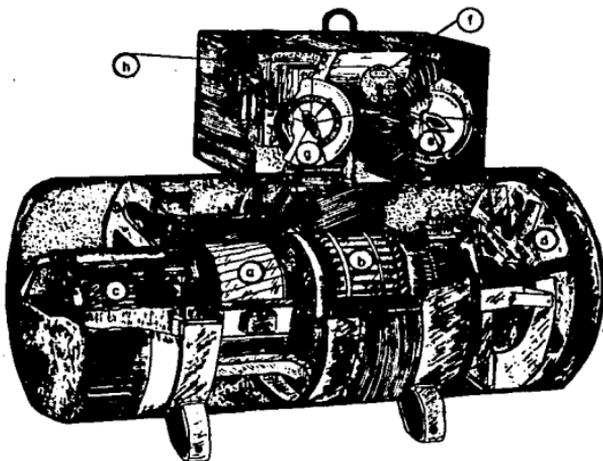
Todos los componentes que forman el convertidor son:

- a) Motor eléctrico trifásico.
- b) Generador de corriente continua.
- c) Excitador.
- d) Ventilador.

Todos éstos componentes se encuentran acoplados en la flecha del equipo.

El equipo de control es:

- e) Regulador de amperaje (selector de trabajo).
- f) Selector de polaridad (positiva, neutra y negativa).
- g) Selector de voltaje (selector de trabajo).
- h) Botón de encendido y apagado.



La manera de operar éste equipo es:

Cerrar el circuito de alimentación que va al motor el cual gira, así mismo el generador y todo lo que se encuentre sobre la flecha en que están colocados.

El arco eléctrico con este equipo es más estable que el arco eléctrico generado por corriente alterna, más adelante veremos y describiremos el demás equipo que se utiliza en la soldadura al arco eléctrico.

Transformadores de corriente alterna.

Es muy importante que citemos qué diferencia hay entre corriente alterna (c.a.) y corriente directa (c.d.) sin meternos mucho en cuestiones de electricidad.

La corriente alterna toma diferentes valores con respecto del tiempo, puesto que describe una onda senoidal, por tanto éste tipo de corriente tiene frecuencia; mientras que la corriente directa describe una trayectoria recta y por tanto no tiene frecuencia.

La corriente directa tiene aplicaciones donde se requieran voltajes pequeños.

Por ejemplo; en automotores y en la polarización de equipos electrónicos, entre otros muchos casos.

La ventaja que presenta éste tipo de corriente, es que es más fácil su almacenamiento.

La corriente alterna tiene aplicaciones donde se requieran voltajes más altos- 120, 220, 440 volts, ésta corriente es la que suministra la Cfa. de Luz.

Los transformadores de corriente alterna, están formados de un núcleo de hierro, un devanado de entrada (primario), un devanado de salida (secundario) y un sistema de ajuste de la corriente.

Estas máquinas son las más sencillas en su estructura, además de ser las más baratas y las más ahorrativas, su mantenimiento es casi nulo, las pérdidas en vacío-reducidas y el efecto de sople del arco muy pequeño.

Las desventajas de éstos equipos, son muchas, puesto que no se puede soldar con todas las clases de electrodos, no en todos los sitios se puede emplear éste tipo de equipos, son los más utilizados comunente.

Funcionamiento.

Los transformadores cambian el voltaje y el amperaje que suministra la Cía. de Luz de tal manera que bajen el voltaje y suban el amperaje.

La relación que hay entre la cantidad de espiras (vueltas) en los devanados, se determinan las tensiones, es decir, con más vueltas en el devanado primario y menor el secundario, menor será el voltaje y mayor el amperaje de salida.

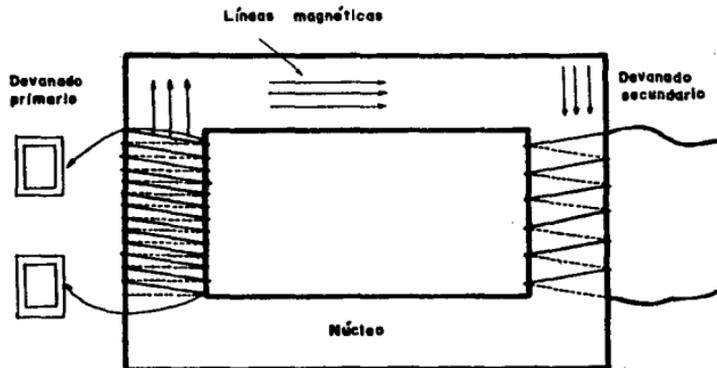


Fig. Corte esquemático de un transformador.

En la fig. se aprecia claramente la diferencia que hay entre los devanados primario y secundario.

Rectificadores de corriente de soldadura.

El rectificador es el medio por el cual se transforma la corriente alterna en corriente directa, haciéndola pasar por elementos rectificadores, los cuales permiten el desplazamiento de los electrones en un solo sentido.

Así con este tipo de equipo se ha conseguido la forma de obtener todo lo que un generador de c.c. puede ofrecer con las ventajas técnicas requeridas para la soldadura, además de las ventajas que representa un bajo costo de adquisición aunado a un bajo costo de mantenimiento.

La diferencia de un rectificador de c.a. a un transformador, estriba en que el primero posee un sistema de refrigeración (ventilador) y uno o más de dos rectificadores de silicio y el segundo no los tiene.

Puesta en operación la máquina de soldar el buen soldador debe de conocer el equipo que se va a emplear, y que estará a su cargo.

Lo primero que debe de saber es interpretar correctamente las características del equipo que están explicadas en la carcasa del mismo.

Así, podrá saber si el equipo es el adecuado para el trabajo que se va a efectuar, haciéndolo con la máxima seguridad y así mismo con la calidad requerida.

Las características antes mencionadas están impresas en una tabla, la cual cuenta con información básica como: voltajes, amperajes, ciclos de trabajo y fases.

Una vez conocidas las características del equipo, de los electrodos, y del metal base; se procede a conectar el equipo. Para ello es necesario conocer, la tensión que habrá en el lugar donde se conecte la máquina; si se desconoce la tensión del suministro, habrá que seguir el siguiente paso.

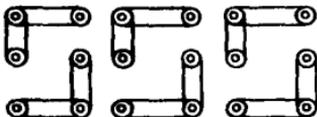
1.- Todas las máquinas llevan un bosquejo pegado en la parte superior indicando las posiciones de las cuchillas de voltaje.

XX

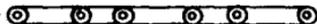
Ejemplo:

TIPOS DE CONEXIONES DE TENSION A LA MAQUINA

SOCIEDAD XXXXX DE C.V. ciudad XXXXX
 MODELO No. XXX C.D. Ref. No. XXXXX
 VOLTS 220-380-440 NUMERO FASES 3
 TIPOS DE CONEXIONES DE LA MAQUINA A LA
 CORRIENTE DE RED.



Posición de las láminas para conectar
 la máquina a 220 volts.



Posición de las láminas para conectar
 la máquina a 380 volts.



Posición de las láminas para conectar
 la máquina a 440 volts.

Ya conocidas las posiciones para cada tipo de voltaje se compara con las formas que adoptan las cuchillas de voltaje al estar conectadas, y así poner en posición congruente con el suministro a la máquina.

Ya conectado es muy importante utilizar el cable de calibre adecuado, en función del amperaje que se emplee y de la longitud de ellos, con el objeto de corregir la pérdida de corriente que se produce desde la máquina hasta el sitio donde se aplica la soldadura.

Para ello usaremos la siguiente tabla.

| AMPERES | DISTANCIA EN METROS | | | | | | | | | | |
|---------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 15 | 23 | 30 | 38 | 46 | 53 | 61 | 69 | 76 | 91 | 122 |
| 100 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 0 | 1 0 | 2 0 | 2 0 | 3 0 | 3 0 | 4 0 |
| 150 | 2 | 2 | 1 | 1 0 | 2 0 | 3 0 | 3 0 | 4 0 | | | |
| 200 | 2 | 1 | 1 0 | 2 0 | 3 0 | 4 0 | 4 0 | | | | |
| 250 | 2 | 1 0 | 2 0 | 3 0 | 4 0 | | | | | | |
| 300 | 1 | 2 0 | 3 0 | 4 0 | | | | | | | |
| 350 | 1 0 | 2 0 | 4 0 | | | | | | | | |
| 400 | 1 0 | 3 0 | 4 0 | | | | | | | | |
| 450 | 2 0 | 3 0 | | | | | | | | | |
| 500 | 2 0 | 4 0 | | | | | | | | | |
| 550 | 3 0 | | | | | | | | | | |
| 600 | 3 0 | | | | | | | | | | |

Tabla de calibres a usar para evitar pérdidas por longitud.

No está por demás decir que las terminales de los cables deberán de estar bien apretados a la planta.

Por si fuera poco haya que verificar que los cables de trabajo no se encuentren enrollados, ya sea solos formando una bobina ó arriba del generador; el caso es que pueden provocar efectos desfavorables en los campos magnéticos de la máquina.

Todos los cables deberán de estar bien aislados.

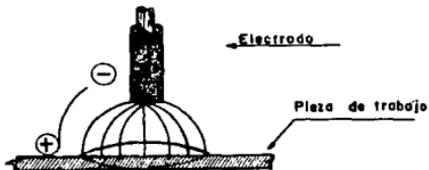
Polaridades.

Hay dos tipos de polaridades, que podemos obtener en la corriente continua, los cuales son:

- a) Polaridad directa ó negativa.
- b) Polaridad invertida ó positiva.

Polaridad directa.

Se le llama así a la polaridad cuando los electrones viajan del electrodo hacia la pieza; ésto se logra cuando se conecta el cable del porta-electrodo al polo negativo de la máquina (planta) mientras que el cable positivo se conecta a la planta, de tal manera que la corriente viaja siempre del polo negativo al polo positivo.



La característica de la corriente directa; es la formación de un arco extendido (amplio) la máxima aplicación la tenemos en soldaduras donde no es importante la penetración.

Polaridad invertida o positiva.

En este caso, se conecta el cable porta-electrodo al polo positivo de la máquina y el cable de la pieza al negativo.

La polaridad es muy importante porque se concentra el calor en el punto de aplicación, produciendo así una gran penetración; esta polaridad es llamada normal.

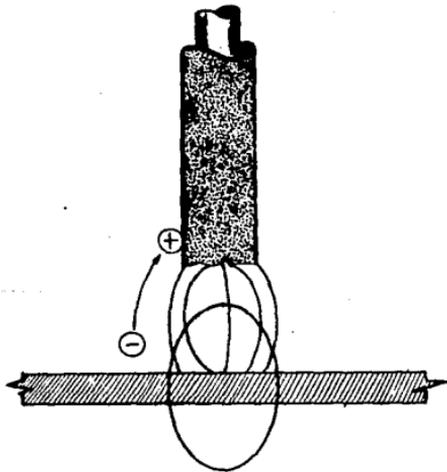


Fig. de electrodo conectado en polaridad invertida.

Polaridad intermedia.

En la soldadura lo ideal sería tener una polaridad intermedia, porque se harían cordones medianos en cuanto a penetración y altura; este tipo de polaridad se obtiene con la corriente alterna. Las desventajas de esta polaridad es la ausencia de soplo del arco en las piezas, además de no formar campos magnéticos.

La explicación de por qué es mayor o menor la penetración en las polaridades positiva ó negativa depende del sentido de la corriente (de los electrones).

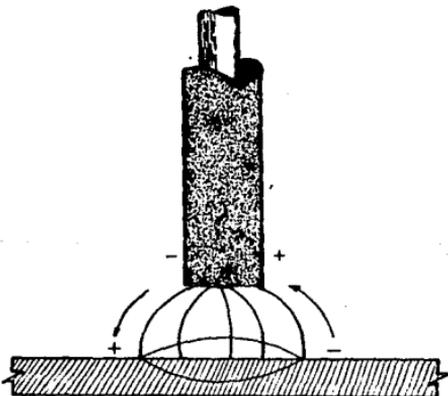


Fig. de electrodo conectado en polaridad intermedia.

Selección de los electrodos.

Electrodos Revestidos.

El procedimiento de soldado eléctrico por arco está caracterizado por la creación y el mantenimiento de un arco entre una varilla metálica denominada electrodo y la pieza que se va a soldar. El electrodo desempeña a la vez los papeles de conductor de la energía eléctrica necesaria para la fusión y de metal de aporte.

Los electrodos revestidos que son los usados actualmente, están constituidos por una alma metálica y un revestimiento. Al soldar, la fusión del revestimiento, que en general sigue a la del metal de aporte, forma sobre el baño de metal líquido una escoria metalúrgica. Entonces se producen las reacciones más complejas que dependen de la naturaleza del revestimiento entre la escoria y el metal fundido; reacciones de desoxidación, de desulfuración, de desnitruración, así como intercambio de elementos metálicos aportados en forma de ferroleaciones por el revestimiento.

Finalidad del revestimiento.

Las finalidades principales del revestimiento son las siguientes:

- 1.- Formación de un gas protector.
- 2.- Formación de una escoria protectora.
- 3.- Desoxidación del metal fundido.
- 4.- Estabilización del arco.
- 5.- Adición de elementos de aleación.
- 6.- Aglutinación de los ingredientes al electrodo.

El gas protector se consigue usualmente por la vaporización de los constituyentes orgánicos del revestimiento, siendo la celulosa el más importante; ésta engendra hidrógeno, monóxido de carbono y dióxido de carbono cuando se quema en el arco.

El hidrógeno puede producir grietas en la soldadura y se encuentran dificultades al soldar aceros con mucho azufre. La caliza, que se descompone en dióxido de carbono y óxido cálcico, sustituye a la celulosa cuando es necesario eliminar la presencia de hidrógeno. Hay también otros compuestos capaces de proporcionar una atmósfera protectora.

La escoria se forma a partir de otros constituyentes, tales como el dióxido de titanio, el óxido de hierro y la caliza. Al calentarse tienden a fundirse y cubren el metal de la soldadura con una capa de escoria no metálica que debe removerse.

El arco eléctrico de soldar se puede considerar como un horno eléctrico en miniatura, en el que el metal se funde y se afina, una fase importante de la fabricación es la desoxidación del acero antes de la solidificación; en la soldadura por arco se realiza como en el horno eléctrico, añadiendo ferromanganeso y ferrosilicio a los electrodos.

La soldadura es mucho más sencilla si el arco se mantiene estable, especialmente si se trabaja con corriente alterna. La estabilidad depende del número de iones conductores existentes en el arco, y, por ello, puede aumentarse añadiendo al revestimiento de los electrodos componentes fáciles de ionizar. Se usan frecuentemente compuestos de potasio.

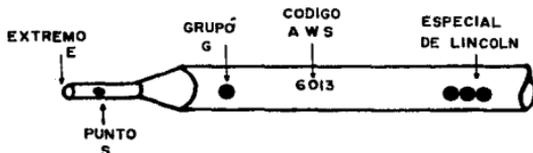
Cuando el metal de un electrodo es transferido a la soldadura se mezcla íntimamente con la escoria y tiende a alcanzar el equilibrio en ella. Si se añade al revestimiento elementos de aleación, bien como metales puros o como ferrolecciones, pasarán en parte al metal, modificando la composición de la soldadura sin necesidad de emplear un metal de soldar de composición especial.

Los componentes del revestimiento deben quedar, por supuesto, adheridos al electrodo. Para conseguirlo se emplean silicatos de sodio o potasio como cemento de la mezcla.

Identificación y clasificaciones de electrodos.

La manera más sencilla de identificar a un electrodo (aparte de leer la etiqueta de la caja, si es que se ha colocado en su caja correspondiente) es por medio del calor de su revestimiento y de un código de colores que ha sido establecido para los grandes grupos de la clasificación.

Ver fig.



El código de colores para la clasificación de los electrodos ha sido establecido por la NEMA (Asociación Nacional de Fabricantes de Productos Eléctricos). Las clasificaciones son establecidas por la AWS (Sociedad Americana de la Soldadura). La clasificación y el código de colores ayudan en la selección apropiada y en la identificación de los electrodos.

La clasificación de la AWS y la marca de cada electrodo es aquella bajo la cual ese electrodo está calificado. Aunque un electrodo puede llenar los requisitos de más de una clase, sólo puede ser clasificado en una de ellas. La tabla del sistema numérico de clasificación de la AWS muestra el significado de dicha clasificación.

Sistema Numérico de la AWS.

El prefijo "E" significa electrodo y se refiere siempre a la soldadura por arco eléctrico.

- a) Las dos primeras cifras de un total de cuatro, o las tres primeras de un total de cinco, indican la resistencia a la tracción del metal depositado en miles de lb/pg² (por 70.3 en Kg/cm²).
- b) La penúltima cifra indica la posición para soldar.
- E XXIX significa para todas las posiciones.
 - E XX2X significa posición plana y soldadura de filletes horizontales.
 - E XX3X significa posición plan únicamente.
- c) Las dos últimas cifras en conjunto indican el tipo de corriente a usar y la clase de revestimiento.

Muchos de los electrodos son similares entre sí, pero cada cual tiene ciertas características individuales que lo hacen mejor que otros para efectuar trabajos determinados. Por esta razón se acostumbra dividir a los electrodos en grupos de características básicas comunes que son:

Electrodos de Solidificación Rápida, cuya característica es la de depositar una soldadura que solidifica rápidamente. Esta característica es importante cuando existe la posibilidad de que la escoria o el mismo metal de soldadura se corre fuera de la junta, como sucede por ejemplo al soldar en posición vertical o sobrecabeza (E 6010 y E 6011).

Electrodos de Relleno Rápido, depositan rápidamente al metal de aportación. Podrían considerarse como el extremo opuesto de los de Solidificación Rápida (E 6024 y E 6027).

Electrodos de Relleno y Solidificación, cuyas características combinan en cierto grado ambas propiedades anteriores. Dentro de este grupo existen diferencias considerables; algunos electrodos son principalmente de relleno rápido con poca solidificación rápida, mientras que otros, al contrario, tienen menos tendencia a rellenar rápidamente pero sí una solidificación rápida considerable (E 6012 y E 6013).

Electrodos de Bajo Contenido de Hidrógeno, producen cordones resistentes al agrietamiento debajo del cordón, y a las grietas microscópicas, y tienen además una ductibilidad excepcional. Simplifican mucho los procedimientos de soldadura de los aceros difíciles de soldar y de los de aleación de alta resistencia a la tracción al reducir la necesidad de precalentamiento (E 6016 y E 7016).

En la tabla siguiente se presentan los electrodos más usados y sus características.

| SISTEMA AWS | TIPO DE CORRIENTE | POLARIDAD | CONTENIDO DEL REVESTIMIENTO | PROP. DEL REVESTIMIENTO. | PENETRACION. | DEPOSITO |
|-------------|-------------------|-----------|--|---|--------------|----------|
| E XX10 | CD | (+) | Alto cont. de mat. orgánica | Solidificación rápida. | Grande | Delgado |
| E XX11 | CD CA | (+) | pulpa de algodón o madera (celulosa). | | | |
| E XX12 | CD CA | (-) | Alto cont. de óxido de rutilo ó titanio (escoria). | Relleno y solidificación medianamente rápidos. Fluidos a alta velocidad de soldadura. | Media. | Medio |
| E XX13 | CA CD | (-) | | | Escasa | Medio |
| E XX14 | CA, CD | (-) | Hierro en polvo. | Relleno y solidificación rápida | Escasa | Grueso |
| E XX24 | CA, CD | (+) | Óxido de rutilo y Hierro en polvo 50%. | Relleno rápido (semejante a la automática) | Escasa | Grueso |
| E XX27 | CA, CD | (-) | | | | |
| E XX18 | CD, CA | (+) | Hierro en polvo 25%, molibdeno. | Bajo contenido de Hidrógeno. Reduce la necesidad de calentamiento previo. | Media | Grueso |
| E XX 18 | CD, CA | (+) | Hierro en polvo 25%, cromo-molibdeno y níquel. | | Media | Grueso |

Tabla de características de electrodos más usados en el mercado.

Elección de los electrodos.

Para la elección de los electrodos hay que considerar, no sólo su calidad, sino también las propiedades químicas y físicas de la pieza por soldar, la clase de corriente, la posición para soldar, el espesor de material por soldar, forma de la preparación de que a veces es posible lograr el mismo éxito aún apartándose de las reglas generales. Muchas veces la habilidad del soldador y sus conocimientos prácticos son de mayor valor que las consideraciones teóricas. A esto hay que agregar que a menudo el operario se ha acostumbrado a trabajar con determinadas clases de electrodos y puede ejecutar el trabajo con la debida seguridad y pericia. A medida que aumentan las condiciones que se exigen de las uniones soldadas, en general, y de la soldadura, en particular, disminuye relativamente el número de las clases de electrodos a elegir, de suerte que la elección puede efectuarse con mucho cuidado. De importancia decisiva son:

- Propiedades del metal base
- Posición de la junta
- Tipo de junta
- Cantidad de soldadura requerida
- Ajuste de la presentación de las piezas
- Tipo de corriente de que se dispone.

Generalmente, el proyectista fija la clase de electrodo a usar en cuanto a su resistencia únicamente, indicando en los planos el empleo de electrodos E 60XX ó E 70XX. Toca entonces al inspector de soldadura precisar definitivamente la clase del electrodo.

Se puede elegir primero el grupo de electrodos adecuados, y de éste el o los electrodos que reúnen las características operativas deseadas.

Electrodos empleados.

Los electrodos comúnmente empleados son los siguientes: E 6010, E 7010, E 6013, E 7018 y E 9018. Tanto en soldaduras de filete como de ranura se acostumbra depositar los primeros cordones con los electrodos E 6010 ó E 7010, dependiendo del tipo de acero: E 6010 para A 35 y E 7010 para A 242. Los cordones de relleno se depositan con E 6013 en acero A 36 y E 7018 en A 242; en algunas ocasiones se utiliza al E 7018 para acero A 36, sobre todo cuando se esperan fuertes contracciones del material. El electrodo E 9018 se utiliza para soldar juntas a tope en varillas de acero para refuerzo de alta resistencia, porque se ha visto que da magníficos resultados por su facilidad de manejo, buena ductilidad, gran rendimiento y facilidad para soldar este tipo de acero con un porcentaje alto de carbono (0.40% aproximadamente).

También se usan los electrodos: E 6011 cuando la fuente de abastecimiento no es de CC sino de CA, E 6012, E 6024 para grandes depósitos en posición plana-- y E 10018 ó E 11018 para varillas con alta resistencia especial.

Cuidado de los electrodos.

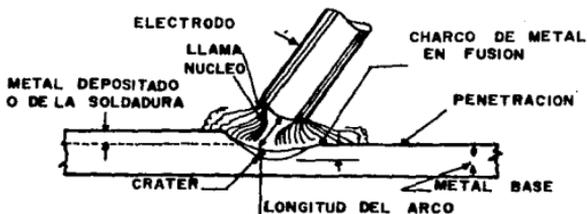
Los electrodos deben ser almacenados en lugar seco ya que la humedad afecta en parte la acción del revestimiento; se recomienda guardar las cajas de electrodos en un armario cerrado y exento de todo rastro de humedad.

Todos los electrodos que tengan recubrimiento de bajo hidrógeno se secarán durante por lo menos dos horas entre 232 y 260 °C antes de que se usen. Los electrodos que no se usan durante un término de cuatro horas (cuando la atmósfera es húmeda, este tiempo se tendrá que reducir) después de quitarlos de un horno de secado o de almacenamiento se volverán a secar antes de usarse. No se usarán los electrodos que se hayan humedecido.

CAPITULO IV
TECNICA DE LA
SOLDADURA

El arco eléctrico para soldar.

El arco eléctrico como ya vimos se establece entre el metal base y el electrodo, de tal manera que se funde el metal base que se halla en el paso del fhujo del arco, formando un charco de metal fundido; así parece que el metal fundido es empujado fuera del charco por el tiro del arco; de ésta manera se forma una concavidad en el metal base y se amontona metal fundido alrededor de los bordes de ésta concavidad, la que es conocida con el nombre de crater del arco, - la profundidad del crater nunca será inferior a 1.59 m.m.



Longitud de arco.

Es la distancia entre el extremo del electrodo y la superficie, sobre la cual se depositan los glóbulos fundidos. La longitud correcta del arco varía, según el tamaño y tipo de electrodos que se utilicen, el material que se desee soldar y la cantidad de grados de calor para soldar.

También podemos decir que la longitud del arco es directamente proporcional al voltaje y se pueden considerar 7 volts por cada milímetro del arco, por ejemplo: si se requiere un arco de 4 m.m. se utilizarán 28 volts; porque $7 \text{ volts} \times 4 \text{ m.m.} = 28 \text{ volts}$ (a ésta conclusión se ha llegado basándose en experiencias de campo).

Además la separación (longitud de arco) debe ser aproximadamente igual al diámetro del electrodo, por ejemplo un electrodo de $1/4''$ deberá tener una longitud de arco de $1/4''$ (ésta separación también es en base a experiencias de campo).

Si en la operación de soldar con electrodo protegido o revestido, se mantiene un arco muy corto, no habrá calor suficiente para obtener la fusión homogénea entre el metal base y el metal que se deposita; esto se debe a que el metal se funde muy rápido, pero el revestimiento no; además, el electrodo se pegará frecuentemente a la pieza, produciendo cordones irregulares que pueden adolecer de falta de fusión, de gran número de porosidades e inclusiones, y de escoria. Lo anterior es lo opuesto a la operación de soldar con electrodo sin revestimiento, donde se requieren arcos cortos para no dar oportunidad a que el metal fundido se mezcle con los gases de la atmósfera (oxígeno y nitrógeno).

