

20



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CAMPUS ARAGÓN

“LA SOLDADURA, UN FACTOR IMPORTANTE EN EL INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A:
FABRICIO RENE VITE GOMEZ

ASESOR DE TESIS: ING. EDUARDO RODRIGUEZ FLORES.



MEXICO

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

272204



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
CAMPUS ARAGÓN

SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. **IVÁN MUÑOZ SOLÍS**
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 8 de febrero del año en curso, por la que se comunica que el alumno FABRICIO RENÉ VITE GÓMEZ, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "LA SOLDADURA, UN FACTOR IMPORTANTE EN EL INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 9 de febrero de 1999
EL SECRETARIO

Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS

c c p Asesor de Tesis
c c p Interesado.

ind
AIR/vr



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCION

FABRICIO RENE VITE GÓMEZ
PRESENTE.

En contestación a la solicitud de fecha 30 de noviembre del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. EDUARDO RODRÍGUEZ FLORES pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "LA SOLDADURA, UN FACTOR IMPORTANTE EN EL INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente A. M.
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 9 de diciembre de 1998
EL DIRECTOR
Lic. CARLOS EDUARDO LEVY RODRÍGUEZ



GR

VR

- c c p Secretaría Académica.
- c c p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
- c c p Asesor de Tesls.

CELV/AIR/MCA/IIa.

ESTA TESIS LA DEDICO A MIS PADRES

ELIUD VITE MARQUEZ



CELIA GOMEZ ISLAS



**QUE CON SU EDUCACION AMOR Y FORTALEZA ME SUPIERON
GUIAR POR EL CAMINO DEL BIEN Y LA BONDAD.**

A MIS HERMANOS Y FAMILIA

ALBA

INES

ELIUD

MARIO

GUADALUPE

CRISTOBAL

LETICIA

MINERVA

ROSARIO.



QUE DE UNA U OTRA MANERA CONTRIBUYERON A ESTE LOGRO.

MI RESPETO, CARIÑO Y AMOR A ELLOS.

CON ESPECIAL CARIÑO A MI ESPOSA:

GUADALUPE

A MIS HIJAS:

**CELIA
RENEE
SONY**

AQUIENES AMO PROFUNDAMENTE

LA SOLDADURA
UN FACTOR
IMPORTANTE EN
EL INGENIERO
MECANICO
ELECTRICISTA

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	V
1. IMPORTANCIA DE LA SOLDADURA.	1
1.1. ASPECTOS BÁSICOS.	3
1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.	4
1.3. EL OFICIO DE LA SOLDADURA.	10
2. SOLDADURA DE LOS METALES.	13
2.1. LOS METALES.	15
2.2. PROPIEDADES DE LOS METALES.	16
2.3. FUNDAMENTOS DE LA METALURGIA DE LA SOLDADURA.	19
2.4. CONCEPTO DE SOLDABILIDAD.	22
2.5. SOLDABILIDAD DE LOS METALES.	26
3. PROCESOS DE MAYOR APLICACIÓN.	43
3.1. CLASIFICACIÓN.	45
3.2. ARCO ELÉCTRICO CON ELECT. REVESTIDO	50
3.3. SOLDADURA OXIACETILÉNICA.	60
3.4. ARCO ELÉCTRICO CON PROTECCIÓN DE GAS (GMAW), (MIG).	66
3.5. ARCO ELÉCTRICO CON PROTECCIÓN DE GAS INERTE (GTAW) (TIG)	78
3.6. RESISTENCIA ELÉCTRICA.	83
3.7. PROCESO ALUMINOTERMICO.	89
3.8. SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO.	92
3.9. PROCESO PLASMA.	98

4. DISEÑO EN SOLDADURA.	105
4.1. INTRODUCCIÓN.	107
4.2. FACTORES DE DISEÑO.	109
4.3. REGLAS DE DISEÑO EN UNIONES SOLDADAS.	112
4.4. SISMOLOGÍA DE SOLDADURA.	124
 BIBLIOGRAFÍA.	 125

INTRODUCCIÓN.

La importancia de la soldadura se basa en el hecho de que en la vida diaria nos encontramos rodeados de artículos que, en mayor o menor porcentaje han sido soldados, los cuales utilizamos cotidiana y continuamente.

Prácticamente en todos los campos de la Ingeniería se aplica la tecnología de la soldadura, pudiendo citar las áreas (Mecánica, Eléctrica, Industrial, Electrónica, Química, Aeroespacial, Naval, Civil, Transporte, Militar, Petrolera, etc)

Siendo la soldadura un proceso básico y estratégico de la manufactura, construcción, mantenimiento, seguridad, calidad y vida útil de los bienes inmuebles y de capital construidos o fabricados en todas las ramas de la Ingeniería, a través de uniones soldadas en forma eficiente y segura

Definida la soldadura como la acción de unir dos o más materiales de semejante composición química, para formar a partir de éstos un todo homogéneo o una continuidad de material.

El presente trabajo de Tesis, se propone reunir un conjunto de datos y principios básicos dentro del área de la soldadura industrial. Presentados de la siguiente manera:

Importancia de la soldadura. - Se plantean los antecedentes históricos y aspectos relacionados al oficio de la soldadura. Se define al proceso de soldadura como un método eficaz y de bajo costo para la unión de dos o más piezas (en metales comerciales); además de que se pueda utilizar en cualquier parte y que permite flexibilidad en el diseño de la junta, tomando en consideración, que una junta que necesita desarticularse no puede ser una junta soldada, por tanto, la unión soldada es para siempre.

Soldabilidad de los metales.- Se analizan las propiedades de los metales que se asocian a la metalurgia. Se explica y define el concepto de *soldabilidad de los metales*.

Procesos de mayor aplicación en México.- A través de una clasificación de los procesos, se establece el planteamiento de éstos como sigue:

Arco eléctrico con electrodo revestido.

Soldadura oxiacetilénica.

Arco metálico con protección de gas inerte (proceso MIG).

Arco de Tungsteno con protección de gas inerte (proceso TIG).

Resistencia eléctrica.

Soldadura aluminotérmica (proceso con termita).

Soldadura por arco sumergido.

Arco plasma.

Diseño en soldadura.- Se plantean las principales reglas de diseño de uniones soldadas, así como, los factores de diseño para satisfacer los requisitos de operación durante la vida útil de las construcciones soldadas.

La gestión dentro del área.- Se plantean los avances de la dirección empresarial, relacionándolos con las necesidades y características de los supervisores, enfocando la gestión y su concepto al nuevo panorama de competencia global. Donde las relaciones humanas, la capacitación y la comunicación son fundamentalmente necesarias, para el desarrollo del sistema social y abierto que es la empresa.

Se plantean también los principales riesgos y precauciones de seguridad relativas a la soldadura, citando las principales normas de seguridad e higiene industrial relativas a la soldadura. Las personas pueden ser consideradas responsables por aquellas acciones sobre las cuales tienen control, pero no pueden ser consideradas culpables más allá de los límites de su autoridad. Por ello la seguridad e higiene industrial es asunto de todos.

La importancia de los costos de soldadura, se ve reflejada en los beneficios que obtiene la empresa, por tanto, se plantean los cálculos básicos para obtener el costo de soldadura.

El control de calidad y sus principales factores se visualizan, sugiriendo las actividades necesarias y explicando los diferentes sistemas de inspección que se utilizan para el proceso de soldadura.

El proceso de soldadura en la fabricación de carrocerías.- Aquí se considera la aplicación de la tecnología de la soldadura en una actividad empresarial concreta y la importancia que el proceso de soldadura representa en el armado de una carrocería para el transporte de pasajeros, tratándose del servicio público urbano o foráneo, independientemente del sistema de propulsión que asista a dichos transportes.

A través de los aspectos técnicos y la normatividad dentro del ramo carrocerero, se plantean los principales factores que deben cumplirse en la fabricación de la estructura de la carrocería.

Se muestra un ejemplo de utilización de mano de obra y su especialidad, dentro del área de manufactura de la estructura del modelo de autobús integral que actualmente se fabrica, para hacer hincapié en la importancia de la tecnología de la soldadura.

Se plantea cuales son los procesos de soldadura utilizados y porque son usados en la fabricación de carrocerías, explicando su aplicación en el entramado de las estructura y que otros accesorios se fabrican utilizando el proceso de soldadura.

De esta manera se pretende integrar los conceptos más sobresalientes de la tecnología de la soldadura, para la formación de especialistas que dominen el trabajo técnico moderno, con una aplicación eficaz y disciplinada. Capaces de organizar hoy el trabajo de la mejor manera posible, para cumplir los objetivos de hoy. No aceptando las soluciones adecuadas, en lugar de las óptimas.

La formación del personal, debe ser una permanente renovación y puesta al día del capital humano de la empresa, considerado el activo más valioso.

CAPITULO 1.

IMPORTANCIA DE LA SOLDADURA



FALTA PAGINA

No.

2

1.1. ASPECTOS BÁSICOS.

En la actualidad no existe empresa alguna que no utilice la soldadura, ya sea dentro de sus procesos productivos, o bien para la conservación o reparación de sus equipos e instalaciones.

La vida diaria nos rodea de artículos que en mayor o en menor porcentaje han sido soldados: barcos, trenes, automóviles, camiones y autobuses, grúas, aviones, tanques de almacenamiento, tuberías, edificios, puentes, estructuras, muebles, etc., ejemplos de la gran variedad de productos tanto industriales como domésticos que utilizamos.

La soldadura es la más eficaz y la única forma posible de unir dos o más piezas de metal para hacerlas actuar como una sola. Se usa ampliamente y este aumenta cada vez más. Si una junta está soldada, entonces es una junta permanente. Es obvio, si esta debe ser desensamblada ocasionalmente, no deberá soldarse.

Por tanto la soldadura es el método más económico de unir en forma permanente partes de metal. Existen muchas formas de hacer una soldadura y muchos diferentes tipos de soldadura. El soldador que lleva puesta una careta y que produce chispas, emplea uno de los procesos más populares, conocido como soldadura de arco.

Sin embargo soldar se ha vuelto complejo y técnico; requiere de un conocimiento considerable para seleccionar el proceso adecuado para un trabajo específico. El oficio de soldadura consiste, entonces, en aprender lo suficiente acerca de la soldadura para aprovechar sus múltiples ventajas.

- La soldadura es un método de unión de bajo costo
- Une prácticamente todos los metales comerciales.
- Puede usarse en cualquier parte.
- Proporciona flexibilidad en el diseño.

1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Dice la tradición que hace aproximadamente 2500 años, un herrero griego de nombre Glaukos, que vivía en la ciudad de Khios, inventó la forma de soldar el hierro, calentando primero el metal para ablandarlo y después fusionarlo por medio de martilleo (proceso de soldadura por forja)^{*REF.}. Anteriormente el proceso de soldadura no implicaba la fusión de las partes a unir y llegaba a usarse oro para complementar la soldadura.

EDAD DE BRONCE	- Hace más de 2500 años se dio la unión de piezas de oro por presión.
EDAD DE HIERRO	- Aproximadamente hace 1000 años los Egipcios y otros pueblos del mediterráneo aprendieron a unir piezas de fierro.
EDAD MEDIA	- La herrería se desarrollo en alto grado y se produjeron muchos artículos de hierro, unidos por golpe de martillo.
1774	- J. Priestley (Inglés), calentó óxido de mercurio para producir oxígeno.
1800	- A. Volts (Italiano), descubrió que dos metales desiguales cualesquiera conectados por una sustancia que se volvía conductora al humedecerla, formaría una pila voltaica. La unidad volt se deriva de su apellido.
1801	- Sir H. Davy (Inglés), descubrió que se podía crear y sostener un arco entre dos terminales.
1820	- A.M. Ampere fue el precursor en el campo del electromagnetismo.
1820	- H. C. Oersted (Danés), estableció la relación entre la electricidad y el magnetismo.

^{*REF.} Tomada de la pag. 4, Soldadura Aplicaciones y Práctica, Henry Horwitz.

1827	- G. S. Ohm descubrió la resistencia de un circuito eléctrico.
1831	- M. Faraday (Inglés), obtuvo electricidad con imanes, sus experiencias dieron origen a la dinamo.
1835	- E. Davey (Inglés), descubrió el gas acetileno, pero su fabricación resultó muy costosa.
1837	- Desbassyns de Richemont (Francés), descubre la llama aerohídrica.
MEDIADOS DEL SIGLO XIX.	- Se invento el generador eléctrico.
1850	- H. Sainte-Claire-Deville (Francés), estudia la llama oxihídrica.
1856	- Joule (Inglés), logra la soldadura a base de dos hilos de acero con corriente de alta intensidad.
1877	- E. Thomson (Inglés), realiza la soldadura por presión.
1881	- A. de Meritens (Francés), pudo unir placas de plomo de acumuladores con el proceso de arco de carbón.
1885	- N. Bernardos y S. Otczewski (Rusos), usaron el proceso de arco de carbón para soldar metales con arco.
1886	- Zerener (Alemán), dirige mediante una bobina sopiante, el arco creado entre dos electrodos de carbón.
1887	- T. Fletcher (Alemán), primeros ensayos de perforación del acero con chorro de oxígeno
1888	- N. Slavianoff (Ruso), fue el primero en usar un electrodo de metal desnudo para la soldadura de arco.

1889	- H. Zerener (Alemán), fue el primero en usar el proceso de doble arco de carbón.
1892	- C.L. Coffin (Americano), se le atribuye también el uso del primer electrodo de metal desnudo y el primer proceso de soldadura por puntos.
1892	- T. L. Wilson (Canadiense), descubrió un método poco costoso para fabricar gas acetileno.
1892	- H. Moissan (Francés), fabrica el carburo de calcio en horno eléctrico.
1894	- Jottrand, logra la primera soldadura industrial con la llama oxihídrica.
1895	- H. Le Chatelier (Francés), descubrió la combustión de oxígeno y acetileno.
1898	- Linde (Alemán), fabricación industrial del oxígeno.
SIGLO XX	- La soldadura , tal como la conocemos actualmente es descubierta.
1900	- E. Fouch y F. Picard (Franceses), desarrollaron el primer soplete de oxiaetileno.
1901	- Sociedad Köln Musener (Alemana), primera patente sobre la combinación de una llama de calefacción y de un chorro de oxígeno.
1902	- G. Claude (Francés), fabricación industrial del oxígeno por doble rectificación.
1903	- La soldadura de termita fue inventada por Goldschmidt, y se uso para soldar rieles de ferrocarril.

1904	- Ch. Picard (Francés), soplete especial para el oxicoorte.
1905	- Jottrand, presentación de las primeras experiencias de oxicoorte en el congreso de la metalurgia en Lieja y primeros estudios.
1906	- R. Granjon y P. Rosemberg (Franceses), crean en París la "Office central de L-Acétylene", para las aplicaciones de este gas para el alumbrado, que se orientará después hacia la soldadura.
1907	- Kjelberg, de Suecia invento el primer electrodo recubierto para soldadura de arco, mejorándolo en 1914.
1908	- N. Bernardos (Ruso), desarrolló un proceso de electroescoria, que se está volviendo muy popular.
1910 - 1912	- A. Le Chatelier (Francés), primeras construcciones industriales por soldadura por arco.
1913	- J.E. Languepin (Francés), producción industrial de máquinas para soldar por resistencia.
1914	- Strohmenger (Inglés), desarrolló el primer electrodo envuelto en asbesto.
PRIMERA GUERRA MUNDIAL	- Trajo consigo una tremenda demanda de la producción del material de metal. - Primer barco soldado en su totalidad por Británicos. - Los Holandeses empezaron a soldar fuselajes de aviones.
1919	- Veinte miembros del comité de soldadura en tiempos de guerra fundaron la sociedad americana de soldadura. - La soldadura de corriente alterna fue inventada por C. J. Holslag sin embargo, no se volvió popular hasta 1930.

ANOS 20's	<ul style="list-style-type: none"> - Se desarrollaron varias y diferentes calidades y tipos de electrodos de soldadura. - Interés considerable en proteger el arco y el área que se iba a soldar por medio de gases aplicados externamente.
1920	- Se introdujo la soldadura automática que utilizaba un alambre de electrodo desnudo operado con corriente directa y un voltaje de arco como base para regular la alimentación del alambre electrodo por P. D. Nobel de la General Electric Company.
1924	- J. Bethenod (Francés), preconiza el empleo de la corriente de alta frecuencia para estabilizar el arco.
1924	- Irwing Langmuir (Americano), estudia la disociación del hidrógeno y propone la soldadura con hidrógeno atómico.
1926	- Alexander (Americano), soldadura en medio reductor.
1926	- H. M. Hobart utilizó atmósferas de argón y helio, patentes precursoras de los procesos GTAW y GMAW.
1927	- R. Sarazin (Francés), primera cabeza francesa de soldadura por arco
1930	- Creación en París del Institut de Soudure y de L'École Supérieure de Soudure.
1930	<ul style="list-style-type: none"> - En New York es desarrollado el proceso de soldadura de espárragos. - La soldadura por arco sumergido se volvió sumamente popular. Desarrollada por la National Tube Company.
1934	- R. Sarazin y M. Moneyron (Franceses), puesta a punto del electrodo básico y aplicaciones en la construcción naval.

1935	- H.E. Kennedy, L.T. Jones y M.A. Rodermund (Americanos), desarrollaron el proceso de soldadura de arco sumergido.
1936	- Soldadura automática bajo flujo conductor, sistema Unionmelt (E.U.A.)
1938	- La General Electric Co. Y la "Westinghouse" (E.U.A.) proponen el control electrónico en las soldaduras por resistencia.
1938	- R.C. Reinhardt (Americano), primeras soldaduras de materias plásticas.
1938	- I.G. Farbenindustri (Alemana), soldadura de las materias plásticas en plan industrial.
1941	- Es patentado el proceso de soldadura por arco de Tungsteno con gas, que se ha convertido en uno de los procesos más importantes de soldadura por arco.
1942	- R. Meredith (Americano), desarrolló el primer sopiete para el proceso TIG.
1948	- Se desarrolló el proceso de soldadura MIG.
1953	- Lyubauskir Novoshilov anunciaron el uso de la soldadura con electrodos consumibles en un ambiente de bióxido de carbono.
1954	- Es inventado el proceso de protección doble lo cual indica que se utilizó gas externo como protección, así como el gas producido por el fúndente en el núcleo del alambre.

1957	- El proceso de soldadura por arco plasma el cual es muy similar a la soldadura por arco de Tungsteno, fue inventado por Gage. - Es presentado el proceso de soldadura por haz de electrones, en el cual se emplea un haz de electrones enfocado como una fuente de calor en una cámara de vacío.
1958	- El proceso de soldadura electroescorial fue presentado al mundo occidental por los soviéticos.
1959	- Se introdujo un electrodo externo que no requería protección con gas externo

1.3 EL OFICIO DE LA SOLDADURA

La soldadura tiene tal diversidad de aplicaciones que será difícil mencionar una industria metalmeccánica en donde no utilicen soldadura en menor o mayor medida, la AWS (American Welding Society) tiene una lista de más de 90 procesos diferentes para soldadura y corte, de tal manera que un soldador podría trabajar en una línea de ensamble en labores sencillas o en los rascacielos, en una mina o bajo el mar.

Aunque no es posible enlistar todos los aspectos e industrias en que se emplea la soldadura, se muestra su diversidad y alcance:

- Oleoductos y Gasoductos	- Equipos de perforación petrolera
- Industria de la construcción	- Fabricación de maquinaria
- Equipo para soldadura	- Equipo militar
- Ferrocarriles y Puentes	- Minas
- Autobuses	- Automóviles y Motocicletas
- Construcción y reparación de Buques	- Aviones
- Industria Aeroespacial	- Salvamentos Submarinos
- Industria Metalmeccánica	- Trabajo de hierro ornamental

El periodo necesario para el adiestramiento adecuado de soldadores expertos puede variar desde tres meses hasta tres años o más dependiendo de las actividades o áreas a desarrollar.

Debido a que muchas vidas dependen de las soldaduras que se produzcan, se requerirá que los trabajadores se sometan a exámenes de soldadura en intervalos muy frecuentes.

Estos exámenes pueden ser muy sencillos en el taller o en pruebas controladas por autoridades. Al personal de soldadura se le examina con mucha mayor frecuencia que a los operarios de otros gremios para determinar la calidad del trabajo que ejecutan.

Para las diferentes actividades relacionadas con este campo se requiere acumular experiencia y preparación para escalar niveles dentro de la industria.

Cualquier persona que desee hacer su carrera en la soldadura debe gozar de buena salud, tener buena vista, además de un adecuado control muscular para llevar a cabo las aplicaciones prácticas de la soldadura.

Un soldador experto siempre encontrará un puesto en la industria, entre los conocimientos más útiles para cualquier persona interesada en hacer una carrera en soldadura están los relacionados con la composición química, resistencia, ductilidad, impermeabilidad, tensión, la Metalurgia, interpretación de Dibujo Mecánico, Matemáticas y Física.

Dichos conocimientos dan la base necesaria para poder realizar con éxito los trabajos de soldadura, aplicando el tratamiento adecuado que en cada caso concreto corresponda.

Además no se deben pasar por alto las numerosas oportunidades industriales relacionadas con la industria de la soldadura que requieren un alto grado de conocimientos, incluyendo ventas, el trabajo de laboratorio, el control de calidad, la investigación científica y que incluyen actividades tales como redactor técnico, propietario u operador de taller especializado, instructor de soldadura, etc....

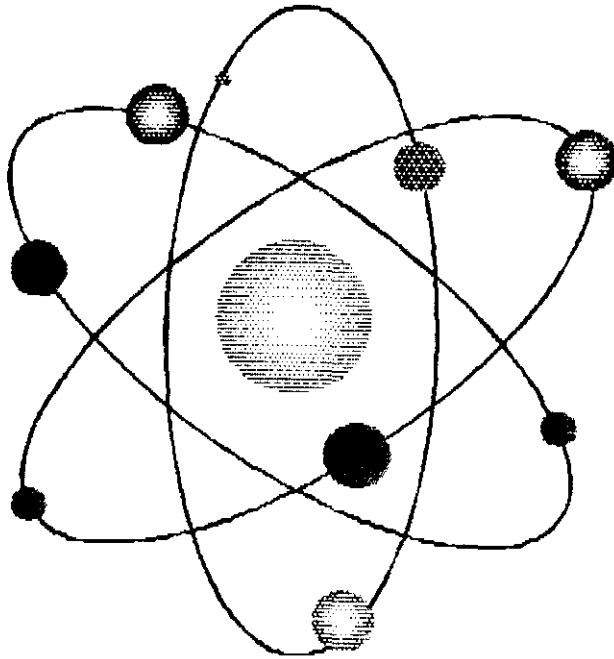
Por esto la capacitación de personal en áreas técnicas se hace cada vez más necesaria, ya que el desarrollo industrial a nivel mundial avanza de una manera

acelerada dejando en ocasiones rezagados los sistemas de preparación de recursos humanos.

La teoría debe ir al unisono con la práctica, una obra será tanto más perfecta cuanto más y mayores sean los conocimientos de los que la ejecutan.

CAPITULO 2

SOLDABILIDAD DE LOS METALES.



2.1. LOS METALES.

El progreso efectivo del hombre se hizo palpable desde que utilizó los metales, muchos de los productos actuales incluidos en nuestras necesidades comunes, serían imposibles.

La metalurgia es la ciencia que estudia la extracción de los metales desde su estado primitivo, su refinación y preparación para su uso, incluyendo su composición, estructura y propiedades, así como su conducta al exponerlos a las diferentes condiciones de uso.

El proceso de los metales requiere varias etapas que pueden agruparse de la siguiente manera:

- 1.- La extracción de los metales.
- 2.- La refinación de ellos.
- 3.- Su conversión a metales útiles, usados en distintas combinaciones (aleaciones y formas) tales como: fundición, láminas, perfiles comerciales, etc..

La mayoría de los metales no se encuentran en estado puro, pues comúnmente están mezclados con otros elementos. De tal manera que, cada elemento es una sustancia diferente de las otras, pero que mezcladas o unidas; ya sea por la naturaleza o por el hombre, es posible obtener interminable número de materiales.

Metal, es un elemento que debe tener todas o la mayor parte de las siguientes características:

- a) Solidez a la temperatura ambiente.
- b) Opacidad.
- c) Buen conductor del calor y la electricidad.

- d) Reflejos brillantes cuando se pule.
- e) Que parezca hecho de pequeños cristales, visto al microscopio
- f) Que sufra dilatación cuando se caliente y contracción cuando se le enfríe.
- g) Son fuertes, tenaces y dúctiles.
- h) Se maquinan con facilidad.

2.2 PROPIEDADES DE LOS METALES.

FÍSICAS.