Corriente apropiada.

En la soldadura el amperaje se elegirá con base en el tipo de junta, espesor del material base, posición de la junta a soldar y el diámetro del electrodo.

Normalmente para el ajuste del amperaje se consideran tanto amperes como milésimas de pulgada tenga el diámetro del electrodo.

Ejemplos:

Un electrodo de $1/4$ " de diámetro que son 0.250 pulg. = 250 milésimas de pulgada, se pueden utilizar 250 amperes.

De acuerdo con el tipo de trabajo se elevará o disminuirá el amperaje de estos valores (amperaje más bajo para piezas livianas y amperaje más alto para piezas más pesadas, igual regla para posiciones de soldadura), la posición vertical necesitará menor intensidad que la posición plana.

Casi todos los fabricantes de electrodos dan un ajuste de amperaje en sus catálogos ó en las cajas donde empaican los electrodos.

Desviación del Arco.

También llamado soplo del arco; éste hecho se presenta cuando el flujo del arco tiende a oscilar fuera de su curso determinado; esto se debe a que durante el procedimiento de soldadura pasa una corriente a través del electrodo, posteriormente pasa a través del flujo del arco, y después del metal base; originando así, campos magnéticos alrededor del electrodo. La combinación de estos campos magnéticos sobre el flujo del arco pueden hacer ocasionalmente que el flujo se salga de su trayectoria. Otro de los casos donde puede ocurrir este soplo ó desviación del arco se dá, cuando se enrolla parte del cable, con el que se está utilizando arriba de la pieza que se está soldando, ver fig.



Control del Soplado del Arco.

En la soldadura el soplado del arco puede perjudicar la calidad del material depositado y del material base, para poder controlar el efecto del soplado es necesario hacer una buena conexión a tierra con la pieza de trabajo; inclinar el electrodo y/o efectuar el avance de la soldadura en el sentido de la desviación del arco.

La mejor opción entre todas las que mencioné es el cambiar (si es posible) la corriente continua a corriente alterna, ver la siguiente figura



Velocidad de avance.

Cuando se hace una soldadura a gran velocidad, se presentan problemas de fusión con el material base, problema de penetración, además de que se impide que los gases e impurezas se disuelvan; esto es se quedan atrapados en el alma de la soldadura cuando ésta se enfría.

Una de las maneras con las que podemos detectar la alta velocidad, es la forma que presenta el cordón cuando va siendo depositado; la cual será delgada o esbelta; es decir, a mayor velocidad menor será el charco y por ende la fusión y a menor velocidad mayor será el charco y por ende la fusión.

Normalmente conviene avanzar a la misma velocidad de tal manera que el cordón tenga dos veces el diámetro del electrodo usado.

Por ejemplo un electrodo de 50 mm. deberá dejar un cordón de 10 mm.

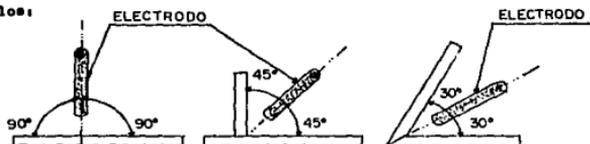
Aunque esto varíe según las condiciones que se tengan para llevar a cabo la soldadura.

Posición del electrodo.

En la soldadura se deben de respetar ciertas normas, entre las cuales está la de mantener en un ángulo correcto el electrodo.

La regla general es de poner el electrodo a manera de vicecruz entre las piezas a unir.

Ejemplos:



Selección del tipo de junta y soldadura.

El tipo de junta depende de la forma en que se presenten los miembros para su unión y el tipo de soldadura depende de la forma de la preparación para el depósito.

En las tablas de las juntas precalificadas vemos una especie de clave, dicha clave está compuesta por letras o números que indican en primer lugar "tipo de junta", en segundo lugar y separado por un guión "espesor del material" en tercer lugar el "procedimiento de soldadura" y en cuarto lugar el "tipo de soldadura".

Véase las letras o números que integran a cada especificación de los reglamentos.

Tipos de Juntas.

- B.- Junta a tope
- C.- Junta en esquina
- T.- Junta en "T"
- L.- Junta en traslape
- E.- Junta en orilla

TIPOS DE JUNTAS

| | | |
|-------------|---|---|
| a tope |  | ⓑ |
| en T |  | Ⓣ |
| en esquina |  | ⓒ |
| de traslape |  | Ⓛ |
| de orilla |  | ⓔ |

Espeor del material base.

- L.- Limitado
- U.- No limitado

Procedimiento de soldadura.

- S.- Arco sumergido

Tipo de soldadura.

- 1.- De ranura rectangular.
- 2.- De ranura en V simple.
- 3.- De ranura en V doble.
- 4.- De ranura en bisel simple.
- 5.- De ranura en bisel doble.
- 6.- De ranura en U simple.
- 7.- De ranura en U doble.
- 8.- De ranura en J simple.
- 9.- De ranura en J doble.

| TIPOS DE SOLDADURA | | |
|--------------------|---|---|
| | simple | doble |
| fillete |  |  |
| ranura en V |  |  |
| ranura en bisel |  |  |
| ranura en V |  |  |
| ranura en U |  |  |
| ranura en J |  |  |
| ranura en u |  |  |

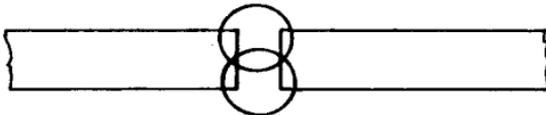
Junta de ranura rectangular ó tope cuadrada.

La junta a tope cuadrada es apropiada para todas las cargas usuales; este tipo de soldadura requiere de una fusión completa y especialmente cuando la carga es de naturaleza intermitente o que actúen esfuerzos continuos. El metal base para éste tipo de junta debe de ser de acero soldable.

El espesor de la placa o plancha que generalmente se usa es de 9.53 milímetros ó más delgado.

La preparación para la soldadura es sencilla, pues requiere solamente que se igualen los bordes de las placas a soldar.

Debido a su preparación tan sencilla la junta a tope cuadrada es de un reducido costo.



Junta a tope cuadrada soldada en ambos lados

Junta de ranura en V simple.

La junta a tope con chafilán en V es apropiada para todas las condiciones usuales de carga, se usa en placas de espesores mayores que la junta a tope cuadrada (9.53 milímetros ó más).

La preparación en sí es más costosa que la junta a tope cuadrada y por la condición geométrica que guarda ésta junta, se gasta más electrodo para conseguir la unión mediante la soldadura.



Junta de ranura en V doble ó X.

Esta junta es apropiada para todas las condiciones usuales de carga. Se utiliza para placas más gruesas que las requeridas por la junta a tope en chafilán en V y para trabajos donde se puede soldar por ambos lados. El costo de la preparación es mayor que la junta a tope con chafilán en V.



Junta a tope con bisel simple.

Esta junta es apropiada para todas las condiciones usuales de carga. Se utiliza para placas de 3 a 16 m.m. El costo de ésta junta es mayor que las soldaduras de ranura en V.



Junta de ranura en bisel doble.

Esta junta es apropiada para todas las condiciones usuales de carga. Su uso se restringe a placas de 16 a 40 m.m. de espesor. El costo de esta junta es más elevado que las anteriores.



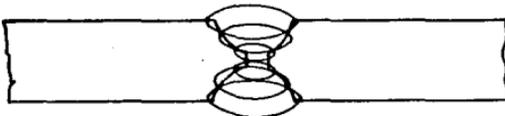
Junta de ranura en U simple.

Esta junta es apropiada para todas las condiciones usuales de carga; se usa para trabajos que requieran una alta calidad. Su uso se restringe a placas de 12.7 m.m. a 19.1 m.m. de grueso.



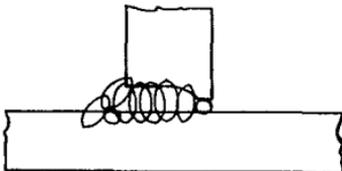
Junta de ranura en U doble.

Esta junta es apropiada para todas las condiciones usuales de carga; se usa en placas que tengan espesores mayores a 19.1 m.m. y en lugares donde se permita efectuar la soldadura por ambos lados. Esta junta requiere menos metal que la soldadura en U sencilla.



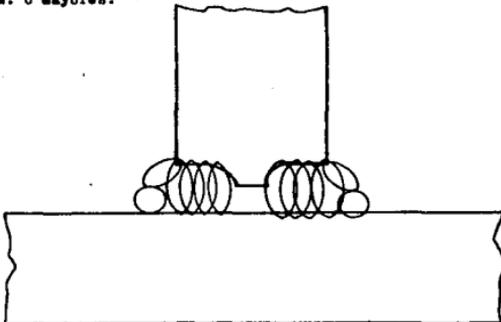
Junta de ranura en J simple.

Esta junta es apropiada para grandes cargas; aunque puede ser utilizada para placas de espesores comunes; generalmente se aplica a placas con más de 25,4 m.m. la soldadura se efectúa solamente por un lado; sin embargo, es importante que al terminar de realizar la soldadura, se coloque un cordón extra en el lado opuesto de la J.



Junta de ranura en J doble.

Esta junta es apropiada para cargas grandes en posición vertical pero en posición horizontal es adecuada para cargas excesivamente grandes. Se utiliza donde se pueda soldar por ambos lados; esta junta es adecuada para placas de 38.1 m.m. ó mayores.



TIPOS DE JUNTAS EN SOLDADURA (PLACAS)

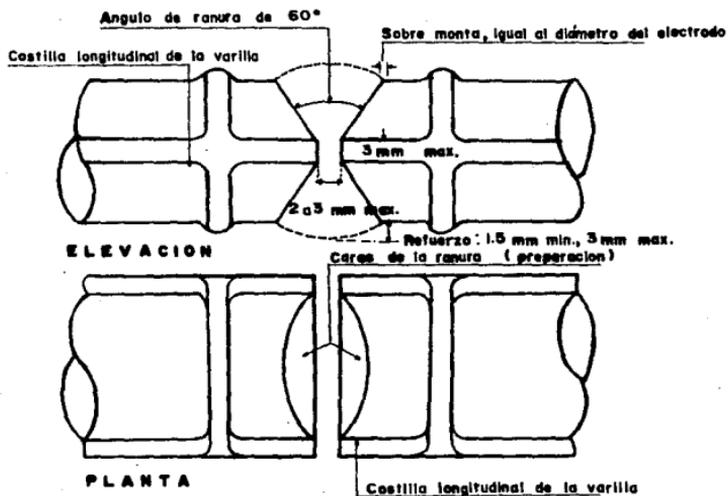
| DENOMINACION | SIMBOLO | TIPOS DE UNIONES | |
|-------------------------------------|---------|-------------------------------|---|
| Costura en reborde | | | Tipo de uniones de uso en constr. de bidones etc. |
| Costura en "I" | | de 6 a 20 mm | |
| Costura en "V" | | de 3.20 mm a 6 mm | |
| Costura en "Y" | | de 0.20 mm a 3 mm | |
| Costura en soporte | | desde 6 mm a mas de 10 mm | |
| Costura en "X" | | de 4.0 mm a 16 mm | |
| Costura en doble "Y" | | de 4.0 mm a 16 mm | |
| 1 Costura en doble U 2 Costura en U | | de 3 mm a mas de 30 mm | |
| Costura en "HV" | | de 3.16 mm a 4 mm | |
| Costura en "HY" | | de 3.16 mm a 4 mm | |
| Costura en "K" | | de 4.0 mm a 16 mm | |
| Costura en "K" a tope | | de 4.0 mm a 16 mm | |
| Costura en "J" | | de 3 mm a mas de 16 mm | |
| Costura en doble "J" | | de 3 mm a mas de 30 mm | |

Juntas a tope en varillas.

La soldadura de varillas de acero para refuerzo de concreto se presenta comúnmente en puentes como en edificios es por ésto, que en México es muy usada, y de ahí su importancia.

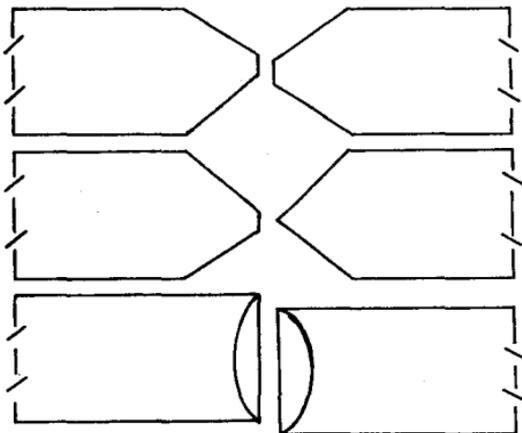
Veamos como se hacen las preparaciones recomendadas.

- 1.- La preparación se hará de manera que las costillas longitudinales paralelas al eje de la varilla coincidan con la cara de la raíz (hombro de la preparación).



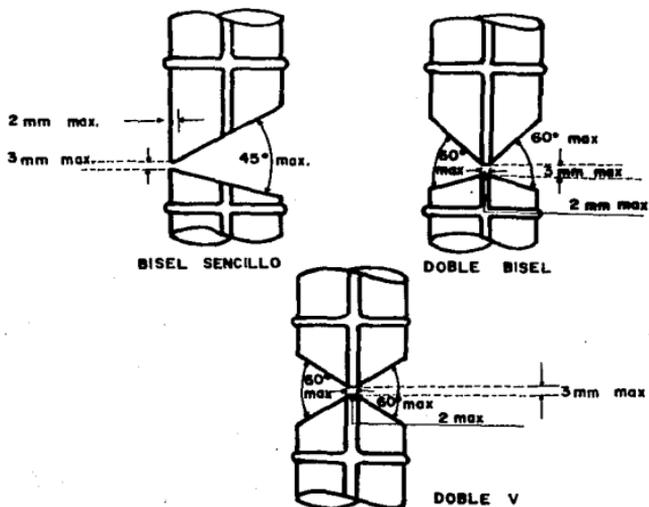
- 2.- Los cortes de los biselados podrán hacerse con oxiacetileno o sierra, siempre y cuando el laminado sea en caliente; si las varillas son torcidas - en frío (TOR), únicamente se permitirá cortar con sierra.
- 3.- El ángulo de la ranura será de 60° como máximo. La cara de la raíz será de $\frac{1}{16}$ in. La separación en la raíz será de 2 a 4 mm., dependiendo del diámetro del electrodo y amperaje usado.
- 4.- Antes de soldar se alinearán perfectamente las varillas, de manera que sean colineales los ejes de los tramos por unir, siendo muy importante la coincidencia de las caras de la raíz (hombros). En caso de no tener pareja la junta, se puede arreglar ésta por medio del esmeril manual.

Se ilustran a continuación los tipos de juntas prohibidas.

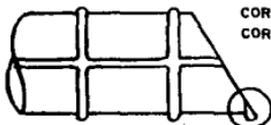


Las superficies por soldar deberán estar limpias y libres de óxido, pintura, cemento o cualquier otro material extraño.

A continuación se muestran tres alternativas de preparaciones para varillas colocadas verticalmente. La preparación en bisel sencillo sólo se usará cuando las condiciones de trabajo impidan usar las preparaciones en doble V o doble bisel.

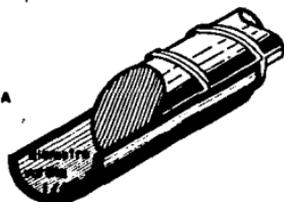


Generalmente cuando se está construyendo un edificio se prefiere soldar en el lugar, es decir, armar empleando los tramos normales, y presentar los extremos de manera que después se pueda hacer con las varillas una preparación en V y soldar en el lugar en posición plana. Para estos casos se deben seguir las siguientes recomendaciones para así obtener los resultados requeridos.



CORTE COINCIDENTE CON UNA CORRUGACION EN LA RAIZ.

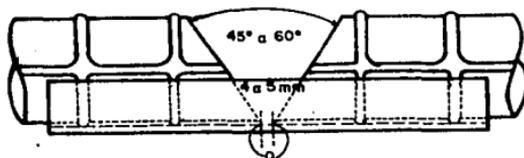
Se usará una placa de respaldo de cobre doblada en forma de "media caña", - que además servirá para el buen alineamiento de las varillas. El espesor de esta placa podrá ser de $1/4"$ a $1/2"$ para evitar su pronta distorsión.



PLACA DE COBRE EN "MEDIA CAÑA" PARA RESPALDO

$1/4"$ a $1/2"$

- 1.- Debido al respaldo podrá aumentarse la separación en la raíz y cerrarse el ángulo de la ranura, siendo la primera de 4 a 5 mm, y el segundo de 30° a 45° .



- 2.- No deberá haber separación entre la base de la raíz y la placa de respaldo.
- 3.- La placa de respaldo se utilizará para los primeros cordones, pudiéndose quitar después para emplearla en otras juntas.

El mayor peligro en este tipo de soldadura es una falta de penetración que bien puede evitarse al no dejar espacio entre la placa de respaldo y la base de la raíz, pues si lo hay, al soldar el primer cordón los gases tendrán salida por abajo dejando escoria y el peligroso defecto de falta de penetración.

Uniones de las varillas.

El reglamento del D.D.F. para diseño y construcción de estructuras de concreto dice en lo concerniente a uniones soldadas en varillas de refuerzo; toda unión soldada debe ser capaz de transferir por lo menos 1.25 veces la fuerza de tensión de las barras, sin necesidad de exceder la resistencia máxima de éstas.

Aún más se deben evitar uniones en secciones de máximo esfuerzo de tensión. Se procurará, así mismo que en una cierta sección cuando más se unan barras alternadas. Además se deberá comprobar experimentalmente su eficacia.

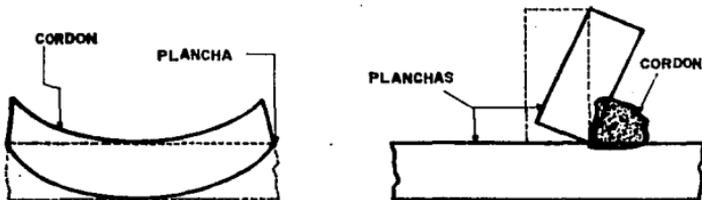
En una sección transversal no debe de unirse con soldadura más del 33% del esfuerzo. Sin embargo, cuando por motivos del procedimiento de construcción sea necesario unir más del refuerzo señalado, se admitirá hacerlo, con tal que se garantice una supervisión estricta en la ejecución de las uniones.

Expansión, Contracción y Esfuerzo.

Generalidades.

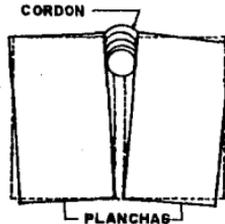
Las piezas de acero pueden ser combadas o torcidas cuando están sometidas al calor producido por el procedimiento de soldadura al arco eléctrico. Esto se debe a la dilatación del acero cuando se calienta, y se contrae cuando se enfría; la cantidad de expansión y contracción depende de los cambios de temperatura y las áreas que se consideran.

Supongamos que se deposita un cordón de unos 15 o 20 centímetros de largo sobre una placa perfectamente plana y que se deja enfriar. Al enfriarse el cordón tenderá a contraerse, y si la placa no es demasiado gruesa o no tiene nada que la sujete firmemente, se arqueará o doblará en la dirección del cordón. Un cordón depositado con un electrodo pequeño y corriente baja ocasionará que se tuerza o combe muy poco el material, debido a la pequeña cantidad relativa de metal que se calienta a una temperatura elevada.



Por otra parte cuando se deposita un cordón con un electrodo grande y con una corriente de calor elevado, de manera que se produce una penetración casi completa en la placa, se combará muy poco el material en la dirección indicada, debido a que el metal en el fondo es calentado también a una temperatura elevada.

Otro ejemplo es el de cuando dos piezas están soldadas una a la otra, en ángulo recto, con un cordón en un lado. Después de que se ha enfriado la soldadura se encontrará que las placas ya no forman un ángulo recto y que la soldadura ha jalado las piezas una hacia la otra en la dirección de la soldadura, como se muestra en la figura.



Cuando se sueldan dos placas, teniendo un espacio entre ellas con un electrodo desnudo o lavado, las placas tenderán a unirse según se va soldando. Esto se demuestra gráficamente en la figura anterior. La tendencia a juntarse dependerá de la rapidez con que se efectúe la soldadura. Generalmente, entre mayor sea la rapidez desarrollada, menor es la intensidad del efecto de unión.

Cuando dos placas tienden a juntarse, da resultados muy satisfactorios el recurso de conservar una cuña en la hendidura de unos 30 a 45 centímetros adelante de donde se vaya soldando. De ser posible se puede tener en cuenta la contracción separando las placas.

Para espesores comunes de placas, éstas deben quedar separadas aproximadamente como 3 milímetros por cada 30 centímetros de soldadura.

Si se aumenta aún más la rapidez al soldar, como cuando se usan electrodos de arco protegido, se separarán las placas mientras que se continúa soldando.

Cuando se han achaflanado dos planchas en forma de Y para soldarlas, con frecuencia sucederá que las planchas se levantan como se ve en la siguiente figura. Esto ocurre porque la abertura mayor queda arriba y sobre éste lado se deposita más metal fundido y se calienta una zona más ancha, en consecuencia ocurre mayor contracción.

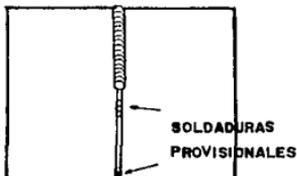
El total del torcimiento varía casi en proporción directa con el número de -- cordones, depositados; es por ésto que generalmente se prefiere terminar la soldadura con el menor número de cordones posible.

Si las placas o piezas soldadas pueden moverse libremente, generalmente habrá alguna deformación y es preciso evitarla o tomar medidas para disminuir el efecto.



Si la rapidez al soldar es grande, las placas tenderán a separarse mientras -- que se efectúa la soldadura; sin embargo después de que se han enfriado las -- placas, se encontrará que existe en los dos extremos de las mismas una tenden-- cia a comprimirse y en consecuencia el metal de la soldadura está bajo compr-- sión cerca de los extremos y en tensión cerca del centro en la dirección trans-- versal.

En la dirección longitudinal el metal de la soldadura y el metal de la placa al lado de la soldadura están bajo tensión.



Quando se efectúa la soldadura lentamente las placas tenderán a unirse mientras que se está soldando, pero se encontrará que, después de que la soldadura se ha enfriado, la dirección de los esfuerzos está en el mismo sentido - que se acaba de describir en el párrafo anterior.

Se deduce que los esfuerzos en una junta soldada pueden tener distintas direcciones y amplitudes, mientras se lleva a cabo la soldadura.

Recomendaciones.

Quando se trata de piezas pesadas es de preferirse alternar las soldaduras, es to es, colocar un cordón en un lado y enseguida en el otro sucesivamente. Esto tiende a evitar el torcimiento y equilibrar los esfuerzos.

Quando se teme que el torcimiento causará perjuicios es de aconsejarse que se haga un estudio del trabajo y se distribuyan las soldaduras en un orden tal - que limite a aquel hasta el mínimo.

La Soldadura Salteada.

Constituye un medio muy efectivo para evitar el torcimiento y disminuir los esfuerzos retenidos. Este método consiste en conservar las zonas de expansión lo suficientemente angostas y lo suficientemente cerca de las zonas de contracción para que tiendan a aminorar el esfuerzo ó a neutralizarse entre sí. Esto puede efectuarse haciendo una soldadura corta, entonces se salta un espacio, se hace otra soldadura corta parecida a la primera y se continúa así sucesivamente.

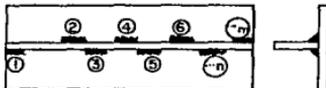
Cuando se efectúan soldaduras limítrofes como éstas, debe dejarse pasar tiempo suficiente entre una y otra para que la primera soldadura se haya enfriado lo suficiente y esté en contracción.

Método de Soldadura de Retroceso.

Es un método de distribución de las soldaduras que comprende un procedimiento de efectuar las soldaduras para ayudar a evitar la acumulación de esfuerzos y el torcimiento, consiste en dividir no solamente las soldaduras en secciones sino que depende también de que se haga la soldadura.

Las soldaduras pueden efectuarse en el orden indicado o pueden ser divididas por ejemplo, se pueden hacer las soldaduras en el orden progresivo de 1, 2, 3, 4, 5, 6, etc., ó, 1, 3, 5, 2, 4, 6, etc. Este último constituye un ejemplo del método "salteado de retroceso", que es una combinación de las soldaduras "saltadas" y "de retroceso". En el método de "salteado de retroceso", las soldaduras pueden hacerse siguiendo cualquier orden conveniente.

Otra manera de reducir el torcimiento o los esfuerzos es por medio de golpes; el calor representa otro método para reducir los esfuerzos.



Conclusiones.

- 1.- Se producen esfuerzos en las placas y secciones estructurales al laminarlas, cortarlas, formarlas, etc. El libramiento parcial de estos esfuerzos durante el tiempo en que se efectúa la soldadura, puede constituir el factor decisivo que determine el total final de torcimiento que vaya a ocurrir.
- 2.- El torcimiento y los esfuerzos producidos por la soldadura pueden quedar divididos en dos clases:
 - a) El torcimiento y los esfuerzos que ocurren mientras que se está efectuando la soldadura; éstos son pasajeros o temporales.
 - b) El torcimiento y los esfuerzos finales que permanecen después de que las piezas soldadas se han enfriado a su temperatura normal. Estas dos clases difieren bastante en magnitud y dirección, y las dos deben tenerse en cuenta al estudiar cómo se habrá de hacer una soldadura. El total de deformación o de torcimiento no constituye necesariamente una indicación del valor del esfuerzo, pues la deformación depende de la limitación en la distribución del esfuerzo y del flujo plástico.
- 3.- Siendo todos los otros factores iguales, un aumento en la rapidez de ejecución aumentará ligeramente el total del torcimiento.
- 4.- En las soldaduras de muchos cordones el torcimiento aumenta al aumentar el número de cordones.
- 5.- La soldadura de retroceso reduce el torcimiento y los esfuerzos retenidos. La soldadura saltada reduce el torcimiento y los esfuerzos retenidos, debido a que representa una distribución más uniforme del calor y la mayor rigidez de la costura durante el proceso de la soldadura.
- 6.- Es de preferirse siempre que la dirección de la soldadura sea apartándose del punto de sujeción y hacia el punto de mayor libertad. En otras palabras, súdense alejándose de una costura soldada, en ángulo recto a la soldadura.

- 7.- Las prensas ó tornillos de sujeción reducen el torcimiento y son más efectivas cuando se permite que las piezas soldadas se enfrien en las prensas; sin embargo, la prensa de sujeción no elimina el torcimiento por completo.
- 8.- El golpeo con martillo constituye un método efectivo para reducir los esfuerzos y corregir en parte el torcimiento o la deformación.
- 9.- Los esfuerzos pueden ser aminorados por tratamiento al calor.
- 10.- Los esfuerzos pueden ser aminorados por medio de cargas mecánicas.

CAPITULO V
DIVERSOS
PROCEDIMIENTOS

Observaciones Generales.

El procedimiento adecuado que debe seguirse para soldar distintos tipos de juntas, varía según el procedimiento de soldadura al arco que se emplee por ejemplo: la posición del trabajo, el material que se vaya a soldar y las exigencias físicas de la soldadura.

La rapidez con que se puede efectuar la soldadura y el costo de la misma, están restringidos a los factores antes mencionados.

Todas las soldaduras se agrupan para su fácil manejo en dos grupos; las soldaduras pueden pertenecer a uno o a ambos; los grupos son:

- 1.- Soldaduras producidas principalmente por el depósito de metal (soldaduras a tope en V, y las soldaduras en ángulo y de filete).
- 2.- Soldaduras producidas principalmente por la fusión del metal base (soldaduras a tope cuadradas, soldaduras de solapa y de canto).

El método más económico de efectuar una soldadura es el que representa una equiparación en dinero, entre:

- a) La preparación (como biselar ó achafianar y empalsar).
- b) Soldadura (comprende mano de obra, materiales y energía eléctrica).

La gran variedad de aplicaciones de la soldadura, no nos permite ofrecer procedimientos exactos para cada aplicación, debido a las variables que se presentan en cada trabajo (distintos tipos de soldadura, y distintas posiciones de trabajo).

Selección de electrodos.

La selección de un electrodo que sea el más apropiado para un requisito u objeto en particular y su correcta aplicación, dan como resultado un costo bajo de producción y un funcionamiento satisfactorio.

Para hacer la mejor selección posible es indispensable saber:

Las propiedades físicas requeridas.

Cuál es el tipo de junta de que se trata.

La posición en la que se habrá de hacer la soldadura, v. g., horizontal, vertical, sobre-cabeza.

Cómo el trabajo está preparado.

Los electrodos pueden clasificarse de distintas maneras. Por ejemplo:

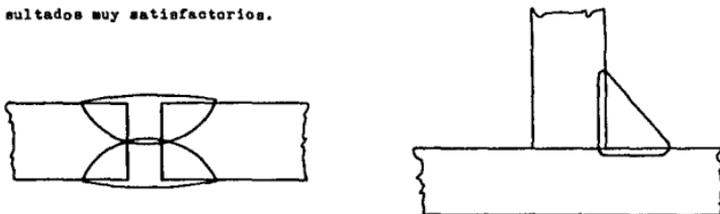
- 1.- Según características mecánicas, como la resistencia a la tensión, la ductibilidad.
- 2.- Según el método de utilizarlos, como la posición en la que se habrán de emplear, sobre la superficie plana, vertical, horizontal, por sobre cabeza.
- 3.- Según el tipo de la junta de que se trata, como en ángulo, de chanfle profundo.
- 4.- Según la forma del cordón, como por ejemplo, plano, convexo o cóncavo.

La forma del cordón constituye en sí un método común de clasificación, ya que las exigencias de operación o del servicio determinan la forma de la junta, de la cual forma parte el cordón.

Para mayor conveniencia designaremos estas clasificaciones como sigue: (1) el cordón liso o plano Tipo A; (2) el cordón convexo Tipo B, (3) el cordón cóncavo Tipo C.

Tipo A, para cordón liso o plano.

Correspondiente a un electrodo de utilidad general, ya que se le utiliza para una gran variedad de trabajos. Es apropiado para corriente continua con electrodo en positivo, es adecuado para usarse en todas las posiciones. Es apropiado para ángulos (filetes), ranuras profundas y todos los tipos de juntas en todas las posiciones. Tiene propiedades de penetración profunda, con resultados muy satisfactorios.



Tipo B, para cordón convexo.

El electrodo para esta clase de cordón es usado con corriente continua o con corriente alterna.

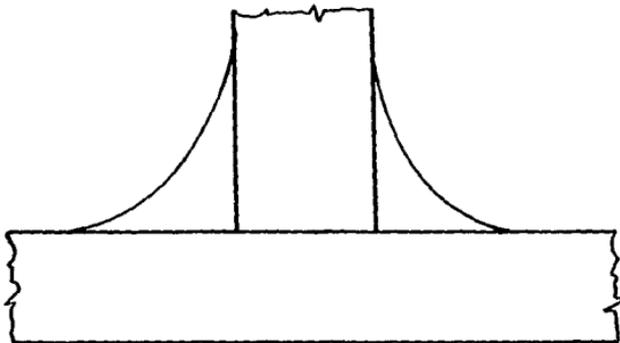
Puede ser utilizado para soldaduras en ángulo, de un solo cordón o de varios y puede ser usado para soldadura a tope de los tipos de chaflán en V o de chaflán en U. Debido a sus características de depósito se le utiliza para tapar aberturas en caños en donde las piezas han quedado mal ajustadas. Su penetración es poco menor que la del electrodo del Tipo A, es menos dúctil, se le utiliza cuando no se desea o requiere la dilución del metal base. Produce un cordón algo convexo como se indica en la figura.



Tipo C, para cordón cóncavo.

El electrodo puede ser usado con corriente continua o con corriente alterna. Solamente se le utiliza en la posición plana, es apropiado para condiciones especiales a 30 grados de la vertical, puede ser utilizado para soldaduras - en ángulo, este tipo es usado para juntas a tope de los tipos de chaflán en V o en U con una escoria gruesa que cubre la soldadura; produce un cordón - muy uniforme, ligeramente cóncavo y en algunos casos muy cóncavo.

Ver la fig.

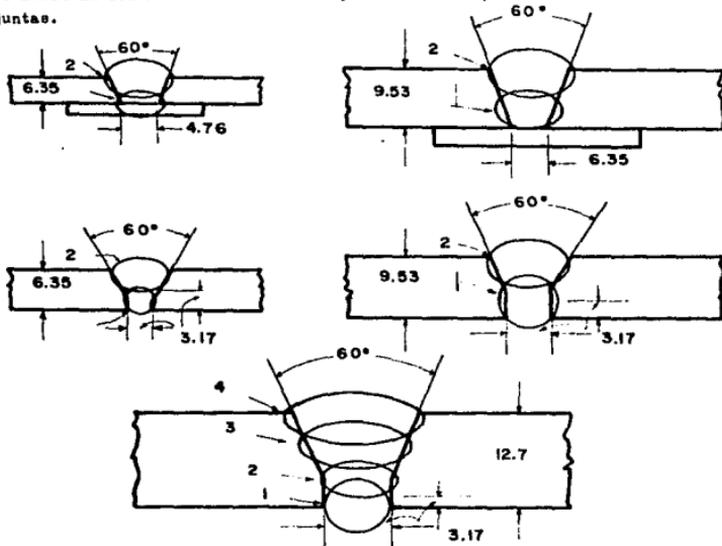


Se fabrican electrodos de este tipo para los tipos de acero de baja aleación y de alta resistencia a la tensión.

Procedimientos con los electrodos del tipo A (cordón plano).

Soldadura a tope sencillas, posición plana.- Este tipo de soldadura está dividido en dos clases, una de ellas que comprende los casos cuando es posible soldar por un lado solamente o cuando sólo se requiere una penetración de 50%; la otra que comprende los trabajos en los que es posible soldar por ambos lados - y en los que es de preferirse o es indispensable una penetración de 100%.

El procedimiento se muestra gráficamente en las figuras siguientes; en donde se muestran con números el orden en que se deben depositar los cordones en las juntas.



El éxito en hacer soldaduras en ángulo, lisas, con sus lados iguales y sin socavaciones o traslape, depende de varios factores que deben ser controlados mientras se efectúa la soldadura.

- 1.- Desviación del Arco.- Desviación magnética del arco con tendencias fuertes ya sea hacia adelante o hacia atrás, que impide que se efectúe una soldadura en ángulo buena. Con corriente alterna se tropieza con pocas dificultades en lo que se refiere a la desviación del arco; con corriente continua, deberá hacerse uno de los métodos bien conocidos para contrarrestar la desviación.
- 2.- La Longitud del Arco.- El revestimiento nunca debe tocar el metal fundido, pero sí debe quedar lo más cerca posible del mismo. Un arco demasiado largo causa socavaciones en la chapa vertical. Demasiada corriente causa la misma dificultad al igual que una soldadura rápida, se puede arrastrar el revestimiento sobre las chapas.
- 3.- En términos generales, el electrodo debe quedar dirigido hacia atrás en cualquier ángulo que forme más o menos 60 grados con la línea de la soldadura.
- 4.- Para obtener un cordón uniforme, lo más importante es cuidar la regulación del amperaje y la rapidez de ejecución de manera que la escoria se vaya formando sobre la superficie del cordón.

Electrodos del Tipo C para soldaduras con chaflán profundo.

Se fabrica especialmente para "juntas con chaflán en U" en posición plana - E6030.

La manufactura de estos electrodos permite su empleo con corrientes alternas o continuas.

Soldadura en posición plana.

Se requiere un arco un tanto más largo que el que se emplea con electrodos desnudos. Para la realización de la soldadura sosténgase el arco de modo que el voltaje del arco no llegue a ser menor de 30 voltios.

El amperaje utilizado varía según el espesor de la placa, el tamaño del electrodo, el tipo de junta, la posición del trabajo que se va a soldar.

En la siguiente tabla especificamos el mínimo y el máximo del amperaje con respecto a diversos tamaños del electrodo.

| Tamaño del Electrodo en Milímetros | Escala del Amperaje | |
|---------------------------------------|---------------------|--------|
| | Mínimo | Máximo |
| 3.17 | 75 | 130 |
| 3.97 | 90 | 175 |
| 4.76 | 140 | 225 |
| 6.25 | 190 | 250 |
| 7.94 | 250 | 400 |

Soldadura en posición vertical y sobre-cabeza.

Para soldar verticalmente, se debe comenzar en la parte inferior de la soldadura, constrúyanse unas capas salientes, tejiendo de lado a lado y abarcando todo el ancho de la soldadura o del chanfle en V.

Para la mayor parte de los trabajos deben emplearse electrodos de 3.97 mm. Los de 4.76 mm. el voltaje del arco nunca debe ser menor de 25 voltios.

Para soldar por sobre-cabeza, el electrodo se sostiene verticalmente y se hace oscilar el arco ligeramente. Cuando se trata de soldar chapas gruesas, hágase la soldadura con varios cordones angostos.

Procedimientos con electrodos del Tipo B (cordón convexo).

La utilización de electrodo del Tipo B, con características del cordón convexo, E6012 de resistencia a la tensión de 4220 Kg/cm^2 .

Polaridad: Directa, (electrodo negativo, trabajo positivo). Da buenos resultados también con corriente alterna.

Longitud del arco: Sosténgase un arco tan corto como sea necesario, de manera parecida al procedimiento de soldar con electrodos desnudos.

Corriente: Por razón de variaciones en el espesor de la chapa, varían los valores específicos del amperaje. Sin embargo, la siguiente tabla comprende las graduaciones útiles del amperaje y del voltaje del arco correspondientes a los diversos tamaños de electrodos. También se especifica un amperaje determinado que se recomienda porque es el que se usa comúnmente en la mayoría de los trabajos de la misma índole.

| Tamaño del Electrodo en m.m. | A m p e r a j e . | | | Voltaje del Arco. |
|------------------------------|-------------------|--------|-----------------------|-------------------|
| | Mínimo | Máximo | El que se Recomienda. | |
| 2.38 | 25 | 90 | 78 | 16 - 20 |
| 3.17 | 55 | 140 | 115 | 20 - 24 |
| 3.97 | 90 | 200 | 150 | 21 - 25 |
| 4.76 | 120 | 275 | 210 | 22 - 26 |
| 5.56 | 140 | 325 | 255 | 23 - 27 |
| 6.35 | 175 | 500 | 300 | 24 - 28 |
| 7.94 | 240 | 625 | 380 | 26 - 30 |
| 9.53 | 300 | 750 | 450 | 28 - 32 |

Procedimientos con electrodos del Tipo C (cordones cóncavos).

Para soldadura en ángulo (de filete).

Los procedimientos corresponden aelectrodo Tipo C con características del - cordón cóncavo. Especificación Número E6020 de la American Welding Society), para efectuar soldaduras en ángulo en posición plana.

Instrucciones Generales.

Este electrodo funciona con corriente alterna o continua indistintamente. Si se emplea continua la polaridad debe ser directa; (electrodo negativo, trabajo positivo). Las variaciones aproximadas de la corriente para las soldaduras en ángulo con una placa en posición vertical, son las siguientes:

| Tamaño del Electrodo en m.m. | Escala del Amperaje | | | Voltaje del Arco. | |
|------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------|-------------------|--------|
| | Mínimo | Máximo con una Chapa en Vertical | Máximo | Mínimo | Máximo |
| 3.97 | 80 | 160 | 180 | 20 | 24 |
| 4.78 | 130 | 225 | 250 | 21 | 26 |
| 6.35 | 225 | 300 | 375 | 24 | 30 |
| 7.94 | 325 | | 500 | 26 | 34 |
| 9.53 | 425 | | 625 | 28 | 38 |

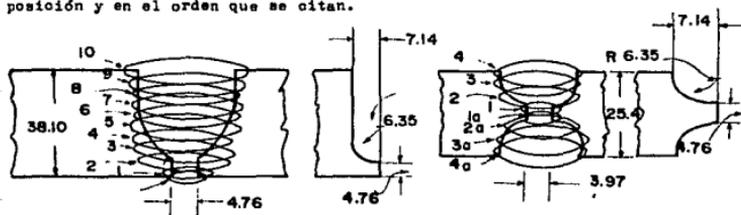
Para lograr los mejores resultados, la corriente exacta depende del espesor de la chapa, del ajuste del trabajo y del tamaño del cordón que se desea.

Cuando es posible inclinar las chapas de manera que se efectúe la soldadura en la posición plana, se pueden aumentar los amperajes máximos hasta más o - menos los valores indicados en la columna del máximo amperaje.

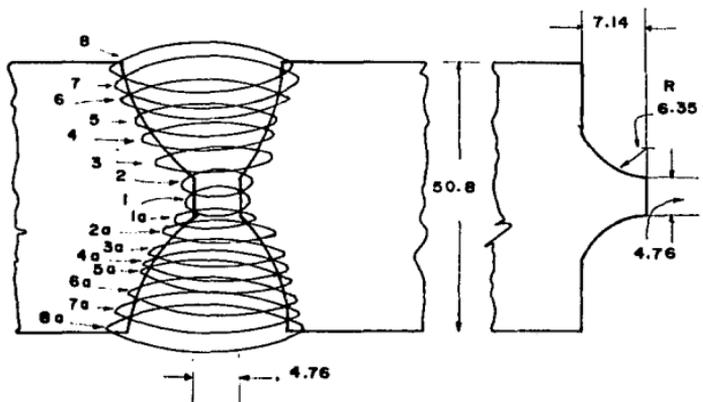
Soldaduras a tope en planchas gruesas, posición plana.

Los siguientes ejemplos son típicos y deben servir como guía, en términos generales para soldar planchas gruesas de diversos espesores.

Se deberá preparar el trabajo como se indica y depositar los cordones en la posición y en el orden que se citan.

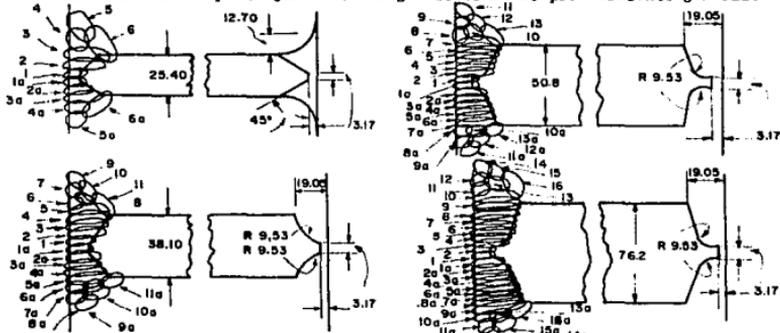


Con respecto a soldaduras a tope de 76.20 milímetros se deben biselar las planchas y montarlas como se indica en la figura.



Soldaduras a tope, en V, en juntas en T de planchas gruesas.

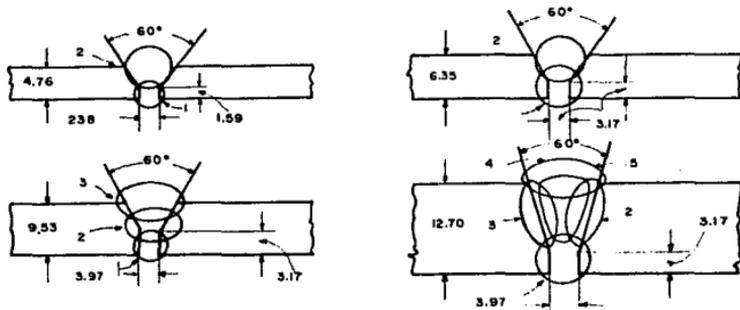
Al efectuar este tipo de junta debe seguirse el mismo procedimiento general.



Los ejemplos anteriores señalan diferentes espesores de placas acotados en - m.m.

Soldaduras a tope verticales.

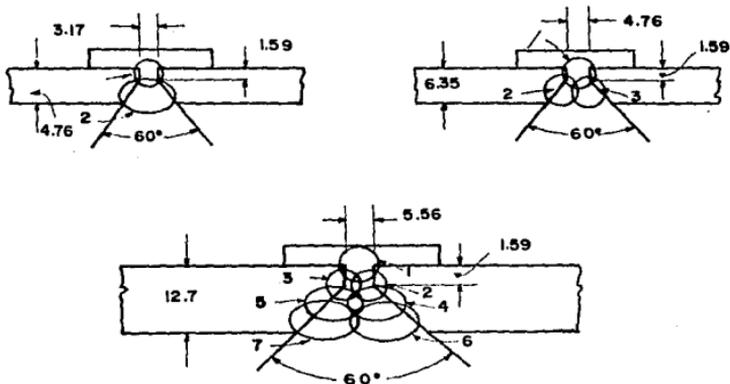
Se debe de seguir el procedimiento general.



Soldaduras a tope, posición sobre-cabeza.

En términos generales, la misma preparación, ajustes y amperajes que se emplean para soldar verticalmente, son los que se deben aplicar a las soldaduras por sobre-cabeza.

Algunas veces se efectúa el tejido, depositando cordones pequeños sobrepuestos, de un lado al otro de la soldadura, bajo el concepto de que es preciso conservar siempre el charco de metal fundido lo más pequeño posible. Debe tenerse el mayor cuidado de limpiar perfectamente toda la escoria del cordón antes de aplicar el siguiente. Si la pieza metálica que se está soldando es de dimensiones reducidas y por lo tanto propensa a calentarse con exceso al soldarla, es preciso dejarla enfriar antes de depositar el cordón siguiente. Aconsejamos se emplee una tira de respaldo al efectuar las soldaduras a tope, sobre-cabeza. Sin embargo, si se acercan las planchas a tope un tanto más de lo acostumbrado, puede llevarse a cabo la soldadura por sobre-cabeza sin requerir el empleo de una tira de respaldo.

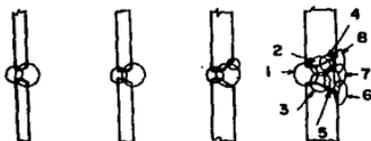


Soldaduras horizontales.

Las soldaduras horizontales pueden ser clasificadas como soldaduras en T, de Solapa y a Tope. La soldadura en T es igual a la soldadura en ángulo.

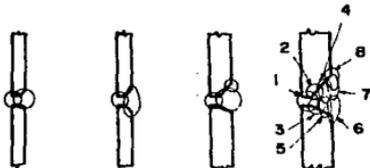
Cuando se bisela la junta, el procedimiento se parece a una combinación de las soldaduras vertical y en ángulo.

Dos tipos generales de biselado pueden usarse. Un tipo tiene un ángulo inferior de 20 grados y un ángulo superior de 45 grados, como se puede ver en las figuras siguientes.



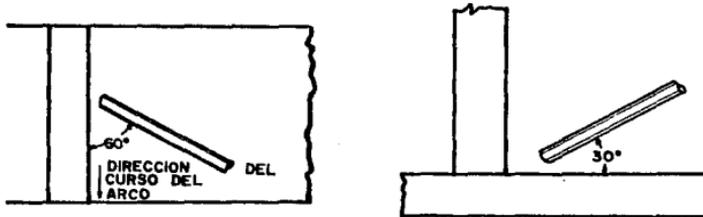
El segundo tipo de biselado está constituido por el ángulo usual de 60° con dos ángulos de 30° .

Si bien es algo más difícil de soldar que la junta achaflanada se emplea con más frecuencia debido a su mayor sencillez de preparación.



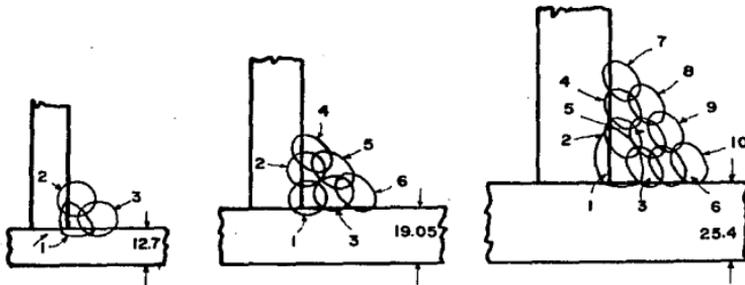
Soldaduras en ángulo (de filete) en posición plana.

Cuando se efectúan soldaduras en ángulo (de filete) en posición plana, se debe sostener el electrodo en la posición que aparece en la siguiente figura.



El ángulo formado por el electrodo y la plancha horizontal debe ser aproximadamente de 30° ; igualmente debe inclinarse el electrodo hacia la dirección de la soldadura para formar un ángulo de 60° con la plancha vertical.

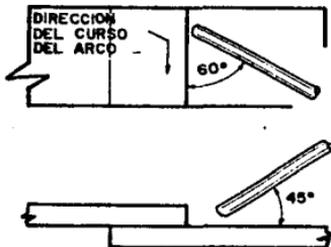
El curso del electrodo debe ser en línea recta. El arco debe ser un poco más - corto que para las soldaduras a tope. Debe dirigirse precisamente a la esquina - cuando las dos planchas son de un espesor igual. Cuando este no es el caso, se debe dirigir el arco, cargándolo un tanto sobre la plancha de mayor espesor, de modo que se calienten las dos planchas a la misma temperatura aproximadamente.



Soldaduras de solapa.

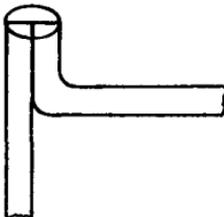
Existe muy poca diferencia entre las soldaduras de solapa y las de filete, con excepción de la correspondiente a la junta de solapa especial, que requiere un tipo de soldadura a tope. Para las soldaduras de solapa se debe ajustar el trabajo en tal forma que no quede ningún espacio perceptible entre las chapas que se van a soldar.

El arco debe concentrarse sobre la esquina superior de la plancha de arriba y moverse en línea recta.



Soldaduras de canto, en posición plana.

Los cantos deben quedar lo más juntos uno al otro que sea posible. Se debe sostener el electrodo perpendicularmente y moverlo a lo largo de la costura con el arco lo suficientemente corto para que se obtenga un cordón liso y redondeado.



Soldaduras de tapón o de cufia.

Constituyen un tipo especial de soldaduras de filete, las que se hacen fundiendo el metal de una plancha a los bordes de un agujero (generalmente redondo) - en otra plancha, así uniendo las planchas una a la otra; o las dos planchas - pueden tener agujeros, cuyos bordes se funden entre sí.