RESISTENCIA, O RESISTENCIA MECÁNICA.- Es la capacidad de un metal para oponerse a su destrucción bajo la acción de cargas externas. El valor de la resistencia indica la fuerza que se requiere para vencer los ligamentos que mantienen unidas las moléculas que forman las estructuras de los cristales, se puede expresar en libras/pulgada cuadrada o en Kilogramo/milímetro cuadrado.

ELASTICIDAD.- La mayoría de los metales no se rompen en forma repentina. Los metales son elásticos, se estiran, se doblan, o se tuercen bajo la acción de una fuerza, y regresan a su tamaño original (dependiendo de la magnitud de la carga) cuando se suprime la fuerza.

DUCTILIDAD.- Un material dúctil es aquel que puede deformarse permanentemente sin romperse o sin fallar. El hecho de que un metal se doble con facilidad no significa necesariamente que sea dúctil, a menos que tal doblez represente una deformación permanente.

FRAGILIDAD.- Es la propiedad contraria a la ductilidad, los materiales frágiles son elementos que fallan sin deformación permanente apreciable. Una sustancia frágil tiene también baja resistencia al choque o al impacto, o sea, a la aplicación rápida de fuerzas. Un ejemplo de metal frágil es la fundición ordinaria de hierro.

TENACIDAD.- Es la propiedad de un metal que le permite soportar esfuerzo y deformación considerables, aplicando lenta o súbitamente, en forma continua o intermitente, y deformarse antes de fallar, la prueba que se usa con más frecuencia para determinar la tenacidad de los metales es la prueba de impacto.

DUREZA.- Esta propiedad se puede definir de diferentes formas, por ejemplo, como la capacidad de un material para resistir la indentación o la penetración, como la capacidad de un material para resistir la abrasión o la ralladura, o también como un índice de la maquinabilidad.

QUÍMICAS.

CORROSIÓN.- Es la pérdida paulatina de los metales por combinación lenta y gradual con otros elementos y compuestos químicos. La resistencia a la corrosión es la capacidad de un metal para resistir tal ataque.

El ataque químico puede ser producido por un gas o un líquido, ya sea en caliente o en frío. Un gas común o una combinación de gases, como el aire, o un líquido como el agua pueden hacer que los metales se destruyan por corrosión. Los efectos de la corrosión, en general se ven incrementados por el calor, aunque para la mayoría de los fines se considera la corrosión como un ataque que tiene lugar a temperatura ambiente.

La forma de corrosión más conocida es la que ocurre cuando los metales reaccionan con el oxígeno para formar óxidos.

ELÉCTRICAS.

CONDUCTIVIDAD (Y RESISTIVIDAD).- Las propiedades eléctricas de un metal, de interés para el soldador, son la resistividad eléctrica del metal, y por consiguiente, su conductividad eléctrica.

La resistencia eléctrica es la fricción que encuentra una corriente eléctrica cuando pasa por un material. A medida que aumenta la resistencia ofrecida por un material, se requiere un voltaje más elevado para forzar una corriente dada (en amperes) a pasar por el metal.

Un buen conductor se calienta menos que otro malo cuando se hace pasar la misma corriente por cada uno de ellos.

Al igual que la conductividad térmica, la resistividad eléctrica depende del contenido de elementos de aleación, por otra parte la resistividad aumenta al elevarse la temperatura.

TÉRMICAS

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA.- Es una medida de la rapidez a la que fluye el calor por el interior de un material. La conductividad térmica, o capacidad de conducción del calor, de un material, se expresa frecuentemente en kilo-joule por centímetro cuadrado de área.

DILATACIÓN TÉRMICA.- Es el aumento en las dimensiones de un cuerpo debidas a un cambio de su temperatura. El coeficiente de dilatación lineal es la relación entre el cambio de longitud de un material, ocasionado por calentamiento en una unidad de temperatura, y su longitud original. El coeficiente de dilatación cúbica es aproximadamente igual a tres veces el de dilatación lineal.

FUSIBILIDAD.- Es una medida de la facilidad de fusión. Un metal puro no tiene un punto de fusión definido. Las aleaciones y las mezclas de metales, sin embargo, tienen una temperatura a la que comienza la fusión (solidus), y una temperatura más alta a la que termina la fusión (liquidus).

CALOR DE FUSIÓN.- es la cantidad de energía necesaria para cambiar un material de sólido a líquido. El calor es la fuente usual de energía, y el número de calor de fusión es generalmente la cantidad de calor necesaria para cambiar una unidad de peso del sólido al estado líquido.

2.3 FUNDAMENTOS DE METALURGIA DE LA SOLDADURA.

El punto lógico de partida en un examen de las propiedades de los metales y sus aleaciones, es el correspondiente a su estructura atómica. cada metal tiene una estructura cristalina definida.

Las propiedades de los metales dependen de la forma de los cristales, del número de átomos que comprende cada estructura espacial de cristales, de la distancia entre los átomos de la estructura espacial, y de la interrelación de las estructuras espaciales.

Todos los materiales sólidos tienen su estructura (ver fig. 2.1), bien sea cristalina o amorfa. Cuando los metales sobrepasan la temperatura de fusión, la estructura cristalina desaparece, los átomos pierden su distribución regular y adquieren una apreciable movilidad, es decir, que los metales líquidos tienen una estructura amorfa.

Otros factores de los que dependen las propiedades son las características del proceso de solidificación, o los fenómenos asociados con la transformación de los metales del estado líquido al estado sólido.

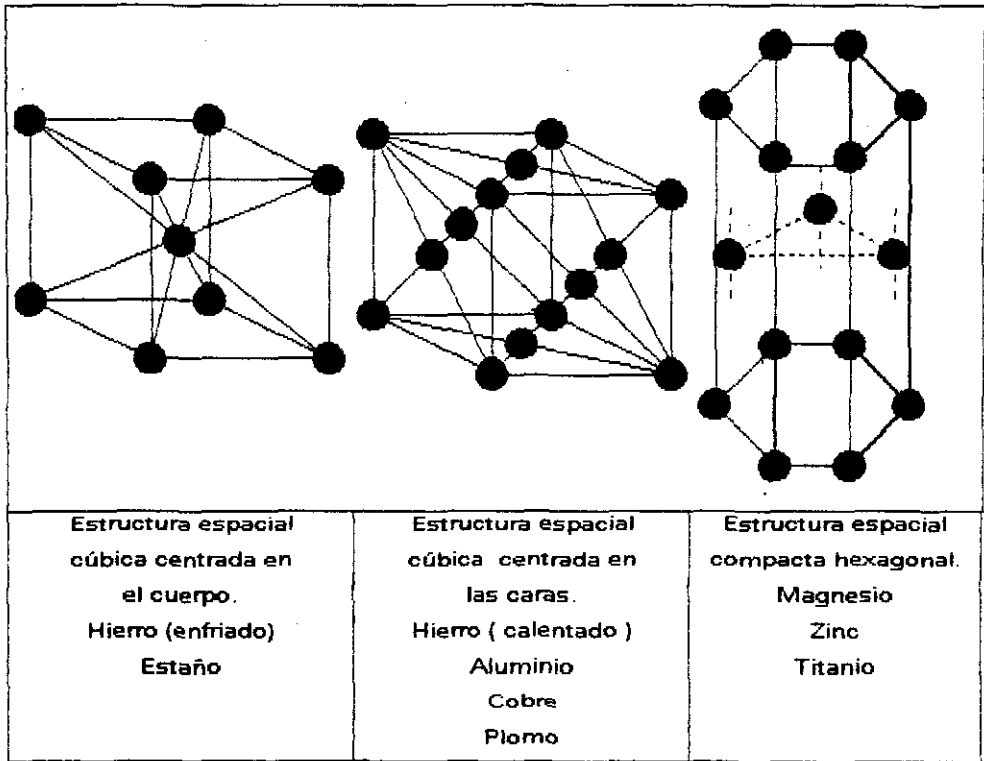


FIG. 2.1 ESTRUCTURA CRISTALINA DE ALGUNOS MATERIALES.

DIAGRAMA DE EQUILIBRIO.

(DIAGRAMA DE CONSTITUCIÓN O DIAGRAMA DE FASE).- Un diagrama de fase es en esencia una representación gráfica de la temperatura sobre la cual son estables las fases de un metal (ver fig. 2.2) ^{*REF.}. Por encima de la línea A_3 P (considerando sólo los aceros de bajo contenido de carbono) el acero es austenítico. Al enfriar lentamente, la transformación empieza cuando la temperatura baja al punto A_3 P correspondiente al contenido de carbono del acero, temperatura crítica superior

*REF. Diagrama tomado de pag. 159, Tratado de Soldadura, Jhon F. Lancaster.

Cuando se usa la palabra equilibrio, se implica que cualquier cambio que ocurra en un metal puro o en una aleación habrá de ser un cambio irreversible, es decir, cualquier cambio que resulte como consecuencia de una elevación de temperatura, por ejemplo, se producirá a la inversa al haber un descenso correspondiente en la temperatura.

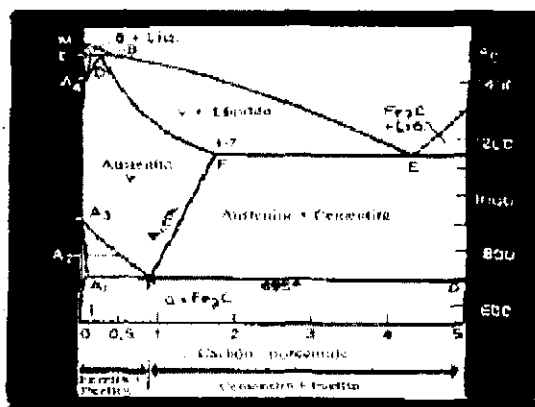


FIG. 2.2 DIAGRAMA DE EQUILIBRIO HIERRO - CARBONO.

Por medio de estos diagramas puede predecirse algo sobre la constitución o microestructura de las aleaciones sólidas, así como también acerca de las fases que pueden existir. La denominación fase se refiere al estado de un metal puro o de una aleación, tal como un metal en estado gaseoso, un metal en estado líquido, o un metal en una de sus diferentes estructuras cristalinas.

Los diagramas de equilibrio permiten hacer los pronósticos siguientes en la especificación de las aleaciones.

1.- Las temperaturas a las que las aleaciones sólidas comenzarían a fundirse, o soldar, y las de terminación de la fusión, o líquidos.

2.- Los cambios posibles de fase que habrían de ocurrir como resultado de la alteración de la composición o de la temperatura.

2.4 CONCEPTO DE SOLDABILIDAD.

Una unión de soldadura es la unidad funcional básica de una estructura soldada. La propiedad más importante en este caso es la soldabilidad de un metal.

Por soldabilidad se comprende la propiedad del metal o combinación de metales, de formar uniones que correspondan a las exigencias condicionadas por la construcción y explotación del mecanismo, utilizando una tecnología determinada de soldadura.^{*REF.}

Entre mejores propiedades presente un material a soldar, con más facilidad podrá ser fabricada una estructura diseñada adecuadamente y ésta funcionará satisfactoriamente. La soldabilidad está determinada por los siguientes factores:

- Metalurgia de la soldadura
- Química de la soldadura

El proceso de la soldadura realinea los átomos en las redes cristalinas que forman la estructura del metal. Ya que el alineamiento determina la ductilidad y dureza del metal. La química de la soldadura tiene que ver con la interacción química entre los metales base, metales de aporte, y otros elementos químicos presentes durante el proceso de la soldadura.

La habilidad del metal base y metal de aporte para fundirse en una unión sin efectos químicos adversos es un factor importante para determinar la soldabilidad.

^{*REF.} Definición tomada de pag. 14, Soldadura y Corte de Metales, M. Janapetov.

Las condiciones de la superficie de la unión afectada directamente por el proceso de soldadura es un factor determinante de la soldabilidad de los materiales que forman una unión soldada.

METALURGIA DE LA SOLDADURA.

La metalurgia de la soldadura trata con la estructura interna de metales, desde el punto de vista de soldadura, los tópicos más importantes son:

- Sólidos VS Líquidos
- Difusión
- Fusión y Solidificación
- Expansión térmica
- Tratamiento térmico

SÓLIDOS VS LÍQUIDOS.

El interés de este estudio está confiado a soldaduras, por lo tanto, se estudiarán átomos en el estado sólido (metálico) o en el estado líquido. La mayor diferencia estructural entre aquellos dos estados es que los átomos están esencialmente fijos en una posición estructurada en el estado sólido y están libres para moverse en el estado líquido.

En el estado sólido cada átomo tiene una locación definida, están alineados fila sobre fila, capa sobre capa. Los átomos ocupan sus casa atrayendo y repeliendo a sus átomos vecinos, mientras todos ellos comparten una nube de electrones en movimiento. Esta configuración total da a los metales en el estado sólido un lustre metálico y conductividad eléctrica.

Mientras ocupan estas posiciones de casa en el estado sólido, los átomos vibran y oscilan entre sus bases de casa, este movimiento es directamente proporcional con la temperatura, conforme ésta sube, el movimiento de los átomos se vuelve más amplio y más rápido.

La fusión ocurre cuando los átomos adquieren la suficiente moción: (energía) para desprenderse de sus vecinos y moverse libremente en estado líquido.

DIFUSIÓN.

Los átomos pueden cambiar de posición en su estado sólido, es más, cualquier átomo puede vagar paso a paso fuera de su casa. Estos intercambios de posición que ocurren en el estado sólido se llama difusión. Cuando la temperatura del metal sólido se acerca al punto de fusión, el proceso de difusión aumenta.

FUSIÓN Y SOLIDIFICACIÓN

Cuando el metal se funde al estado líquido, los átomos se mueven de un lado a otro energéticamente en una mezcla homogénea. La acción mezcladora es creada por la convección que resulta de la corriente de calor de las áreas calientes a las áreas frías, también se estimula la mezcla por la agitación causada por la barra de soldadura o presión de una antorcha. El resultado es que los átomos del metal base se mezclan con los átomos del metal que está siendo agregado. La solidificación del metal líquido no puede ocurrir hasta que los átomos pierdan la suficiente energía para que se asienten dentro de una estructura metálica. La energía innecesaria debe ser disipada de algún modo, usualmente en forma de calor, éste es el que rodea más rápido a los átomos que están ya en el estado sólido. cuando esto ocurre, el metal alrededor se calienta, y el líquido se enfría lo suficiente para solidificarse.

La configuración inicial de la estructura conforme se solidifica la soldadura, será determinada por la estructura del metal ya existente en el estado sólido. El crecimiento continua en la misma forma si esto es natural para los átomos presentes, una composición de soldadura puede tomar su propio alineamiento después de que ha empezado a solidificar.

Algunos átomos en una mezcla pueden tender a segregarse cuando se solidifican, pero en general, los átomos mezclados juntos como líquido formarán una soldadura homogénea.

EXPANSIÓN TÉRMICA.

El metal se expande y se contrae debido al ciclo de la temperatura en las vibraciones atómicas, al calentar el metal hay más energía dentro de las vibraciones, y los átomos se alejan, como resultado el metal se expande, y cuando el metal se enfría se contrae. Cuando se aplica calor o se remueve uniformemente de una pieza metálica, las dimensiones cambian sin inducir tensiones internas en la pieza, y cuando la aplicación o la remoción de calor no es uniforme, como en la soldadura, se induce la tensión y puede resultar alguna distorsión.

Las tensiones residuales inducidas por un proceso de soldadura afecta el comportamiento de los metales y puede contribuir a la fatiga o a la corrosión, dichas tensiones permanecen presentes en áreas de soldadura a menos que sean reducidas por algún tratamiento.

RELEVADO DE ESFUERZOS.- Cuando la temperatura del metal sólido se incrementa, la estructura es menos rígida que cuando está a temperaturas más bajas, esto permite a los átomos emigrar hacia sus posiciones apropiadas dentro de la estructura y así reducen previamente la tensión inducida. Cuando el metal está caliente, también es más maleable y puede cambiar configuración sin experimentar tensión.

El factor principal en el uso de tratamientos térmicos es controlar la velocidad, el metal se enfría a la temperatura ambiental. Si la velocidad de enfriamiento se retarda para que el enfriamiento pueda ser casi uniforme, la distorsión de la estructura y sus tensiones inducidas serán minimizadas, dichos tratamientos térmicos por soldadura algunas veces se llaman relevo de tensión o tratamiento de normalizado.

QUÍMICA DE LA SOLDADURA.

La química de la soldadura trata de la interacción química entre el metal de base, el metal de soldadura y otros elementos químicos existentes en el área de la soldadura. El metal base y el metal de soldadura deben ser químicamente

compatibles, y otros elementos químicos en el ambiente que rodea al proceso de la soldadura también deben ser considerados.

2.5. SOLDABILIDAD DE LOS METALES

SOLDADURA CON ARCO DE BAJO CARBÓN

Los aceros de bajo carbón o dulces con 0.30% de carbón, son los maravillosos materiales para construir, resisten todo trabajo pesado, pudiendo ser doblados, perforados y calentados sin que se conviertan en quebradizos.

Los aceros de bajo carbón pueden soldarse con cualquiera de los procesos conocidos, la preferencia de aplicación de determinado proceso, la dieta, el bajo costo, así como el grueso del material de trabajo, la clase de unión y la posición de la soldadura. Todos los aceros al carbón son soldables con arco eléctrico, pero si el contenido de carbón es muy bajo, entonces esta condición no se presta para aplicar soldaduras de alta velocidad, especialmente en aquellos aceros que tienen menos de 0.13% de carbón y 0.40% de manganeso, en virtud de que tienden a desarrollar porosidad interna. Sin embargo el acero de bajo carbón tiene propiedades ideales para la soldadura, siempre y cuando se observen propiedades ideales para la soldadura, y se sigan las recomendaciones de buena fijación de la pieza, superficies limpias, etc..

En cuanto a los aceros al bajo carbón que tienen 0.13% son de baja resistencia a la tensión y a la dureza, pero en cambio son de gran ductilidad y fuerte resistencia al impacto. aceros de bajo carbón 0.13 a 0.30% son recomendables para trabajos extensos de soldadura.

Los aceros de 0.15 a 0.20% de carbón, en casos de soldarse a o grados centígrados, o a menos, con arco, tienen rápido enfriamiento que puede resultar en excesiva dureza cerca de la zona de soldadura y que haya posibilidades de agrietamientos, por lo tanto, en tales casos la pieza deberá precalentarse antes de soldarla, debiéndose aplicar en esta clase de trabajos electrodos de bajo hidrógeno.

INFLUENCIA DE LOS CONSTITUYENTES SECUNDARIOS.

Junto con el carbono, todos los aceros contienen cantidades variables de elementos que influyen en el comportamiento del acero, aumentando por lo tanto, las variables que se consideran cuando se eligen aceros para algunos usos específicos.

AZUFRE.- En los tipos corrientes de acero, el porcentaje de azufre se mantiene por debajo de 0.06%, siempre se combina con el manganeso, para formar sulfuro de manganeso, éste debilita al acero, rompiendo su continuidad.

FÓSFORO.- El fósforo contenido en los aceros satisfactorios varía desde trazas a casi 0.05%, aumenta la tendencia a la formación de grano grueso, y por lo tanto, debilita al acero, provoca el fenómeno de hacerlos quebradizos a una temperatura alrededor de 400 C^o, y esta característica del fósforo se nota en soldadura como una sensibilidad a fisuras durante el enfriamiento del acero, ya que por falta de elasticidad en el rango de temperatura de 400 C^o, se agrieta el material al tener que soportar las fuerzas de contracción.

SILICIO.- El silicio contenido en los aceros al carbono varía desde 0.05% a 0.30%. Los aceros aleados especiales pueden contener por encima del 2.25% de silicio. La presencia de este elemento en los aceros, mientras el porcentaje no sea mayor de 0.30% no causará problemas en la soldadura, contenidos mayores, especialmente en el depósito, reducen las características de la resistencia al impacto.

ALUMINIO.- Se utiliza como elemento depositante, sin embargo no es muy recomendable su uso debido a la tendencia de favorecer la formación de grafito.

CROMO.- El cromo le comunica a los aceros dureza, resistencia a las altas temperaturas y aumenta la resistencia al desgaste por abrasión y fricción (con contenidos altos de carbono), es el principal elemento de aleación en muchos de los aceros aleados especiales, se utiliza frecuentemente en aceros para herramienta con el fin de obtener una dureza extrema.

MANGANESO.- se emplea siempre en el acero, teniendo sobre él un efecto benéfico, tanto directa como indirectamente, siempre se añade durante el

proceso de fabricación, entre sus propiedades principales se puede mencionar la de contrarrestar la fragilidad debida al azufre y el aumentar la templabilidad, siendo su empleo muy económico.

MOLIBDENO.- Al igual que el tungsteno, mejora la resistencia mecánica y la dureza en caliente de los aceros aliados comerciales. La adición de otros elementos especiales aumenta el valor del molibdeno en los aceros, cromo-molibdeno, níquel-molibdeno, tungsteno-molibdeno y cromo-níquel-molibdeno, son las combinaciones corrientemente utilizadas, los aceros al molibdeno para estructuras encuentran muchas aplicaciones para piezas que se han de tratar térmicamente. Este elemento se emplea tanto en acero estructural como en acero para herramientas, así mismo aumenta la resistencia a la corrosión en los aceros inoxidable y forma partículas resistentes a la abrasión

NÍQUEL.- En los aceros mejora la resistencia a la fatiga, aumenta la resistencia a la corrosión, mejora la tenacidad y comunica propiedades notables al acero. Los aceros al níquel con 1.5 a 3% se aplican para estructuras. Éstos en forma de piezas forjadas o coladas, poseen excelentes propiedades mecánicas después de un simple recocido o normalizado. Los aceros que contienen aproximadamente 5% de níquel son famosos por su excelente comportamiento en piezas que están sujetas a severas cargas de choque.

TUNGSTENO.- Mejora la resistencia de los aceros a altas temperaturas, aumenta la resistencia mecánica y tenacidad, aumenta la templabilidad, forma partículas duras y resistentes a la abrasión en los aceros de herramientas.

VANADIO.- la presencia de vanadio aumenta gradualmente la resistencia mecánica, dureza y tenacidad, su efecto más importante es el de producir un tamaño de grano muy pequeño e inducir el control del mismo. El vanadio en los aceros es efectivo en cantidades tan pequeñas como 0.5%, y en muchos de los aceros aleados corrientes el contenido de vanadio oscila alrededor de 0.30%. los aceros aleados empleados a elevadas temperaturas, tales como aceros para trabajos en caliente y herramientas para corte rápido, contienen hasta 4.0% de vanadio.

HIDRÓGENO.- Puede causar rajaduras, al enfriarse después del estado de fusión.

NITRÓGENO.- se encuentra en todos los aceros en cantidad de 0.030%, porcentaje que no produce efectos perceptibles en la soldadura.

SELENIO.- Se usa en algunos aceros para mejorar el maquinado, por lo demás, tiene el mismo efecto que el azufre.

Si se deposita un cordón de metal de soldadura sobre una pieza de trabajo, habrá que tomar en cuenta la contracción que sufre el metal fundido, la dilatación y la contracción final del mismo. Todo tipo de soldadura distorsiona al metal de trabajo, estableciendo tensiones, tales distorsiones pueden ser controladas, por ejemplo:

1.- Manteniéndolas en pequeña escala.

2.- Actuando con ellas en la dirección en que no hagan daño, algunas de las formas de hacer esto, son:

A) Principiense con las dos piezas que forman la unión, un tanto desalineadas, con el objeto de conseguir que queden alineadas en el momento de la contracción.

B) Sujétense las partes con corredera de deslizamiento, que permita la distorsión mínima.

C) Permítase que la pieza se dilate y contraiga libremente en dos direcciones, con lo que se reducirá la tensión en la tercera dirección.

D) Seleccíonese el tipo apropiado de soldadura.

E) Evítense el exceso de soldadura.

F) Úsese la velocidad más indicada.

G) Precalientese y postcalientese, siendo esto último lo que alivia las tensiones.

SOLDADURA DE ACEROS DE MEDIO CARBÓN.

Aceros de medio carbón, son aquellos que contienen de 0.30 a 0.45% de carbón y ningún otro elemento que afecte apreciablemente las propiedades del acero. Al aumentar su proporción de carbón arriba del 0.30% en un acero, aumenta también la dificultad para soldarlo, lo que significa que en los aceros de medio carbón, éste está en demasiada proporción para cambiar las propiedades del mismo.

Al ser depositado un cordón de soldadura sobre un acero con 0.40% de carbón, el material de aporte o el electrodo tienen, 0.10% de carbón, resultando que el material depositado en la operación es de diferente composición, y que en tal depósito fluirán más escoria e impurezas no metálicas, que saldrán a la superficie de la soldadura.

Estos aceros se templen fácilmente, con éstos se hacen las partes de máquinas forjadas en frío y en caliente, tales como pernos pasantes, birlos, barras de conexión y ejes frontales.