Los tipos específicos de soldaduras de tapón son los siguientes:

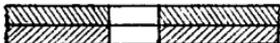
- 1).- De abertura redonda en una plancha solamente.



- 2).- De abertura achaflanada en una plancha solamente.



- 3).- De aberturas redondas en las dos planchas.



- 4).- De aberturas achaflanadas en las dos planchas.



Las soldaduras de tapón se usan con ventaja especialmente en aquellos casos que solamente se tiene acceso al trabajo por un lado, por ejemplo en las soldaduras de tapón casi no originan ningún torcimiento y por lo tanto, son de gran utilidad especialmente para la fabricación de planchas, en casos en los que se tropieza con dificultades debido a la deformación de las mismas.

El procedimiento que se sigue para efectuar las soldaduras de tapón es único en su género, ya que se cambia constantemente la dirección de la soldadura. Es preciso fundir completamente los bordes. La posición del electrodo en -- cualquier momento dado es la normal, es decir, con su inclinación acostumbrada de 30° a 60° . Es indispensable conservar el electrodo en su debida posición continuamente, encaminándolo dentro de su curso con suficiente rapidez para poder contrarrestar la formación de escoria en exceso.

Empléense electrodos de arco protegido con amperajes elevados. Los electrodos desnudos no dan resultados satisfactorios.

Para la soldadura con electrodos del Tipo B se aplica el procedimiento general como se vió con los electrodos del Tipo A. Nada más agregaremos algunos comentarios de amperajes correspondientes a diferentes tamaños de electrodos.

Electrodos del Tipo A para acero de alta resistencia a la tensión.

Se emplea para soldar acero de alta resistencia a la tensión que produce una soldadura de una resistencia de 5270 Kg/cm^2 E7010.

Instrucciones Generales.

Empléese la polaridad invertida, (el trabajo negativo, el electrodo positivo). Límpiese perfectamente cada cordón antes de depositar el siguiente, para así evitar los cráteres al final de la soldadura o cuando se cambian los electrodos.

Cuando se utiliza corriente continua se recomienda la polaridad positiva; sin embargo existen ciertas peculiaridades que frecuentemente se encuentran al soldar chanfles profundos, los que tienden a ocasionar la formación de cavidades en la superficie del metal depositado. Al soldar aceros que contienen cantidades mayores que las normales de manganeso, silicio, aluminio o segregaciones de escoria, con bastante frecuencia se encuentran agujeros en la superficie especialmente, en los primeros cordones de una soldadura de chanfle profundo. Bajo estas condiciones la utilización de la polaridad negativa por regla general hace desaparecer los huecos en la superficie.

En consecuencia cuando se utilice corriente continua, se obtienen mejores resultados.

Debe mencionarse que los agujeros que aparecen en la superficie debido a una atmósfera de desoxidación excesiva de la mitad del chanfle para abajo, se vuelven a fundir al depositar los cordones subsecuentes y no aparecen en la soldadura terminada.

Debe seguirse la práctica acostumbrada de limpiar la escoria antes de depositar el siguiente cordón. Sosténgase un arco bastante corto.

| Tamaño del Electrodo en m.m. | Escala del Amperaje | | | Voltaje del Arco | | |
|------------------------------|---------------------|----------|--------|------------------|----------|--------|
| | Mínimo | Promedio | Máximo | Mínimo | Promedio | Máximo |
| 4.76 | 175 | 200 | 250 | 24 | 28 | 30 |
| 6.35 | 275 | 330 | 375 | 29 | 24 | 37 |
| 7.94 | 375 | 425 | 500 | 34 | 40 | 44 |

Instrucciones Generales.

Los procedimientos que se pueden usar para depositar el primer cordón dependen de las facilidades con que se cuentan. En general, la calidad requerida de la soldadura y el ajuste de las piezas determina el procedimiento que habrá de seguirse.

Electrodos del Tipo C para el cordón final de las soldaduras.

El electrodo cuyo fin es el de constituir el cordón de acabado, que ofrece una escoria que cubre ampliamente el cordón.

| Tamaño del Electrodo en m.m. | Escala del Amperaje | |
|---------------------------------|---------------------|--------|
| | Mínimo | Máximo |
| 6.35 X 457.2 | 275 | 400 |
| 7.94 X 457.2 | 325 | 600 |

Los amperajes bajos se utilizan para chapas menos gruesas.

Estos electrodos pueden emplearse con polaridad normal o con la invertida, con corriente continua, o con corriente alterna. Sosténgase un cordón bastante corto, este tipo puede utilizarse para los cordones de acabado en ambos lados.

Electrodos del Tipo C para aceros de alta resistencia la tensión.

Poseen las características del cordón cóncavo, fabricados especialmente para soldaduras planas con chafán en "U" y que se utilizan para los aceros de baja aleación y de alta resistencia la tensión.

Instrucciones Generales.

Polaridad: Está fabricado para trabajar indistintamente. Debe seguirse la práctica adecuada de limpiar muy bien la escoria antes de depositar el cordón siguiente.

Sosténgase un arco bastante corto, pero no se permita que el reventimiento toque el metal fundido.

Las cifras siguientes pueden servir de guía al escoger los amperajes adecuados para soldar un trabajo determinado.

| Tamaño del Electrodo en W.S. | Escala del Amperaje | |
|---------------------------------|---------------------|--------|
| | Mínimo | Máximo |
| 4.76 | 180 | 230 |
| 6.35 | 300 | 360 |

CAPITULO VI
APLICACIONES
TIPICAS DE LA
SOLDADURA

Aplicaciones Típicas de la Soldadura al Arco Eléctrico.

El ejemplo de la soldadura al arco eléctrico representa una gran herramienta dentro de la Ing. Civil; aunque no solo se limita su uso a la Ingeniería, - sino tiene grandes aplicaciones dentro de la Industria. En la Ing. Civil han tenido como resultado la obtención de grandes economías y ha hecho posible - la obtención de piezas estructurales de formas y dimensiones caprichosas.

Tratar de describir por escrito ó gráficamente todas y cada una de las aplicaciones de la soldadura al arco; en cada una de sus fases; es labor imposible dentro de los límites de esta tesis.

Lo que se pretende a continuación es dar una visión panorámica de las aplicaciones de la soldadura al arco eléctrico dentro de la Ing. Civil.

Las estructuras donde es común el uso de la soldadura al arco eléctrico dentro de la Ing. Civil son:

- Puentes.
- Edificios.
- Estructuras complementarias a obras civiles.

Aunado a esto las instalaciones electromecánicas que complementan en muchas ocasiones a las Obras Civiles; también son construidas a base de soldadura - al arco eléctrico; es decir estamos rodeados de estructuras grandes ó pequeñas que son posibles gracias a este tipo de soldadura.

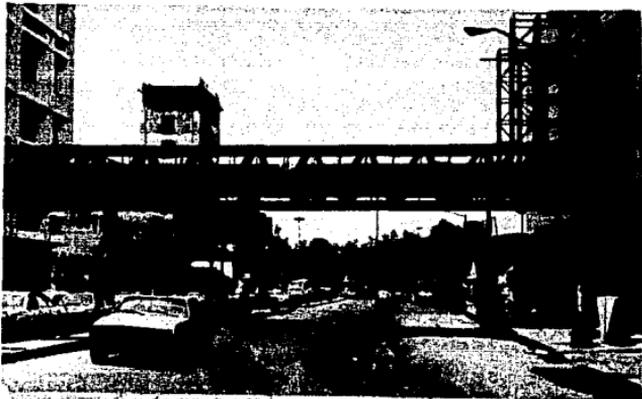
Puentes

Valiéndose de la soldadura al arco eléctrico, se ha construido un gran número de puentes de varios tamaños y estilos, ya sea para uso vehicular, peatonal ó de cualquier otra índole.

Cabe mencionar que se tiene la ventaja de dar mantenimiento a estructuras metálicas con la soldadura al arco eléctrico, porque facilita el intercambio de piezas metálicas ó el reforzamiento de las mismas.



Puente peatonal ubicado en Av. Francisco del Paso y Troncoso, el cual fué en
samblado en su totalidad en el sitio; en la fotografía se pueden observar -
los pasamanos, las escaleras y la estructura en general, los cuales han sido
soldados en el lugar.



Puente peatonal ubicado en V. Trujano en el Centro de la Cd. de México, aligual fué ensamblado en el lugar donde se construyó, abase de soldadura al arco eléctrico.

Edificios.

En los edificios se usa en gran medida la soldadura al arco, porque con ello se obtiene una máxima resistencia, rigidez y rapidez.

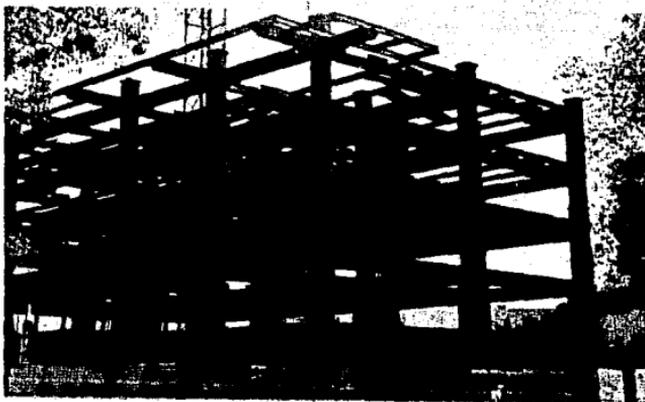
Otro factor que interviene en la utilización de la soldadura al arco eléctrico es el ahorro de tiempo; el cual repercute en lo económico y por ende es una gran ventaja.



Edificio de Paseo de la Reforma, propiedad de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH).

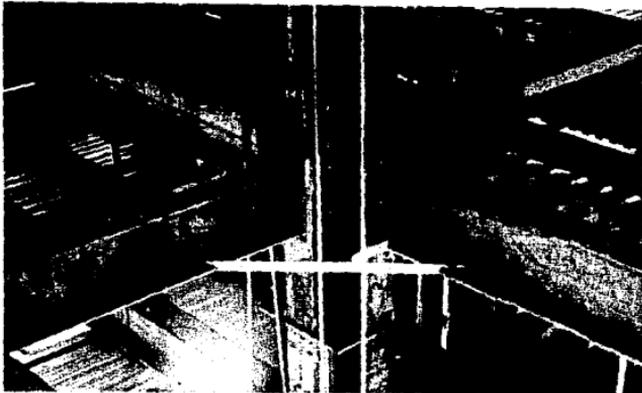
Este edificio se está reforzando, con elementos estructurales, metálicos efectuados con soldadura al arco eléctrico.

Aquí observamos un detalle muy importante, el cual es la opción que se tiene de substituir o reforzar con piezas ensambladas con soldadura del tipo ya mencionado.



Edificio en construcción ubicado en la esq. de Av. Insurgentes y Paseo de la Reforma de la Cd. de México.

En el edificio se aprecia que los elementos estructurales (vigas, columnas) fueron realizados en los talleres del contratista a base de soldadura al arco eléctrico y montados con tornillos y remaches en obra.



Fotografía de una unión ó nudo elástico de Edif. en Construcción ubicado en Av. Insurgentes y Paseo de la Reforma.

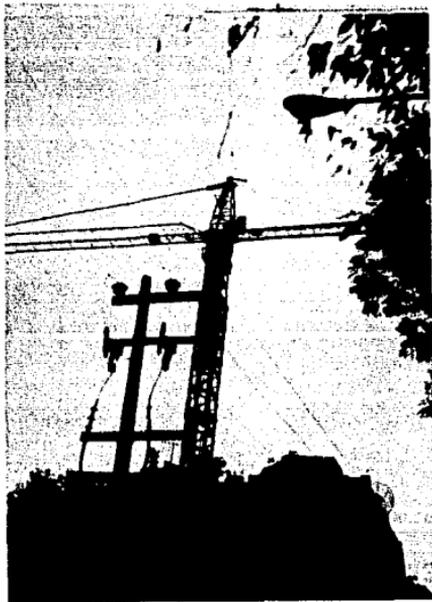
En esta fotografía se aprecia claramente, lo que enunciamos en el párrafo anterior acerca de la construcción y ensamble de las piezas estructurales.

Podríamos presentar más fotografías de construcciones en acero, como naves industriales, hangares, y almacenes; pero no tendría caso enunciar siempre lo mismo.



Fotografía del Conjunto Plaza Inn en la Cd. de México, se aprecia al fondo el edificio de la NISSAN.

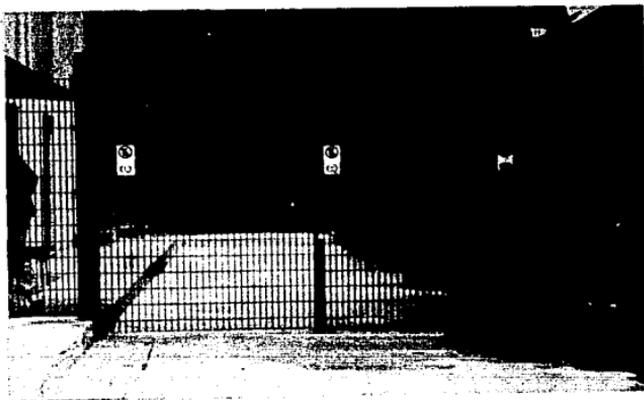
No solamente el uso de la soldadura se restringe a edificios construidos con acero estructural, sino a edificios que son construidos en concreto reforzado donde la soldadura al arco eléctrico lleva un papel preponderante en el armado de las piezas estructurales, tanto en la cimentación como en la estructura.

Grúas.

Fotografía de grúa utilizada en la construcción del estacionamiento general del Conjunto Plaza Inn, en la Cd. de México.

Este tipo de torre para su construcción se utilizan armaduras soldadas al arco eléctrico en sus juntas, dicho equipo es de gran ayuda para la culmina---ción de una obra civil por la versatilidad que resulta su empleo.

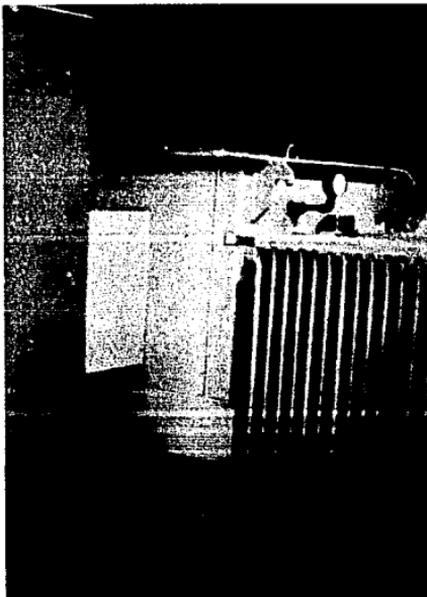
Otras de las aplicaciones de la soldadura al arco eléctrico ligadas a la Ing. Civil son las obras de acabados y protección que son parte fundamental de los inmuebles para su uso, entre los ejemplos que citaremos se encuentran los siguientes:



Fotografía de enrejado del Instituto Cultural Helénico ubicado en Av. Revolución en la Cd. de México.

En la fotografía se aprecia que la reja está construida con solera y postes de acero.

Entre las instalaciones que puede haber en los inmuebles encontramos las instalaciones eléctricas, caso típico son los transformadores, subestaciones y plantas de emergencia.



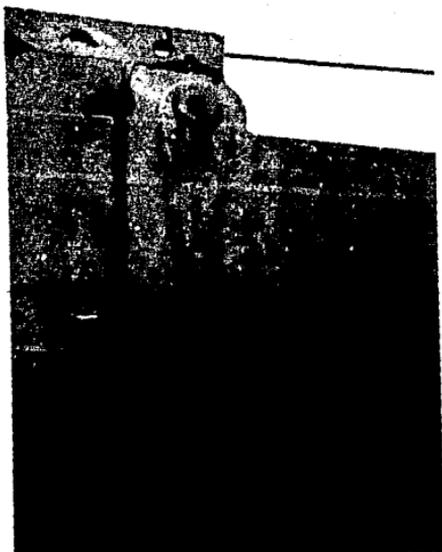
Fotografía de un transformador, en donde se aprecian las juntas de construcción del mismo, realizadas con soldadura al arco eléctrico.



Fotografía de junta de una planta de emergencia, en la fotografía se aprecian los cordones de ensamble de las piezas de la planta.

De los ejemplos de uso de soldadura al arco eléctrico en equipos de construcción, están los equipos para movimiento de tierras, (Bulldozer, retroexcavadoras, motoescrepas, motoniveladores).

De este tipo de equipos extraemos la junta de un cargador; en donde se apreciaba el uso de cordones para ensamblar las piezas del cargador.



Fotografía de la unión del brazo de un cargador.

De los vehículos, ligados a la Construcción de Obras Civiles encontramos, - las ollas de concreto, los camiones de volteo, las plataformas, las pipas.

Estos vehículos cuentan con chasis, cajas y elementos que son muy importantes para soportar la carga para la que están diseñados, realizados y/o unidos con soldadura al arco eléctrico.



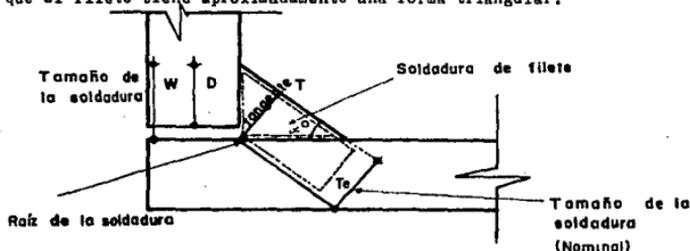
Fotografía de trailer plataforma a plena carga.

CAPITULO VII
APLICACIONES
A UN CASO
REAL

Geometría de la Soldadura.

En este capítulo entraremos al cálculo de soldaduras de filete y por ende debemos empezar por hacer algunas afirmaciones; conociendo la geometría del filete.

A continuación se muestra una figura en corte transversal en la cual se observa que el filete tiene aproximadamente una forma triangular.



De donde:

T - dimensión en la garganta.

D - dimensión nominal de la pata.

W - tamaño de la soldadura.

En la mayoría de los casos se hacen las dos patas iguales, pero éste no es necesario, ya que se pueden usar patas desiguales en ambos casos, las dimensiones en la garganta representan el área mínima para cortantes y se calcula generalmente como:

$$T = D \cdot \cos \alpha$$

comúnmente $\alpha = 45^\circ$

y se tiene:

$$T = D \cdot \cos 45^\circ$$

$$T = D \cdot 0.70711$$

De donde:

T - garganta de la soldadura.

Cuando se utiliza el proceso de arco metálico sumergido, la cantidad más -- grande de calor que se introduce, produce una penetración más profunda y se permite una dimensión de garganta efectiva más grande.

Los valores de la resistencia permisible por unidad de longitud de soldadura se establece en forma más adecuada en términos del tamaño de la soldadura, W, aunque estén determinados por el esfuerzo resultante en la garganta.

Algo que es muy importante mencionar es que los tamaños de las soldaduras se indican con valores múltiples de 1/16 de pulg.

El diseñador tiene opciones para proporcionar una soldadura de filete que - transmita una carga "P" en una conexión dada; el principio básico estático - se basa en la siguiente ecuación:

$$P = FR \cdot F_y (b \cdot h)$$

$$P = FR \cdot F_y (A)$$

De donde:

P - fuerza ó carga.

FR - coeficiente de seguridad.

F_y - límite de fluencia del metal.

A - área normal a la fuerza P.

y el principio básico estático de igualación se basa en la siguiente ecuación:

$$(0.707t) D (0.3 F_u) \leq t \text{ parte } (FR \cdot F_y)$$

De donde:

D - dimensión nominal de la pata.

F_u - resistencia del electrodo.

t parte - espesor de la placa ó parte a soldar.

FR - coeficiente de seguridad (reglamentos).

F_y - límite de fluencia del metal base.

Es necesario antes de hacer cálculos conocer restricciones y reglas que tengamos que seguir para poder diseñar con buen criterio cada soldadura que se haga.

A continuación se enuncian algunos posibles puntos.

-Consideraciones.

La junta a tope se considera con eficiencia del 100% (con total penetración).

-Esfuerzos permisibles.

-Es probable que la junta esté a tensión directa.

-La resistencia del diseño de las soldaduras es igual al producto de $FR \cdot FMB$ y $FR \cdot F_s$ donde FMB y F_s son, respectivamente las resistencias nominales del metal base y del electrodo.

-Las soldaduras deben ser capaces de soportar un número grande de repeticiones de carga durante su vida útil.

-Si en una junta se combinan dos o más soldaduras de tipos diferentes, la resistencia de diseño de la combinación se determina calculando por separado la resistencia de cada una de ellas, con respecto al eje del grupo.

Para el diseño de soldaduras el Reglamento de Construcción de Acero del Departamento del Distrito Federal (R.D.F.) tabula una serie de factores dependiendo de la forma de la soldadura, entre las que se encuentran:

-Soldaduras de penetración completa.

-Soldaduras de penetración parcial.

-Soldaduras de filete.

-Soldaduras de tapón o de ranura.

Dicha tabla se anexa a continuación.

TABLA 5.2.3 RESISTENCIAS DE DISEÑO DE SOLDADURAS

| TIPO DE SOLDADURAS Y FORMA DE TRABAJO (1) | MATERIAL | FACTOR DE RESISTENCIA F_R | RESISTENCIA NOMINAL F_{MIL}^2 O F_S | NIVEL DE RESISTENCIA (2) (3) REQUERIDA EN LA SOLDADURA |
|--|-----------------------------|-----------------------------|--|---|
| SOLDADURAS DE PENETRACION COMPLETA (4) | | | | |
| Tensión normal al área efectiva | Metal base | 0.90 | F_y | Debe usarse soldadura compatible con el metal base |
| Compresión normal al área efectiva | | | | Puede usarse soldadura de resistencia igual o menor que la de la soldadura compatible con el metal base |
| Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura | | | | |
| Cortante en el área efectiva | Metal base Electrodo | 0.90 0.80 | $0.60 F_u$ $0.60 F_{EXX}$ | |
| SOLDADURAS DE PENETRACION PARCIAL (4) | | | | |
| Tensión normal al área efectiva | Metal base Electrodo | 0.90 0.80 | F_y $0.60 F_{EXX}$ | Puede usarse soldadura de resistencia igual o menor que la de la soldadura compatible con el metal base |
| Compresión normal al área efectiva | Metal base | 0.90 | F_y | |
| Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura | | | | |
| Cortante paralelo al eje de la soldadura | Metal base (5) Electrodo | 0.75 | $0.60 F_{EXX}$ | |
| SOLDADURAS DE FILETE (4) | | | | |
| Cortante en el área efectiva | Metal base (5) Electrodo | 0.75 | $0.60 F_{EXX}$ | Puede usarse soldadura de resistencia igual o menor que la de la soldadura compatible con el metal base |
| Tensión o compresión paralela al eje de la soldadura (5) | Metal base | 0.90 | F_y | |
| SOLDADURAS DE TAPON O DE RANURA (4) | | | | |
| Cortante paralelo a las superficies de falla en el área efectiva | Metal base (5) Electrodo | 0.75 | $0.60 F_{EXX}$ | Puede usarse soldadura de resistencia igual o menor que la de la soldadura compatible con el metal base |

F_y —Esfuerzo de fluencia mínimo especificado del metal base.

F_u —Esfuerzo mínimo especificado de ruptura en tensión del metal base.

F_{EXX} —Clasificación de electrodo (kg/cm^2).

1 Para definición de áreas y tamaños efectivos véase 5.2.4.

2 Para "soldadura compatible con el metal base" véase 5.2.2.1.

3 Puede utilizarse soldadura cuya resistencia corresponda a una clasificación un nivel más alto ($700 \text{ kg}/\text{cm}^2$) que la soldadura compatible con el metal base.

4 Para los distintos tipos de soldadura véase 5.2.3.

5 Las soldaduras de filete o de penetración parcial que unen entre sí elementos componentes de miembros compuestos, tales como las que unen el alma y los patines de las trabes armadas, se diseñan sin tener en cuenta los esfuerzos de tensión o compresión, paralelos al eje de las soldaduras, que hay en los elementos conectados.

6 El diseño del metal base queda regido por la parte de estas Normas que sea aplicable en cada caso particular.

Tamaño mínimo de soldaduras de penetración.

El tamaño efectivo mínimo de la garganta de una soldadura de penetración serán los siguientes (R.D.F.).

| Espesor de la más gruesa de las partes unidas (m.m.) | Tamaño efectivo mínimo de la garganta (m.m.) |
|--|--|
| Hasta 6.3, inclusive | 3.2 |
| Más de 6.3 hasta 12.7 | 4.8 |
| Más de 12.7 hasta 19.1 | 6.3 |
| Más de 19.1 hasta 38.1 | 7.9 |
| Más de 38.1 hasta 57 | 9.5 |
| Más de 57 hasta 152 | 12.7 |
| Más de 152 | 15.9 |

Soldaduras de filete.

Los tamaños mínimos son los tabulados en la siguiente tabla.

| Espesor de la más gruesa de las partes unidas (m.m.) | Tamaño mínimo del filete (m.m.) |
|--|---------------------------------|
| Hasta 6.3, inclusive | 3.2 |
| Más de 6.3 hasta 12.7 | 4.8 |
| Más de 12.7 hasta 19.1 | 6.3 |
| Más de 19.1 | 7.9 |

Tamaños Máximos.