La soldadura de estos aceros puede requerir procedimientos especiales que pueden incluir el precalentamiento, el postcalentamiento y el relevado de esfuerzos. Sin experiencia previa en la soldadura de estos aceros, es aconsejable verificar el acero en cuanto a su tendencia al agrietamiento, haciendo una soldadura de filete, de un largo de 12 a 14 pulgadas, en la placa en cuestión (a la temperatura ambiente y sin precalentamiento), rompiendo después la soldadura para examinarla visualmente en busca de grietas. En las soldaduras de filete en fractura abierta, las grietas aparecen ordinariamente como zonas de color púrpura, debido a la oxidación de la superficie de las mismas, esto indica, que son de agrietamiento en caliente, es decir, que se formaron a temperaturas de 538 grados kelvin o mayores. Sólo raras veces se formará una grieta después de que se haya enfriado la soldadura a la temperatura ambiente. Si el acero no muestra tendencia al agrietamiento pueden aplicarse los procedimientos normales de soldadura, en cambio, si se observa una tendencia al agrietamiento pueden seguirse los procedimientos de precalentamiento y postcalentamiento.

Cuando se requiere el precalentamiento (relevado de esfuerzos), después de efectuada la soldadura, ayuda también a reducir las zonas duras producidas por la soldadura, la temperatura usual de relevado de esfuerzos es de 866 a 927 K^o.

Es práctica común mantener el acero durante una hora a esta temperatura por cada pulgada (o fracción de pulgada) de espesor hasta un máximo de 8 horas.

SOLDADURA DE ACEROS AL ALTO CARBONO.

Aceros con alto carbono, incluyen muchos aceros que generalmente se emplean templados. Las partes que se fabrican con los aceros de este grupo incluyen las herramientas para tomo, las brocas y puntas de broca, las rejas de arado, las ruedas para carros de ferrocarril, los rodillos de laminación, y otros artículos que no requieren soldadura para su manufactura, aunque estas piezas se reparan frecuentemente con soldadura. El éxito en la soldadura de estos aceros requiere el desarrollo de procedimientos específicos de soldadura para cada aplicación. Dicho procedimiento debe probarse y calificarse antes de ser adoptado.

Los problemas que pueden surgir durante la soldadura de los aceros de alto carbono son:

- 1.- Agrietamiento del material (metal) de soldadura, las grietas pueden ser transversales al cordón o pueden correr por el centro del mismo, las grietas longitudinales prevalecen más. a veces no aparecen en la superficie del cordón, aunque en el interior del mismo se esté agrietado.
- 2.- Porosidad en el metal de soldadura.
- 3.- Endurecimiento excesivo del metal de base.
- 4.- Agrietamiento del metal de base, comprende tanto la formación de grietas bajo el cordón y grietas radiales a la zona de fusión.
- 5.- Ablandamiento del metal de base.

Para reducir al mínimo la ocurrencia de estos problemas, se puede actuar de la siguiente manera:

- a) Prepare cuidadosamente la junta de soldadura mediante cizalleo, maquinado, esmerilado, etc. Elimine todas las irregularidades, tales como melladuras, grietas y ranuras que pudieran actuar como elevadores de esfuerzo, y asegúrese de que

estén eliminadas en la junta y en la zona adyacente , toda la humedad y toda presencia de material extraño.

b) Evite la penetración excesiva, y mantenga el metal de soldadura con el contenido más bajo de carbono que resulte práctico. el depósito tendrá entonces la máxima ductilidad. De lo contrario se producirán sobreesfuerzos en el acero y éste fallará.

c) Avance con la lentitud suficiente para depositar un cordón o capa sustancial de metal de soldadura, pero en las soldaduras anchas recurra al ondeado, en vez de hacer cordones rectos paralelos. al soldar en una ranura, o al hacer una soldadura de filete, el primer cordón de fondo, es el más susceptible a agrietarse.

d) Después de terminar la soldadura, el procedimiento usual consiste en relevar esfuerzos de la parte soldada.

e) Precaliente la zona.

f) Utilizando electrodos de bajo hidrógeno o de acero inoxidable.

g) Reduciendo la rigidez de la unión.

h) Utilizando electrodos de bajo carbono o de acero inoxidable, que proporcionan mayor ductilidad.

SOLDADURA DE HIERRO COLADO.

La expresión hierro fundido describe una amplia variedad de materiales a base de hierro, los que contienen carbono, silicio, manganeso, fósforo, azufre, níquel, molibdeno, titanio, vanadio, cromo, magnesio, cobre y aluminio. Para los fines de este trabajo, sin embargo, esta expresión se aplicará sólo a las fundiciones gris y maleable. La fundición blanca afortunadamente pocas veces requiere ser soldada, debido a su limitado uso en componentes manufacturados, pero cuando sea necesario podrá ser soldado únicamente con varilla de hierro colado blanco, por ser un metal de una muy pobre soldabilidad, sin recomendar ningún

otro sistema. El hierro colado blanco, es muy difícil de soldarse, por lo que para algunos autores se considera insoldable.

Cuando el hierro colado se rompe, frecuentemente puede ser reparado mediante la soldadura. La estructura específica y las propiedades del hierro colado, dependen fundamentalmente del ciclo térmico de calor-enfriamiento.

Es importante saber primeramente que clase de hierro colado tiene que ser soldado, previa selección del adecuado procedimiento de soldadura.

Básicamente, el procedimiento de soldadura para hierro colado, es el que restringe la penetración al mínimo requerido para la fusión. El precalentamiento del metal base debe aplicarse siempre que sea posible, seguido, como es natural del enfriamiento controlado. Todas las soldaduras de hierro colado requieren la adición de metal de relleno, a fin de lograr una unión consistente, prefiriéndose para esta operación la manual.

El precalentamiento, cuando se aplica soldadura de arco protegido, debe sostenerse una temperatura entre 260 y 600 C⁰, si se usa oxiacetileno, la temperatura debe ser mayor.

El precalentamiento debe mantenerse en toda la pieza, manteniéndolo en tal condición hasta donde sea posible, a fin de que la soldadura iguale la temperatura y posteriormente la pieza de trabajo se enfría lentamente hasta que adquiera la temperatura ambiente.

Si no se aplica precalentamiento en la operación de soldadura entonces el hierro colado deberá mantenerse lo más frío posible.

SOLDADURA DEL HIERRO FUNDIDO GRIS, CON HIERRO FUNDIDO DE RELLENO.

El hierro colado gris se produce dejando que el hierro derretido se enfría lentamente en el molde. Esto insinúa que la soldadura también debe dejarse enfriar lentamente.

Al efectuarse soldaduras largas y gruesas, se imponen ciertas preparaciones, a saber:

- 1.- Suficiente precalentamiento a fin de reducir los esfuerzos de las contracciones causadas por la temperatura de la soldadura del metal.
- 2.- Aseguramiento del más lento enfriamiento de la soldadura. En cuanto al material de aporte o los electrodos que se utilicen, deberán tener una aleación de sílice para que produzcan depósitos de grafito y de ferrita, a efecto de que sea fácil la maquinación.

SOLDADURA DE HIERRO COLADO GRIS, CON ELECTRODO DE ACERO.

Los electrodos de acero con recubrimiento suave, usados en el proceso de arco metálico protegido, producen soldadura buena y dúctil. al soldar hierro colado, los electrodos de referencia proporcionan soldadura de metal con muy bajo depósito de carbón. El electrodo recubierto permite corriente de baja tensión, reduciéndose la penetración al soldar hierro colado, resultando un metal denso, tenaz y más fuerte que el mismo metal base, pero de maquinabilidad pobre, si se tiene cuidado se puede obtener buenas soldaduras, manteniendo:

- a) El mínimo de tensiones en el metal fundido, cuando éste se enfría.
- b) Tomándose también el mínimo de carbón con el metal fundido.
- c) Cuidando el ritmo de enfriamiento.

SOLDADURA CON ELECTRODO DE NÍQUEL

El uso de electrodos no ferrosos resuelve uno de los problemas en la soldadura del hierro colado. Las aleaciones no ferrosas no tienen un endurecimiento apreciable cuando se depositan en un metal base de hierro colado, porque no absorben carbón, resultando una soldadura perfectamente maquinable. Los electrodos no ferrosos recubiertos con níquel son ampliamente usados en la soldadura de arco protegido, los que debido a su maquinable y ligera

penetración, se aplican exitosamente en reparaciones, correcciones de fallas y para rellenos de defectos en hierro colado.

SOLDADURA DEL HIERRO COLADO CON LATÓN

El hierro colado también puede ser soldado con latón, aplicándose como material de relleno, ya sea bronce o electrodos cubiertos del mismo, pero si se dispone de equipo es preferible utilizar electrodos de acero o de níquel.

La mayor parte de trabajos de soldadura con latón se efectúa con oxiacetileno, siempre que sea posible el precalentamiento, especialmente si la pieza va a ser maquinada posteriormente.

Si la temperatura del hierro colado es baja, el metal de relleno no correrá debidamente, si la temperatura es demasiado alta, el bronce de relleno se depositará en forma de glóbulos.

En la soldadura de hierro colado con oxiacetileno se usa fúndente, dirigiendo la flama hacia el metal de referencia en forma solamente necesaria, con objeto de que corra el bronce.

SOLDADURA DEL HIERRO COLADO MALEABLE.

El hierro colado maleable se transforma en hierro colado blanco si se calienta más allá de la temperatura de transformación. Cualquier tipo de soldadura que funda el metal base producirá una zona quebradiza, por cuya circunstancia se impone el precalentamiento, pero si éste se excede, entonces resultará demasiado alta la zona quebradiza.

La parte del metal base podrá soldarse con varilla de aporte de hierro colado, seguida de un recocido y enfriamiento lento que restablezca la maleabilidad

original de la estructura, la cual toma el nombre de tratamiento de maleabilización. El bronce se funde a más baja temperatura que el hierro, el cual se calienta lo bastante para formar cementita, la soldadura con arco metálico y electrodo de bronce recubierto, es el método recomendado para el hierro maleable.

SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE.

Todas estas aleaciones tienen una base de fierro-carbón-cromo, en tanto que algunas son adicionadas con níquel y manganeso (ver fig. 2.3).

Los aceros inoxidable son designados por el sistema de clasificación de tres números dígitos, establecidos por la American Iron and Steel Institute (AISI).

SERIES	MAYORES ELEMENTOS ALEADOS	CARACTERÍSTICAS
2XX	Cromo, Níquel, Manganeso	Austenítico. No endurece.
3XX	Cromo, Níquel	Austenítico. No endurece.
4XX	Cromo	(1) Martensítico. Si endurece. (2) Ferrítico. No endurece.
5XX	Cromo (4 a 6 %)	Martensítico. Se endurece al aire.

El segundo y tercer dígitos identifican el tipo específico de aleación^{*REF.}

FIG. 2.3 CLASIFICACIÓN DE ACEROS.

*REF. Datos tomados de Soldadura y Metalurgia, Guillermo Fernández Flores..

Un alto porcentaje de cromo hace más fuerte al acero, tanto en altas como en bajas temperaturas, dándole una excelente resistencia a la corrosión.

Cuando se combinan el cromo y el carbón se forma el carburo de cromo, que proporciona tenacidad, dureza y resistencia al desgaste. El contenido de níquel da resistencia a la corrosión y alta tenacidad.

El acero inoxidable tiene propiedades que difieren del acero al carbón y de otros. Las comparaciones con el acero de bajo carbón, son las siguientes:

1 a. Su conductibilidad térmica es muy baja y por esta razón es más susceptible de sobrecalentarse y torcerse durante la soldadura.

2 a. Su expansión térmica es mayor, tendiendo esto a aumentar la distorsión durante el enfriamiento.

3 a. Tiene más resistencia a cierto tipo de corrosión que el acero al carbón, y es más resistente a la oxidación a altas temperaturas. La mayor parte del acero es afectable por muchos ácidos, inclusive el nítrico, aunque el hidrociorito y algunos otros si lo atacan.

4 a. Resiste a la oxidación hasta que el calor llega cerca o al punto de fusión en presencia del aire, y entonces se forma un óxido de cromo refractario, que evita que las aleaciones puedan cortarse con el soplete, por cuya circunstancia deberá utilizarse un proceso de corte especial, con polvo de hierro impulsado dentro de la flama mediante aire de tipo comprimido. En la operación de soldadura el metal fundido deberá protegerse del aire ambiental.

5 a. Algunas aleaciones martensíticas tienen muy alto grado de tendencia a la dureza, otras se cristalizan al calentarse y luego se enfrían, debiéndose esto al crecimiento excesivo del grano al llegar a temperaturas elevadas, en tanto que otras pierden su resistencia a la corrosión, si hay cantidad apreciable de carbón en el metal base o en el metal de la soldadura.

6a. Los granos austeníticos no son magnéticos. Naturalmente que las propiedades ya mencionadas dependen del análisis del acero. Como regla se establece que a mayor contenido de cromo, más notables serán tales propiedades.

SOLDADURA.

Es ampliamente usado en la soldadura de acero aleado al alto cromo el electrodo recubierto; operación manual mediante el proceso de arco protegido; otros procesos en la unión de aceros inoxidable incluyen el de oxiacetileno, el de arco con gas inerte con electrodo consumible o no consumible; el de resistencia y hasta el de plata y latón. En cuanto al proceso de oxiacetileno tiene poca aplicación por ser demasiado lento para este tipo de acero, habiendo necesidad de ajustar la flama cuidadosamente, con un ligero exceso de acetileno para evitar la absorción del carbón del metal base. En otros términos la lenta transmisión del calor en el acero inoxidable de la pieza de trabajo, unida a la lentitud del calentamiento que es característico de este proceso, producen un gran sobrecalentamiento de gran intensidad en el metal base, antes de que ocurra la fusión, lo cual da origen a distorsión, crecimiento del grano y precipitación del carburo, si el acero es del tipo austenítico aleado. Por lo tanto, deberá evitarse el sobrecalentamiento para que no haya lugar a la formación de óxido de cromo refractario, que se origina en el charco de metal fundido, si éste se expone al aire aun cuando sea momentáneamente.

Soldar una superficie oxidada presenta serias dificultades, porque el metal bajo la costra de óxido sí se suelda, no así la costra que se extiende superficialmente, hasta no ser eliminada, arrancada o disuelta por medio de un fúndente. Si el trabajo se hace con acetileno deberá colocarse atrás una placa de cobre, de soporte, a fin de que absorba parte del exceso de calor y de esta manera se evite la oxidación.

Tampoco se puede intentar el corte oxiacetilénico, debido a la tendencia a la oxidación superficial, aunque se obtenga intenso calor del arco protegido para fundir íntegramente a través de la capa de óxido. Es entonces cuando el óxido

es disuelto por los materiales fundentes depositados por la cubierta del electrodo.

Por todo lo anterior, la soldadura con gas inerte es la preferida en todos los trabajos.

El proceso de gas inerte protegido con electrodo de tungsteno, es especialmente propio para soldar lámina delgada de acero inoxidable, cuando éstos espesores son en mayor cantidad se aplica el proceso MIG, que es un electrodo que si se consume aplicado a trabajos de 1/4 de pulgada de espesor o más.

La soldadura con bronce se usa en los aceros inoxidables sólo como sellador, para soldaduras mejores se usa plata-latón que proporciona buena apariencia y consistencia.

El arco sumergido produce soldadura de gran calidad en cualquiera de las aleaciones de acero inoxidable de níquel-cromo, cuyo proceso es rápido, ya sea automático o semiautomático, que reduce el problema de sobrecalentamiento del metal base. Tanto el arco sumergido como el arco protegido, son procesos usados extensamente en el acero aleado inoxidable.

SOLDADURA DE ALUMINIO.

Los metales no ferrosos y sus aleaciones se sueldan fundiendo el metal de relleno con el de base, protegiendo a ambos de la contaminación atmosférica y de los gases que producen la porosidad. Consecuentemente, se le debe permitir la contracción durante su enfriamiento, sin forzamientos que ocasionen grietas.

Este metal es soldable contando con el equipo disponible en la actualidad y con el procedimiento adecuado, siendo lo importante tener presente sus características individuales, es decir, que el aluminio puro se funde a 655 grados centígrados, en tanto que sus aleaciones necesitan solamente de 455 C°.

El problema grave con el aluminio es el de la oxidación, porque se forma una película que cubre las superficies expuestas, la cual debe ser removida antes de que se aplique la soldadura; además, como el aluminio no cambia de color antes de fundirse, es indispensable observar el estado de humedad que aparezca en la superficie, indicadora del principio de fusión de la misma.

Para obtener resultados en la soldadura, es necesario conocer la aleación que contiene, pues algunas de ellas sirven para facilitar el maquinado, la modelación, etc., pero siempre formando una capa de óxido.

Los aluminios forjados se identifican en su composición, por medio de un sistema de cuatro números dígitos, adoptado por la Sociedad del aluminio (ver fig. 2.4).

NÚMERO DE SERIE	CANTIDADES DE ALEACIONES
1XXX	99.0 % mínimo de aluminio,
2XXX	Cobre.
3XXX	Manganeso.
4XXX	Silicio.
5XXX	Magnesio.
6XXX	Magnesio - Silicio.
7XXX	Zinc.
8XXX	Otros elementos aleados.

FIG. 2.4 DESIGNACIÓN DE ALEACIONES DE ALUMINIO FORJADO

*REF.

En la serie 1XXX los dos números dígitos últimos indican el contenido mínimo de aluminio, por ejemplo: 1075 tendrá 99.75 % como mínimo de aluminio.

La soldadura del aluminio casi siempre se hace con sus aleaciones, aun cuando algunas requieren una cuidadosa selección en su proceso y aplicación.

*REF. Tomado de pag. 226 Soldadura y Metalurgia, Guillermo Fernández Flores.

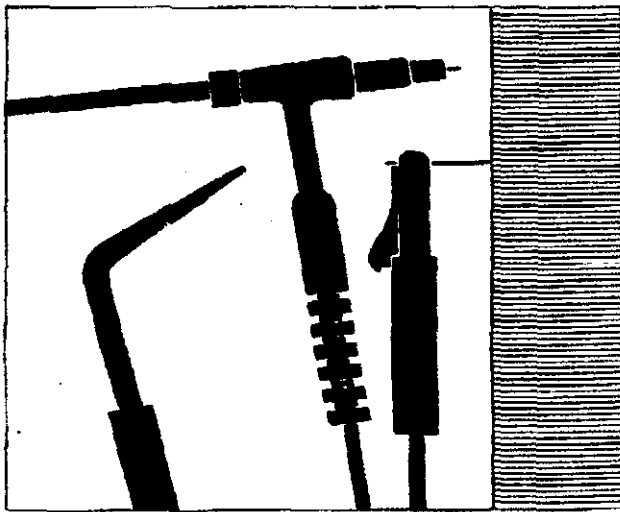
El aluminio puro comercial de la serie de los 1000 y las aleaciones de aluminio-manganeso serie 3000, son muy soldables tanto con gas como con arco protegido o gas inerte, porque tiene buena resistencia a la presión de la soldadura.

Los aluminios con más de 2.5 % de magnesio se usan extensamente en construcción, debido a su alta resistencia a la tensión cuando están bien recocidos. Sin embargo, lo mejor para efectuar soldaduras en estas aleaciones de aluminio es la aplicación de los procesos TIG o MIG.

Es de capital importancia aplicar la temperatura adecuada a la pieza de trabajo antes de soldarla, así como acelerar la velocidad de operación, a fin de calentarla lo menos posible. Se recomienda el uso del cepillo de alambre para eliminar la película de óxido. Finalmente, si la pieza se le aplica precalentamiento se obtendrán mejores resultados a las temperaturas de 150 a 200 C^o.

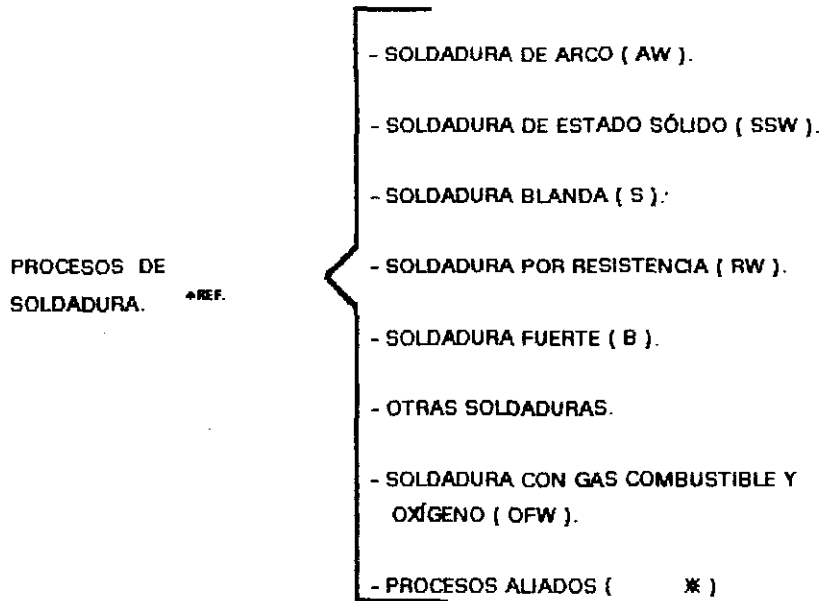
CAPITULO 3.

PROCESOS DE MAYOR APLICACIÓN EN MÉXICO.

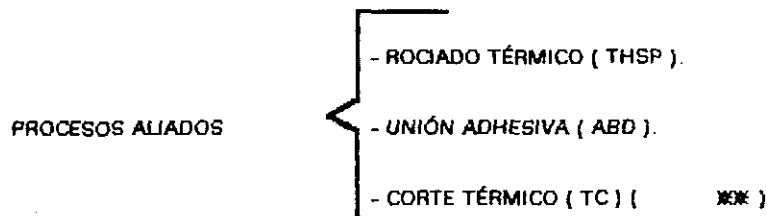


3.1. CLASIFICACIÓN.

La soldadura es la acción de unir dos o más materiales de semejante composición química, para formar a partir de estos un todo homogéneo o lograr una continuidad de material. Dicha acción se puede ejecutar con varios procedimientos de soldadura, los cuales se mencionan enseguida:



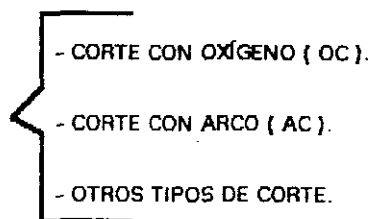
(*); A su vez los Procesos aliados se dividen en:



♦REF. Clasificación tomada de pag. 5, Soldadura Aplicaciones y Práctica. Henry Horwitz P.E.

(**); A su vez el Corte térmico se divide en:

CORTE TÉRMICO



Así mismo los Procesos antes mencionados se subdividen como sigue:

SOLDADURA DE ARCO (AW).

AHW	SOLDADURA CON HIDRÓGENO ATÓMICO.
BMAW	SOLDADURA DE ARCO METÁLICO CON ELECTRODO DESNUDO.
CAW	SOLDADURA CON ARCO DE CARBÓN
CAW - S	CON GAS.
CAW - S	CON ARCO PROTEGIDO.
FCAW	SOLDADURA DE ARCO CON NÚCLEO DE FÚNDENTE.
FCAW - EG	CON ELECTROGAS.
GMAW	SOLDADURA CON ARCO METÁLICO Y GAS.
GMAW - EG	CON ELECTROGAS.
GMAW - P	CON ARCO PULSADO.
GMAW - S	CON ARCO DE CORTO CIRCUITO.
GTAW	SOLDADURA DE ARCO DE TUNGSTENO Y GAS.
GTAW - P	CON ARCO PULSADO.
PAW	SOLDADURA DE ARCO CON PLASMA.
SMAW	SOLDADURA DE ARCO METÁLICO PROTEGIDO.
SW	SOLDADURA DE ARCO DE ESPÁRRAGOS.
SAW	SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO.
SAW - S	EN SERIE.

SOLDADURA EN ESTADO SÓLIDO (SSW).

CW	SOLDADURA EN FRÍO
DEW	SOLDADURA POR DIFUSIÓN.
EXW	SOLDADURA POR EXPLOSIÓN.
FOW	SOLDADURA POR FORJADO.
FRW	SOLDADURA POR FRICCIÓN.
HPW	SOLDADURA POR PRESIÓN EN CALIENTE.
ROW	SOLDADURA CON RODILLOS.
USW	SOLDADURA ULTRASÓNICA.

SOLDADURA BLANDA (S).

DS	SOLDADURA BLANDA POR INMERSIÓN.
FS	SOLDADURA BLANDA EN HORNO.
IS	SOLDADURA BLANDA POR INDUCCIÓN.
IRS	SOLDADURA BLANDA INFRARROJA
INS	SOLDADURA BLANDA CON CAULIN (soldador):
RS	SOLDADURA BLANDA POR RESISTENCIA.
TS	SOLDADURA BLANDA CON SOPLETE.
WS	SOLDADURA BLANDA POR ONDAS.

SOLDADURA POR RESISTENCIA (RW).

FW	SOLDADURA POR ARCO CON PRESIÓN.
HFRW	SOLDADURA POR RESISTENCIA CON ALTA FRECUENCIA.
PEW	SOLDADURA POR PERCUSIÓN.
RPW	SOLDADURA DE RESALTO.
RSEW	SOLDADURA DE COSTURA POR RESISTENCIA.
RSW	SOLDADURA DE PUNTOS POR RESISTENCIA.
UW	SOLDADURA RECALCADA.

SOLDADURA FUERTE (B).

AB	SOLDADURA FUERTE DE ARCO.
BB	SOLDADURA FUERTE DE BLOQUE.
DFB	SOLDADURA FUERTE POR DIFUSIÓN.
DB	SOLDADURA FUERTE POR INMERSIÓN.
FLB	SOLDADURA FUERTE DE FLUJO.
FB	SOLDADURA FUERTE EN HORNO.
IB	SOLDADURA FUERTE POR INDUCCIÓN.
IRB	SOLDADURA FUERTE INFRARROJA.
RB	SOLDADURA FUERTE POR RESISTENCIA.
TB	SOLDADURA FUERTE A SOPLETE.
TCAB	SOLDADURA FUERTE CON ARCO DE CARBONES GEMELOS.

OTRAS SOLDADURAS.

EBW	SOLDADURA POR HAZ DE ELECTRONES.
ESW	SOLDADURA DE ELECTROESCORIA.
FLOW	SOLDADURA DE FLUJO.
IW	SOLDADURA POR INDUCCIÓN.
LBW	SOLDADURA POR HAZ DE RAYOS LÁSER.
IW	SOLDADURA POR TERMIS.

SOLDADURA CON GAS COMBUSTIBLE Y OXIGENO (OFW).

AAWW	SOLDADURA CON AIRE Y ACETILENO.
OAW	SOLDADURA OXIACETILÉNICA.
OHW	SOLDADURA CON OXIHIDRÓGENO.
PGW	SOLDADURA A GAS CON PRESIÓN.

ROCIADO TÉRMICO (THSP).

EASP	ROCIADO CON ARCO ELÉCTRICO.
FLSP	ROCIADO A LA LLAMA.
PSP	ROCIADO CON PLASMA.

CORTE CON ARCO (AC).

AAC	CORTE CON ARCO DE CARBÓN Y AIRE.
CAC	CORTE CON ARCO DE CARBÓN.
GMAC	CORTE CON ARCO METÁLICO Y GAS.
GTAC	CORTE CON ARCO DE TUNGSTENO Y GAS.
MAC	CORTE CON ARCO METÁLICO.
PAC	CORTE CON ARCO Y PLASMA.
SMAC	CORTE CON ARCO METÁLICO PROTEGIDO.

CORTE CON OXIGENO (OC).

FOC	CORTE CON FUNDENTE QUÍMICO.
POC	CORTE CON POLVO METÁLICO.
OFC	CORTE CON GAS COMBUSTIBLE Y OXÍGENO.
OFC - A	CORTE OXIACETILÉNICO.
OFC - H	CORTE CON OXIHIDRÓGENO.
OFC - N	CORTE CON OXÍGENO Y GAS NATURAL.
OFC - P	CORTE CON OXIPROPANO.
AOC	CORTE CON ARCO Y OXÍGENO.
LOC	CORTE CON LANZA DE OXÍGENO.

OTROS TIPOS DE CORTE

EBC	CORTE CON HAZ DE ELECTRONES.
LBC	CORTE CON HAZ DE RAYOS LÁSER.

3.2. ARCO ELÉCTRICO CON ELECTRODO REVESTIDO.

En este proceso de soldadura la unión de los materiales se da por fusión, donde una fuente de poder modifica la corriente eléctrica para poder soldar, utiliza un electrodo recubierto que sirve como material de aporte, la fusión se da debido a la concentración de calor producto del arco eléctrico comprendido entre la pieza de trabajo y el material de aporte por donde circulan los electrones. el fúndente hace flotar las impurezas en la superficie para producir escoria. (ver fig. 3.1)

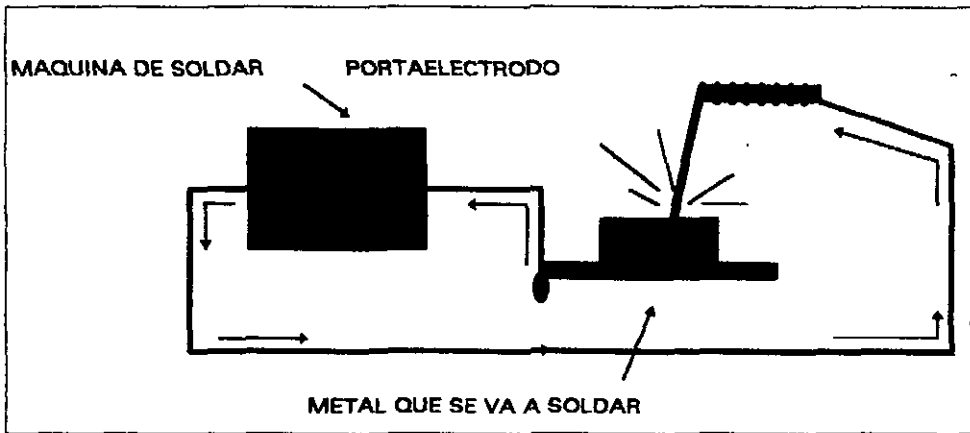


FIG. 3.1 EL CIRCUITO DE SOLDADURA.

VARIABLES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO:

a) **Diámetro correcto del electrodo:** El diámetro correcto del electrodo y factores como la escoria, así como la longitud del arco producido y la fluctuación de éste, producirán un cordón salpicado y sobrecalentamiento de la pieza, y la relativa pérdida de propiedades en la zona del material depositado.

b) **Corriente apropiada:** El amperaje se elige en base al tipo de junta, espesor del material base, posición de la junta de soldadura y diámetro del electrodo. Considerando tantos amperes como milésimas de pulgada tenga el diámetro del electrodo. (Ejemplo: para un electrodo de 1/8 de plg., es decir 125 milésimas de

pulgada, se pueden utilizar 125 amperes.) Amperaje más bajo para piezas livianas y amperaje más alto para piezas de trabajo más pesadas.

La posición vertical necesitará menor intensidad que la posición plana. El fabricante (la mayoría) proporciona los valores adecuados de acuerdo con el diámetro en las cajas donde se empaacan los electrodos.

c) Velocidad de avance correcta: A velocidad excesiva no se tiempo necesario para formar una fusión homogénea con el material base (falta de fusión), impidiendo que los gases e impurezas se disuelvan aprisionándolos al enfriarse, quedando un cordón estrecho con bordes puntiagudos. A velocidad lenta, el cordón quedará abultado y con ribetes rectos.

Se debe avanzar de manera que el cordón tenga el doble de ancho que el diámetro del electrodo (un electrodo de 1/8 de plg. producirá un cordón de 1/4 de plg.), las condiciones pueden variar según las necesidades o posiciones de la soldadura.

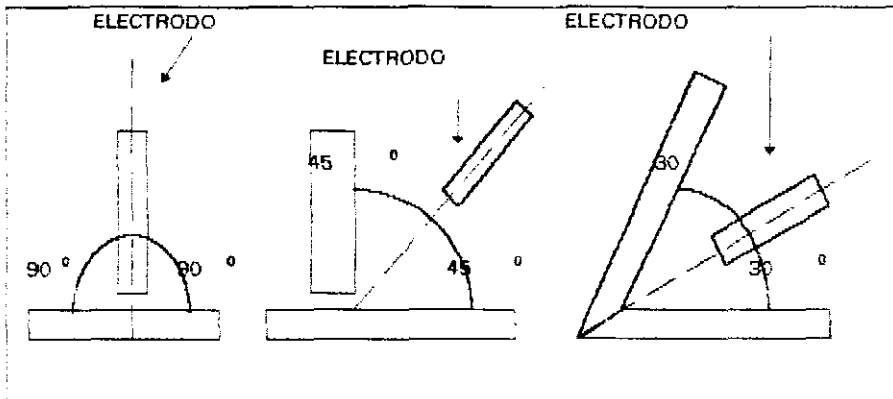


FIG. 3.2. ÁNGULO DEL ELECTRODO TRANSVERSAL AL CORDÓN

d) Ángulo del electrodo: En soldadura de ángulo y juntas con biseles el electrodo se debe colocar en el bisector con una inclinación de 45 grados con relación a la vertical, en uniones de juntas a tope, con o sin bisel, el electrodo se debe mantener perpendicular a la línea de soldadura formando un ángulo de 90 grados (ver fig. 3.2).

FUENTE DE PODER.- Proporciona la energía adecuada para poder soldar, genera un tipo de corriente llamada simplemente "corriente de soldadura" con características opuestas a la corriente de red, o sea con alto amperaje y bajo voltaje, existiendo tres tipos principales:

GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA.- Máquina compuesta de; un motor trifásico de accionamiento alimentado con corriente alterna de 220 ó 440 volts, un generador de corriente continua, un excitador (todos acoplados en el mismo eje) y un equipo de control (ver fig. 3.3).

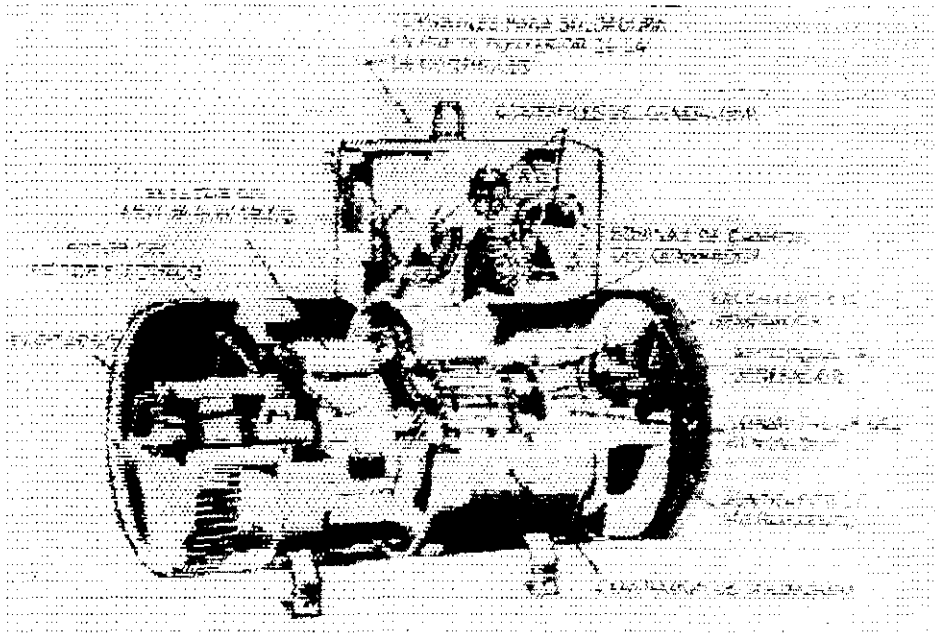


FIG. 3.3 GENERADOR TÍPICO DE CORRIENTE CONTINUA.

Se usan mucho en obras de construcción y reparación naval, oleoductos, gasoductos y en aplicaciones especiales, en lugares reducidos o demasiado calurosos y en donde la humedad pueda poner en peligro al operario, emplean todos los tipos de electrodos y para toda clase de soldaduras. En lugares donde no existe corriente de alimentación de red, en vez de motor eléctrico para revolucionar el generador de corriente de soldadura se tiene un motor diesel o de gasolina.

FUNCIONAMIENTO.- Conectada la máquina a la corriente de red cerrando el circuito de alimentación, el motor eléctrico impulsado por la corriente gira, y con el giran el generador de corriente continua y el excitador acoplados en el mismo eje, produciendo la corriente de soldadura que se toma del colector a través de escobillas.

TRANSFORMADORES (CA).- 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 de soldadura. Sus devanados están completamente aislados (ver fig. 3.4).

Son máquinas sencillas, baratas, comunes, ahorrativas, de mantenimiento casi nulo, como desventaja no todas las clases de electrodo se pueden soldar con ellas.

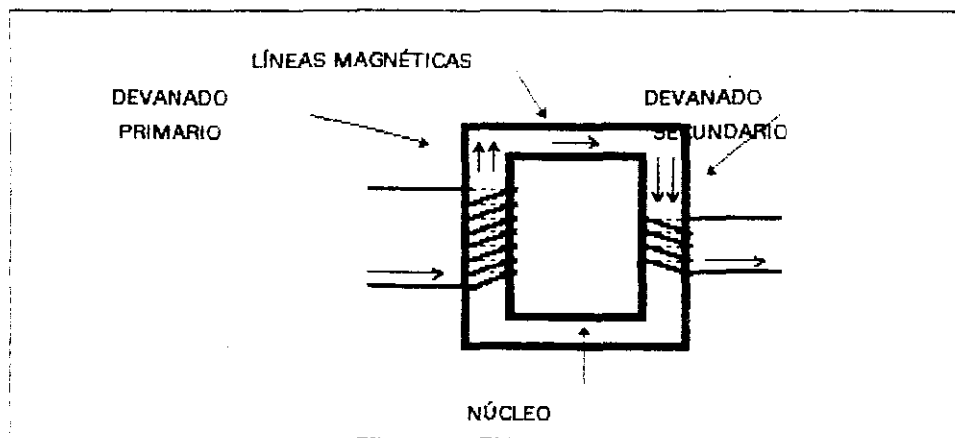


FIG. 3.4 TRANSFORMADOR.

FUNCIONAMIENTO.- Es el uso de la corriente alterna de mayor voltaje y menor amperaje que se debe convertir (transformar) en menor voltaje y mayor amperaje. La corriente de red entra por el devanado primario de muchas espiras, situado sobre un núcleo formado por láminas de acero al silicio, que conducen las líneas magnéticas que se generan por el paso de la corriente hasta el devanado secundario de menos espiras, donde las líneas magnéticas se transforman en corriente de soldadura.

Los valores de corriente a la salida están determinados por la relación entre la cantidad de espiras en ambos devanados, pudiendo variar el amperaje en el secundario tomando de él derivaciones con su correspondiente intensidad de corriente para cada una (ver fig. 3.5).

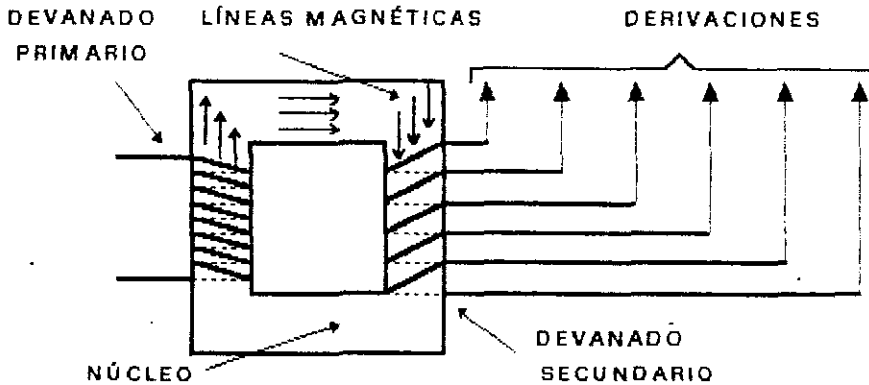
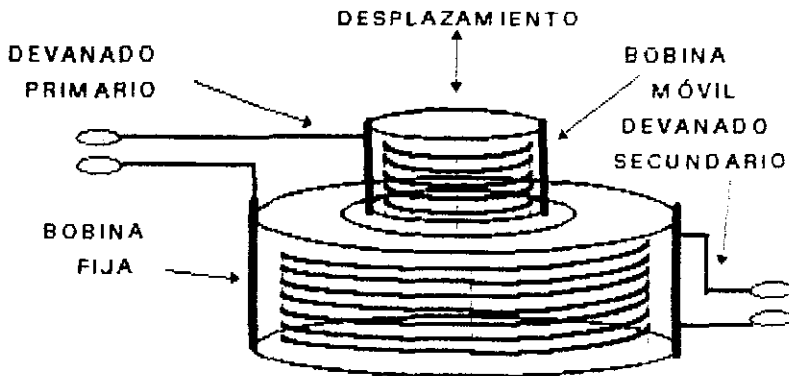


FIG. 3.5 TRANSFORMADOR CON DERIVACIONES EN EL SECUNDARIO.



FIG

3.6 TRANSFORMADOR DE BOBINA MÓVIL

Existe otro tipo de transformador de bobina móvil, donde se desplaza la bobina devanado primario con respecto a la bobina devanado secundario, variando la posición de los campos magnéticos y por consecuencia la corriente inducida en el secundario (ver fig. 3.6).

RECTIFICADORES.- Son el resultado de un "estudio de costos" a partir de las maquinas de C.C., transforman la corriente alterna en corriente directa a través de elementos rectificadores (son de selenio y silicio), permitiendo el desplazamiento de los electrones en un solo sentido.

Sus ventajas son: menor costo de mantenimiento, menos pérdidas en vacío y bajo costo de las maquinas. La diferencia es que tiene un ventilador de rectificadores (de silicio), se protegen con una carcasa en forma de caja (de lámina), donde están colocados el elemento de control de la corriente de soldadura, el switch y los fusibles.

FACTORES ELÉCTRICOS.- Aspectos principales de este proceso de soldadura

CORRIENTE ELÉCTRICA (I).- Paso o flujo de electrones que circulan a través de ciertos materiales conocidos como conductores eléctricos.

FUERZA ELECTROMOTRIZ (V).- El movimiento de electrones produce corriente eléctrica, éste movimiento se obtiene por una fuerza llamada voltaje, diferencia de potencial o fuerza electromotriz, que logra desprender a los electrones de sus átomos respectivos.

RESISTENCIA ELÉCTRICA.- Es la oposición de los electrones a ser desplazados a través de un conductor.

INTENSIDAD DE CORRIENTE.- Cantidad de electrones que pasa por un circuito, se mide en amperes.

CONDUCTORES.- Materiales que en su estructura atómica tienen electrones libres que se desplazan libremente produciendo un flujo de corriente eléctrica.

AISLADORES.- Materiales que en su estructura atómica no tienen electrones libres y que no permiten el flujo de corriente eléctrica.

CORRIENTE ALTERNA.- Esta viaja de positivo a negativo en intervalos iguales de tiempo (ciclos), teniendo 60 ciclos en un segundo (forma común de corriente). (ver fig. 3.7).

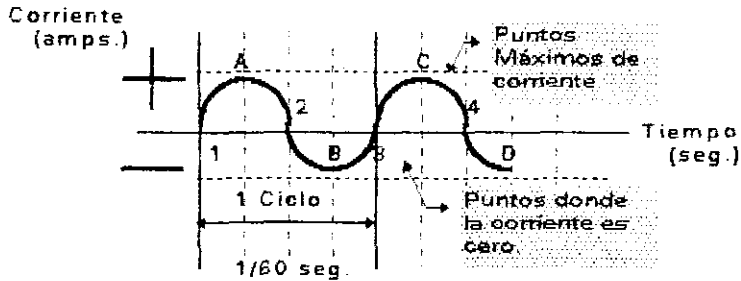


FIG.3.7 CORRIENTE ALTERNA.

CORRIENTE DIRECTA. Los electrones viajan en un solo sentido y produce un arco eléctrico estable, aquí se tiene polaridad definida (ver fig. 3.8).

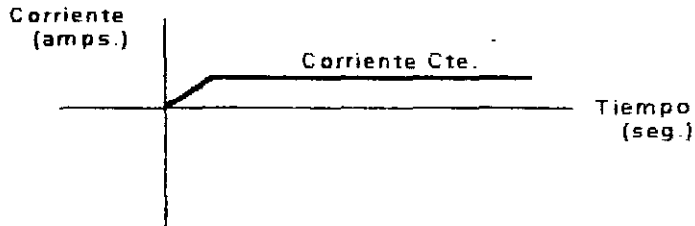


FIG. 3.8 CORRIENTE DIRECTA.

POLARIDAD. - Sentido de los electrones en el arco eléctrico, la polaridad solo se encuentra en corriente directa, pudiéndose obtener dos tipos de polaridad:

POLARIDAD DIRECTA. - Conectar el portaelectrodo al polo negativo de la máquina y la tierra a polo positivo (los electrones viajan del electrodo al metal base), el 70 % de la temperatura se genera en el electrodo, formando un arco extendido que produce una pequeña capa de metal fundido, originando baja penetración (ver fig. 3.9).

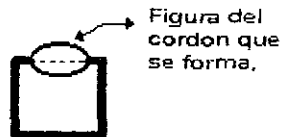


FIG. 3.9 EFECTO DE LA POLARIDAD DIRECTA.

POLARIDAD INVERTIDA.- Conectar el portaelectrodo al polo positivo de la máquina y la tierra al polo negativo (los electrones viajan del metal base al electrodo), el 70 % de la temperatura se genera en el metal base, formando un arco concentrado que produce gran penetración y un cordón abultado (ver fig.. 3.10).

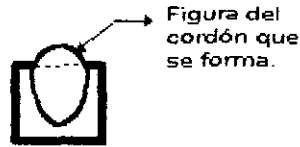


FIG. 3.10 EFECTO DE LA POLARIDAD INVERTIDA.

ELECTRODOS REVESTIDOS.- Determinan las siguientes funciones básicas:

- Establecer el arco eléctrico con el metal base.
- Dirigir y controlar el arco eléctrico.
- Proporcionar el metal de aporte.
- Proteger el cordón de soldadura.

Núcleo del electrodo.- Es un alambre metálico que conduce la corriente eléctrica, estableciendo el arco eléctrico, fundiéndose progresivamente de la punta para depositarse en forma de pequeñas gotas en el cordón de soldadura.

Revestimiento del electrodo.- Presenta las siguientes funciones:

- a) Estabilizar el arco (facilita el encendido y el mantenimiento constante del arco).
- b) Genera una pantalla de gases de protección que evita la contaminación del cordón por el oxígeno y nitrógeno del aire.
- c) Proporciona fundentes que eliminan los óxidos.

d) Forma una capa de escoria que retarda el enfriamiento del cordón.

e) Determina las condiciones de operación del electrodo.

f) Determina las características del cordón.

FACTORES PARA LA SELECCIÓN DEL ELECTRODO.- La soldadura depende en un alto porcentaje del electrodo y de la compatibilidad de los siguientes factores.

1.- Características y condiciones de operación del metal base:

- Propiedades mecánicas y metalúrgicas.
- Composición química.
- Forma tamaño y espesor.
- Especificaciones y condiciones de servicio de la pieza.

2.- Procedimiento para ejecutar la soldadura:

- Tipo de corriente y polaridad.
- Diseño y ajuste de la unión.
- Posición de soldadura.
- Amperaje requerido.

3.- Equipo disponible:

- Tipo de máquina.
- Capacidad de la máquina.

4.- Condiciones de operación del elect

- Tipo de corriente y polaridad.
- Posición de la soldadura.
- Tipo de arco.
- Penetración.
- Salpicaduras.

5 - Características del cordón:

- Propiedades mecánicas.
- Apariencia.

6 - Exigencias de producción:

- Relación de depósito.
- Condiciones de trabajo.

CLASIFICACIÓN AWS PARA ELECTRODOS DE ACERO AL CARBONO

Está formada por una serie de 4 ó 5 dígitos que lleva como prefijo la letra E, indicadora que se emplea en la soldadura eléctrica, los números que van a la izquierda de los dos últimos dígitos (multiplicados por mil) dan la resistencia mínima a la tensión del metal depositado, el penúltimo dígito indica la posición de soldadura y el último dígito indica el suministro de energía, el tipo de escoria, el tipo de arco, la penetración, etc.. Datos más detallados se pueden consultar en las figuras. 3.11. y 3.11.a.