El tamaño máximo de las soldaduras de filete colocadas a lo largo de los bordes de las piezas metálicas a unir es: (R.D.F.).

En los bordes de espesor (t) menor de 6.3 ($1/4''$) usese $D=t$

Donde:

D = dimensión nominal de la pata.

t = dimensión de la garganta.

$$t = 1/4'' \quad \text{o} \quad t = 6.3 \text{ mm.}$$

En bordes de material grueso igual ó mayor que 6.3 mm. ($1/4''$); se toma D como - el espesor (t) menos $1/16''$ ó -1 mm.

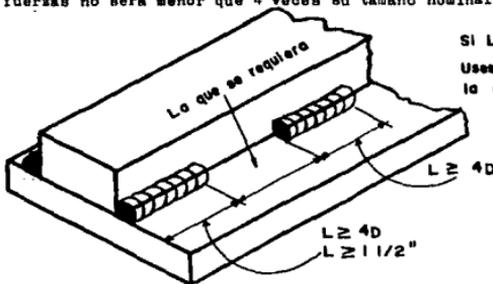
$$(D = t - 1/16'' \text{ ó } t - 1 \text{ mm.})$$

$t = 1/4''$ $1 \leq 6$ Usese D = espesor t de la pata.

$t > 1/4''$ $1 > 6$ Usese D = $t - 1/16$ pulg. ó $t - 1 \text{ mm}^6$

Longitud Mínima.

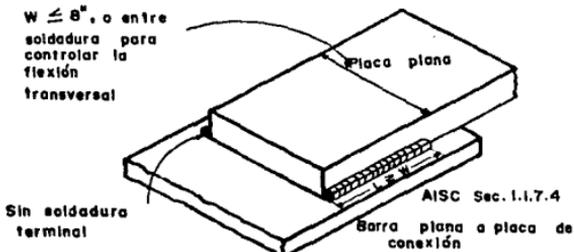
La longitud mínima efectiva de una soldadura de filete utilizada para transmitir fuerzas no será menor que 4 veces su tamaño nominal.



Si $L < 4D$, se usa $D' = L/4$

Usese ΣL para desarrollar la carga de tensión.

Cuando se usan filetes de soldadura depositados únicamente en los bordes longitudinales de conexiones de placas en tensión, la longitud de cada filete - no debe ser menor que la distancia entre ellos, medida perpendicularmente a su eje. La separación transversal de filetes longitudinales utilizados en conexiones en extremos de los miembros, no debe exceder de 20 cm. a menos que se tomen medidas especiales para evitar una flexión transversal excesiva.



Las normas del D.D.F. enuncian lo siguiente:

Separación entre remaches, tornillos o soldaduras.

Excepcionando los casos en que se requiera una separación menor para transmitir las cargas o para sellar superficies inaccesibles, la separación longitudinal, medida a lo largo de la línea en que están colocados, entre remaches o tornillos intermedios, o la separación longitudinal libre entre soldaduras intermitentes, en miembros armados en compresión, no excederá al que sea -- aplicable de los valores siguientes:

- a) En miembros comprimidos compuestos por dos o más perfiles, en contacto o separados uno del otro por medio de elementos intermitentes, la relación de esbeltez de cualquiera de los perfiles, determinada entre puntos interconectados, no será mayor que la relación de esbeltez del miembro armado-completo. La relación de esbeltez de cada una de las partes componentes - se determinará utilizando su radio de giro mínimo.

- b) 1050 t/ F_y , sin exceder de 30 cm, para placas que constituyen el elemento componente exterior de la selección, en los casos en que están conectadas por medio de remaches o tornillos colocados en todas las líneas de gramil, o de soldaduras intermitentes depositadas a lo largo de los bordes; t y F_y son el grueso de la placa exterior y su esfuerzo de fluencia mínimo garantizado.
- c) 1650 t/ F_y , sin exceder de 45 cm, para placas que constituyen el elemento componente exterior de la sección, en los casos en que los remaches, tornillos o soldaduras intermitentes que los conectan están colocados alternados en líneas paralelas; t y F_y son el grueso de la placa exterior y su esfuerzo de fluencia mínimo garantizado.

Los requisitos anteriores no siempre proporcionan un ajuste continuo entre los elementos en contacto. Cuando el medio ambiente sea tal que la corrosión pueda constituir un problema serio, puede ser necesario disminuir la separación entre remaches, tornillos o soldaduras, o colocar soldaduras a todo lo largo de los bordes.

Separación entre elementos de unión.

Los elementos intermitentes que unen entre sí los dos o más perfiles, placas o barras que forman un miembro armado en tensión deben colocarse con separaciones tales que la relación de esbeltez de cada elemento componente, determinada entre puntos de interconexión, no exceda de 300.

Los elementos que constituyen los miembros en tensión formados por dos placas en contacto, o por un perfil y una placa deben estar conectados entre sí, de manera que la separación entre remaches o tornillos, o la distancia libre entre soldaduras, no exceda de 36 veces el grueso de la placa más delgada ni de 45 cm.

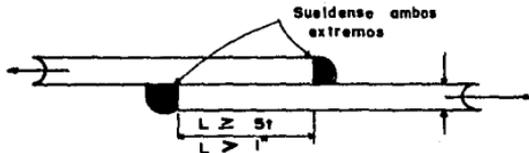
Si los miembros están formados por dos o más perfiles la separación entre remaches o tornillos, o la distancia libre entre soldaduras, no debe exceder de 60 cm, excepto cuando se demuestre que una separación mayor no afecta el comportamiento satisfactorio del miembro.

En cualquiera de los dos casos anteriores pueden requerirse separaciones menores que las indicadas, ya sea por exigencias de la transmisión de carga o para sellar superficies inaccesibles.

Juntas traslapadas.

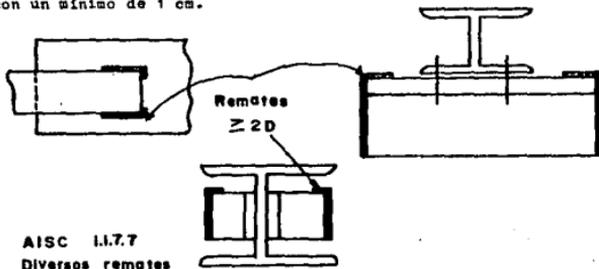
El traslape no será menor que 5 veces el grueso de la más delgada de las piezas metálicas a unir, con una longitud mínima de traslape de 2.5 cm.

Las juntas traslapadas de placas o barras sometidas a esfuerzos axiales deben soldarse con cordones colocados a lo largo del extremo de cada una de las dos partes, excepto en los casos en que la deflexión de las partes traslapadas es rápido adecuadamente, para evitar que la junta se abra.



Remates.

Los remates de los cordones de soldaduras de filete, siempre que sea factible, cuando llegan a un extremo de la pieza deben rematarse dando vuelta a la esquina, en forma continua, en una longitud no menor de 2 veces el tamaño del filete con un mínimo de 1 cm.



Soldaduras de tapón y de ranura.

Pueden utilizarse para transmitir fuerzas cortantes en juntas traslapadas, - para evitar el pandeo de las partes conectadas y para unir elementos compo- nentes de miembros compuestos.

El diámetro de los agujeros para soldaduras de tapón no será menor que el - grueso de la parte que los contiene más 8 mm, pero no excederá de 2.25 veces el espesor del metal de soldadura.

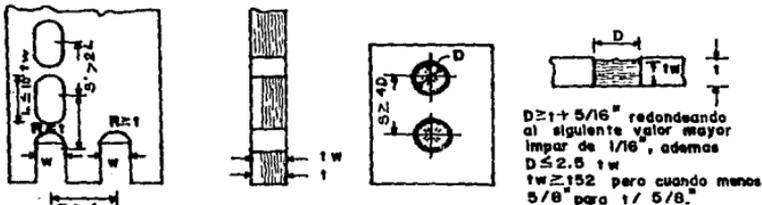
La distancia mínima entre centros de soldaduras de tapón será de 4 veces el - diámetro de los agujeros.

La longitud de la ranura para una soldadura de ranura no excederá de 10 veces el grueso de la soldadura. El ancho de la ranura no será menor que el grueso de la parte que la contiene más 8 mm, sin exceder de 2.25 veces el espesor del metal de soldadura. Los extremos de la ranura serán semicirculares o tendrán - las esquinas redondeadas con un radio no menor que el grueso de la parte que - la contiene, exceptuando el caso en que la ranura se extienda hasta el borde - de esa parte.

La separación mínima de líneas de soldaduras de ranura en una dirección trans- versal a su longitud será de 4 veces el ancho de la ranura. La distancia míni- ma entre centros en una dirección longitudinal en cualquier línea será de 2 v ces la longitud de la ranura.

La separación transversal máxima entre tapones o ranuras será de 20 cm, a menos que se compruebe que las placas tiene capacidad adecuada para flexión transver- sal.

Cuando los tapones ó ranuras se hagan en material de grueso no mayor de 16 mm - (5/8"), deberán rellenarse por completo con metal de soldadura. Si el grueso del material es mayor de 16 mm (5/8") se rellenarán cuando menos hasta la mitad, pe ro el espesor del metal de soldadura no será nunca menor de 16 mm (5/8").



w = lo mismo que D para soldadura de tapón

Especificaciones del AISC para soldaduras de tapón y de muesca. a) Soldaduras de muesca. b) Soldaduras de tapón.

Orientación de las soldaduras.

Pruebas de laboratorio efectuadas con juntas de pequeño o mediano tamaño muestran que las juntas a tope no limitan la capacidad de la junta cuando el electrodo sea adaptado al metal base. La orientación de los esfuerzos en las soldaduras de filete constituye un factor significativo en la resistencia última de la junta.

Algunas juntas que usan soldaduras de filete demuestran que las cargas en la soldadura que se encuentra en posición perpendicular al eje de la soldadura son aproximadamente 44% más resistentes que las soldaduras cargadas perpendicularmente al eje de la soldadura.

Este aumento en la resistencia de la soldadura no se considera directamente, en las especificaciones de diseño porque la dirección de la carga no es suficientemente confiable.

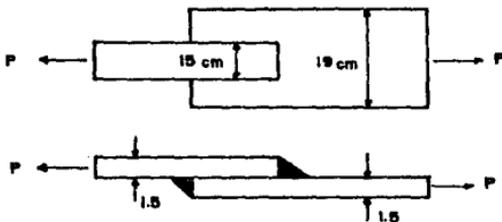
El diseño de una conexión soldada implica el proporcionamiento de las partes, basándose en la sección bruta y en las soldaduras.

Las soldaduras a tope se diseñan por lo general para la resistencia a compresión o tensión del metal base. Los filetes se diseñan a cortante sobre la base de las mínimas dimensiones en el plano de cortante y en la resistencia permisible a cortante de la soldadura.

Antes de aplicar todo lo aprendido tenemos que hacer ejercicios donde se apliquen los conocimientos, para posteriormente pasar a la aplicación de un caso real.

Ejemplo No. 1

Diseñar las soldaduras para la junta traslapada que se muestra a continuación; usando electrodos E60XXX, $F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$.



Solución:

E60XXX = 4220 Kg/cm^2

$F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$

Eficiencia de la junta 100%.

Cálculo de "P" (tracción que soporta cada placa en la dirección de P).

$P = FR \cdot F_y$ (Area)

FR = Factor de reducción = 0.9

$P = 0.9 \cdot (2530) (1.5 \cdot 15) = 51,232.5 \text{ Kg.}$

Cálculo de la dimensión nominal de la pata.

$D = 1.5 - 0.2 = 1.3 \text{ cm.}$

Cálculo de la resistencia del electrodo.

$F_v = 0.75$ (0.6 FEXX)

$F_v = 0.75$ (0.6 (4220)) = 1,899

Cálculo de la longitud del filete.

$$P = A \cdot F_v$$

$$P = A \cdot T \cdot F_w$$

Donde:

F.- Carga que soporta la placa.

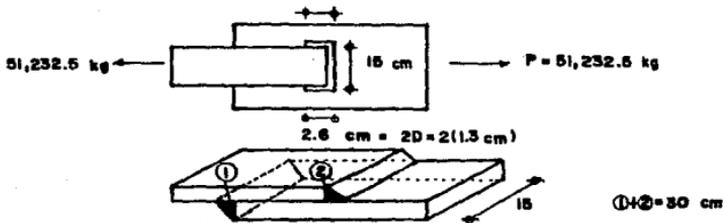
T.- $D \cdot \cos 45^\circ$

F_w .- Resistencia del electrodo.

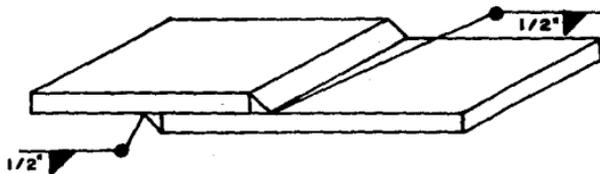
$$L = \frac{P}{T \cdot F_w} = \frac{P}{D \cdot \cos 45^\circ \cdot F_w}$$

Substituyendo:

$$L_{\text{filete}} = \frac{51,232.5 \text{ Kg}}{(1.3 \cdot 0.70711) (1,899)} = \frac{29.34 \text{ cm} = 2w}{29.34 \text{ cm} \quad 30 \text{ cm.}}$$

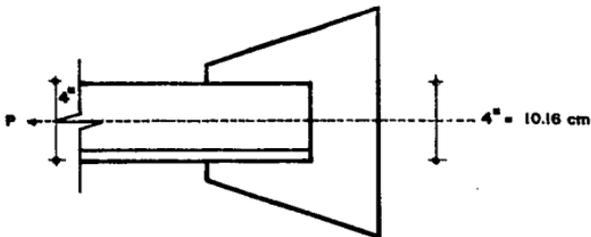


En los planos se denotará así:



Ejemplo No. 2

Diseñar las soldaduras para conectar un ángulo de $4'' \times 3 \frac{1}{2}'' \times \frac{1}{4}''$ a una placa de $\frac{3}{8}''$ como se muestra en la figura usense E70, $F_y = 2530$.
Diseñar para carga estática y dinámica.



Solución para carga estática.

Area del ángulo $A = 11.678 \text{ cm}^2$.

Cálculo de P

$$P = F_R \cdot F_y \cdot A$$

$$p = 0.9 (2530) \cdot 11.678 = 26,590 \text{ Kg.}$$

Cálculo de D

$$D = t \cdot 6 \text{ mm} \quad D = t - 1/16 =$$

$$1/4 - 1/16 = \frac{4}{16} - \frac{1}{16} = \frac{3}{16}$$

$$D = 3/16 \text{ pulg.} = 0.476 \text{ cm.}$$

Cálculo de F_v

$$F_v = 0.75 (0.6 \text{ FEXXX})$$

$$F_v = 0.75 (0.6) (4,921) = 2,214.5 \text{ Kg/cm}^2.$$

Comparando la capacidad de la soldadura con la capacidad del ángulo.

$$0.70711 D \cdot 0.3 F_v = t \text{ pieza} \quad (PR = F_y)$$

$$D = \frac{t \text{ pieza} (PR - F_y)}{0.70711 (0.3 F_v)} = \frac{\text{Kg/cm}}{0.70711 (0.3) (2,214.5)} = \frac{\text{Kg/cm}}{\text{Kg/cm}^2}$$

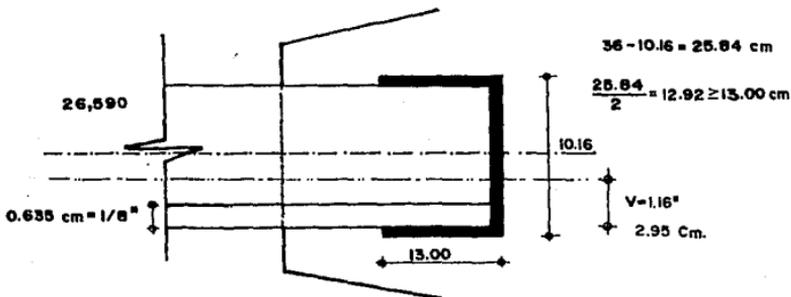
$$D = \frac{56925}{469.77} = 1.21 \text{ cm} \quad \text{¡Bien!}$$

Seguiremos usando 3/16 de pulgada.

$$L_w = \frac{P}{\cos 45^\circ \cdot D \cdot F_v}$$

$$L_w = \frac{26,590}{0.70711 \cdot 0.476 \cdot 2,214.5} = 35.67 \approx 36 \text{ cm.}$$

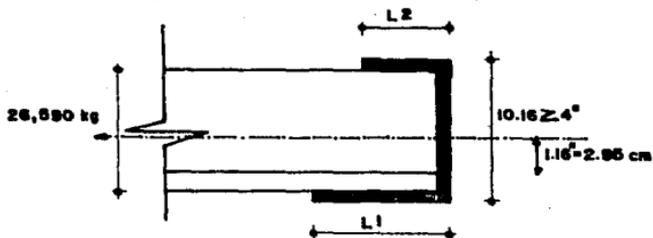
Distribución de la soldadura.



Para la carga dinámica es necesario balancear la soldadura con respecto al eje neutro de la pieza angular.

Partimos con el conocimiento de $L_w = 35.67 \text{ cm.}$ y con la colocación de la soldadura en el respaldo del ángulo para reducir la longitud de la junta.

Se tiene:



$$L1 + L2 + 10.16 = 36 \text{ cm.}$$

$$L1 + L2 = 36 - 10.16 = 25.84 \text{ cm.}$$

$$L1 = 25.84 - L2 \text{ ---- } \textcircled{1}$$

Tomando momentos para equilibrar el momento resistente con respecto al eje neutro y de manera que se elimine "P".

$$P_w = \cos \alpha \cdot D \cdot F_v$$

$$P_w = 0.70711 \cdot 0.476 \cdot 2,214.5 = 745.76 \text{ Kg/cm} \approx 746 \text{ Kg/m}$$

Tomando momentos se tiene:

$$L2 (746) (7.21) + 10.16 (746) (2.1336) - L1 (746) (2.95) = 0 \text{ ---- } \textcircled{2}$$

Dividiendo entre P_w a las dos ecuaciones e igualando a cero se tiene:

$$L2 (7.21) + 10.16 (2.1336) - L1 (2.95) = 0$$

$$7.21 L2 - 2.95 L1 = -21.68$$

Substituyendo $\textcircled{1}$ en $\textcircled{2}$ se tiene:

$$7.21 L2 = 2.95 (25.84 - L2) = 21.68$$

$$7.21 L2 = 76.228 + 2.95 L2 = -21.68$$

$$10.16 L2 = 54.548$$

$$L2 = \frac{54.548}{10.16} = 5.368 \text{ cm.}$$

$$L1 = 25,84 - L2$$

$$L1 = 25,84 - 5.368$$

$$L1 = 20.472$$

Comprobación:

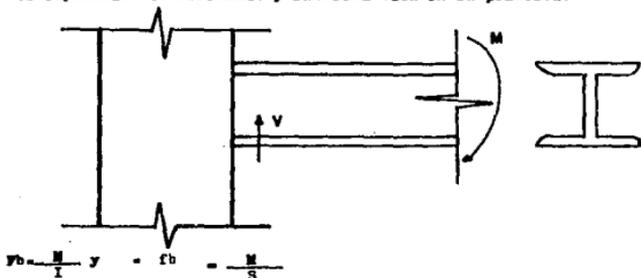
$$L1 + L2 + 10.16 = 36 \text{ cm.}$$

$$20.472 + 5.368 + 10.16 = 36.00 \text{ cm.}$$

Conexiones Rígidas para Vigas y Columnas.

En la práctica se usa la soldadura en juntas rígidas de vigas y columnas, bajo la siguiente consideración.

-El ala de la viga soporta el cortante principal y los patines el momento; ésta suposición es razonable y funciona bien en la práctica.



De donde:

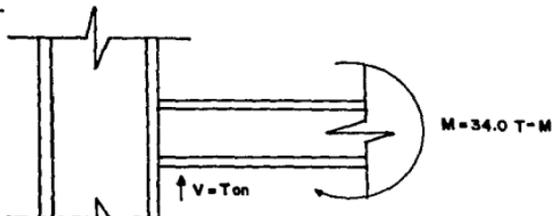
f_b - Esfuerzo (Kg/cm²)

M - Momento flexionante.

S - Módulo de sección (cm³)

f_b .- Esfuerzo.

Se debe comparar con el esfuerzo permisible a flexión del metal base y con el esfuerzo permisible de la soldadura.

Ejemplo No.3Diseño de la Soldadura a Cortante.

Se debe de conocer el espesor del alma, para saber el tamaño de D y así poder calcular.

$$V = P = C.70711 (D) L_w F_w$$

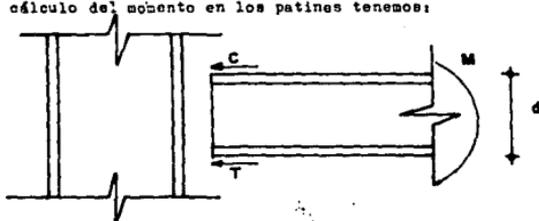
V.- Fuerza cortante.

D.- Pata de la soldadura.

L_w.- Longitud de la soldadura.

F_w.- Esfuerzo de la soldadura (permisible).

Para el cálculo del momento en los patines tenemos:



$$M = F_b S_x$$

$$T = C \frac{M}{d}$$

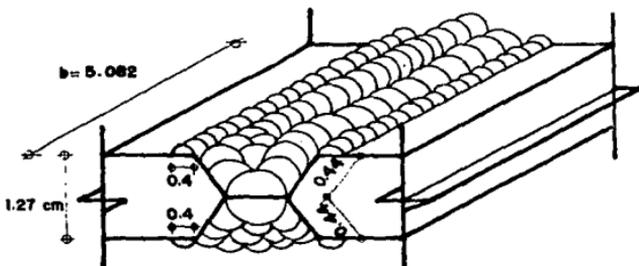
$$P_w = 0.70711 (D) (f_w)$$

$$L_w = \frac{T \cdot C}{P_w}$$

- M** .- Momento flexionante.
P_b.- Esfuerzo permisible del metal base.
T ó C.- Fuerza de tensión o compresión.
d .- Peralte efectivo.
P_w.- Carga de la soldadura.
f_w.- Esfuerzo permisible de la soldadura.
L_w.- Longitud necesaria del filete.

Ejemplo No. 4

En el campo tendremos a veces problemas de revisión; casos donde no se conoce la resistencia de la soldadura a tope.



- 1.- Medir la superficie de contacto.
- 2.- Calcular.

$$\text{Area} \cdot f_w = P$$

- b**.- base de la sección del metal base.
h.- altura del metal base.
P_w.- perímetro de la unión.

La superficie de contacto de cada solera es de:

$$(0.44 + 0.4) * 5.082 * 2 = 8.54 \text{ cm}^2$$

Resistencia.

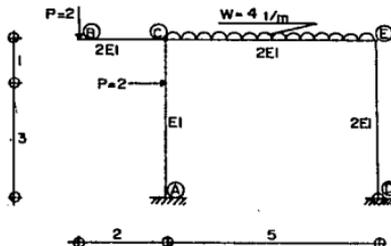
$$8.64 (0.76) (0.6) (4220) = 16.407.36 \text{ Kg.}$$

Revisión de las placas.

$$\frac{16.407.36 \text{ Kg}}{1.27 * 5.082} = 2,542.08 \text{ Kg/cm}^2$$

Acero A36 $f_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$ ¡Bien!

El caso que se propone es el siguiente:



Aplicando el Método de Flexibilidades se tiene:

$$P=2 \quad W=4 \text{ t/m}$$

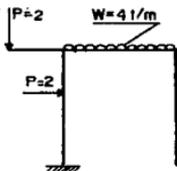
Grado de hiperestaticidad

$$GH = r + 3b - 3(j) \\ 5 + 3(4) - 3(5) \\ 17 - 15 = 2$$

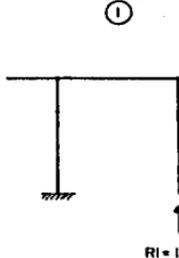
conversión de signos.



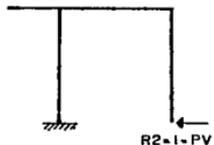
Estructura primaria E.P



Estructura Complementaria ①

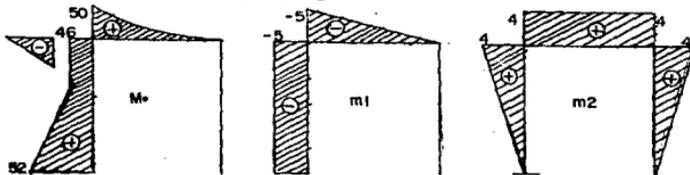


Estructura Complementaria ②



Planteamiento de ecuación:

$$\begin{bmatrix} d10 \\ d20 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f11 & f12 \\ f21 & f22 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R1 \\ R2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$



De los apuntes de Análisis Estructural I, pág. 35 se tiene, ver anexo.

$$d10; R2 \ C2, \ R1 \ C1, \ R4 \ C1$$

$$d10 = 1/EI \quad 1/4 \cdot 1/2 \ Lik + Lik + 1/2 \ L (11 + 12)K$$

$$d10 = 1/EI \quad 1/8 (5)(50)(-5) + (1)(46)(-5) + 1/2 (3)(52+46)(-5) = \frac{-1121.25}{EI}$$

$$d20; R2 \ C1, \ R4 \ C1, \ R3 \ C3$$

$$d20 = 1/EI \quad 1/2 \cdot 1/3 \ Lik + 1/2 \ L (11 + 12) K + 1/6 \ L1 (2K1 + K2)$$

$$d20 = 1/EI \quad 1/6 (5)(50)(4) + 1/2 (1)(3+4)(46) + 1/6 (3)(3)(2(46) + 52) =$$

$$d20 = \frac{-543.666}{EI}$$

$$f11 = R2 \ C2, \ R1 \ C2$$

$$f11 = 1/EI \quad 1/2 \cdot 1/3 \ Lik + Lik$$

$$f11 = 1/EI \quad 1/6 (-5)(-5)(5) + (-5) \cdot (-5)(4) =$$

$$f11 = \frac{220.83}{EI}$$

$$f12 = R2 \ C1, \ R2 \ C2 = f21$$

$$f12 = 1/EI \quad 1/2 \cdot 1/2 \ Lik + 1/2 \ Lik = f21$$

$$f12 = 1/EI \quad 1/4 (5)(4)(-5) + 1/2 (4)(4)(-5) = f21$$

$$f12 = \frac{65}{EI} = f21$$

$$f22 = R2 \ C2, \ R1 \ C1, \ R2 \ C2$$

$$f22 = 1/EI \quad 1/2 \cdot 1/3 \ Lik + 1/2 \ Lik + 1/3 \ Lik$$

$$f22 = 1/EI \quad 1/6 (4)(4)(4) + 1/2 (5)(4)(4) + 1/3 (4)(4)(4) =$$

$$f22 = \frac{72}{EI}$$

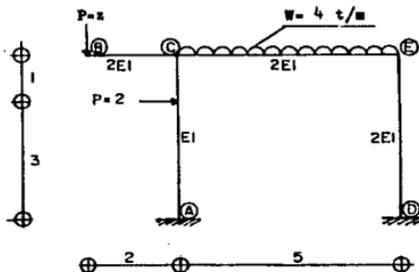
$$120.83 \ R1 \quad -65R2 \quad = \quad 1121.25$$

$$-65 \quad R1 \quad 72R2 \quad = \quad -543.666$$

$$R1 = 10.1439$$

$$R2 = 1.60681$$

El caso que se propuso fue el siguiente:



Haciendo los diagramas de los elementos mecánicos se tienen.

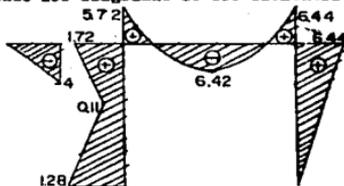


Diagrama de momentos.

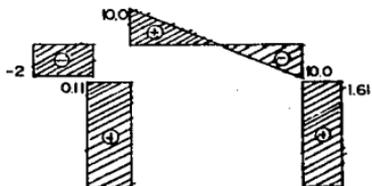


Diagrama de cortantes.

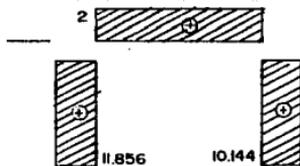


Diagrama de normales.

Diseño de traves de acero.

| M(-) | M(+) | M(-) | M(+) |
|------|------|-------|------|
| -4 | 5.72 | -6.42 | 6.44 |

Cálculo del módulo de sección necesario

$$S = \frac{M}{f_b} =$$

S.- Módulo de sección necesario.

M.- Momento Kg/m

f_b.- Esfuerzo permisible del metal (Kg/cm²)

f_b.- 0.6 f_y

$$S_{nec.} = \frac{644,000}{0.6 (2530)} = 424.24 \text{ cm}^3$$

Del manual de construcción en acero Vol. I, pág. 60 y 61 se tiene un perfil

I con las siguientes características:



de 10 ; S = 457 cm³

d.- Peralte del alma = 26.2 cm

t.- Espesor del alma = 0.66 cm

Verificando el cortante se tiene:

$$v = \frac{V}{d.t.} < 0.4 f_y$$

v.- Cortante máximo

$$v = \frac{10,000}{26.2 * 0.66} < 0.4 (2530)$$

578 < 1,012 ¡Bien!

Verificando el desgarramiento

$$\frac{R}{t(N \cdot 2 \cdot C)} \leq 0.75 f_y$$

R.- Reacción máxima (Kg)

t.- Espesor del alma (cm)

N.- Dimensión del apoyo supuesto (cm)

C.- Espesor del patín (cm)

$$\frac{11,856}{0.66 (30 + 2(1.12))} \leq 0.75 (2,530)$$

$$557.185 \leq 1,895.5 \quad \text{¡Bien!}$$

Verificando pandeo vertical

$$\frac{R}{t (N + d/4)} \leq F_a$$

$$F_a = 1,195 - 0.1 (d^2/t^2)$$

$$F_a = 1,195 - 0.1 \left(\frac{26.2^2}{(0.66)^2} \right) = 1,037.42$$

$$\frac{11,856}{0.66 (30 + 26.2/4)} = 491.48$$

$$491.48 \leq 1,037.42 \quad \text{¡Bien!}$$

Sacando relación de esbeltez

$$\frac{l}{r} = \frac{440}{11.71} = 34.216$$

$$F_a = 1377 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_a = \frac{10,144}{72.31} = 140.28 \text{ Kg/cm}^2$$

Condición. $\frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$

$$\frac{140.28}{1377} = 0.1018 \text{ ¡Bien!}$$

Cálculo de f_b

$$f_b = \frac{M}{I} (y)$$

$$f_b = \frac{644,000}{10,738.8} (15.25) = 914.53 \text{ Kg/cm}^2$$

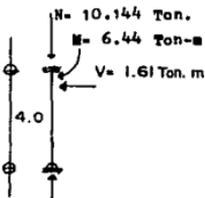
$$F_b = 0.6 (f_y) = 0.6 (2530) = 1518 \text{ Kg/cm}^2$$

Utilizando la fórmula de interacción

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1$$

$$\frac{140.28}{1377} + \frac{914.53}{1518} = 0.704$$

$$0.704 \leq 1 \text{ ¡Bien!}$$

Diseño de columnas de acero.

$N = 10.144 \text{ Ton.}$

Solución.

Utilizando fórmula de interacción tenemos:

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1 \text{ siempre que } \frac{f_a}{F_a} \leq 0.15$$

De donde:

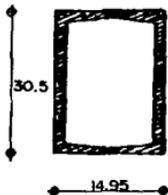
F_a .- Esfuerzo a compresión puro $\left(\frac{N}{A} \right) = \frac{\text{Carga Axial}}{\text{Area de la sección.}}$

F_a .- Esfuerzo a la compresión en relación a la longitud y el radio de giro.

f_b .- Esfuerzo en función del Momento Flexionante (M) externo, el Momento de Inercia (I) y la distancia del eje neutro a la fibra más alejada (y)

F_b .- Esfuerzo a la flexión de la pieza estructural $0.6 \cdot F_y$.

Proponiendo la siguiente sección



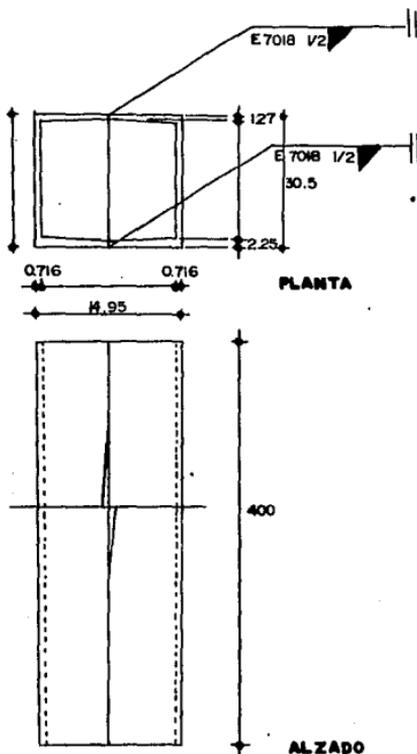
Datos:

Columna.

area = 78,58 cm²

r = 11.71 cm

I = 10,738.8 cm⁴

Construcción de la Columna.

En realidad lo que se necesita es unir las piezas con una soldadura de penetración completa, utilizando electrodos que proporcionen una resistencia de tensión igual ó mayor que la de las mismas.

ACOT: Cm.

| | | |
|------|-------|------|
| M(+) | M(-) | M(+) |
| 5.72 | -6.42 | 6.44 |

Datos.

$$\text{Mu} = 6.44 \text{ ton-m.}$$

$$f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

Solución.

Cálculo de constantes

$$f^*c = 0.8 f'c = 0.8 (250) = 200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f^{**}c = 0.85 f^*c = 0.85 (200) = 170 \text{ Kg/cm}^2$$

Cálculo de P

$$P_b = \frac{f_y^*c}{f_y} = \frac{4800}{f_y + 6000}$$

$$P_b = \frac{170}{4200} = \frac{4800}{10200} = 0.019$$

$$P_{máx.} = 0.75 P_b.$$

$$P_{máx.} = 0.75 (0.019) = 0.01425$$

Entrando a tablas que relacionan

$$f_y = 4200 \quad f'c = 250$$

$$\frac{\text{Mu}}{bd^2} = 44.24$$

$$bd^2 = \frac{644,000}{44.24} = 14,556.96$$

$$b = 1/2 d$$

$$d^3/2 = 14,556.96$$

$$d^3 = 29,113.92$$

$$d = 30.76335$$

$$A_s M(+) = 6.44$$

$$A_s = Pbd$$

$$A_s = 0.01425 (30.763)(15.38)$$

$$A_s = 6.742 \text{ No. } 5/8$$

$$\frac{6.742}{1.98} = 3.404$$

$$A_s M(-) = 6.42$$

$$\frac{Mu}{bd^2} = \frac{642,000}{15.38 (30.763)^2} = 44.108$$

Entrando a tablas se tiene

$$P = 0.01411$$

$$A_s = Pbd$$

$$0.01411 (30.763)(15.38)$$

$$A_s = 6.6759 \text{ cm}^2$$

$$4\phi \ 5/8"$$

$$A_s M(+) = 5.72 \text{ T-M}$$

$$\frac{Mu}{bd^2} = \frac{572,000}{15.38 (30.763)^2} = 39.299$$

$$39.3$$

$$P = 0.01224$$

$$A_s = Pbd = 0.01224 (30.763)(15.38)$$

$$A_s = 5.7911 \text{ cm}^2$$

$$\text{No} = \frac{5.7911}{1.98} = 2.92 \approx 3$$

Cálculo de los estribos

como

P 0.01

Utilizaremos la siguiente fórmula

$$V_c = 0.5 FRbd f^*c$$

V_c.- Cortante que absorbe el concreto.

FR.- Factor de reducción.

b.- base de la sección.

d.- Peralte efectivo de la sección.

f^{*c}.- Esfuerzo nominal del concreto a compresión.

Substituyendo valores se tiene

$$V_c = 0.5 (0.8)(15,38)(30.76)(200)$$

$$V_c = 2,676.45 \text{ Kg.}$$

V_c = 10,000 necesita estribos

Se usarán estribos del 2.5

Cálculo de la separación

$$Sep = \frac{FR A_v f_y d (\sin \phi + \cos \phi)}{V_u - V_c}$$

A_v.- Área del estribo en dos ramas.

f_y.- Límite de fluencia del acero de los estribos.

d.- Peralte efectivo de la sección.

FR.- Factor de reducción.

V_u.- Cortante último.

V_c.- Cortante que absorbe el concreto.

$$\text{Sep} = \frac{0.8 (0.98)(2,530)(30,763)(1)}{10,000 - 2,676.45} = 8,33 \text{ cm.}$$

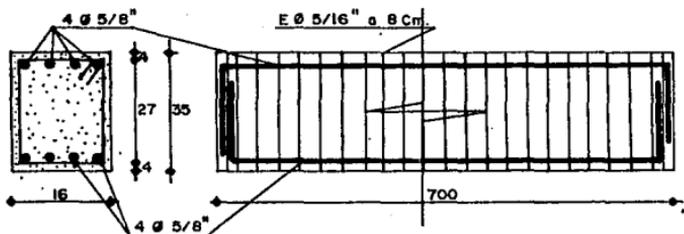
$$\text{Sep} = \frac{PR A_v f_y}{3.5 b}$$

$$\text{Sep} = \frac{0.8 (0.98)(2,530)}{3.5 (15.38)} = 36.85 \text{ cm.}$$

$$\text{Sep} = \frac{d}{8} = \frac{30,763}{8} = 15,38 \text{ cm.}$$

Se colocarán @ 8,33 cm.

y en las orillas se colocarán 2 @ 4.16 cm.



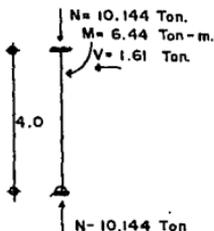
DETALLE DE VIGA

SIN ESC

ACOT: Cm.

Fig. Armado de viga

Diseño de Columnas.



Solución

$$f'c = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

Refuerzo en dos caras.

Cálculo de constantes.

$$f^*c = 0.8 * f'c = 0.8 * 250 = 200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f''c = 0.85 * f^*c = 0.85 * 200 = 170 \text{ Kg/cm}^2$$

Dimensionamiento.

Suponiendo.

$$b = 25 \quad h = 30 \quad r = 5 \quad d = 25$$

$$\frac{d}{h} = \frac{25}{30} = 0.83 = 0.8$$

Cálculo de K y R

$$K = \frac{Pu}{PR bh f''c} = \frac{20,144}{0.75 (25 * 30) 170} = 0.106$$

$$R = \frac{Mu}{PR bh^2 f''c} = \frac{644,000}{0.75 (25 * 30^2) 170} = 0.224$$

$$q = 0.6$$

$$P = q \frac{f''c}{fy} = 0.6 \frac{170}{4200} = 0.0243$$

$$A_s = 0.0243 * 25 * 30 = 18.225 \text{ Cm}^2$$

$$\text{No. } \varnothing 1" = \frac{18.225}{5.07} = 3.59 \approx 4 \varnothing 1" \text{ se pondrán } 4 \varnothing 1"$$

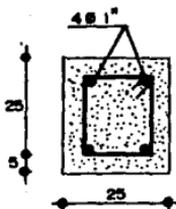
Cálculo de refuerzo transversal.

$$4B * 1 = 4B$$

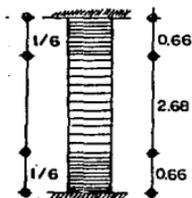
$$b = 25$$

$$\frac{850 \text{ db}}{f_y} = \frac{850 * 2.22 \text{ cm}}{4200} = 29.11 \text{ Separación de E } \varnothing 3/8" @ 25 \text{ cm.}$$

Sección propuesta



$$h = 30$$



$$2.68 + 4 * 0.66$$

$$\frac{5.32}{0.25} = 22$$

DETALLE DE COLUMNA

Area mín. R.D.F.

$$600 \text{ cm}^2$$

SIN. ESC. ACOT: Cm.

$$750 > 600 \text{ cm}^2 \text{ ¡Bien!}$$

Fig. Armado de columna.

CAPITULO VI
COMPARATIVA
DE COSTOS

Del ejemplo de aplicación del capítulo anterior, haremos una comparativa de costos entre las dos soluciones de materiales que se realizaron (concreto y acero) ya que esto nos formará un criterio del aspecto económico, englobando los tiempos, costos de materiales y mano de obra.

Se tomará de nuestra un metro de junta ó unión para esquematizar lo anterior.

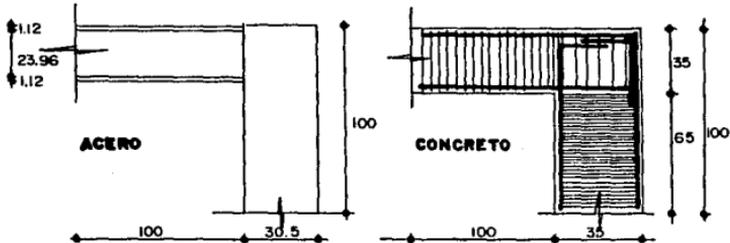


Fig. Muestra

| CUBICACION DE MATERIALES | |
|---|--|
| A C E R O | C O N C R E T O . |
| Viga | Viga |
| Perfil estructural 38.5 Kg | Concreto $(0.154)(0.35)(1.00)=0.0539m^3$ |
| | Acero refuerzo $8(1.60)(1.20)=15.36Kg$ |
| | Estribos $13 pzas. * 0.91*0.4=4.73 Kg$ |
| | Cimbra $0.85 m^2$ |
| Columna | Columna |
| Perfiles estructurales $30.8*2=61.6 Kg$ | Concreto $.25*0.3*(1.00)=0.075m^3$ |
| | Acero de refuerzo $4*3.97*1=15.88 Kg$ |
| | Estribos $(5.28 + 2)* 0.559=4.069 Kg$ |
| | Cimbra $1.1 m^2$ |

| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | P UNIT. | IMPORTE |
|---|--------|----------|---------|---------|
| Viga | | | | |
| Suministro y colocación de acero estructural a cualquier altura, incluye cortes, preparaciones, soldaduras y todo lo necesario para su perfecto ensamble. | Kg | 38.5 | 11,208 | 431,521 |

Columna

| | | | | |
|--|----|------|---------------|--------------------|
| Suministro y colocación de acero estructural a cualquier altura, incluye cortes. | Kg | 61.6 | 11,208 | <u>690,412.8</u> |
| | | | TOTAL: | 1,121,933.8 |

| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNIT. | IMPORTE |
|--|--------|----------|-------------------|------------------|
| Viga | | | | |
| Concreto en columnas con f'c=250 kg/cm2 hecho en obra, agregado máximo de 3/4", primer nivel inclu ye: material, elabora--- ción, vaciado, vibrado y curado. | m3 | 0.0539 | 442,498.4 | 23,850.66 |
| Acero de refuerzo de 5/8" | | | | |
| fy(4200 kg/cm2) en estruc turas incluye: suministro, corte habilitado, armado, ganchos, traslape y des-- perdicios. | Ton | 0.01536 | 3'788,143.1 | 58,185.87 |
| Acero de refuerzo de 5/16" | | | | |
| fy-4200 kg/cm2 en losas y trabes incluye: suministro, corte, habilitado, armado, ganchos, traslapes y des-- perdicios. | Ton | 0.00473 | 3'853,442.58 | 18,226.78 |
| Hechura de cimbra para tra bes, columnas, muros, dadas, castillos; consumo de alto-- madero cinco usos. | | | | |
| | m2 | 0.85 | 52,569.96 | <u>44,684.5</u> |
| | | | SUBTOTAL : | 144,947.8 |

| CONCEPTO | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNIT. | IMPORTE |
|--|--------|----------|--------------|-------------------|
| Columna | | | | |
| Concreto en columnas con f'c-250 kg/cm2 hechos en obra, agregado máximo de 3/4", primer nivel, incluye: elaboración, vaciado, vibrado y curado. | m3 | 0.075 | 442,498.4 | 33,187.38 |
| Acero de refuerzo de 1"- de fy-4200 kg/cm2 en estructuras incluye: suministro, cortes, <u>habilita</u> do, armado, ganchos, --- traslape y desperdicios. | Ton | .01588 | 3'788,143.1 | 60,155.71 |
| Acero de refuerzo de 3/8" de fy-4200 kg/cm2 en estructuras incluye: suministro, corte, <u>habilitado</u> armado, ganchos, traslape y desperdicios. | Ton | .004069 | 3'853,442.58 | 15,679.7 |
| Hechura de cimbra para -- trabes, columnas, muros, -dadas, castillos: consumo alto de madera 5 usos. | m2 | 1.1 | 52,569.96 | <u>57,826.96</u> |
| | | | SUBTOTAL: | 166,849.75 |
| | | | TOTAL : | <u>311,797.55</u> |

CAPITULO IX
CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

- I.- Los métodos que se emplean en la soldadura cumplen una función primordial, desde el punto de vista técnico, toda vez que su aplicación adecuada en la diversas condiciones ambientales y circunstanciales - garantizan la continuidad entre las piezas estructurales.
- II.- Para una mayor comprensión de la soldadura al arco eléctrico es preciso tener el conocimiento de conceptos básicos de tal manera que se pueda dar una correcta aplicación a este tipo de soldadura.
- III.- Para una mejor operación en la soldadura al arco eléctrico se requiere tener conocimiento profundo de los equipos de protección y de trabajo requeridos para el buen desempeño de una soldadura, aunado a esto los diversos materiales que existen en el mercado.
- IV.- De importancia vital es el conocer las aplicaciones y tipo de juntas que se pueden lograr con la soldadura, de tal manera que se tengan en cuenta los fenómenos residuales ocasionados por el calentamiento-térmico diferencial que existe al momento de soldar.
- V.- Es muy importante tener en cuenta todas las variables que influyen en la soldadura al arco eléctrico, para con ello, realizar la selección de los materiales y equipos que se deberán emplear en cada condición ambiental ó circunstancial de que se trate.
- VI.- Las aplicaciones de la soldadura son muy variadas y extensas, toda vez que la empleamos, desde rejas hasta edificios, pasando por puentes y naves industriales, etc.

VII.- Desde el punto de vista diseño es primordial el tener conocimiento de la normatibidad existente a este respecto, de tal manera que en México se encuentra plasmada en el Reglamento de Construcciones de Acero del Departamento del Distrito Federal, en las especificaciones para puentes soldados de la S.C.T. (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), así como de la American Welding Society. Aunado a esto es nuestro deber saberlas aplicar.

VIII.- Las ventajas que representa el uso de la soldadura es el de fabricar piezas estructurales de las mas variadas formas. Por tal se recomienda su uso en talleres donde se puedan controlar las variables que intervienen en la realización de la soldadura.

Otra de las ventajas que podemos apreciar son las aplicables a las construcciones de acero, así como el corto tiempo de construcción.

IX.- Las desventajas son por tanto:

-El alto costo de construcción.

-El requerir de personal especializado.

-El necesitar una fuente de energía eléctrica constante.

-El de requerir equipo especial de protección.

-Toda vez que tendrá las desventajas de las construcciones de acero.

El objetivo de esta tesis fué cumplido, ya que este trabajo contempla todos los aspectos fundamentales para llevar a cabo una soldadura al arco eléctrico de alta calidad.

El suscrito sugiere como punto final poner énfasis en la impartición de las Materias de Construcción para que se incluya la soldadura al arco eléctrico como tema básico, así mismo complementarlo con Laboratorio de Soldadura.

APENDICE A

TABLAS DE
CONVERSION

APENDICE "A".

Los sistemas de unidades de los parámetros de comparación varía según el país en que se esté trabajando, por ejemplo en los Estados Unidos de América, se está implantando el sistema de unidades internacional; la importancia de esta situación es que en México, por no dedicar dinero y tiempo a la investigación, se ve en la necesidad de importar tecnología, la cual viene expresada en unidades que aquí no son muy usuales; por eso es importante conocer lo que significan y sus equivalencias en el sistema que manejamos en México (M.K.S.).

Definiciones de Unidades del Sistema Internacional (S.I.).

Unidad de Longitud.- El metro (m.)

Es 1/650,763.73 veces la longitud de onda de la radiación que corresponde - en el vacío, a la transición entre los niveles 2p₁₀ y 5d₅ del átomo de criptón 86.

Unidad de Masa.- El kilogramo (Kg)

Es la masa del kilogramo patrón.

Unidad de Temperatura Absoluta.- El grado Kelvin (K)

Grado de escala termodinámica de temperatura que empieza a -273,16°C.

Unidades derivadas:

Superficie.- m²

Volumen.- m³

Velocidad.- m/s; Velocidad de un móvil que con movimientos uniformes, recorre un metro en un segundo.

Aceleración.- m/s²; Aceleración de un móvil que con movimientos uniformes acelerado, aumenta su velocidad de un metro por segundo - cada segundo.

Fuerza.- Newton (N): Fuerza constante que comunica a una masa de un kilogramo una aceleración de un metro por segundo al cuadrado (m/s^2).

Trabajo.- Joule (J): Trabajo correspondiente a una fuerza de un Newton que desplaza un punto de aplicación, un metro en la dirección de ESTA FUERZA.

Potencia.- Vatio (W): Es la potencia que proporciona un motor de un joule por segundo.

Presión.- Pascal (Pa): Es un Newton por metro cuadrado (N/m^2). Es la presión uniforme que actuando sobre una superficie de un metro ejerce perpendicularmente a ésta una fuerza de un Newton.

Calor.- (BTU): Unidad Británica de calor; representa la cantidad de energía que hay que suministrar a una libra-masa de H_2O para elevar su temperatura a $1^\circ F$.

Calor.- Caloría: Unidad de calor que representa la energía que hay que suministrar a un grano masa de H_2O para elevar la temperatura de $14.5^\circ C$ a $15.5^\circ C$.