CIFRA	SIGNIFICADO	EJEMPLO
Las 2 O 3 primeras	Mínima resistencia a la tracción. (Esfuerzos relevados)	E 60 XX = 60000 Lbs/plg ² . (mínimo) E 110 XX = 110000 Lbs./plg ² . (mínimo)
Penúltima	Posición de soldadura.	E XX1X = toda posición E XX2X = plana y horizontal. E XX3X = plana.
Ultima	Tipo de corriente Tipo de escoria Tipo de arco Penetración Presencia de elementos químicos en el revestimiento.	Continuar la consultar en la tabla siguiente (ver fig. 3.11.a)

FIG. 3.11. TABLA DE NOMENCLATURA AWS

Última Cifra	Tipo de Corriente	Tipo de Escoria	Tipo de Arco	Penetración	Polvo de Hierro en el Revestimiento
E XXX0			Penetrante		0.10 %
E XXX1	CA - CD * Polaridad Invertida	Orgánica	Penetrante	Profunda	NO
E XXX2	CA - CD * Polaridad Directo Preferente	Rutilo	Mediano	Mediana	0.10 %
E XXX3	CA - CD * Polaridad Directo Preferente	Rutilo	Suave	Ligera	0.10 %
E XXX4	CA - CD * Polaridad Invertida	Rutilo	Suave	Ligera	30 - 50 %
E XXX5	CD * Polaridad Invertida	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana	NO
E XXX6	CA-CD * Polaridad Invertida	Bajo Hidrógeno	Mediano	Mediana	NO
E XXX7	CD * Polaridad Invertida	Mineral	Suave	Mediana	50 %
E XXX8	CA - CD * Polaridad Invertida	Mineral	Mediano	Mediana	30 - 50 %

FIG. 3.11.a CONTINUACIÓN DE TABLA DE NOMENCLATURA AWS

3.3. SOLDADURA OXIACETILÉNICA.

Principio fundamental.- Es la combustión de la mezcla del oxígeno y el acetileno, con una temperatura aproximada de 3000 grados C., que puede fundir diversas variedades de metales.

Este proceso se fundamenta en principios básicos de los cuales se destacan los siguientes:

Fusión.- Es el paso del estado sólido al estado líquido, debido principalmente a una elevación considerable de temperatura.

Combustión.- Es la oxidación instantánea de una sustancia o material que se manifiesta por desprendimiento de una gran cantidad de luz y calor.

Combustible.- Sustancia que al quemarse o arder desprende calor, aprovechable para fundir los materiales por soldar.

Comburente.- Compuesto o elemento que inicia o activa la combustión (sin comburente no habría combustión).

Equipo que se requiere para este proceso:

Acetileno.- Hidrocarburo gaseoso, incoloro, más ligero que el aire y de olor característico, su fórmula química es $C_2 H_2$, a temperaturas mayores de 780 grados C. o a presiones mayores de 2 Kg/cm² se vuelve inestable y altamente explosivo.

Por esta razón, "ningún equipo para soldar, cortar o calentar con oxi-acetileno está diseñado ni se debe trabajar a presiones mayores de 1 Kg/cm² como medida de seguridad", este se obtiene mediante la reacción química entre el carburo de calcio (CaC_2) y el agua ($H_2 O$) según la siguiente ecuación:



El carburo de calcio se obtiene a su vez fundiendo cal y coque en un horno eléctrico, la generación del acetileno se efectúa por dos métodos: agregando carburo al agua (método Americano) o agregando agua al carburo (método Europeo).

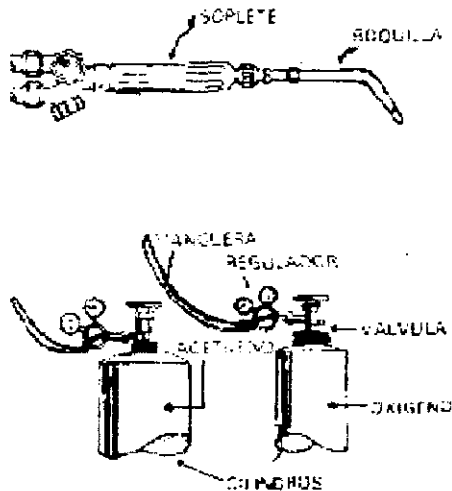


FIG. 3.12. EQUIPO BÁSICO PARA SOLDADURA CON OXIACETILENO.

El oxígeno.- Elemento gaseoso, incoloro e insípido a presión y temperatura ambiente (el oxígeno de alta pureza optimiza la combustión y logra una flama de 3200 grados C.).

Se obtiene por destilación fraccionada del aire (método más común a nivel industrial), tomando aire de la atmósfera que se purifica eliminando la humedad, el bióxido de carbono y las impurezas, con varias etapas de compresión y de enfriamiento el aire se vuelve líquido y en una columna de destilación fraccionada se rocía el aire líquido sobre tubos y platos evaporadores, donde se extrae el nitrógeno y aumenta la proporción de argón gaseoso, al llegar al 99.96% de pureza del argón se inicia el llenado de tanques de argón y termina el llenado de tanques de nitrógeno.

Al extraerse argón, disminuye la proporción de éste y aumenta la de oxígeno hasta llegar al grado de pureza deseado para éste gas (99.96%), terminando con el llenado de argón e iniciando el de oxígeno.

CILINDRO DE OXÍGENO.- Fabricado de una sola pieza en acero al silicio, que soporta presiones de trabajo de aproximadamente 160 Kg/cm², su capacidad más común es de 6 m³.

Su mayor peligrosidad estriba en la presión a la que contiene el gas, para identificarlo la ojiva o parte superior del tanque se pinta de color verde bandera, color asignado al oxígeno.

CILINDRO DE ACETILENO.- Es de acero y en su interior contiene una pasta porosa que se impregna de acetona, ésta disuelve al acetileno por lo que no es necesario comprimirlo a elevadas presiones para almacenarlo dentro del tanque, porque el acetileno es peligroso a presiones mayores de 1 Kg/cm².

Para identificarlo la ojiva se pinta de color rojo óxido, siendo más corto y más ancho que el de oxígeno, pueda ser fabricado en varias secciones.

REGULADOR DE PRESIÓN DE OXÍGENO.- El oxígeno comprimido a altas presiones no puede usarse directamente, debe reducirse a presión de trabajo (dependiendo de las piezas por soldar y del calibre de boquilla empleada), esa es la función básica del regulador de oxígeno, éste cuenta con dos manómetros.

El primero graduado de 0 a 210 Kg/cm² aproximadamente, indica la presión existente dentro del tanque y el otro graduado en una escala inferior que indica la presión de trabajo del oxígeno.

REGULADOR DE PRESIÓN DE ACETILENO.- La presión no es muy elevada (16 Kg/cm²) y tampoco puede usarse directamente, debe reducirse la presión y este regulador cuenta también con dos manómetros, el primero está graduado de 0 a 45 Kg/cm² aproximadamente e indica la presión interior del tanque, el otro con una graduación inferior que indica la presión de trabajo del acetileno.

MANGUERAS.- Conducen el gas del regulador al soplete, de color verde para el oxígeno y de color rojo para el acetileno. La de oxígeno utiliza conexiones de rosca derecha y la de acetileno usa conexiones de rosca izquierda.

Porque no deben intercambiarse, puesto que pueden quedar residuos dentro de ellas que al mezclarse pueden causar un accidente.

SOPLETE.- Está formado por tres partes principales:

Maneral.- Sirve para sujetar el soplete y en él se encuentran las válvulas de control.

Mezclador.- En éste los gases se unen quedando la mezcla lista para su ignición a la salida de la boquilla.

Boquilla .- Sirve para concentrar y dirigir la mezcla en combustión.

FACTORES QUE INTERVIENEN AL SOLDAR CON OXI-ACETILENO

1.- PRESIÓN DE TRABAJO: Debe ajustarse en los reguladores la presión de trabajo según el fabricante, el espesor del metal base y el calibre de la boquilla empleada.

2.- DISTANCIA DE LA BOQUILLA: La distancia entre la punta del cono luminoso y el metal base debe ser de 1 mm.

3.- POSICIÓN DE LA BOQUILLA: De frente la punta de la boquilla formará un ángulo recto con respecto al costado del material y de vista lateral la punta de la boquilla formará un ángulo de aproximadamente 45 grados con respecto a la superficie del metal base, en sentido contrario al avance del soplete.

4.- VELOCIDAD DE AVANCE: Afecta directamente el ancho del cordón, una velocidad alta da un cordón delgado y una velocidad baja da un cordón ancho.

TIPOS DE LLAMAS.- Se pueden obtener cuatro tipos de llamas dependiendo de la pureza del oxígeno y de la proporción de los gases utilizados (ver fig. 3.13):

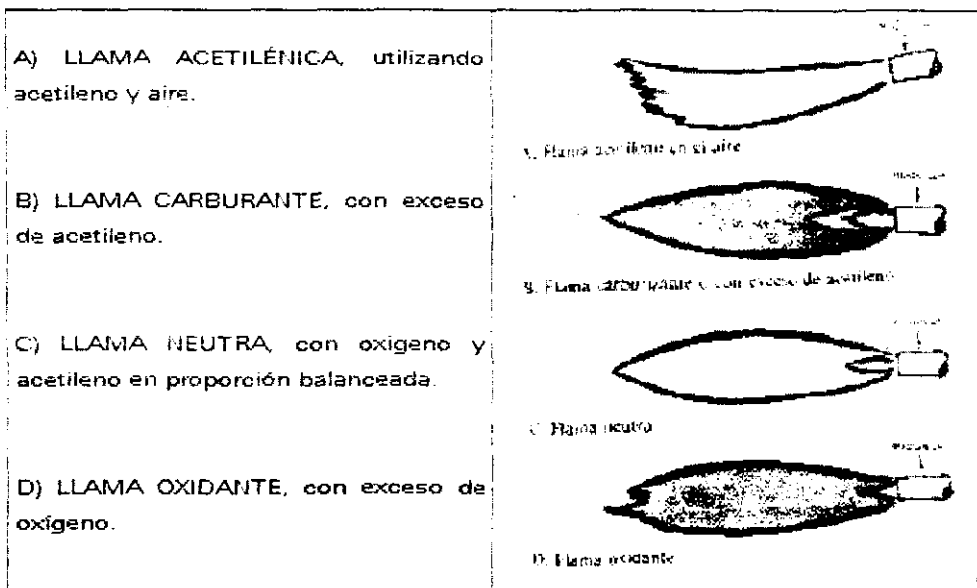


FIG. 3.13 TIPOS DE FLAMAS.

PRESIÓN DE TRABAJO.- Se reduce el riesgo de un retroceso de llama utilizando siempre la presión de trabajo recomendada por el fabricante del equipo y según el tipo y calibre de boquilla utilizada, obteniendo un determinado volumen de gas a la velocidad adecuada y que su combustión ocurra fuera de la boquilla. El volumen de gas proporciona el calor necesario para ejecutar el trabajo que se desea, a mayor espesor de la placa metálica mayor volumen de gas combustible y viceversa a menor espesor menor volumen.

PROCESO DE OXICORTE.- Es básicamente una reacción química que aprovecha la afinidad existente entre el oxígeno y los metales ferrosos, en especial a altas temperaturas.

Para el corte se utiliza precalentamiento hasta la temperatura de ignición, lanzando enseguida una corriente de oxígeno (por el orificio central de la boquilla) que oxida violentamente el metal base y produciendo un efecto de erosión con la fuerza misma con la que sale, aventando el metal que no se ha consumido, iniciado el corte se debe mantener la velocidad de avance que permita continuarlo (automático o manual).

Las llamas de precalentamiento se forman en una serie de orificios periféricos que tiene la boquilla de corte, a los cuales llega una mezcla de oxígeno y acetileno de precalentamiento.

Si se cambia la boquilla para que vaya de acuerdo con el espesor del metal, se puede cortar casi cualquier espesor (ver la fig. 3.14). Cualquier obstrucción, ya sea en el agujero de oxígeno o en la punta de la boquilla, disminuirá la velocidad y producirá un corte áspero. Un chorro limpio y cilíndrico de oxígeno siempre producirá un corte uniforme.

ESPESOR METAL plg.	ESPESOR METAL mm.	BOQUILLA L.A.	BOQUILLA Meco	BOQUILLA Linde (#32)	BOQUILLA Linde (CW202)	BOQUILLA Linde (type E)
1/8	3		L00	0	3	3
1/4	6	0	L0	0	3	3
3/8	9.5	1	L1	1	4	4
1/2	12.5	1	L1	1	4	4
3/4	19	2	L2	1	5	5
1	25	2	L2	1	5	5
1 1/2	38	3	L2		7	7
2	50	4	L2		7	7
3	75	5	L3		7	7
4	100	5	L3		9	7
5	125	6	L3		11	9
6	150	6	L4		11	9
8	200	7	L5		11	11
10	255	7	L6			

FIG. 3.14. TABLA PARA CORTES.

*REF.

3.4 ARCO METÁLICO CON PROTECCIÓN DE GAS (GMAW)-(MIG).

El método de soldadura GMAW(Gas Metal Arc Welding)- MIG(Metal Inert Gas) es un proceso de unión por medio de un arco eléctrico (puede ser semiautomático o automático), produce en su desarrollo una coalición de metales entre el material de aporte (alambre consumible) y la pieza de trabajo.

*REF Tabla tomada de pag. 91, Soldadura 3a. edición, Pender James A

FUENTE DE PODER DE POTENCIAL CONSTANTE.- Son similares a las utilizadas en otros procesos de soldadura con alimentación constante de alambre, son de corriente continua y su capacidad depende del rango de amperaje requerido, variando de un mínimo de 20 hasta un máximo de 1200 amperes.

UNIDAD DE CONTROL.- Es un cuerpo separado de la fuente de poder y puede ser o no integrado en la unidad de alimentación de alambre, regula la velocidad del motor de alimentación del alambre (principalmente), por medio de un gobernador electrónico, siendo el operador quien la fija manualmente para obtener la corriente de soldadura apropiada.

La mecánica de conducción del alambre electrodo hacia el maneral consiste en pequeños motores (impulsados normalmente con corriente eléctrica), accionan un sistema de rodillos que arrastran y empujan al alambre en su recorrido, se instalan rápidamente según las necesidades. El alambre electrodo está alimentado por medio de un carrete de alimentación que lleva al alambre a un sistema de arrastre compuesto de rodillos.

MANERAL.- Sujeta al electrodo y para llevar a cabo la soldadura, hay una extensa variedad de manerales para este proceso, según las necesidades de aplicación y capacidad de trabajo. En el sistema de soldadura semiautomática la variedad de manerales es más extensa que la del sistema automático.

ABASTECEDOR DE GAS.- Generalmente son cilindros que contienen al gas utilizado para la protección del charco de soldadura, contando con un regulador de presión y también un flujómetro que calibra la cantidad de gas que estará destinado para la protección del charco de soldadura, las mangueras utilizadas deberán ser de un diseño especial para este tipo de trabajo.

La atmósfera protectora de gas se usa para evitar que el aire se combine con los componentes del metal fundido (ocasionando poros y formación de cristales duros y frágiles), si es defectuosa o se contamina será la causa de porosidad en la soldadura.

Puede mezclarse con el aire si el flujo de gas es alto y ocasiona turbulencias, contaminando la soldadura.

La selección del gas depende de los siguientes factores:

- 1.- Tipo del material a soldar.
- 2.- Espesor de la unión a soldar.
- 3.- requerimientos de calidad.
- 4.- Factores metalúrgicos.

Ningún gas inerte individual es satisfactorio para cubrir todas las características del trabajo, es más eficaz utilizar una mezcla de gases de acuerdo a la tabla siguiente (fig. 3.17):

TIPO DE METAL	GAS DE PROTECCIÓN	RESULTADOS Y VENTAJAS
Aceros al Carbón	Argón con 20-25 % de CO ₂	Alta velocidad de soldadura en espesores inferiores de 3.5 mm., buena fusión y penetración con muy pocas salpicaduras y mínima distorsión de la pieza bajo proceso.
Aceros al Carbón	50 % Argón, 50 % CO ₂	Mínimo de salpicaduras en espesores superiores a los 3.5 mm., óptimo control del arco de soldadura en posición vertical y sobrecabeza.
Aceros al Carbón	CO ₂	Alta velocidad de aportación de la soldadura, penetración profunda, a menor costo (el CO ₂ es más barato que el argón y el helio), con una proporción de salpicadura más alta, especialmente en pequeños espesores.
Aceros Inoxidables	90 % helio 7.5 % argón 2.5 % CO ₂	No produce ningún efecto dañino en la resistencia a la corrosión; buena estabilidad del arco de soldadura; no produce distorsión de la pieza bajo proceso dada la poca aportación de calor y no produce socavaciones.
Aceros de Baja Aleación	60-70 % helio 25-35 % argón 4-5 % CO ₂	Buena resistencia, excelentes características del material aportado y de contorno del cordón; produce pocas salpicaduras. Excelente estabilidad del arco de soldadura, óptimas características de fusión y del contorno del cordón de soldadura, casi exento de salpicaduras.
Aluminio, Cobre, Magnesio, Níquel y sus Aleaciones	Argón Argón y helio	El argón como se explico se indica para materiales de pequeño espesor, mientras que la mezcla argón-helio se prefiere en aplicaciones con metal base de mediano y grueso espesor.

Acero al Carbón	Argón-3.5 % de oxígeno CO ₂	Esta mezcla permite la aplicación de la soldadura con alta velocidad, una buena coalescencia del contorno del cordón, buena estabilidad del arco, minimiza la socavación, con un buen control de la fusión, y pocas salpicaduras. Con el sistema automático de soldadura, produce cordones con altas velocidades, también en el método manual la soldadura con el gas CO ₂ proporciona óptimos resultados, con bajo costo, mucho más inferior que los demás gases.
Aceros Inoxidables	Argón - 1 % Oxígeno Argón - 2 % oxígeno	Con la aportación del 1 % de oxígeno se obtiene una buena estabilidad del arco, mínima socavación, con una buena coalescencia en el contorno del cordón. Proporciona una mejor estabilidad del arco y una mayor velocidad de soldadura (mayor que la de la mezcla anterior).
Aluminio	Argón 75 % Helio 25 % Argón	Recomendado para espesores hasta de 25 mm. por la buena transferencia del metal y estabilidad del arco, produce pocas salpicaduras. Por su alta aportación de calor ésta mezcla es apropiada para espesores dentro del rango de 25 hasta 75 mm.
Aluminio	90 % Helio 10 % Argón	Al aumentar el porcentaje de helio (de alta conductividad térmica) aumenta la aportación de calor, su uso es apropiado para aplicación de soldadura sobre los 75 mm. de espesor, con una producción mínima de porosidad.
Magnesio	Argón	Produce una excelente acción limpiadora.
Aceros de Baja Aleación	Argón - 2 % de oxígeno	Buena estabilidad de arco, minimiza la socavación y le da una buena resistencia.
Cobre - Níquel y sus Aleaciones	Argón Helio - Argón	Proporciona un buen baño y un buen control de la soldadura en aquellos espesores que están entre 1 y 3.5 mm. Con la aportación del 50 al 75 % de helio y por su alta conductividad térmica, es indicado para trabajos pesados.
Metales Reactivos (Ti - Zr - Ts)	Argón	Para soldar estos metales se recomienda usar gas inerte en el respaldo para prevenir la contaminación del área de soldadura. Produce buena estabilidad del arco.

FIG. 3.17 TABLA PARA SELECCIÓN DE GAS.

ELECTRODOS.- En el proceso GMAW (MIG) el material que se usa como alambre electrodo influye en la calidad del cordón de soldadura y determina las propiedades químico-mecánicas del material depositado, normalmente tiene las mismas características en la composición química de los materiales de aporte usados en otros procesos de soldadura con alambres sólidos, los alambres electrodos de acero al carbón están recubiertos por una ligera capa protectora de cobre (del óxido), que permite mejor contacto eléctrico al pasar por el tubo de contacto del maneral de soldadura.

El alambre electrodo no siempre debe tener las mismas características del material base, siendo de un diámetro mucho menor que los empleados en el proceso de arco eléctrico manual con electrodo revestido.

-CLASIFICACIÓN: Está especificada por medio de una serie de números, letras e índices adicionales, es un sistema similar al usado en la clasificación de los electrodos recubiertos. En seguida se da un ejemplo del significado de la clasificación típica de AWS (American Welding Society), para acero al carbón.

Alambre Electrodo AWS-ER 70S-3:

AWS = American Welding Society.

E = Indica que el material de aporte es electrodo, en este caso alambre electrodo, por tanto indicado para usar con el método de arco metálico con protección de gas

R = Varilla, indica que este material se puede emplear como material de aporte, en soldadura combinada como es arco de tungsteno con alambre o en arco plasma

70 = La numeración indica el mínimo de resistencia a la tracción por pulgada cuadrada, y se obtiene multiplicando el número por el prefijo 1000, que da como resultado 70 000 libras/plg². Si en lugar de dos son tres las cifras que encabezan la numeración, por ejemplo 100, la resistencia mínima a la tracción será $100 \times 1000 = 100\ 000$ libras/plg²

S = El significado de esta letra quiere decir sólido e indica que es tipo de alambre sólido, algunos lo llaman también alambre macizo.

3 = Este número indica la composición química del depósito. Según los tipos de alambre en lugar de este número puede tener la letra G, o un número combinado con letras para especificar los elementos mayoritarios y más información acerca del depósito, por ejemplo:

ER XXS-G = La letra G indica que este tipo de clasificación no requiere especificación de la composición química

ER XXS-BX = La letra B indica que el alambre es del tipo al cromo-molibdeno.

ER XXS-NiX = La letra Ni indica que el alambre es del tipo al níquel.

ER XXS-DX = La letra D indica que el tipo de alambre es al manganeso-molibdeno y por tanto apto para soldar un acero al manganeso-molibdeno.

ER XXS-BXL = La letra L (low) indica que se refiere a la cantidad de carbono, o sea un alambre de bajo contenido de carbono (porcentaje máximo 0.5 %). Si la clasificación termina en ECL será un alambre Extra Bajo Carbono.

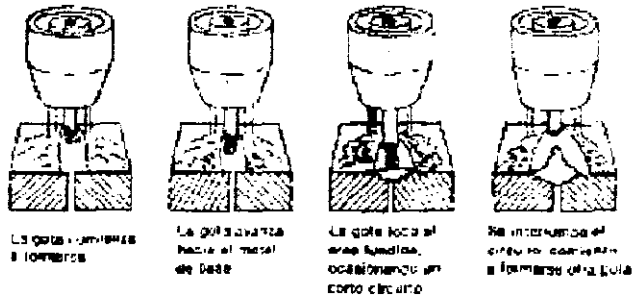


FIG. 3.18 TRANSFERENCIA POR CORTO CIRCUITO.

TRANSFERENCIA. - Se le llama transferencia a la forma en que se deposita el material de aporte sobre el metal base. En seguida se citan las formas de transferencia más comunes.

Transferencia por corto circuito: En soldadura de arco de cortocircuito se utilizan intensidades de corriente bajas, que producen poca acumulación de material de soldadura y rápido enfriamiento, menor es el calor que se aporta a la unión y menor será la distorsión, se indica para soldadura de uniones delgadas (ver fig. 3.18).

Transferencia globular: Cuando se usa una fuente de poder de corriente directa con el alambre electrodo conectado al polo positivo y una corriente relativamente baja sin importar el tipo de gas de protección, el metal de aporte se deposita en forma globular o gotas grandes.

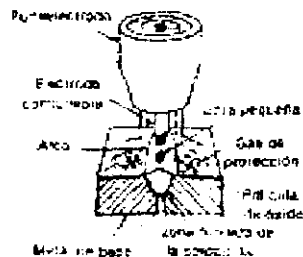


FIG. 3.19 TRANSFERENCIA POR SPRAY O GLOBULO.

Transferencia por spray o rocío: Se obtiene por medio de una protección de gas argón o helio no inferior al 80 %, tiene una columna de arco muy fina y el material de aporte derretido se transfiere a través del arco en forma de gotas muy finas, con un diámetro más o menos igual al diámetro del alambre electrodo (ver fig. 3.19).

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO GMAW (MIG).- Las condiciones de aplicación de un cordón de soldadura (ver fig. 3.15) influyen directamente en la calidad de ésta, se deben respetar los factores que componen dichas condiciones y son:

- Selección del gas de protección adecuado: El uso de determinado gas o de una combinación de gases influye en la penetración y geometría de un cordón de soldadura.
- Corriente apropiada: Se aumenta o disminuye, para espesores de material delgado se usará menor amperaje y para espesores de material grueso se usará amperajes más altos, eligiendo el amperaje en base a (ver fig. 3.20):

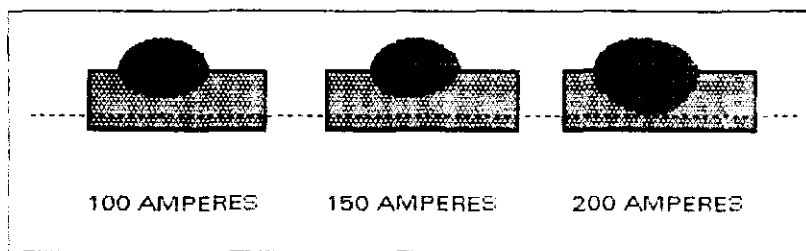


FIG. 3.20 EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA.