En la siguiente tabla mostraremos las unidades en los diferentes sistemas de medición.

| | CIENTIFICO | | | TECNICO | | |
|------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|---|---|
| | MKS | CGS | INGLES | MKS | CGS | INGLES |
| LONGITUD | m. | cm. | pie | m. | cm. | pie |
| MASA | kg. | g. | lb. | kg ³ /s ² /m | g ³ /s ² /cm | lb ³ /s ² /pie |
| FUERZA | kg ² m/s ² | g ² cm/s ² | lb ² pie/s ² | kg. | g. | lb. |
| TIEMPO | s | s | s | s | s | s |
| AREA | m ² | cm ² | pie ² | m ² | cm ² | pie ² |
| VOLUMEN | m ³ | cm ³ | pie ³ | m ³ | cm ³ | pie ³ |
| VELOCIDAD | m/s | cm/s | pie/s | m/s | cm/s | pie/s |
| ACELERACION | m/s ² | cm/s ² | pie/s ² | m/s ² | cm/s ² | pie/s ² |
| DENSIDAD | kg/m ³ | g/cm ³ | lb/pie ³ | utm/m ³ | g ³ /s ² /cm ⁴ | sl/pie ³ |
| | | | | kg ³ /s ² /m ⁴ | g ³ /s ² /cm ⁴ | lb ³ /s ² /pie ⁴ |
| PRESION | Pa | dn/cm ² | pn/pie ² | Kg/m ² | g/cm ² | lb/pie ² |
| FRECUENCIA | Hz | Hz | Hz | Hz | Hz | Hz |
| ANGULO | rad | rad | rad | rad | rad | rad |
| VEL. ANG. | rad/s | rad/s | rad/s | rad/s | rad/s | rad/s |
| TRABAJO | J | erg | pn ³ pie | kg ² m | g ² cm | lb ² pie |
| POTENCIA | W | erg/s | pn ³ pie/s | kg ² m/s | g ² cm/s | lb ² pie/s |
| IMPULSO | N ² s | dn ² s | pn ² s | kg ² s | g ² s | lb ² s |
| PESO | N | dn | pn | kg | g | lb. |
| CONDUCTIBILIDAD TERMICA | | | | <u>BTU</u> <u>Hrs²pie²°F</u> | | |
| CONDUCTIBILIDAD ELECTRICA | | | | <u>Watts</u> <u>m.²°K</u> | | |

Simbología.

| | |
|-------|--|
| N.- | Newton- Kg ^m /s ² |
| dn.- | Dina = g ^{cm} /s ² |
| Pn.- | Poundal= lb ^{pie} /s ² |
| UTM.- | Unidad Térmica de Masa- Kg ^s /m |
| Sl.- | Slug= lb ^s /pie |
| lb.- | Libra |
| s.- | Segundo |
| Pa.- | Pascal= N/m ² |
| rad.- | Radián (adimensional) |
| J.- | Joule=N*m |
| m - | Metro |
| erg.- | Ergios= dn ^{cm} |
| cm.- | Centímetro |
| W.- | Watt J/s= N ^m /s |
| g.- | Gramos |
| BTU.- | Unidad Térmica Británica de Masa. |

Tabla de equivalencias entre el sistema Inglés y el sistema Métrico Decimal.

| | |
|----------------------------|--|
| Milla marina internacional | = 1,852.00 m. |
| Milla terrestre | = 1,609.34 m. |
| Furlong (fur)-660 pies | = 201.17 m. |
| Brasa = 6 pies | = 1.829m. |
| Yarda = 36 pulgadas | = 3 pies = 0.9144m. |
| pie | = 0.3048 m. |
| pulgada= 2.54 cm. | |
| Acre | = 4.047 m ² |
| Yd ² | = 0.836 m ² |
| pie ² | = 0.0929 m ² |
| pulg ² | = 6.452 cm ² |
| litro | = 0.001 m ³ (unidad fundamental de volumen) |
| dl. | = 100 cm ³ |
| cl. | = 10 cm ³ |
| sl. | = 1 cm ³ |

TABLA DE CONVERSION DE UNIDADES.

| | MULTIPLIQUE | POR | PARA OBTENER |
|----------|-------------------|--------------------------|--------------------|
| LONGITUD | cm. | 0.39300 | pulg. |
| | yd. | 91.4400 | cm. |
| | pulg. | 25.4000 | mm. |
| | pulg. | 2.54000 | cm. |
| | pulg. | 0.02540 | m. |
| | pie | 30.4800 | cm. |
| | pie | 0.30480 | m. |
| | m. | 3.28080 | pies |
| | m. | 39.3700 | pulg. |
| | m. | 1.09400 | yd. |
| | millas | 1.60930 | km. |
| AREA | m ² | 10.7600 | pies ² |
| | pie ² | 9.290 * 10 ⁻² | m ² |
| | pie ² | 9.29000 | cm ² |
| | pulg ² | 6.45200 | cm ² |
| | pulg ² | 6.542 * 10 ⁻⁴ | m ² |
| | km ² | 0.38610 | milla ² |
| | km ² | 247.100 | acres |
| | hectárea | 2.47000 | acres |
| acres | 0.81000 | hectáreas | |
| FUERZA | lb. | 4.448222 | N. |
| | lb. | 0.004448222 | KN. |
| | klb. | 4.448222000 | KN. |
| | kg. | 0.009806650 | KN. |
| | lb. | 0.453592400 | Kg. |

| | MULTIPLIQUE | POR | PARA OBTENER |
|-----------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| FUERZA/LONG | lb/pie | 14.59372700 | N/m |
| | lb/pie | 0.014593727 | KN/m |
| | klb/pie | 14.59372700 | KN/m |
| | lb/pie | 1.488160400 | Kg/m |
| | klb/pulg | 1.751 * 10 ⁻² | KN/m |
| | lb/pulg | 178.6000000 | g/cm |
| | lb/pulg | 1.488000000 | Kg/m |
| MOMENTO | kip * pulg | 0.112986200 | KN * m |
| | kip * pie | 1.355840000 | KN * m |
| | libra* pie | 1.356000000 | N * m |
| | libra* pie | 0.138300000 | Kg * m |
| | klb* pie | 1.356000000 | Kn * m |
| | lb* pie | 0.001298620 | BTU |
| | lb * pie | 0.000320000 | calorias |
| | lb * pie | 1.356000000 | joules |
| MOMENTO INERCIA | pie ⁴ | 0.63 * 10 ⁻³ | m ⁴ |
| | pulg ⁴ | 41.62 8 10 ⁻⁸ | m ⁴ |
| | pulg ⁴ | 41.62 | cm ⁴ |
| | pulg ⁴ | 41.62 8 10 ⁻⁴ | mm ⁴ |
| VOLUMEN | bushel | 35.238 | l |
| | pie ³ | 2.832 * 10 ⁻² | m ³ |
| | pie ³ | 28.32 | l |
| | pulg ³ | 16.387 8 10 ⁻⁶ | m ³ |
| | pulg ³ | 16.387 | cm ³ |
| | pulg ³ | 16.387 8 10 ⁺³ | mm ³ |
| | m ³ | 1.300 | y ³ |
| | m ³ | 35.314 | pie ³ |
| | l | 0.03531 | pie ³ |
| | l | 61.02 | pulg ³ |
| | l | 0.2642 | galones |
| | gal | 3.785 | l |
| | nl | 1 | cm ³ |
| | yd ³ | 0.7645 | m ³ |
| | yd ³ | 27 | pie ³ |
| | onza | 1.805 | pulg ³ |
| onza | 29.573 | nl | |

| | MULTIPLIQUE | POR | PARA OBTENER |
|----------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|
| PESO | lb | 453.6 | g |
| | onza | 28.35 | g |
| | onza troy | 31.10 | g |
| | ton métricas | 2204.62 | lb |
| | ton largas | 2240 | lb |
| | ton largas | 1016.06 | Kg |
| | ton cortas | 2000 | lb |
| | ton cortas | 907.2 | Kg |
| FUERZA VOLUMEN | lb/pie ³ | 157.00 | N/m ³ |
| | lb/pulg ³ | 27.68 | Kg/dm ³ |
| | lb/pie ³ | 16.00 | Kg/m ³ |
| PRESION | lb/pulg ² | 6.8947577 | Kpa |
| | klb/pulg ² | 6.8947577 | Mpa |
| | klb/pulg ² | 6894.7577 | Kpa |
| | lb/pie ² | 0.04788026 | Kpa |
| | lb/pulg ² | 0.0703 | Kg/cm ² |
| | lb/pulg ² | 0.703 | m. col. agua |
| | lb/pulg ² | 2.300 | pies de col. de agua |
| | lb/pulg ² | 6.895 8 10+3 | N/m ² - pa |
| | lb/piea ² | 47.879 | pa |
| | lb/pie ² | 4.882 | Kg/cm ² |
| | lb/pulg ² | 0.006894757 | Mpa |
| | klb/pulg ² | 6.895 8 10+3 | Kpa |
| | klb/pie ² | 47.88026 | Kpa |
| TEMPERATURA | oC centigrados | oC + 273 | oK Kelvin |
| | oF farenheit | (oF - 32) * 5/9 | oC Centigrados |
| | oF farenheit | oF + 459 | oR Rankine |
| RADIANES | radianes | 57.30 | Grados Angulares. |

APENDICE B
COEFICIENTES
TERMICOS

Apéndice "B".

Tabla de coeficientes de expansión térmica.

| <u>MATERIAL</u> | <u>(DEFINICION UNITARIA/°F)</u> |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| Madera paralela a las fibras | 2.0 - 3.0 |
| Madera perpendicular a las fibras | 20.0 - 30.0 |
| Ladrillo | 3.5 - 5.0 |
| Vidrio | 4.5 |
| Mármol | 4.5 - 5.5 |
| Concreto | 5.5 - 7.0 |
| Hierro fundido | 6.0 |
| A acero estructural | 6.5 |
| Cobre | 9.8 |
| Bronce | 10.1 |
| Aluminio | 12.8 |
| Plomo | 15.9 |

Nota: Multiplicar los valores $\times 10^{-6}$.

El inconveniente de esta tabla, es el manejo de la escala termométrica; ya que está expresada en °F y en México no usamos esta escala.

Veamos el siguiente ejemplo para que quede claro el uso de la tabla.

APENDICE C

CORROSION

Corrosión.

Como hemos definido la corrosión es la propiedad que poseen los cuerpos de resistir la contaminación química y de los ácidos. Generalmente en un metal, debido a una reacción que sufre éste, con el medio ambiente.

El problema de la corrosión tiene una gran importancia dentro de la Ingeniería Civil, ya que de ella depende en gran medida que los materiales conserven durante largo tiempo sus propiedades; tanto físicas, químicas y mecánicas.

El control de la corrosión es de suma importancia para preservar las propiedades ya mencionadas en los equipos, tuberías, puentes y estructuras en general.

En la práctica es casi imposible eliminar la corrosión, por eso es necesario tener un conocimiento básico, para reconocer a la corrosión, además saber, cómo se produce y cómo es su severidad destructiva; para así evitarla al máximo.

Debemos de entender también de que la corrosión da como resultado el deterioro del metal y por ello de sus propiedades tanto físicas, químicas y mecánicas.

Clasificación general de la corrosión.

La corrosión se clasifica en tres formas, las cuales son:

- 1.- Húmeda ó seca.
- 2.- De reacción química directa ó electroquímica.
- 3.- Según el medio (ésta es una extensión de las dos anteriores, sólo que contempla el lugar donde se lleva a cabo la corrosión, es decir, en -- lugar gaseoso, líquido ó terroso).

1.- Corrosión húmeda ó seca.

La corrosión húmeda ocurre cuando un líquido está presente, mientras que la corrosión seca es causada por vapores o gases y generalmente está asociada con temperaturas altas.

Esto es muy importante puesto que un gas puede no causar daño estando seco, tal es el caso del gas de cloro que es inofensivo al acero al carbón, pero este mismo gas húmedo, es altamente corrosivo para el acero y para varios metales junto con sus aleaciones, pero para el caso del titanio sucede exactamente lo contrario, ya que el gas de cloro seco, le resulta mucho más corrosivo que el gas de cloro húmedo.

2.- De reacción química directa ó reacción electroquímica.

La combinación directa sucede cuando existe una reacción entre un metal y otros elementos ó compuestos no metálicos.

Por ejemplo:

Si se tiene:



O si tenemos:



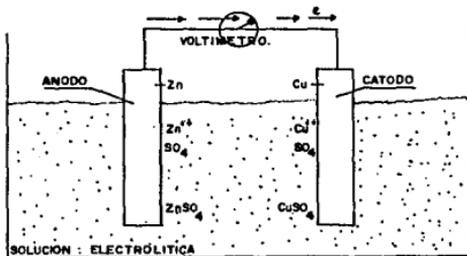
Y la corrosión por reacción electroquímica sucede en presencia de líquidos conductivos de la electricidad (electrolitos) para ver ésto más claro pondremos el caso en el cual está fundamentado este criterio.

El ejemplo es el de la celda galvánica ó pila voltaica.

Dicha celda se compone de:

- a) Dos electrodos; llamados ánodo y cátodo.
- b) Conexión eléctrica entre los dos electrodos.
- c) Solución de electrolitos.

PILA VOLTAICA



0.- ELECTRONES

Para entender bien esto debemos aclarar ciertos términos como:

Reacción de oxidación.- Pérdida de electrones y al elemento ó metal que los pierde se le llama ánodo.

Reacción de reducción.- Ganancia de electrones y al elemento ó metal que los gana se le llama cátodo.

En el ejemplo anterior se ve que los electrones que pierde el electrodo de Zinc (ánodo) pasan por medio del alambre de la conexión eléctrica, al electrodo de cobre (cátodo).

La corriente que pasa a través del alambre es un flujo de electrones; en -- cambio por la solución pasa un flujo de protones (iones positivos) que se -- acercan al ánodo y los iones negativos al cátodo.

En este ejemplo la superficie anódica, es la que se corroe, es decir es la que se disuelve y entra en solución en forma de iones.

En un mismo metal se pueden presentar áreas anódicas y catódicas, debido a las características del metal y a las del electrolito.

Entre las características del metal se tienen las diferencias químicas ó me talúrgicas por ejemplo impurezas, orientación de granos, variaciones de com posición en la microestructura, esfuerzos localizados, superficies rugosas.

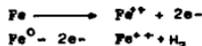
Los metales puros son más resistentes a la corrosión que los metales comerciales; pero no son utilizados debido a su elevado costo y la baja resisten cia mecánica.

Por otro lado tenemos que el electrolito puede formar áreas anódicas y ca-- tódicas, en un mismo metal debido a las condiciones a las que se encuentra-- como son:

- Diferencias de temperatura.
- Diferencias de concentración en la solución.
- Gases disueltos con oxígeno.
- Velocidad de flujo.

Un ejemplo muy común de corrosión electroquímica; es la corrosión del hierro en el agua. Cuando el hierro está sumergido en el agua se pueden presentar -- áreas anódicas y catódicas.

En las áreas anódicas el hierro se oxida de acuerdo a la siguiente ecuación:



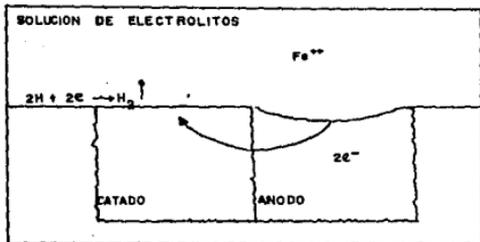


FIGURA N. 2

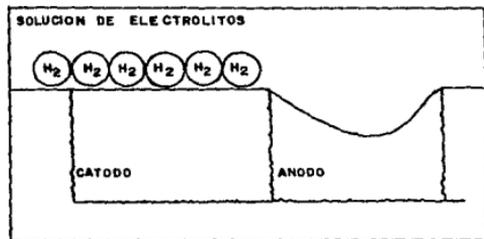


FIGURA N. 3

Si no hay oxígeno presente la reacción que sucede en el cátodo es:



Osea que por cada dos iones de hidrógeno que reducen, se oxida uno de hierro. Ver fig. No. 2.

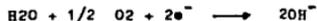
La reacción total es:



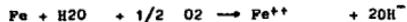
En el agua la concentración de iones hidrógeno es pequeña por lo tanto la corrosión es lenta. Cualquier cosa que interfiera la reacción anterior, reducirá la corrosión; así tenemos que en agua el hidrógeno forma burbujas -- que se adhieren a la superficie catódica impidiendo el paso de la corriente y deteniendo la corrosión. A este fenómeno se le llama polarización y debido a que sucede en el cátodo, polarización catódica Ver fig. No. 3. Sin embargo la mayor parte de las aguas contienen oxígeno disuelto. Este oxígeno se combina con el hidrógeno formando agua y la polarización se elimina.

En este caso el oxígeno actúa como un depolarizante catódico. Por esta razón, el agua que se alimenta a las calderas es demercedada.

En las aguas neutras y las alcalinas que contienen oxígeno disuelto la reacción en el ánodo es la misma y en el cátodo sucede la siguiente reacción:



La reacción total es:



O bien: $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} + 1/2 \text{O}_2 \longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$

Tipos de Corrosión.

La corrosión puede clasificarse según la forma en que se manifiesta, y cada forma se puede identificar por simple observación.

Los tipos de corrosión más comunes en la Ing. Civil son los siguientes, aun que no son los únicos que se pueden presentar.

- 1.- Corrosión uniforme
- 2.- Picadura (Pitting)
- 3.- Corrosión intergranular
- 4.- Corrosión - esfuerzo

Corrosión Uniforme.

El ataque uniforme es la forma más común de corrosión. Se caracteriza por una reacción química o electroquímica que se lleva a cabo en toda la superficie metálica. Esto se debe a que las áreas anódicas y catódicas cambian constantemente de lugar.

La corrosión uniforme se combate por alguno de los siguientes métodos.

- a) Utilizando materiales más resistentes
- b) Utilizando inhibidores
- c) Utilizando recubrimientos protectores
- d) Utilizando una combinación de los tres anteriores

Las sucesivas formas de corrosión son difíciles de pronosticar y causan fallas prematuras e inesperadas en los equipos.

Corrosión Galvánica o Bimetálica.

La corrosión galvánica o bimetálica se presenta cuando dos metales entran en contacto y además expuestos a una solución conductora de la electricidad (electrolito) corrosión de tipo electrofítico. El metal menos noble actuará como ánodo y el más noble ó positivo como cátodo. Entre mayor sea la diferencia de potencial que existe entre los dos metales mayor será la corrosión que sufrirá el ánodo.

La serie electromotriz dá una idea de potencial que se puede presentar entre dos metales pero las condiciones de concentración y temperatura con que fué hecha no se presentan en la práctica. Lo ideal sería tener datos para diferentes medios ambientes a diversas concentraciones y temperaturas, pero ésto significaría un número de pruebas muy grande. Lo que se ha hecho es una tabla con el comportamiento de los metales y sus aleaciones en agua de mar. Ver Tabla 2.

Cuando dos metales diferentes están sujetos a corrosión electrofítica, el que esté arriba en la serie galvánica actuará como ánodo es decir será el que sufrirá la corrosión el otro que actúa como cátodo no sufrirá corrosión.

TABLA NO. 2

Serie galvánica de los metales y de sus aleaciones en agua de mar.

(Extremo anódico ó activo)

Magnesio y sus aleaciones

Zinc

Aluminio 1100 (comercialmente puro)

Cadmio

Aluminio 2024 (4.5 Cu, 1.5 Mg, 0.6 Mn.)

Acero al carbón

Fundición de hierro

Acero al cromo (activo) 13% de Cr.

Ni Resist (fundición de hierro con alto contenido de Ni)

Acero inoxidable 304 (18-8) (activo)

Acero inoxidable 316 (18-8-Mo) (activo)

Plomo

Estaño

Niquel (activo)

Inconel (activo) (80 Ni, 13 Cr, 7 Fe)

Hastelloy B (60 Ni, 30 Mo, 5 Fe, 1 Mn)

Chlorimet 2 (66 Ni, 32 Mo, 1 Fe)

Latones (Cu-Zn)

Cobre

Bronces (Cu-Sn)

Cupro - níquel (60-90 Cu, 4-10 Ni)

Monel (70 Ni, 30 Cu)

Niquel (pasivo)

Inconel (pasivo)

Acero al cromo (pasivo) (11a 30 Cr)

Acero inoxidable 304 (18-8) (pasivo)

Acero inoxidable 316 (18-8-Mo) (pasivo)

Hastelloy C (62 Ni, 17 Cr, 15 Mo)

Chlorimet 3 (62 Ni, 18 Cr, 18 Mo)

Plata

Titanio

Grafito

Oro

Platino

(Extremo catódico ó pasivo)

Control de la corrosión galvánica.

Existen diferentes procedimientos para combatir ó reducir la corrosión galvánica. Puede necesitarse un método ó una combinación de éstos.

- 1.- Seleccionar combinación de metales que estén lo más junto posible en la serie galvánica.
- 2.- Evitar combinaciones donde el área del metal menos noble sea pequeña en comparación del más noble.
- 3.- Evitar el contacto de dos metales diferentes por medio de aislamiento.
- 4.- Cuando se va a recubrir algún equipo construido con dos metales diferentes nunca se debe recubrir al menos noble porque se tendría una relación de -- área muy desfavorable. Siempre se deben recubrir los dos metales ó únicamente el más noble.
- 5.- Se puede agregar a la sustancia manejada algún inhibidor para reducir su poder corrosivo.
- 6.- Se pueden utilizar piezas de zinc de acero para que actúen como ánodos de sacrificio y protejan a algún otro metal, por ejemplo en la fig. No. 5A se ilustra el uso de tiras de zinc para proteger contra la corrosión galvánica a los tubos de aluminio de un intercambiador de calor.

La corrosión galvánica ó corrosión bimetalica no siempre ocurre ó al menos no es lo suficientemente grande para causar problemas.

En la práctica existen combinaciones de metales que dan buen servicio sin problemas fuertes de corrosión. Antes de diseñar un equipo con la combinación de dos metales es recomendable hacer pruebas para obtener la siguiente información.

- 1.- Cuál combinación de metales presenta corrosión galvánica fuerte y cuáles no.
- 2.- Dirección y magnitud de la corriente.
- 3.- Magnitud del potencial generado.
- 4.- Distribución de la corrosión.
- 5.- Magnitud del efecto del área.
- 6.- Efecto del tiempo.
- 7.- Efecto del p^H , composición de la solución, aereación, condiciones de la superficie metálica, velocidad y agitación.
- 8.- Utilidad de las medidas protectoras.

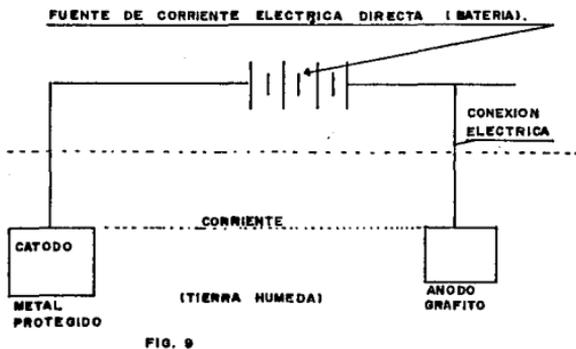
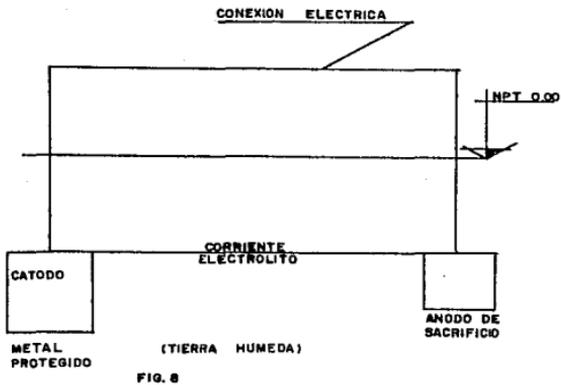
Protección catódica.

La protección catódica utiliza los principios de la corrosión galvánica. Consiste en hacer trabajar como cátodo al equipo ó estructura que se va a proteger para que no se corra. Esto se logra por dos métodos.

- a) Por medio de ánodos de sacrificio.
- b) Por medio de corriente directa de una fuente externa.

Los materiales utilizados como ánodos de sacrificio, son los que se encuentran arriba de la serie galvánica por ejemplo el zinc, el magnesio. En la -- fig. 8 se ilustra el uso de ánodos de sacrificio.

Para proteger a una tubería de acero enterrado, los ánodos se van destruyendo conforme pasa el tiempo y hay que sustituirlos periódicamente, la tubería queda protegida porque actúa como cátodo.



Efecto del medio ambiente.

Las condiciones del medio ambiente pueden aumentar ó disminuir la corrosión. Así se tiene que en soluciones de baja conductividad, la corrosión se presenta cerca de la unión de los dos metales, Ver fig.

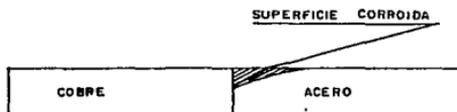


FIG. 4 CORROSION DEL ACERO EN AGUA

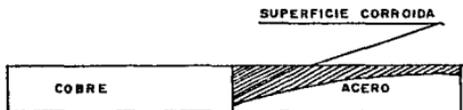


FIG 5 CORROSION DEL ACERO EN AGUA DE MAR

Efecto del área.

Otro factor importante en la corrosión galvánica es la relación de tamaño que existe entre las áreas anódica y catódica. La densidad de corriente aumenta cuando disminuye el tamaño del área por la que pasa la corriente eléctrica y a su vez la corrosión es directamente proporcional a la densidad de corriente. Cuando el área anódica es pequeña comparada con la catódica, se tendrá un efecto desfavorable; y la corrosión puede aumentar de 100 a 1000 veces el valor que se tendría si las dos áreas fueran del mismo tamaño.

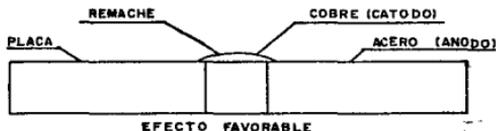


FIG. 6 AREA ANODICA > AREA CATODICA

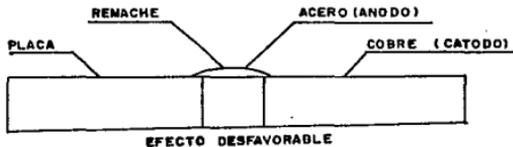


FIG. 7 AREA ANODICA < AREA CATODICA

Corrosión por picadura.

En este tipo de corrosión ni la superficie ni el medio que los rodea son homogéneos, a menudo se precipitan productos de corrosión, insolubles que forman películas en la superficie del metal, las películas no son uniformemente perfectas. Las direcciones cristalográficas del metal no son iguales en su reactividad y el medio no es uniforme en su concentración.

Por esta razón puede concentrarse el ataque, en pequeñas zonas distribuidas al azar, dejando gran parte de la superficie relativamente no atacada. Se forman picaduras y hoyos que penetran en el metal en lugar de extenderse sobre la superficie, de los que resulta el deterioro por perforación, aunque sólo es afectada una pequeña parte del metal. A diferencia de la corrosión uniforme, la picadura es difícil de evaluar y controlar porque no es uniforme con respecto a la superficie ni su rapidez es constante con el tiempo.

Corrosión intergranular.

La corrosión por picadura es independiente de la estructura cristalográfica y granular del metal.

El ataque intergranular ó transgranular tiene formas localizadas de corrosión, se distingue de la picadura por el hecho que depende directamente de la estructura metálica y de las condiciones que prevalecen en los límites entre los granos.

Este tipo de corrosión se produce en escala microscópica, sin que se observen índices visibles de ataque intensivo, por esta razón, extremadamente peligrosa, pues la construcción falla sin previo aviso, a consecuencia de la pérdida de cohesión entre los granos.

Corrosión por fatiga.

También es otro tipo de corrosión; es un caso de la acción simultánea del medio y las tensiones, distinguiéndose por el carácter cíclico de la tensión como ya lo describimos en los conceptos básicos.

La fatiga está asociada a bandas de deslizamiento, que se forman durante los esfuerzos cíclicos del trabajo, se distinguen dos fases.

- 1.- La acción considerada a las tensiones del material, originan la formación de picaduras y grietas.
- 2.- Se produce el deterioro, por propagación de las grietas que es acelerada por la concentración de las tensiones en la base de la grieta.

La formación de una picadura redondeada de corrosión ó de una grieta, trans-cristalina, está posiblemente asociada a un mecanismo de deslizamiento, originándose éste último entre planos de deslizamiento, por la desorganización-estructural, o por precipitación local del material.

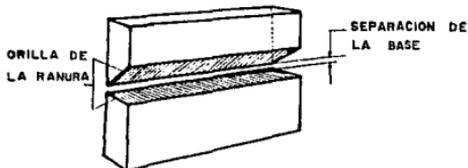
APENDICE D

VOCABULARIO

Terminología usada en la soldadura.

Abertura de la base.

La separación de la base de las piezas metálicas por unirse con soldadura de ranura.



Acabado liso.

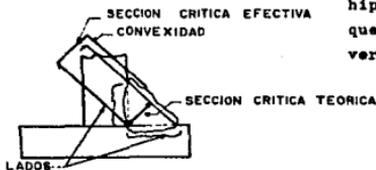
Acabado de calidad semejante al acabado con cepillo.

Acero de alto carbón.

Acero con el 0.45% de carbón o más.

Ancho o espesor efectivo en soldaduras de filete.

Es la distancia que hay entre el principio de la base, en dirección perpendicular a la hipotenusa del triángulo rectángulo máximo que se pueda inscribir en la sección transversal de la soldadura.



Ancho o espesor efectivo en la soldadura de ranura.

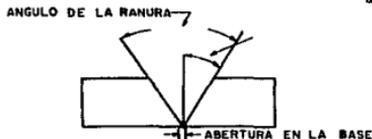
El espesor efectivo de la sección crítica es el espesor de la parte más delgada en la junta.

Ancho de fusión.

Dimensión hasta donde alcanza la fusión en sentido perpendicular al eje de un cordón de soldadura.

Angulo de ranura.

El ángulo total incluido en la ranura formada por las piezas metálicas por unirse mediante una soldadura de ranura.



Area del cráter.

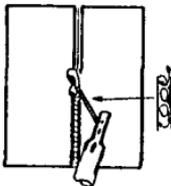
Area de la depresión que queda en la terminación de una soldadura al arco.

Area efectiva de la soldadura

Area de la sección de una soldadura que se considera efectiva para transmitir esfuerzos (área efectiva = espesor efectivo \cdot longitud efectiva).

Azote.

Término que se aplica al movimiento hacia arriba y hacia abajo que se da al electrodo que se emplea en soldadura vertical para evitar socavadura obteniendo una buena distribución del metal de soporte en el cordón de soldadura.

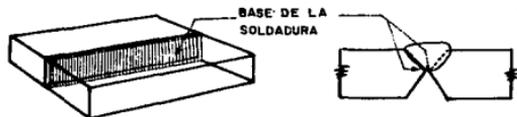


Balaceo.

Técnica de depositar el metal de soldadura oscilando el electrodo.

Base de soldadura.

Es la zona correspondiente al fondo de la soldadura.



Barra espaciadora (espaciador).

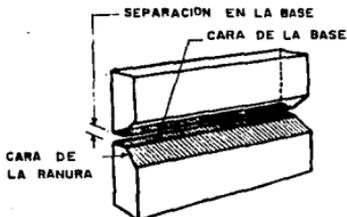
Barra de sección rectangular que se coloca en la abertura de la base entre las caras de una junta a tope.

Boquillas para soldar.

Tobera empleada para dirigir el chorro de gas o mezcla de gases en la soldadura con oxiacetileno.

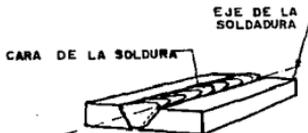
Cara de la base.

La parte que no se bisela o ranura en una orilla preparada para soldarse con una soldadura de ranura.

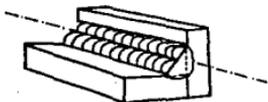


Cara de la soldadura.

Parte expuesta de una soldadura.



Cara del cordón.



Parte expuesta de un cordón de soldadura.

Charco.



Porción de soldadura fundida en el lugar -
que se aplica calor.

Convexidad.

En una soldadura de filete convexo, la distancia máxima medida perpendicularmente desde la línea que une las orillas de la soldadura hasta la cara de la misa.

Cordón.

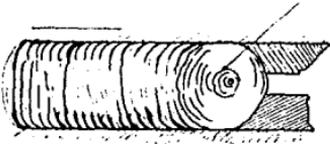
Metal de soldadura depositado por el electrodo en una sola pasada a lo largo del eje de una soldadura.

Corte con oxígeno.

Proceso que se usa para cortar metales aprovechando la acción química del oxígeno sobre metales a temperatura elevada.

Cráter.

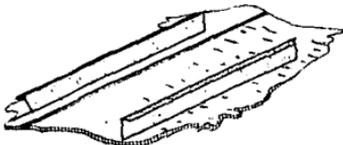
Es una depresión en la terminación de una soldadura.



Distorción o alabeo.

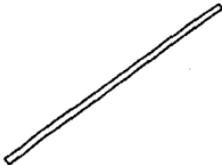
Uno de los tantos problemas que se presentan en la soldadura, causa dos por:

- a) Secuencia de la soldadura incorrecta.
- b) Equivocada posición de los puentes en una junta.
- c) Demasiada intensidad de corriente en la ejecución de la soldadura.



Electrodo desnudo.

Electrodo para soldadura eléctrica que consiste en un alambre metálico sin revestimiento.



Electrodo recubierto.



Es un electrodo para soldadura eléctrica, - consiste en una varilla metálica con revestimiento relativamente grueso que protege - el metal fundido de la atmósfera, mejora - las propiedades del metal de soldadura y estabiliza el arco.

Escoria.

Producto de fusión que se dá durante el proceso de la soldadura, ocasionado por el resubrimiento ó del fundente granulado.

Esfuerzo cortante longitudinal.

En soldaduras de filete, el esfuerzo cortante aplicado en dirección del eje de la soldadura.

Esfuerzo cortante transversal.

En soldaduras de filete, el esfuerzo cortante aplicado en dirección perpendicular al - eje de la soldadura.

Esfuerzo de falla a la fatiga.

El esfuerzo máximo de un ciclo de esfuerzos variables que producen la falla de un miembro o parte, después de aplicar dicho ciclo de carga un número de veces establecido.

Esfuerzo unitario básico.

Esfuerzo unitario permisible para proyectar, el cual es obtenido, del resultado afectado - por un coeficiente de seguridad de una serie de pruebas de resistencia en un material da - do.

Estructura.

Es un conjunto de piezas metálicas que se - unen por medio de una soldadura eléctrica.

Falla por fatiga.

Falla en una pieza o parte debida al efecto de fatiga.

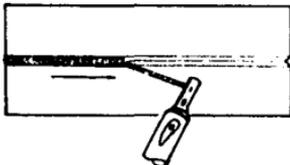
Falta de fusión o penetración.

Profundidad de penetración incompleta.

Fatiga.

Proceso de debilitamiento debido al cambio local de la estructura de un material por haber sido sometido a cierto número crítico de ciclos de esfuerzos variables.

Filete longitudinal.



Soldadura de filete, con su eje en dirección a la línea de acción del esfuerzo que transmite.

Filete transversal.



Soldadura de filete con su eje en dirección perpendicular a la línea de acción del esfuerzo que transmite.

Fundente.

Material fundible o gas que se usa para disolver y/o evitar formaciones de óxidos, nitridos u otras inclusiones indeseables que se forman al soldar.

Carganta de la soldadura de ángulo.

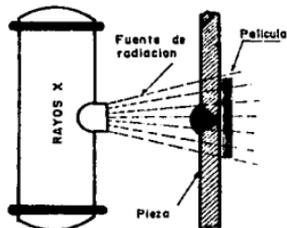


Es la distancia más corta entre la raíz y las caras de la soldadura de ángulo.

Grieta.

Rotura local del metal de la soldadura ó del metal base adyacente.

Inspección radiográfica.



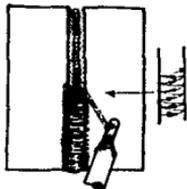
Inspección por medio de radiografías, hechas a soldaduras. Este método de control se usa mucho en soldadura para detectar posibles defectos como porosidad, grietas, falta de fusión e inclusiones de escoria.

Inclusiones de escoria.



Materiales sólidos no metálicos atrapados en el metal de la soldadura o entre el metal de la soldadura y el metal base.

- Microscopía.** Observación directa ó mediante un lente de aumento, del corte de una soldadura, preparado dicho corte, mediante ataque químico para obtener ó determinar principalmente - la penetración de la soldadura.
- Martillado.** Proceso en que el metal trabaja en frío. Sometiendo a una serie de golpes de martillo.
- Metal base.** Metal que constituye las piezas metálicas - por unirse mediante una soldadura o por cortarse.
- Metal de aportación.** Es la porción de soldadura fundida durante la operación de soldar.
- Metal de la soldadura.** El metal resultante de la fusión del metal de aportación y/o del material base en una soldadura.
- Metal soldante.** Metal de la soldadura.
- Pasada.** Es la progresión longitudinal y sencilla de una operación de soldadura a lo largo de una junta o de otra soldadura.



Penetración.



Es la distancia en donde la zona de fusión se extiende por debajo de la superficie de la pieza o las piezas estructurales que se han soldado.

Perfilado con soplete de oxígeno.

Pie de la soldadura.

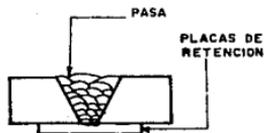


Proceso para preparar las orillas o hacer ranuras en el material base mediante el uso de un soplete de oxígeno.

Es el punto donde se unen la cara de la soldadura y el metal base.

En soldadura de ángulo es la distancia entre la raíz de la junta y el extremo de la soldadura.

Placa de retención.

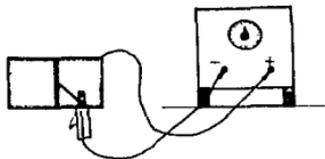


Placa que sirve para retener el metal fundido en la base de una soldadura durante las primeras pasadas.

Placas para prolongación.

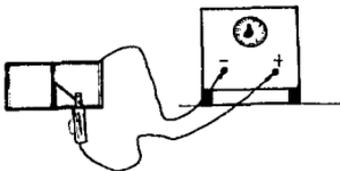
Son placas provisionales que se colocan en las orillas de los miembros para prolongar la junta soldada.

Polaridad directa (-).



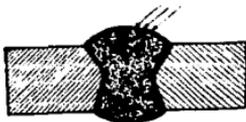
Es cuando se colocan las terminales de soldar de manera que la pieza que se va a trabajar tenga el polo positivo (+) y el electrodo el polo negativo (-) en el circuito del arco.

Polaridad invertida (+).



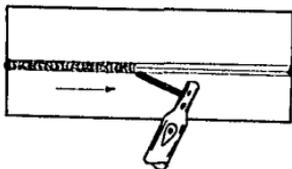
Es cuando se colocan las terminales de soldar de manera que en el circuito del arco - el trabajo estará conectado al polo (-) y - el electrodo esté conectado al polo positivo.

Porosidad.



Boleas de gas provocadas en la soldadura por electrodos defectuosos, o por falta de limpieza del metal base o incorrecta regulación de la corriente de soldadura.

Posición horizontal.



La posición de soldadura que se hace en una junta; en la posición aproximadamente horizontal.

Posición plana.



Es la posición de la soldadura en la que se realiza desde el lado superior de la junta, y la cara de la soldadura está aproximadamente horizontal.

Posición sobre-cabeza.



Es la posición de la soldadura que se hace por la parte inferior de la junta.

Posición vertical.



Es la posición de soldar donde el eje de la soldadura es una línea más o menos vertical.

Proceso de la soldadura
(procedimiento para soldar)

Son los métodos y prácticas que se emplean-incluyendo los procesos de unión involucrados en la producción de la estructura.

Procedimiento calificado.

Es el procedimiento para soldar, ya aceptado.

Pre calentamiento.

Es la aplicación de calor a la pieza que se va a soldar ó cortar.

Preparación del material.

Operaciones ejecutadas en el material antes de proceder a soldarlo.

Profundidad de fusión.

La profundidad de fusión de una soldadura a tope es la distancia entre la superficie del metal base y el punto de la junta donde termina la fusión.



- Punto de soldadura.** Una soldadura generalmente muy corta que se hace para sujetar las piezas de una estructura en alineación apropiada hasta que se termine la soldadura.
- Prueba de sanidad.** Esta prueba es para determinar el grado de ausencia de defectos perceptibles por inspección visual en cualquier superficie expuesta a una soldadura.
- Pruebas de aceptación de electrodos.** Son pruebas físicas a las cuales se someten las soldaduras para determinar si los electrodos son aceptables.
- Pruebas para calificar.** Son las pruebas a las que se someten las soldaduras para calificar al procedimiento o a las soldaduras.
- Radio de la ranura.** Es el radio de la parte circular en una ranura en U o en J.
- Radiografía.** Es la fotografía que se obtiene por transparencia de un objeto para reconocer a través de una fuente de energía de rayos X o gamma.



Raíz.



Son los puntos en los cuales el fondo de la soldadura corta la superficie del metal base.

Ranura en J.



Ranura formada por un lado con perfil semejante a una J y otro cortado perpendicularmente al plano que contiene la cara de la soldadura.

Rajadura debajo del cordón.

Es una fisura en la zona afectada por el calor y que no se extiende a la superficie del metal base.

Ranura en U.



Ranura formada por dos lados con perfil semejante a una U.

Hanura en bisel.

Es la ranura formada por un lado biselado y otro contenido en un plano perpendicular al que contiene la cara de la soldadura.

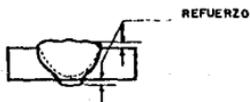


Rebordes.

Metal de la soldadura traslapando la orilla de la soldadura fuera de la zona de fusión.

Refuerzo de la soldadura.

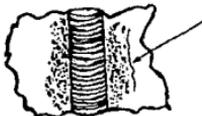
Es el exeso del metal de la soldadura para un tamaño especificado en una soldadura.



Reversión de esfuerzos ó inversión de esfuerzos.

Es el cambio de los esfuerzos aplicados a un miembro (compresión a tensión y viceversa).

Salpicaduras.



Son las partículas expelidas durante la operación de soldar en soldadura autógena o eléctrica.

Sanidad.

Es la calidad referente al grado de ausencia de defectos perceptibles por inspección visual de cualquier superficie expuesta de una soldadura.

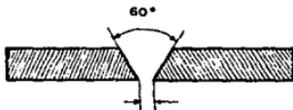


Sección crítica.

Sección mínima resistente en una soldadura.

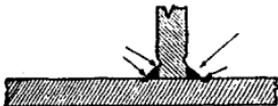
Separación de la raíz o de la base.

Abertura en la base de la soldadura entre los miembros por unirse.



Sin tratamiento.

Es la condición en la que queda el metal de la soldadura, las uniones soldadas y la estructura después de soldarse y antes de someterlas a ningún tratamiento térmico o mecánico.

Socavadura.

Es una ranura fundida en el metal base adyacente al pie de la soldadura y que no ha sido llenada por el metal de la soldadura.

Solape.

Es el amontonamiento del metal de soldadura más allá de la línea del pie del cordón.

Soldadura.

Es la unión localizada del metal producida por calentamiento apropiado con o sin aplicación de presión y con o sin el uso del metal de aportación.

**Soldadura a tope.**

Es la soldadura que se hace en la unión de dos piezas de metal más o menos en el mismo plano.



Soldadura al arco sumergido.



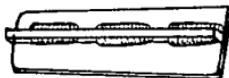
Soldadura al arco eléctrico.



Soldadura por arco protegido.



Soldadura de filete.



Proceso de soldadura al arco eléctrico en el cual el arco se establece entre el trabajo y un electrodo metálico sin recubrimiento. El arco se protege mediante una capa de material granulado fusible, colocado sobre el trabajo.

Grupo de procesos para soldar; en los cuales la unión se produce fundiendo con un arco -- eléctrico, aplicando o no presión y depositando o no metal de aportación.

Es el proceso de soldadura eléctrica en que la unión se produce por el calor de un arco eléctrico entre un electrodo recubierto y el trabajo. La protección se obtiene de la descomposición del revestimiento del electrodo al fundirse.

Soldadura con sección transversal aproximadamente triangular; con la cual se unen dos su superficies aproximadamente perpendiculares en tre sí.

Soldaduras de filete interrumpido. Es la soldadura de filete discontinua en su longitud.



Soldadura de filete interrumpido tipo de cadena.

Soldadura constituida por dos filetes interrumpido dispuestos en cada lado de una de las placas conectadas y coincidiendo tanto en los tramos de filete como en los espacios sin soldar.



Soldadura de ángulo horizontal exterior.

Es la unión de dos piezas cortadas a escuadra y enfrentadas por la arista interior, formando un ángulo curvo de 90° .



Soldadura ascendente.

Un término que se usa para indicar que la soldadura se hace de la parte inferior de la pieza hacia la parte superior sin moverla.



Soldadura de ángulo horizontal interior.



Es la unión de dos piezas, una tiene el borde cortado a escuadra en contacto con la otra formando un ángulo recto.

Soldadura de filete interrumpido tipo desfasado.



Soldadura constituida por dos filetes interrumpidos dispuestos en cada lado de una de las placas conectadas y coincidiendo los tramos de filete de un lado con los espacios intermedios de la soldadura en el lado opuesto.

Soldadura de filete longitudinal.

Es la soldadura de filete dispuesta con su eje longitudinal paralelo a la dirección del esfuerzo que transmite.

Soldaduras de filete transversal.

Es la soldadura con su eje dispuesto transversalmente a la dirección del esfuerzo.

Soldadura a puntos.

Soldaduras interrumpidas, de tramos cortos, dispuestos a distancias regulares.

Soldaduras para sellar.

Soldaduras para cerrar una abertura angosta.



Soldadura de ranura.

Soldadura hecha en una ranura, formada por dos miembros metálicos por soldar.

Soldadura de tapón.



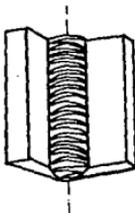
Soldadura de forma circular, hecha con soldadura al arco o con gas a través de un miembro para unir con otro en una junta traslapada o en "T". La soldadura podrá o no hacerse a través de un agujero hecho en uno de los miembros.

Soldadura plana.



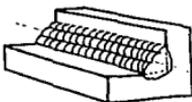
Soldadura hecha por la parte superior de una junta, manteniendo la cara de la soldadura en posición aproximadamente horizontal.

Soldadura vertical.



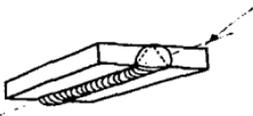
Soldadura hecha en una posición tal que el eje de la misma sea aproximadamente vertical.

Soldadura horizontal.



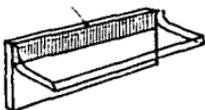
Soldaduras hechas por la parte superior de una superficie horizontal y contra una superficie aproximadamente vertical.

Soldadura sobre-cabeza.



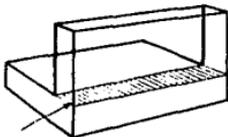
Soldaduras hechas en una superficie aproximadamente horizontal y con una superficie aproximadamente vertical depositando el metal por la parte inferior.

Soldadura de orilla.



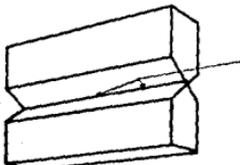
Soldadura hecha en la orilla de dos o más miembros paralelos o casi paralelos.

Soldadura en esquina.



Soldadura hecha en una junta de dos miembros perpendiculares entre sí formando una "L".

Soldaduras de ranura doble.



Soldadura con oxiacetileno.

Soporte.



Temperatura de pre-calentamiento.

Tensión del arco.

Soldaduras hechas en junta con ranura doble; colocando una a cada lado del material metálico por unir.

Proceso de soldadura o gas en el cual la unión se produce fundiendo al aplicar el calor producido por una llama obtenida de una mezcla de oxígeno y acetileno.

Material (metal, asbesto, carbón, fundente - granulado) que soporta la unión por el lado opuesto durante la operación de soldadura -- para mejorar la calidad de la unión en la raíz.

Temperatura a la cual se calienta el material base antes de efectuar la soldadura.

El voltaje que pasa a través del arco de soldadura.

| | |
|----------------------------------|--|
| Velocidad de depósito. | El peso o longitud del electrodo fundido en - una unidad de tiempo. |
| Voltaje en circuito abierto. | El voltaje en vacío entre las terminales de - un generador de corriente. |
| Vueltas en soldaduras de filete. | Continuación de la soldadura de filete <u>doblan</u> do la esquina en el extremo de un miembro. |
| Zona afectada por el calor. | La porción del metal base que no ha sido fundido pero cuyas propiedades se han alterado - por el calor de soldadura ó corte. |

Bibliografía.

Camba Castañeda, José Luis
Apuntes de Análisis Estructural I
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
1981.

Manual de Procedimientos de Soldadura al Arco
La Consolidada, S. A.
1943.

Bowles, Joseph E.
Diseño de Acero Estructural
Ed. Limusa Noriega
1989.

Johnston, Bruce G.
Diseño Básico de Estructuras de Acero
Edit. Prentice Hall
1986.

Pineda C., Massimo Vladimiro
Soldadura Eléctrica Manual
2da. Edición, Edit. Limusa Noriega
1990.

Greixell M. José
Estabilidad de las Construcciones
Edit. CECSA,
1984.

Beer, Ferdinand P.
Mecánica Vectorial para Ingenieros
Estática 4a. Edición Mc Graw Hill
1985.

Leible, Jeffrey P.
Análisis Estructural
Mc Graw Hill
1988.

González Cuevas Oscar M.
Concreto Reforzado
2a. Edición Limusa
1989.

Varela A. Leopoldo
Costos de Construcción Pesada y Edificación
Tomo I Edición 1991
Compuobras

Heinen y Gutiérrez
Apuntes de Diseño Estructural I.P.N.
1978.

Gaceta Oficial del Departamento del Distrito Federal
Normas Técnicas para Construcciones en Acero.
Talleres Gráficos de la Nación
1990.

Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A.C.
Manual de Construcción en Acero Vol. I 2a. Edición
Limusa Noriega
1990.

Control de Calidad S.C.T.
(Secretaría de Comunicaciones y Transportes)
Normas de Calidad de los Materiales
Talleres Gráficos de la Nación

Letapi Sarré Juan
Compendio de Términos Siderúrgicos Básicos
Altos Hornos de México, S. A.
1975.

Landa G. Germán
Especificaciones para Puentes Soldados para Camino y Ferrocarril.
Secretaría de Comunicaciones y Transportes
1965.

Fundidora Monterrey, S.A.
Manual de Constructores
Fundidora Monterrey, S.A.
1975.