- a) Tipo de unión.
- b) Espesor del metal base.
- c) Posición de la junta a soldar.
- d) Tipo de material base.
- e) Diámetro del alambre electrodo

- Selección correcta del alambre: El diámetro del electrodo y su composición determinan el rango correcto de amperaje. Junto con el tipo de unión, espesor de la misma y posición de soldadura, influyen en la calidad y costo del metal depositado.

- Extensión del alambre: Se considera como la longitud durante la soldadura entre la terminal del tubo de contacto y la punta del alambre electrodo en derretimiento (ver fig. 3.21)

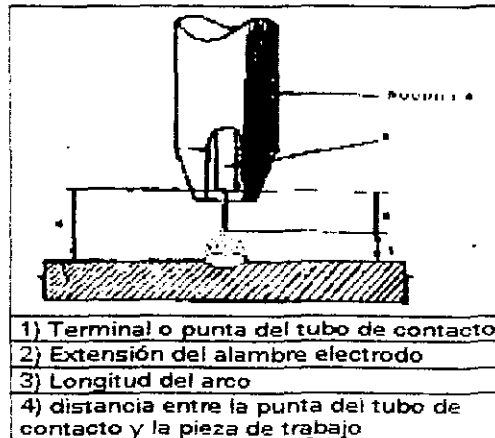


FIG. 3.21 EXTENSIÓN DEL ALAMBRE ELECTRODO.

- Voltaje de arco correcto: Es el potencial eléctrico existente entre la pieza de trabajo y la punta del alambre electrodo durante el derretimiento y la longitud de arco es directamente proporcional al voltaje (ver fig. 3.22), se puede variar el voltaje variando la longitud de arco.

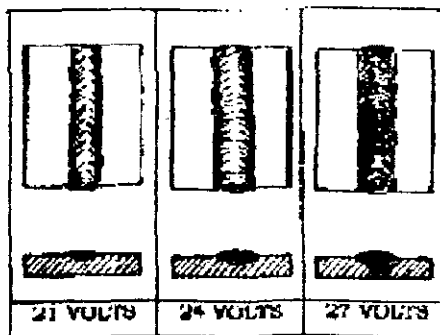


FIG. 3.22 EFECTOS DEL VOLTAJE.

Demasiada longitud de arco produce aumento del ancho del cordón e irregularidad en la geometría del mismo, salpicaduras, porosidad, falta de penetración, etc.. Y una longitud de arco demasiado reducida produce falta de penetración, chisporroteo excesivo, irregularidad geométrica del cordón, refuerzo excesivo, falta difusión, etc..

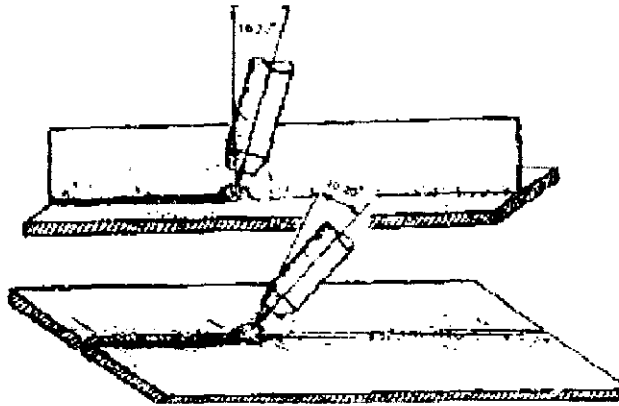


FIG. 3.23 ÁNGULO LONGITUDINAL.

Ángulo de la boquilla.- Es la posición que debe mantener el maneral respecto a la unión, consta de dos ángulos (transversal y longitudinal).

Son determinantes en la formación geométrica de un cordón de soldadura y su uso está relacionado con los resultados que se quieren alcanzar.

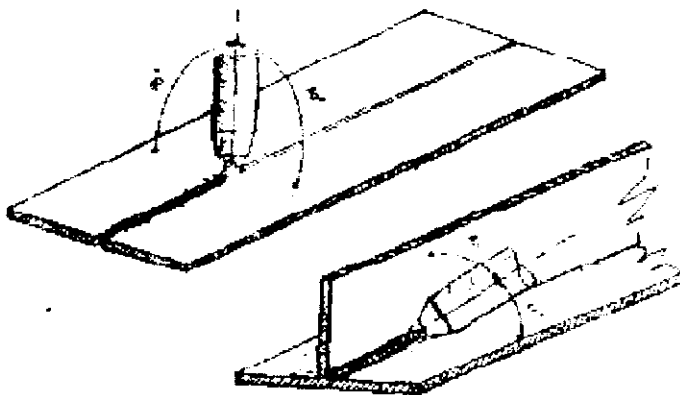


FIG. 3.24 ÁNGULO TRANSVERSAL.

El ángulo transversal es la relación entre la boquilla y la unión de soldadura en un ángulo perpendicular a la dirección de avance de la soldadura (ver fig. 3.23).

El ángulo longitudinal es la relación entre la línea de centro de la boquilla y la línea perpendicular al eje de la soldadura (ver fig. 3,24). También llamado ángulo de avance de la soldadura, pudiendo ser de empuje, escuadra y de arrastre (ver fig. 3.25).

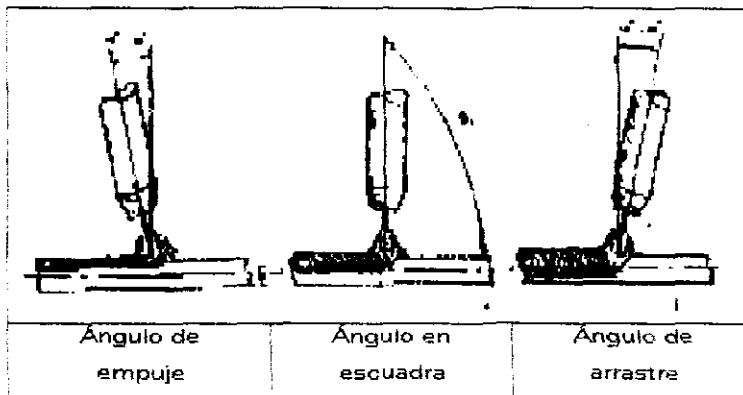


FIG. 3.25 ÁNGULO DE APLICACIÓN

- **Velocidad de avance:** Es la velocidad de aportación de una soldadura a lo largo de la unión (ver fig. 3.26). Un aumento o disminución de la velocidad de avance, modifica el grado de penetración, ancho del cordón y su forma geométrica.

Demasiada velocidad provoca socavaciones, falta de penetración y cordones estrechos, el arco no tiene el tiempo necesario de proporcionar la justa cantidad de calor.

Baja velocidad aumenta la cantidad de material depositado, aumento del ancho del cordón y refuerzo excesivo, deficiente penetración por el aumento de espesor, puede provocar desfondamiento de la unión.

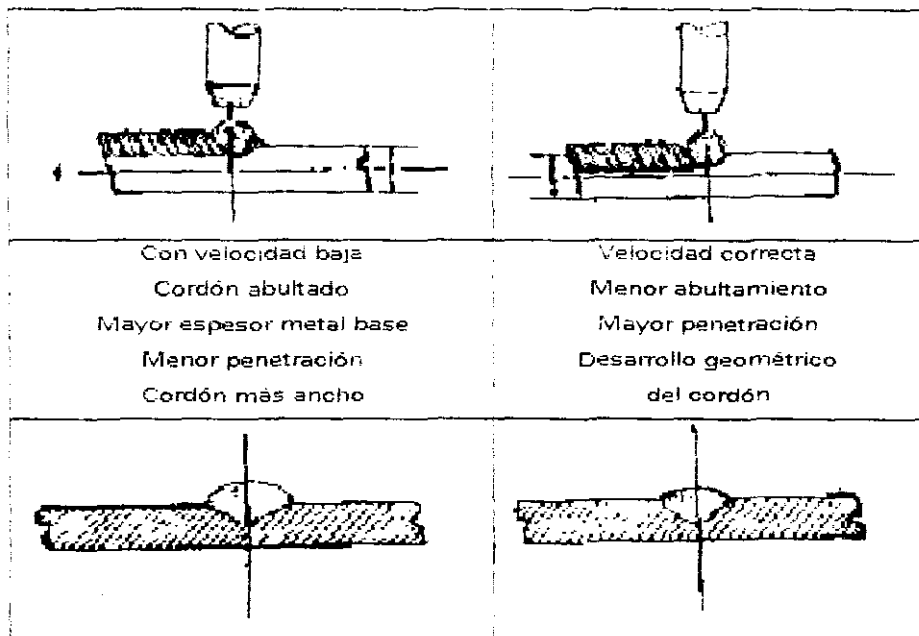


FIG. 3.26 EFECTO DE LA VELOCIDAD.

3.5 ARCO DE TUNGSTENO CON PROTECCIÓN DE GAS INERTE (GTAW) (TIG).

Es un proceso de soldadura por fusión, establece un arco entre un electrodo de tungsteno (no consumible) y el metal base, protegido por un gas o una mezcla de gases que funcionan como fúndente, puede o no usarse metal de aporte alimentado manualmente dentro del charco de soldadura (ver fig. 3.27).

EQUIPO UTILIZADO.

- Fuente de poder: Puede ser un transformador rectificador o bien un generador de CC, equipadas con (ver fig. 3.28):

1.- Una unidad de alta frecuencia (AF), produce una chispa del electrodo al metal que se va a soldar, puede formar el charco sin tocar el metal con el electrodo.

- 2.- Un sistema de control para accionar las válvulas para gas y agua.
- 3.- Solo algunas máquinas tienen un control remoto accionado con interruptores de pedal o de mano.
- 4.- Opcionalmente un interruptor de contacto que cierra las válvulas para gas y agua en un determinado momento después de terminar la soldadura.

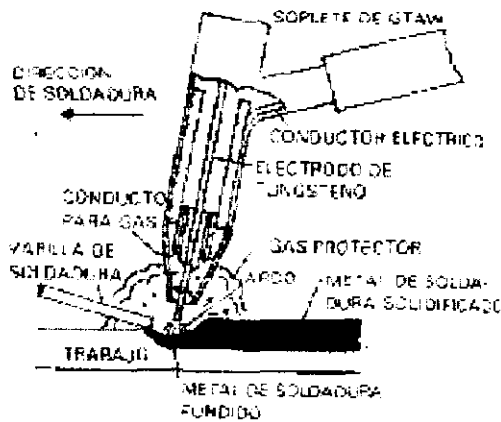


FIG. 3.27 SOLDADURA CON GAS Y ARCO DE TUNGSTENO.

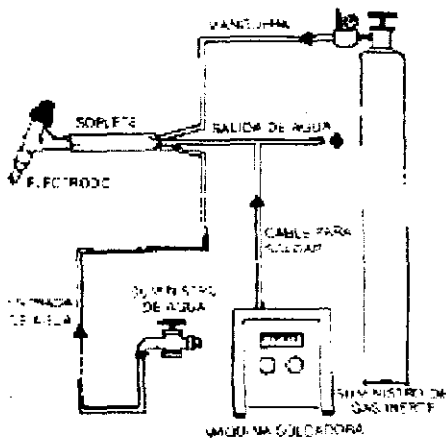


FIG. 3.28 EQUIPO BÁSICO PARA GTAW (TIG).

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

La corriente alterna de alta frecuencia se utiliza para metales que tienen una película de óxido en la superficie y se utiliza CC de polaridad directa en metales que no requieren la limpieza de la película de óxido.

- Gases protectores: Los gases inertes (no reaccionan ni se combinan con otros elementos) de uso más extenso en GTAW (TIG) son el argón y el helio, protegen a la soldadura y el electrodo contra la contaminación de la atmósfera ambiente. Se recomienda el argón para la soldadura manual, porque se consumen 2.5 veces más de helio para producir los mismos efectos que el argón y para la soldadura automática se prefiere al helio, porque produce un arco de mayor penetración, así como las mezclas de ambos producen excelentes resultados.

Además de los cilindros, se utiliza un regulador (similar al del oxígeno) y un flujómetro donde se gradúa la presión del gas, el cual al circular por éste levanta una esfera hasta la presión exacta que llega a la antorcha o soplete.

Soplete.- Tiene la misma función del portaelectrodos para arco eléctrico manual sujetando al electrodo para poder establecer el arco, la antorcha consta de las siguientes partes.

Collar.- Está disponible en diámetros de acuerdo con los electrodos, alojando y fijando al electrodo, permitiendo el paso de la corriente para soldar y protegiendo al electrodo contra daños o contaminación.

Tobera (boquilla).- Son de dos tipos generales, de cerámica y de metal, las de cerámica se utilizan con sopletes enfriados por aire y las de metal con soplete enfriado por agua, protegen al electrodo y dirigen el gas protector, influyendo el tamaño de ésta en el flujo gaseoso, la forma del extremo del electrodo y la longitud que sobresale de la boquilla regulan la estabilidad del arco.

- Electrodos: Están hechos de tungsteno por su muy alto punto de fusión (3270 grados C.) y su gran dureza, vienen con la punta roma (de fábrica) y hay que prepararla por esmerilado (en forma puntiaguda) o fundiéndola (en forma de bola), según sea el tipo de corriente que se vaya a utilizar. En forma de bola para C:A y C:C. de polaridad inversa, de forma puntiaguda para C:C. de polaridad directa, un mal esmerilado produce una inadecuada protección y la contaminación de la

soldadura, por ser frágiles y costosos para volver a esmerilar la punta se debe quitar sólo la parte contaminada (ver fig. 3.25).

TABLA DE CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRODO DE TUNGSTENO.

CÓDIGO AWS	COLOR DE LA PUNTA	DESIGNACIÓN
EWP	VERDE	Tungsteno puro
EWth - 1	AMARILLO	Tungsteno + 1 % de torio
Ewth - 2	ROJO	Tungsteno + 2 % de torio
EWzr	CAFÉ	Tungsteno + zirconio

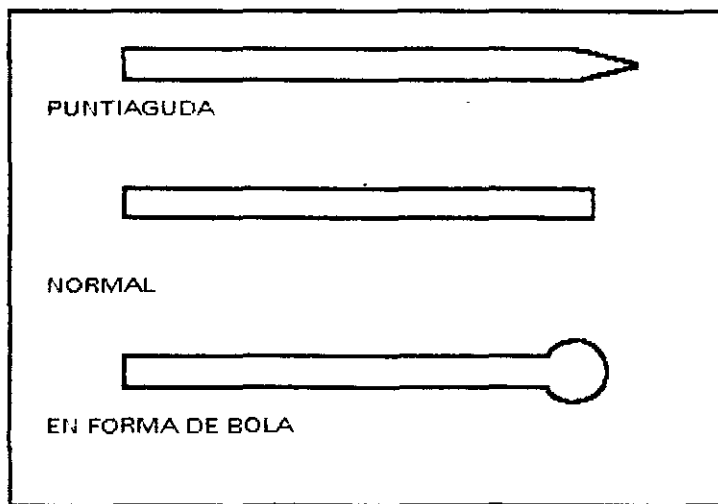


FIG. 3.29 CARACTERÍSTICAS DE LAS PUNTAS DE LOS ELECTRODOS.

- SISTEMA DE ENFRIAMIENTO: Cuando se utilizan amperajes menores de 150 A. se emplean sopletes enfriados por aire y cuando se utilizan amperajes mayores de 150 A. en la soldadura GTAW, el soplete tiene enfriamiento por agua.

FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO.

Las principales variables que es necesario controlar cuando se utiliza el proceso GTAW (TIG) son las siguientes:

- 1.- Intensidad de corriente de soldadura, depende del diámetro del electrodo, de la posición de la soldadura y del espesor del metal base.
- 2.- El tipo de corriente de soldadura, para aluminio preferentemente alterna y para aceros directa (ver fig. 3.30).

TIPO DE CORRIENTE	ALTA FRECUENCIA	FUNCIÓN	APLICACIÓN PRINCIPAL
CORRIENTE ALTERNA	CONTINUA	ENCENDIDO Y ESTABILIZACIÓN DEL ARCO	ALUMINIO Y MAGNESIO
CORRIENTE DIRECTA	ARRANQUE	ENCENDIDO DEL ARCO	ACERO INOXIDABLE COBRE ACERO AL CARBÓN

FIG. 3.30 TABLA TIPOS DE CORRIENTE PARA GTAW (TIG).

- 3.- Tipo de electrodo de tungsteno, para aluminio tungsteno puro y tungsteno con torio para aceros (ver fig. 3.31).

PUNTA	CORRIENTE Y POLARIDAD	CLASIFICACIÓN AWS	NOMBRE COMERCIAL	BANDA DE IDENTIFICACIÓN
ESFÉRICA	CORRIENTE ALTERNA	EW - P	TUNGSTENO PURO	VERDE
ESFÉRICA	CORRIENTE ALTERNA	EW - Zr	TUNGSTENO CON ZIRCONIO	CAFÉ
AFILADA	CORRIENTE DIRECTA Y POLARIDAD DIRECTA	EW - Th - 1	TUNGSTENO CON 1% DE TORIO	AMARILLO

AFILADA	CORRIENTE DIRECTA Y POLARIDAD DIRECTA	EW - Th - 2	TUNGSTENO CON 2 % DE TORIO	ROJO
AFILADA	CORRIENTE DIRECTA Y POLARIDAD DIRECTA	EW - Th - 3	TUNGSTENO CON 3 % DE TORIO	AZUL

FIG. 3.31 TABLA TIPOS DE ELECTRODO DE TUNGSTENO.

4.- Tipo y flujo de gas de protección, pudiendo ser argón, helio o mezclas que contienen elementos tales como helio, argón y oxígeno.

5.- Tipo de material de aporte, generalmente es similar al metal base.

6.- Tipo de máquina, de corriente constante, ya sea generador o transformador rectificador, si es de corriente alterna se utiliza corriente de alta frecuencia para encender y estabilizar el arco.

3.6. RESISTENCIA ELÉCTRICA.

Básicamente es un grupo de procesos, donde se genera el calor necesario para soldar, por la resistencia de las partes al paso de una corriente eléctrica, además de la aplicación de presión mecánica, para unir las partes por forjado.

La presión refina la estructura de los cristales y produce soldadura con propiedades físicas iguales y a veces superiores a las del metal base

El equipo que se utiliza, se clasifica en base a su funcionamiento eléctrico, la máquina monofásica es la de uso más común, sencilla y de menor costo de adquisición, instalación y mantenimiento.

La máquina monofásica de C.A. esta formada por transformador, interruptor y circuito secundario, el cual incluye los electrodos.

La energía utilizada se toma directamente de una línea de fuerza (ver fig. 3.32)

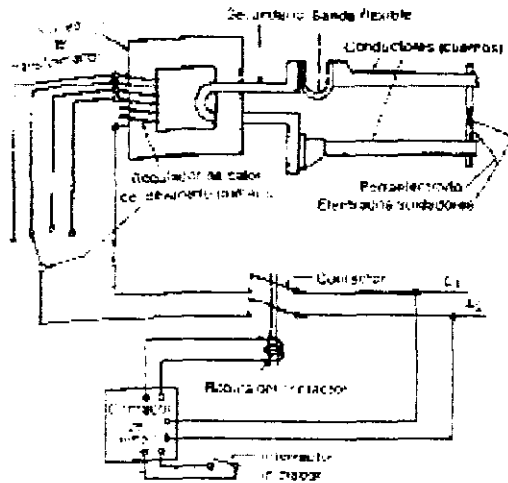


FIG. 3.32 ESQUEMA DE UNA MÁQUINA DE SOLDADURA POR RESISTENCIA.

SOLDADURA POR PUNTOS.

La soldadura por puntos, consiste simplemente en prensar dos o más piezas de metal laminado, entre dos electrodos (de cobre o de una aleación de éste) de soldar y pasar una corriente eléctrica de suficiente intensidad por las piezas, para dar lugar a la unión de éstas (ver fig. 3.33).

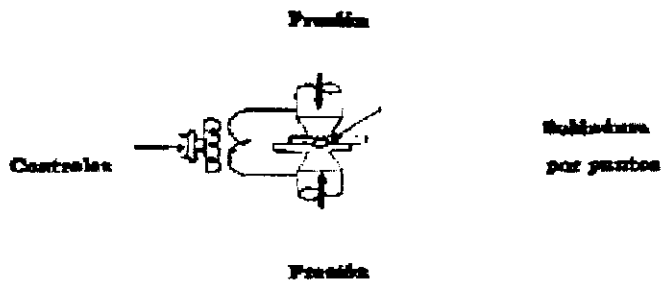


FIG. 3.33 SOLDADURA POR PUNTOS.

La secuencia de éste proceso consta de 3 tiempos:

Tiempo de compresión.- Tiempo comprendido entre la aplicación inicial de la presión del electrodo sobre la pieza de trabajo y la primera aplicación de la corriente, al hacer soldadura de puntos y soldadura de costura por resistencia.

Tiempo de soldadura.- Tiempo en el que pasa la corriente de soldar a través de las partes que se están uniendo, el cual se expresa ordinariamente en ciclos.

Tiempo de mantenimiento de la presión.- Tiempo durante el cual se sigue aplicando presión en el punto de soldadura, después de haber cesado el paso de la corriente de soldar, permite que se enfria o endurezca la pequeña región plástica de soldadura, después de lo cual se suprime la presión y se retira la punta (ver fig. 3.34)

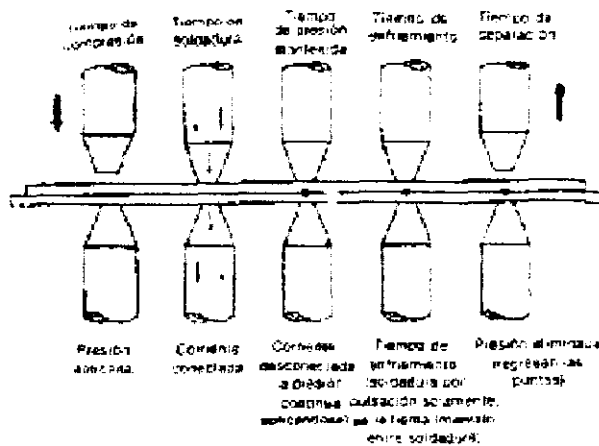


FIG. 3.34 SECUENCIA GRÁFICA DE SOLDADURA DE PUNTOS.

SOLDADURA POR COSTURA.

Consiste en hacer una serie de soldaduras de puntos a traslape, hermética a gases y líquidos, emplea dos electrodos circulares rotatorios o uno rotatorio y uno de tipo de barra para transmitir la corriente.

La limpieza de las superficies por soldar es muy importante. Los materiales factibles de unir por éste proceso incluyen los aceros con alto contenido de carbono, los inoxidables y los recubiertos, así como las aleaciones de aluminio, níquel y magnesio. No se recomienda para el cobre o las aleaciones de alto contenido de cobre, debido a su alta conductividad eléctrica (ver fig. 3.35)

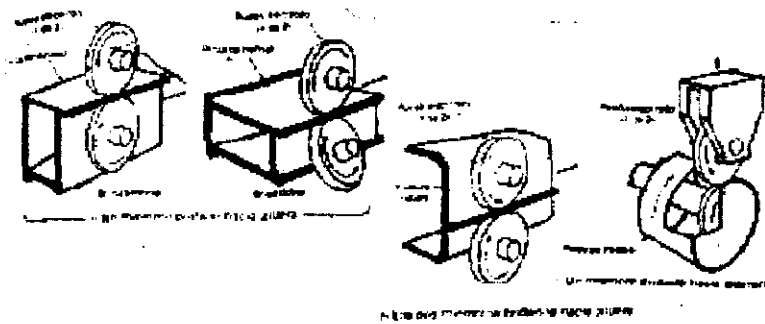


FIG. 3.35 ARREGLOS DE RUEDAS ELECTRODO.

SOLDADURA POR SALIENTES.

La corriente y el flujo de calor se localizan en un punto predeterminado por el diseño o la configuración de una de las dos partes a soldarse (ver fig.3.36), siendo en el acero de bajo contenido de carbono (0.20 % máximo), donde se obtienen los resultados más satisfactorios.

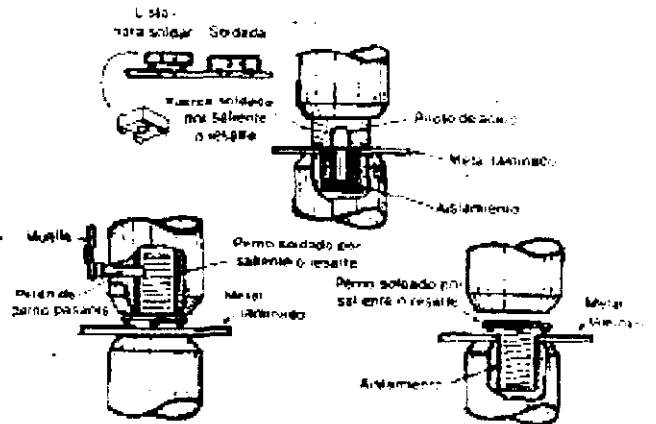


FIG. 3.36 SOLDADURA POR SALIENTES.

Las máquinas utilizadas son similares en principio a las que se utilizan para la soldadura por puntos del tipo de presión, aquí los electrodos utilizados realizan tres funciones importantes:

1.- Conducen la corriente de soldar a la pieza de trabajo, se seleccionan éstos tomando en cuenta que se utiliza presión para soldar y en base a la conductividad eléctrica y térmica.

2.- Transmiten la presión o fuerza apropiada a la zona de soldadura, manteniendo la corriente conducida dentro de una zona fija, teniendo por esto que soportar esfuerzos considerables a temperaturas elevadas y sin sufrir una deformación excesiva.

3.- Disipan el calor de la zona de soldadura con mayor o menor rapidez, dependiendo del proceso utilizado y de la necesidad de disipación del calor.

SOLDADURA POR ARCO CON PRESIÓN.

Es un proceso de soldadura a tope por resistencia, se prensan dos piezas de trabajo mediante dispositivos adecuados para transmitir la corriente y sostener los extremos de ambas en contacto muy ligero.

Al pasar la corriente eléctrica por la pieza de trabajo se produce un arco, que en combinación con la resistencia eléctrica, calienta los extremos que se encuentran a tope, hasta la temperatura apropiada (punto de fusión).

Para la profundidad correcta, entonces con un movimiento súbito se ponen en contacto las piezas de trabajo con la fuerza suficiente para ocasionar una deformación con reborde (reborde de soldadura)

Producido por haber empujado el metal fundido y una parte del metal plástico hacia afuera de la zona de unión (ver fig. 3.37).

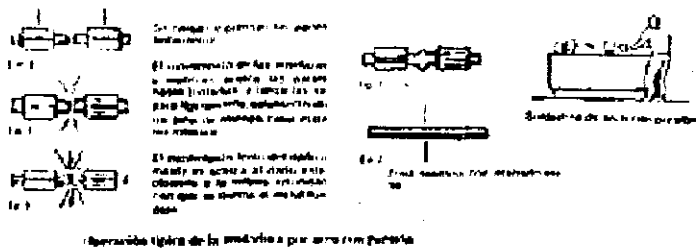


FIG. 3.37 SOLDADURA POR ARCO CON PRESIÓN.

En muchas aplicaciones este reborde tiene que ser eliminado después de soldar, éste proceso puede utilizarse para unir muchas aleaciones ferrosas y no ferrosas, con excepción del hierro fundido, el plomo, el estaño, el bismuto y las aleaciones de antimonio.

SOLDADURA A TOPE CON RECALCADO.

Este proceso fue la forma primitiva de soldadura por resistencia (ver fig. 3.39), es la fusión simultánea de las superficies acomodadas a tope o bien progresivamente a lo largo de una junta, mediante el calor obtenido por la resistencia al paso de la corriente por la zona de contacto de dichas superficies, aplicando la fuerza para soldar antes de iniciar el calentamiento y manteniéndola durante todo el período de dicha operación.

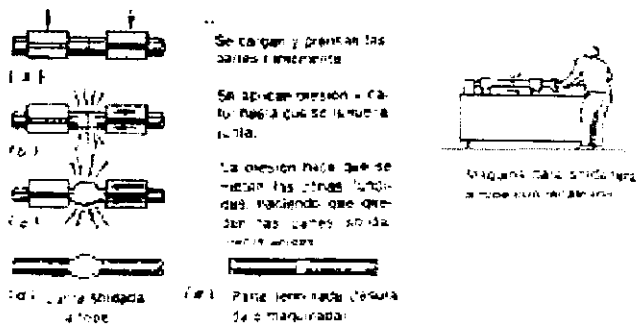
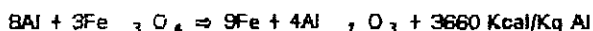


FIG. 3.38 SOLDADURA POR ARCO CON RECALCADO.

3.7 PROCESO ALUMINOTÉRMICO (SOLDADURA DE TERMITA).

Es un proceso que obtiene el calor necesario para soldar circundando las partes por unir con metal líquido sobrecalentado y escoria. El metal sobrecalentado y la escoria se producen en una reacción exotérmica de dos materiales (óxido de hierro y polvo de aluminio), proporcionando una elevada temperatura que funde parcialmente las paredes de la unión, obteniendo hierro de alta pureza que sirve como material de aporte y óxido de aluminio como escoria (ver fig. 3.39).

La reacción existente entre los materiales se da de la siguiente manera:



Significa que, aproximadamente una proporción de aluminio con tres de óxido de hierro, al reaccionar producen 3660 Kcal (energía calorífica), con una temperatura de ignición de aproximadamente 1150 C° , y en la práctica proporciona una temperatura superior a los 2500 C° , suficientes para una buena unión con o sin presión.

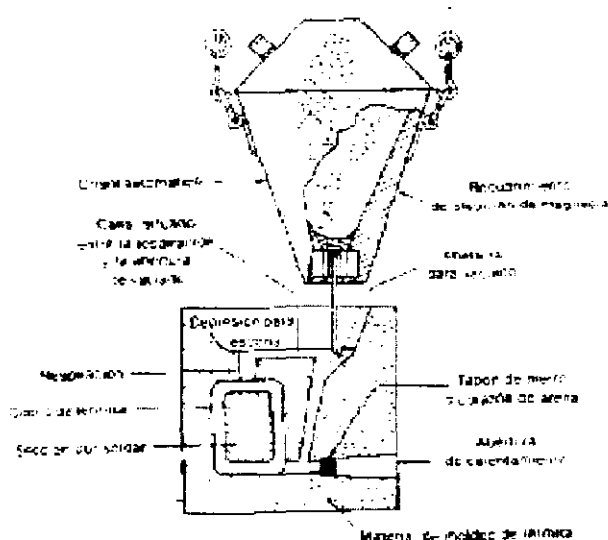


FIG. 3.39 SOLDADURA DE TERMITA.

Durante el tiempo de combustión, alrededor de 35 segundos, el aluminio en polvo y el óxido de hierro se encuentran dentro de un crisol especial tapado en la parte inferior, al encenderse por la parte superior, el aluminio se combina con el óxido de hierro y forma óxido de aluminio (escoria), quedando en la parte superior del crisol y una forma pura de hierro (acero de termita) en la inferior, alcanzando una temperatura de unos 2400 C° .

A la pieza por soldar se le coloca un molde de arena y se precalienta para evitar fracturas en la unión, resultando ésta más uniforme. Se deja libre el metal líquido rellenando toda la unión y se desvía el crisol evitando que caiga escoria en la unión. Terminada la soldadura, se retira el molde y el excedente de soldadura, principalmente por esmerilado.

Se producen soldaduras de buena calidad, con equipo sencillo y el operario no necesita equipo de protección, usando básicamente el crisol, la termita y el molde.

El crisol es de un material refractario que permite la reacción (la termita) a elevadas temperaturas dentro de él, tiene una compuerta que se abre para verter el hierro fundido, se le coloca una pequeña cantidad de peróxido de bario mezclada con polvo de aluminio o magnesio, formando un montículo en la parte superior de la termita y se introduce una cinta de magnesio que funciona como fusible.

Un soporte fija al crisol encima del molde de fundición. El molde utilizado está construido por placas metálicas, cera y arena de moldeo, tiene un depósito de escoria, elevadores y una compuerta por donde pasa el metal fundido hacia las piezas a unir, tiene una entrada para la boquilla precalentadora y éste se coloca en las piezas que se van a soldar.

Este proceso se puede dar de las siguientes formas:

Soldadura aluminotérmica por fusión. - Se limpian bien las piezas y se alinean en posición correcta, moldeando alrededor de la junta con cera el volumen aproximado que ha de tener la soldadura, se rodea el modelo de cera con arena hasta formar un molde bien compacto, previsto de los siguientes elementos.

- a) Un canal de colada para verter el metal líquido.

b) Un rebosadero o mazarota.

c) Un canal de caldeo en la parte inferior del molde y una depresión en forma de cubeta (para la escoria) en la parte superior del molde.

Se empieza calentando el molde con un soplete para fundir la cera y que ésta salga por el canal, elevando la temperatura de las piezas que se han de soldar (hasta el rojo cereza), iniciando la combustión de la termita en el crisol, terminando la combustión se cuela el hierro líquido del crisol por un orificio de su fondo, quedando las escorias flotando sobre el hierro, protegiendo así de la oxidación a la soldadura, una vez enfriado el metal se rompe el molde, se cortan el canal de colada y se desbarba la soldadura.

Soldadura aluminotérmica por presión. Aquí en lugar de utilizar el hierro de la termita como metal de aportación, se aprovecha sólo el calor producido por la reacción para calentar las superficies a soldar, soldandolas exclusivamente por elevación de temperatura y la presión con la que se obliga a juntar una con otra.

Se preparan las superficies a soldar de manera que ajusten bien una contra otra (sin dejar ningún espacio), se rodea la junta con un molde permanente (formado por dos piezas), se vuelca el crisol sobre el molde para que la escoria caiga primero calentando la junta e impidiendo que entre en contacto con ella el hierro de la termita, que cae finalmente rodeando la junta sin tocarla (como una corona de hierro), a continuación se presionan por medio de mordazas u otro procedimiento las dos piezas, para producir un ligero recalado, finalmente se retiran las escorias y la corona de hierro.

Este procedimiento es costoso y de realización complicada, por lo que se emplea poco.

Soldadura aluminotérmica por fusión y presión. Es el proceso más empleado en la soldadura de carriles, soldando la base de los carriles por fusión y la cabeza por compresión. Se coloca entre las cabezas de los carriles una chapa de acero, dejando separadas (al espesor de la chapa) las bases, se rodea la junta con un molde permanente (de dos piezas), se vierte la termita (reaccionada en el crisol), asegurando que caiga primero el hierro, rodeando las

bases de los carnes y la escoria se vierte sobre la cabeza de éstos, elevando la temperatura de las cabezas para comprimitas, por medio de mordazas apropiadas hasta soldarlas a tope, finalmente se abre el molde, se retiran las escorias y se rebaja la soldadura.

Aplicaciones - La soldadura con termita se adapta principalmente a la unión de secciones pesadas, desde extremos de rieles que requieren unos cuantos kilogramos de metal, hasta grandes estructuras navales. En todas las aplicaciones, deben emplearse los métodos normales de fusión, para controlar las incidencias de porosidad, inclusiones de escoria, concentraciones y grietas. Cubiertas fracturadas de hierro y acero, armaduras y flechas de sección gruesas pueden también repararse por medio de soldadura con termita.

3.8 SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO (SAW)

El proceso de soldadura ocurre bajo una cubierta completa de fundente granular. Este proceso mantiene un arco eléctrico entre un electrodo de alambre desnudo, que avanza continuamente y se funde, la pieza de trabajo está situada debajo de una masa de flujo granular fundible (ver fig. 3.40).

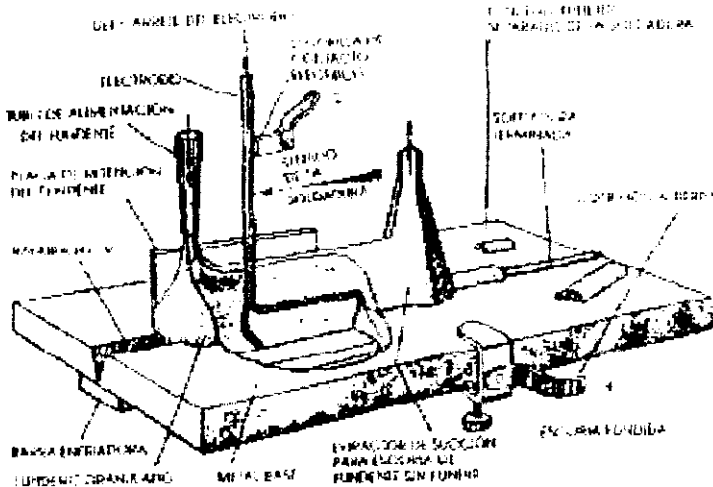


FIG. 3.40 PROCESO DE ARCO SUMERGIDO.

Características del proceso.

- Pocos requerimientos de limpieza.
- La velocidad de avance es mayor.
- Se utilizan altas intensidades de corriente.
- La contaminación del electrodo es nula.
- Se utilizan fundentes en forma granular.
- No es necesario equipo de protección visual para el operador.
- Proporciona soldaduras limpias y de contornos lisos.

Fenómeno fundamental.

El arco se origina con un electrodo de alambre desnudo y el metal base o pieza de soldar, protegido por un fundente granular, el calor generado por el arco funde localmente al metal base, al electrodo y al fundente.

Penetrando, fundiendo y rellenando la unión.

El fundente granular rodea al electrodo consumible que es alimentado continua y mecánicamente a la unión que se está soldando, abrigando al arco, al metal fundido y al metal base durante la operación, evita la contaminación, ayuda a controlar el proceso de enfriamiento, proporciona desoxidantes y limpiadores de impurezas, mejorando la calidad del metal fundido cuando éste va tomando forma.

La estructura mecánica y eléctrica es esencial. La tensión del arco después de pasar por dispositivos adecuados regula el avance del electrodo.

La alta producción de metal soldado exige grandes intensidades eléctricas. Se efectúa la soldadura con corriente cuya tensión se acomoda a las condiciones de trabajo, pasando por un transformador o varios si la potencia es grande.

Al soldar costuras longitudinales, el automático se mueve sobre una plataforma o directamente sobre la pieza, por ejemplo al soldar planchas y elementos de apoyo en las construcciones, siendo regulable la velocidad de avance.

Para soldar costuras circulares, la cabeza permanece inmóvil y se hace girar la pieza, el aporte de polvo de soldar es automático y proviene de un embudo, mediante un sistema de absorción el polvo que no se vuelve escoria es devuelto al embudo, asegurando la óptima utilización de éste, sólo debe cuidarse que no esté contaminado.

La observación de la soldadura en sí no es posible, el arco se vuelve invisible por hallarse debajo de la nube del fundente. La cantidad de polvo fundente que se funde es proporcional al peso del alambre fundido y deja sobre el cordón una capa de escoria vítrea, bajo ésta el metal soldado tiene una superficie lisa, casi sin ondulaciones debido a la alta aportación de calor que produce un baño de soldadura grande que solidifica lentamente en contacto con la escoria relativamente fluida.

ELECTRODOS.

En este caso el electrodo es un alambre desnudo (en forma de bobinas y cobrizado para evitar la oxidación), donde las funciones que desempeña el revestimiento químico en electrodos de varilla, son suplidas con un fundente granular aplicado a la junta donde arroja al arco eléctrico, además la eficiencia del electrodo de varilla depende de la destreza del operario para regular la velocidad de alimentación del electrodo.

El electrodo proporciona seguridad en el contacto eléctrico, con poca resistencia entre el alambre de soldar y los contactos de cobre que conducen la corriente. El diámetro del alambre depende fundamentalmente de la intensidad de soldadura necesaria y puede situarse entre los 5 y los 10 mm. aproximadamente.

La composición de los alambres para soldadura por arco sumergido depende del material que se suelda, porque los elementos aleados se añaden generalmente al alambre y al fúndente (similar al proceso de arco metálico), las variaciones en la técnica pueden alterar las relaciones de las cantidades fundidas de plancha, alambre y fúndente, para disminuir las reacciones metal-escoria que puedan traducirse en pérdida de los elementos aleantes hacia la escoria.

ELECTRODOS MÚLTIPLES.

En éste proceso existen variantes que implican el uso de más de un alambre, separados usualmente entre 6 y 12 mm. y conectados a la misma fuente de energía, en tándem (arrastre de dos electrodos) uno detrás de otro hay un aumento de velocidad de soldadura (hasta 50 %) y cuando se usan uno al lado de otro permiten rellenar juntas más anchas.

La continua presión para incrementar la productividad (especialmente naval) donde se presentan grandes trabajos de soldadura, se ha traducido en el desarrollo de sistemas de máquinas múltiples de hasta 10 alambres, teniendo un límite práctico de tres alambres, siendo los más utilizados en astilleros, talleres de recipientes a presión y construcción de tuberías.

FUNDENTES.

Protegen al charco de soldadura de los agentes contaminantes de la atmósfera, contribuyen a la limpieza del metal base, modifican la composición química del metal depositado formando cordones lisos, libres de ondulaciones y sanos, además al enfriarse el fúndente se transforma en una capa protectora y vidriosa (escoria) fácilmente removible. Se fabrican por diferentes métodos y se clasifican según éste, en síntesis las funciones son las siguientes:

- 1.- El fúndente protege el charco de soldadura de la contaminación que proviene de la atmósfera.
- 2.- Conformación y guía al cordón en su formación.
- 3.- Contribuye a la limpieza del metal base.

- 4.- Modifica la composición química del metal depositado.
- 5.- Permite el uso de altos amperajes.
- 6.- Al fundirse y transformarse en escoria protege al metal depositado de un rápido enfriamiento.

Recomendaciones para su uso

- El fúndente debe mantenerse en lugares completamente exentos de humedad.
- Antes de empezar la soldadura, la superficie a soldar debe estar completamente seca y limpia.
- Normalmente para recuperar al fúndente sobrante se usa un equipo llamado recuperador, que aspira el fúndente y lo lleva al contenedor que lo cuele, reciclandol6.

PARÁMETROS DE OPERACIÓN.

La soldadura con arco sumergido (SAW) ocupa una basta área de la industria. Su aplicación está limitada a las posiciones plana-horizontal y horizontal-circunferencial, obtendremos soldaduras que cumplan con los requisitos de calidad impuestos siguiendo los siguientes parámetros:

AMPERAJE.- Es el parámetro que tiene mayor influencia en el proceso SAW, porque alimenta la velocidad del alambre a la medida de u fusión y permite regular la penetración del depósito según la intensidad aplicada, el uso de bajo amperaje produce falta de penetración e incompleta fusión y el exceso provoca mucha penetración, con excesivo refuerzo y en consecuencia la deformación de la pieza soldada.

VOLTAJE.- La tensión de soldadura con arco sumergido es la variación de la longitud del arco entre el alambre electrodo y el metal de soldadura en fusión, determina la forma del cordón, su sección transversal y apariencia externa, con un voltaje adecuado, un constante amperaje y correcta velocidad de soldadura se obtiene:

- Un cordón liso, extendido y sin socavaciones.
- Un consumo de fúndente normal.
- Una reducción de la porosidad.
- Captación de los elementos aleantes presentes en el fúndente por el metal de aporte.

VELOCIDAD DE AVANCE.- La velocidad de avance es el ajuste del ancho del cordón y límite de penetración.

Cuando existe variación en la aplicación, de un pase, de doble pase, etc., existe también variación en los parámetros operacionales.

Amperaje, Voltaje y Diámetro del alambre, están relacionados con la velocidad de avance (ver fig. 3.41).

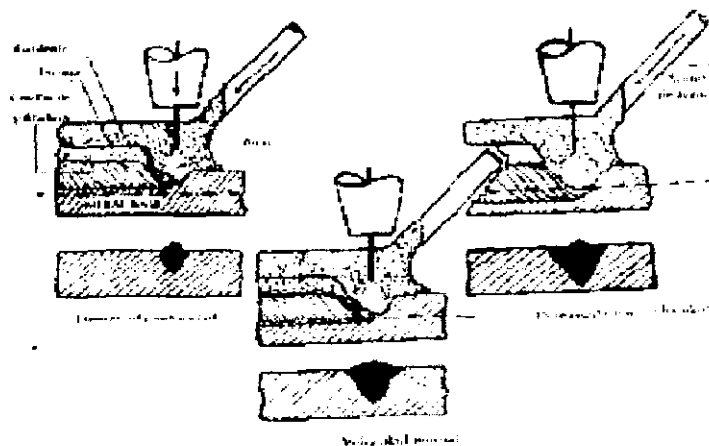


FIG. 3.41 EFECTOS DE LA VELOCIDAD EN EL CORDÓN.

DIÁMETRO DEL ALAMBRE. - Un diámetro correcto del alambre permite junto con el fúndente, amperaje y velocidad adecuados, la profunda penetración del cordón de soldadura en la junta y condiciona la cantidad del metal de depósito en ésta (dependiendo del tipo y espesor de la junta).

A mayor diámetro del alambre mayor amperaje y a menor diámetro menor amperaje, pudiendo ser alambre sólido o tubular dependiendo de la aplicación, todos los factores correspondientes a los parámetros están gradualmente relacionados entre sí.

3.9 PROCESO PLASMA (PAW).

Usa un arco constreñido entre un electrodo no consumible y el charco de soldeo (arco transferido) o entre el electrodo y la boquilla constrictora (arco no transferido), utiliza protección de gas ionizado que sale del soplete que puede complementarse por una fuente auxiliar de gas de protección (ver fig. 3.42).

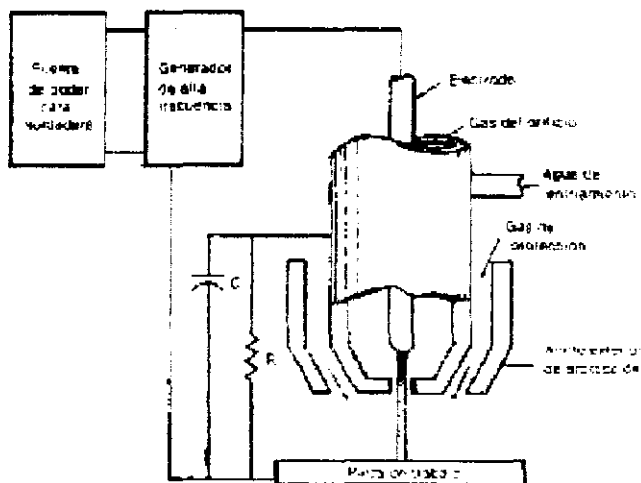


FIG. 3.42 DIAGRAMA SIMPLIFICADO DEL PROCESO ARCO CON PLASMA.

PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.

Se compara con el proceso GTAW debido a múltiples similitudes (ver fig. 3.43), el arco eléctrico entre un electrodo de tungsteno y la pieza de trabajo se *constríne* o reduce en su área transversal, aumenta su temperatura porque utiliza la misma cantidad de corriente, a éste se le denomina plasma y se dice algunas veces que es el cuarto estado de la materia.

El plasma generado y los gases ionizados calentados que se impulsan a través del orificio de la boquilla, adquieren la forma de una columna rígida, cuyos lados son bastante paralelos de modo que no se enciende hacia afuera (como el arco de tungsteno con gas), siendo un arco rígido y de alta temperatura, dirigido hacia el trabajo funde la superficie del metal base y el metal de aporte que habrá de añadirse para efectuar la soldadura.

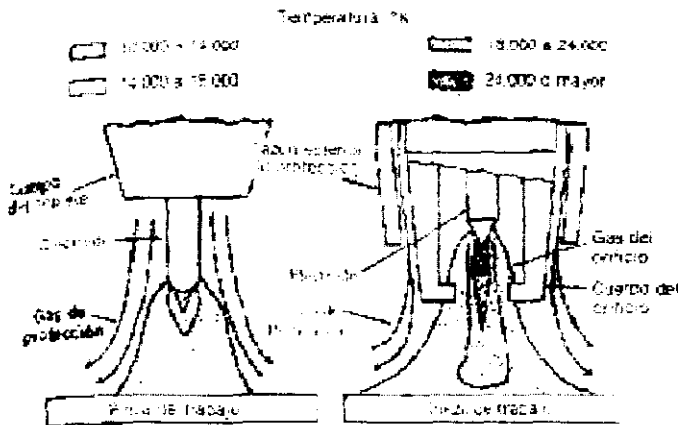


FIG. 3.43 COMPARACIÓN DE UN ARCO (TIG) Y EL ARCO DEL PROCESO PLASMA.

La modalidad de operación de arco no transfiriendo, significa que el flujo de corriente va desde el electrodo (interior del soplete) hasta la boquilla que contiene el orificio y regresa al suministro de potencia, utilizada para el rocío de plasma o para generar calor en los no metales.

La modalidad de operación de arco transferido, significa que el flujo de corriente se transfiere desde el electrodo (interior del soplete) pasando a través del orificio y llega hasta la pieza de trabajo regresando al suministro de potencia, utilizada para soldar, excepto en el caso de aplicaciones de corriente muy bajas.

El plasma actúa como una fuente de calor de temperatura extremadamente alta para formar un charco fundido tal como el arco de tungsteno con gas, haciendo que esto suceda con más rapidez.

VENTAJAS Y USOS PRINCIPALES.

El plasma tiene una concentración de energía alta (más que el proceso GTAW), en un área transversal restringida y a causa de su velocidad de expulsión crea un contenido calorífico alto, siendo una columna rígida no se enciende como el arco de tungsteno con gas, proporcionando las ventajas siguientes:

1.- La distancia del soplete al trabajo es menos crítica que la del GTAW por la forma columnar del plasma, dando más libertad al soldador para observar y controlar el trabajo.

2.- Proporciona una soldadura de una sola pasada por su temperatura elevada y alta concentración de calor, generando soldaduras de forma más deseable, teniendo lados más paralelos y reduciendo la distorsión angular, afectando áreas más pequeñas que el proceso GTAW.

3.- Permite velocidades mayores por la alta concentración de calor y el chorro de plasma, es más estable y no se desvía tan fácilmente hacia el punto más cercano del metal base, con capacidad de penetración más profunda produce un soldado más estrecho, por tanto la razón profundidad/amplitud es más ventajosa, es posible tener una mayor variación en la alineación de las uniones que en el proceso GTAW

El arco de plasma se aplica principalmente en la manufactura de tubería, generando tasas de producción elevadas por su mayor velocidad de desplazamiento.

También se utiliza para hacer pequeños soldados de instrumentos y pequeños componentes elaborados con un metal delgado. Así como para soldados de pasadas de raíz en uniones de tubos y también para hacer uniones de sobrecabeza de tuberías de pared delgada. Realiza trabajos similares a los de soldadura por haz de rayos electrónicos, al aire libre con un costo de equipo mucho más bajo.

El arco de plasma es un proceso normalmente manual, utilizándose también en aplicaciones automáticas, siendo aplicable en todas las posiciones de soldadura, capaz de unir prácticamente todos los metales comercialmente disponibles y todos los metales soldables por el proceso GTAW, dependiendo únicamente del diseño de la unión el espesor del metal a ser soldado.

EQUIPO REQUERIDO.

Fuente de poder.- Debe tener características de disminución de corriente constante para el suministro de la corriente de soldadura C.D., debe tener un voltaje de circuito abierto de 80 V. y un ciclo de trabajo del 60 %, para metales muy delgados debe tener un amperaje mínimo de 1 A. y un máximo de 500 A. es adecuado para la mayoría de las aplicaciones de soldadura de plasma. Se puede usar una fuente de poder C.A./C.D.

El sopiete.- Tiene una apariencia similar al soplete de arco de tungsteno con gas, pero es más complejo, se enfría con agua (hasta el de rango de corriente más bajo), porque el arco está contenido en el interior de una cámara del sopiete, donde genera calor, utiliza un electrodo de tungsteno con un 2 % de torio, siendo casi imposible contaminarlo con el metal base, el sopiete está diseñado para conectarse a la consola de control en vez de a la fuente de poder.

Circuito de control.- La consola de control incluye una fuente de poder para el arco piloto, sistemas de tiempo de demora para hacer una transferencia desde el arco piloto hasta el arco transferido y las válvulas de agua y de gas, así como medidores de flujo separados para el gas de plasma y para el gas de protección.

La consola se conecta a la fuente de poder y puede operar al conector, también contiene la unidad de encendido de arco de alta frecuencia (utilizada para iniciar el arco piloto), un circuito de protección del sopiete (incluye interruptores de agua

y de presión de gas de plasma sincronizados con el conector) y un amperímetro. Se puede usar un alimentador de alambre.

Materiales usados. - Normalmente se usa metal de aporte excepto cuando se suelda el metal delgado. La composición del metal de aporte debe acoplarse a la del metal base, dependiendo el tamaño de la varilla del espesor del metal base que se éste soldando y de la corriente de soldadura, añadiéndole éste al depósito en forma manual.

CALIDAD.

La calidad de las soldaduras por arco de plasma es extremadamente alta y por lo general mayor que los trabajo por el proceso GTAW, porque tiene pocas posibilidades o casi ninguna de filtración de tungsteno, siendo la habilidad del operador fundamental con respecto a la calidad de los trabajos (ver fig. 3.44).



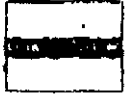
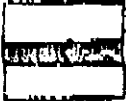
	<p>Reborde hundido. Base adelgazada. Demasiada penetración. Corriente de soldadura demasiado alta o la Velocidad de desplazamiento es demasiado baja.</p>
	<p>Reborde demasiado pequeño. Poca penetración e irregular. Corriente de soldadura baja o Flujo de gas demasiado bajo. Desplazamiento demasiado rápido</p>
	<p>Base adelgazada y Bordes irregulares. Flujo de gas de plasma demasiado alto.</p>
	<p>Reborde del tamaño adecuado. Ondulado uniforme. Buena penetración. Corriente correcta. Movimiento uniforme del soplete. Voltaje de arco adecuado. Flujo de gas de plasma adecuado</p>

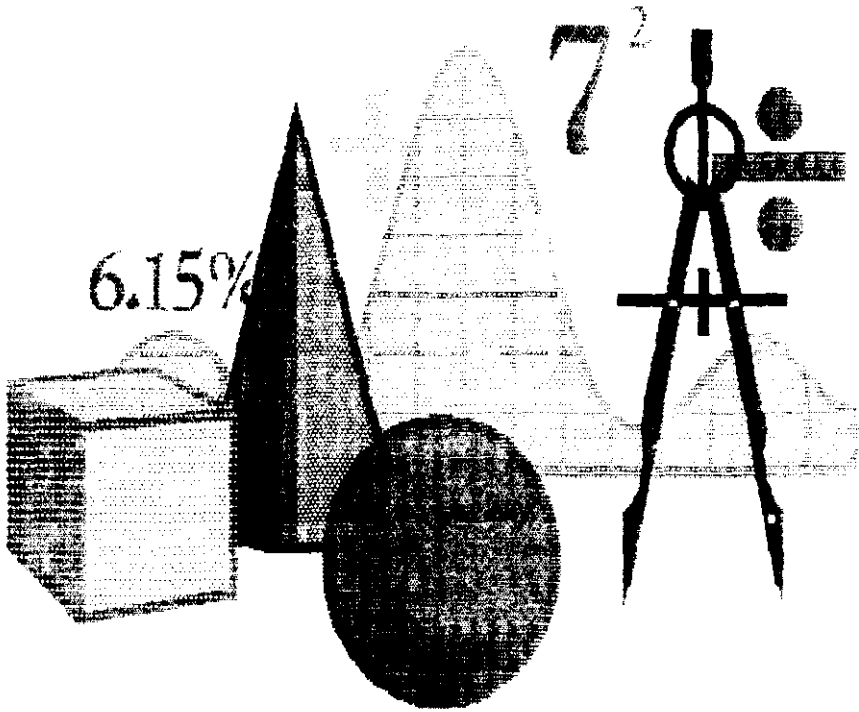
FIG. 3.44 CAUSA DE VARIACIÓN EN LOS CORDONES DE SOLDADURA.

CORTE DE ARCO PLASMA.

El corte de arco plasma usa el mayor calor del arco plasma (15 000 grados C.) para cortar cualquier metal ferroso o no ferroso, removiendo el material derretido con un jet de alta velocidad o gas ionizado caliente. El proceso usa un golpe de arco estrecho entre un electrodo enfriado por agua y la pieza de trabajo. El orificio que cierra el arco también está enfriado por agua. Entregando una calidad de corte superior a otros tipos de corte térmico.

CAPITULO 4.

DISEÑO EN SOLDADURA.



4.1. INTRODUCCIÓN.

Toda construcción soldada debe satisfacer los requisitos de operación durante su vida útil a un costo mínimo y tener apariencia agradable.

El diseño como construcción soldada desde el principio nos da un potencial de ahorro en soldadura y debe ser un diseño estricto para satisfacer los requisitos funcionales de la pieza.

El diseño a construir debe desempeñar la función requerida con las mínimas cantidades de material y de mano de obra.

Para conseguir la solución más económica es necesaria la aplicación inteligente del ingenio buscando las ventajas en el diseño y tomando en cuenta los siguientes diez puntos:

- 1.- Las necesidades totales de servicio del producto.
- 2.- Los tipos de cargas y los métodos para calcular con precisión los esfuerzos.
- 3.- Los esfuerzos de trabajo permisibles.
- 4.- Las propiedades mecánicas y físicas de los materiales base que se utilizarán.
- 5.- Las posibilidades de los procesos de soldadura a usarse y las propiedades de los depósitos de soldadura.
- 6.- Los tipos de unión y de soldadura, su diseño y limitaciones.
- 7.- Los métodos de fabricación disponibles, las ventajas, los problemas potenciales y los costos.
- 8.- El costo de la soldadura según los distintos procesos y procedimientos.
- 9.- Comunicaciones explícitas de los diseños de soldadura, incluyendo el uso de símbolos de soldadura.
- 10.- Las especificaciones de calidad y las técnicas de inspección.

Podemos considerar que la construcción de uniones soldadas otorga muchas ventajas en comparación con otros diseños conceptuales:

- A) Generalmente la construcción soldada es más ligera que las estructuras vaciadas o que se sujetan mecánicamente (atornilladas, remachadas, etc.), por lo tanto requieren menos material.
- B) El diseño de la unión soldada se puede modificar fácil y económicamente para satisfacer requisitos cambiantes del producto.
- C) El tiempo de producción para una construcción soldada generalmente es menor que el de otros métodos de manufactura, siendo benéfico debido al ahorro de costos ocultos.
- D) La construcción soldada es más exacta con respecto a tolerancias dimensionales que una pieza vaciada.
- E) Las construcciones soldadas de acero se maquinan más fácilmente que las piezas vaciadas.
- F) Las construcciones soldadas son herméticas y a prueba de fugas, no se escurren o ceden como las estructuras remachadas.
- G) La inversión de capital para producir construcciones soldadas es mucho menor que para producir piezas vaciadas y el control ambiental se adapta más fácilmente en el taller de soldadura que en la fundición.
- H) Las construcciones soldadas pueden lograr un mejor aspecto que las piezas fundidas, son más limpias en sus líneas y generalmente más lisas, además se preparan más fácilmente para su uso final.
- I) Normalmente la construcción soldada es menos cara que la estructura vaciada o armada mecánicamente.

Cuando en alguno de los puntos anteriores sucede lo contrario, es indicio de que el diseño de esa construcción soldada puede ser menos que el óptimo o que están implicados algunos factores o circunstancias.

El éxito o fracaso de una construcción soldada depende del diseñador, ya que es el responsable del diseño de ésta y debe tener una idea precisa de los requisitos del servicio, así como la vida útil esperada del producto.

Además debe conocer las propiedades de los materiales implicados, de como se deben tratar y manejar para fabricar y soldar.

Dentro de las responsabilidades del diseñador, está el conocer las especificaciones, códigos o reglamentos de diseño, específicamente con respecto a los esfuerzos de trabajo, tamaños mínimos de soldadura, etc.

Aún con códigos y especificaciones debe considerar las interrelaciones de los materiales y métodos de manufactura.

4.2. FACTORES DE DISEÑO.

En la estructura que se diseña, el análisis de esfuerzos debe comprender las cargas estáticas, las cargas dinámicas, el impacto y la fatiga que se pueden presentar.

Además la estructura debe de soportar su propio peso, las cargas muertas, las cargas superpuestas, las fuerzas producidas por todas las condiciones de servicio

Así como todas las cargas vivas, también la transmisión de cargas debidas a esfuerzos térmicos y otras semejantes.

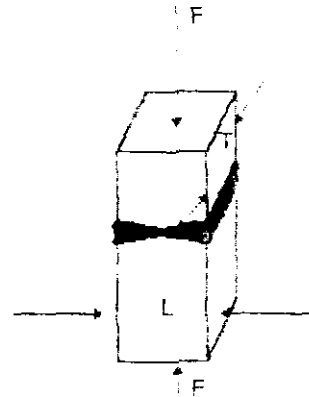
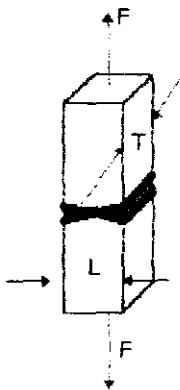
También se deben considerar las fuerzas externas (centrífugas, de aceleración, de fricción, etc.) que puedan causar esfuerzos internos, al actuar sobre la construcción soldada.

En el diseño de una construcción soldada es necesario establecer el esquema de la parte o estructura propuesta, para determinar todas las cargas diferentes y las condiciones del ambiente que se le impondrán.

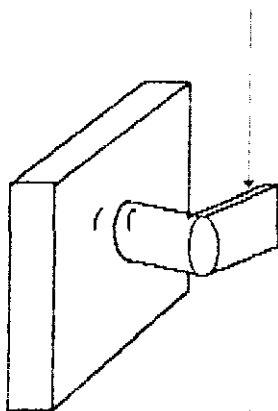
Debe diseñarse para resistir estas fuerzas impuestas, ello depende de las propiedades mecánicas y físicas del metal con el que se hace la construcción soldada, los tipos básicos de cargas sobre una construcción soldada son los siguientes (ver fig. 4.1):

- Cargas de tensión.

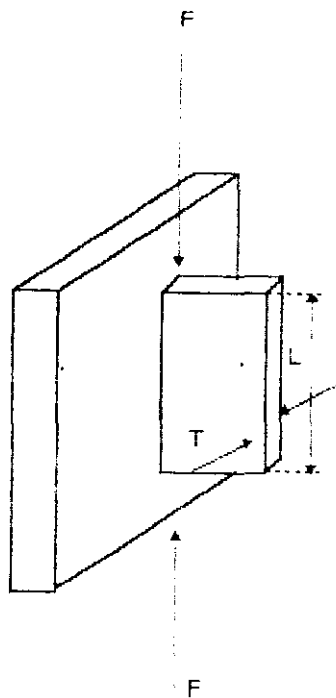
- Cargas de compresión.



- Cargas de torsión.



- Cargas de cizallamiento (Esfuerzo cortante).



- Cargas de flexión.

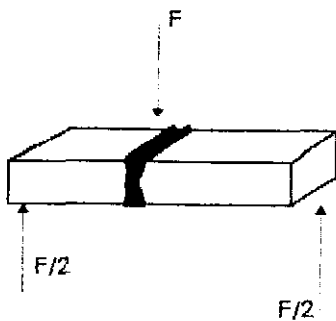


FIG. 4.1 TIPOS DE CARGAS.

4.3. REGLAS DE DISEÑO DE UNIONES SOLDADAS.

Como guía se deben consultar especificaciones o códigos que amparen productos semejantes a los que se diseñen. Para ejecutar trabajos en acero suave y de baja aleación, aún cuando se apliquen códigos o especificaciones hay que tener en cuenta lo siguiente:

- 1.- Resistencia al diseño. La unión debe diseñarse o seleccionarse para cumplir con los requisitos de resistencia de la aplicación que se persigue, tomando en cuenta la concentración de esfuerzos debido a cambios abruptos en la sección transversal, especialmente cuando existan cargas de impacto, de fatiga o cuando el trabajo esté a baja temperatura.
- 2.- Utilizar las uniones estandarizadas, han sido diseñadas para emplear la mínima cantidad de metal de soldadura, se debe utilizar esta base para el diseño de uniones no estandarizadas.
- 3.- Utilizar las uniones de penetración completa, dan los mejores resultados con todo tipo de cargas. Para soldaduras en ambos lados, se debe indicar en la cola del símbolo de soldadura que el lado posterior de la unión se debe esmerilar hasta llegar al metal limpio antes de depositar el segundo cordón. Las uniones de bisel soldadas de un lado con la abertura especificada de raíz, se deben soldar por penetración completa, aún cuando no se especifique.
- 4.- El tiempo de preparación de los lados en la unión debe ser mínimo con respecto al tiempo de soldadura necesario para llenar la unión. Generalmente es más barato biselar y soldar placas delgadas desde un solo lado y para las placas gruesas se requiere menos tiempo al biselar y soldar en ambos lados.
- 5.- Preparación del bisel en J y en U, sólo en partes que se preparen fácilmente por maquinado, porque éste es más caro que el corte con soplete.
- 6.- Reducir el exceso de soldadura, porque origina distorsión adicional y aumenta los costos de soldadura. Las uniones diseñadas para tener una eficacia del 100 % pueden estar sujetas a todo tipo de

cargas, sin embargo cuando la rigidez sea el principal requisito se pueden usar satisfactoriamente uniones con una eficacia tan reducida como del 50 %.

7.- Tamaño del chafán, en uniones en T el chafán puede ajustarse a los siguientes parámetros (ver fig. 4.2):

Espesor de la placa en plg.	Tamaño mínimo del chafán en plg.
Hasta 1/4	1/8
De 3/8 hasta 3/4	1/4
De 7/8 hasta 1 1/4	1/2
De 1 3/8 hasta 2	1/2
Desde 2 1/4 hasta 4	3/4

FIG. 4.2 TABLA TAMAÑO DE CHAFLÁN

- 8.- Soldadura intermitente de chafán, se usan para resistir cuando los tamaños mínimos antes mencionados sean demasiado grandes para soldaduras continuas. Las excepciones a esto son las razones metalúrgicas o de combado y cuando en partes estructurales la rigidez sea el objetivo principal.
- 9.- Longitud de las soldaduras intermitentes de chafán, en materiales con espesor de $\frac{1}{4}$ o mayor, la longitud mínima debe ser de 8 veces su tamaño nominal y no menores de 5 cm., la longitud máxima debe ser de 16 veces su tamaño nominal y no mayor de 15 cm.
- 10.- Paso de las soldaduras intermitentes de chafán, en materiales de $\frac{1}{4}$ o más gruesos, la dimensión máxima centro a centro debe ser de 32 por el espesor de la placa más delgada y el claro entre los chafanes no deberá ser mayor de 30 cm.
- 11.- Reducción de soldaduras, siempre que sea posible, elimínese una unión soldada haciendo dobleces sencillos.
- 12.- Uniones a tope, si son de espesores desiguales gradúese la transición, eliminando metal en lugar de agregar metal de soldadura.

- 13.- Uniones de esquina, cuando se usen biseles, siempre que sea posible prepárese el miembro más delgado.
- 14.- Soldadura de tapón y de ranura, éstas y las soldaduras de bisel en agujeros o ranuras, no se deben usar en miembros que hagan bastante esfuerzo, a menos que sea absolutamente necesario. Se deben usar cuando estén sujetas principalmente al corte o cuando se necesiten para evitar el pandeo de las partes traslapadas.
- 15.- Preparación del bisel para soldadura, siempre que sea posible por lo menos uno de los dos miembros de la unión debe prepararse.
- 16.- Posición para soldar, se debe diseñar de modo que la posición en la que se ejecuten las soldaduras tengan el siguiente orden de preferencia:
- a) Soldaduras de chafán, en posiciones planas, chafán horizontal, vertical y sobrecabeza.
 - b) Soldaduras de bisel, planas, vertical, horizontal y sobrecabeza.
- 17.- Soldaduras en lugares cerrados, deben tener suficientes aberturas para acceso de aire y para ventilación del soldador.
- 18.- Accesibilidad, las uniones deben estar situadas de modo que el soldador tenga espacio suficiente para soldar, esmerilar, martillar y limpiar la escoria. No debe haber obstrucciones que eviten que el soldador vea la raíz de la unión.
- 19.- Símbolos de soldadura, las uniones soldadas deben especificarse mediante símbolos de soldadura estandarizados en todos los dibujos y referirse a vistas que muestren el mayor detalle de la unión, que normalmente es la vista de perfil.

4.4. SIMBOLOGÍA DE SOLDADURA.

La American Welding Society (AWS) establece un sistema de símbolos de soldadura, para identificar la localización de las soldaduras y transmitir esta

información en los planos de ingeniería, desde el diseñador hasta el taller de soldadura, los fabricantes y los usuarios utilizan cada vez más los símbolos de soldadura establecidos por la AWS en USA.

El objetivo de los símbolos de soldadura es describir la soldadura deseada en una construcción soldada, completamente y con exactitud, además transmite información adicional (especificaciones y procedimientos) en la cola de la flecha estándar, también se pueden combinar con símbolos de pruebas no destructivas.

Pueden o no usarse totalmente en cada uno de los casos, los siguientes elementos de que consiste el símbolo de soldadura:

- 1.- Línea de referencia.
- 2.- Flecha.
- 3.- Símbolo básico de soldadura.
- 4.- Dimensiones y otros datos.
- 5.- Símbolo suplementario.
- 6.- Símbolo de acabado.
- 7.- Cola.
- 8.- Especificación, proceso o referencia.

La combinación del primer elemento con el segundo, el tercero o el séptimo debe usarse para obtener un símbolo de soldadura inteligible, los demás pueden usarse o no, de acuerdo con la información que necesite transmitirse o la práctica estándar de la organización que los use (ver fig. 4.3).

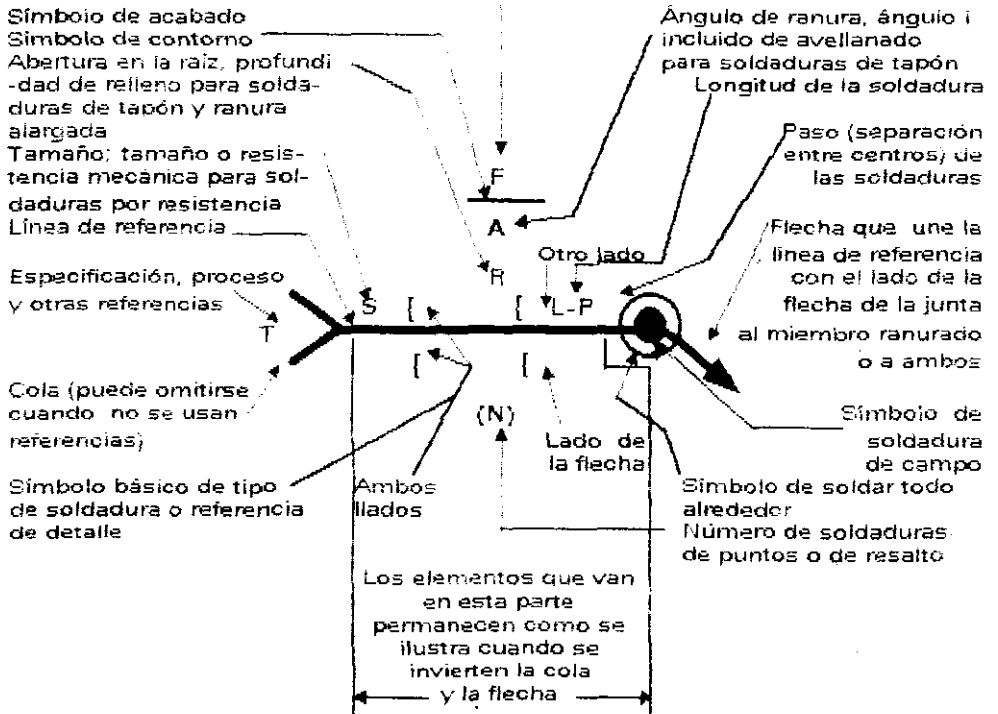


FIG. 4.3 SÍMBOLO COMPLETO DE SOLDADURA

*REF.

La línea de referencia es la base para construir un símbolo de soldadura, siempre se muestra en posición horizontal y debe dibujarse cerca de la unión soldada que va a identificarse, las otras partes del símbolo se colocan en su lugar adecuado con respecto a la línea de referencia y de acuerdo con la localización estándar.

Los elementos que describen la soldadura básica, las dimensiones y otros datos, los suplementos y el símbolo del acabado siempre se localizan con la misma relación a la línea de referencia, sin importar cual extremo de ésta lleva la flecha.

Para uniones que necesitan de la preparación de uno de sus miembros, la flecha sólo debe apuntar con un quiebre definido al miembro de la unión que deba prepararse.

*REF. Figura tomada de pag. 28, Soldadura Aplicaciones y Práctica, Henry Horwitz, P.E.

El otro extremo de la línea de referencia lleva la cola de la flecha, usada para dar referencias a las especificaciones, procesos u otra información específica.

La parte más importante del símbolo de soldadura es la parte que indica la soldadura deseada, para lo cual se emplean los símbolos básicos (ver fig. 4.4 y fig. 4.5).







Filete	Tapón O Ranura alargada	Puntos O Resalto	Costura	De Respaldo	De Recubri- miento Superfi- cial
					

FIG. 4.4 SÍMBOLOS BÁSICOS DE SOLDADURA.

*REF.










DE RANURA						DE BRIDA		
Escua- dra	V	Bisela- da	U	J	Acam- panada V	De Bi- sel y acam- panada	De Orilla	De Esqui- na
								

FIG. 4.5 CONT. SÍMBOLOS BÁSICOS DE SOLDADURA.

*REF. Figura tomada de pag. 43, Soldadura Aplicaciones y Práctica, Henry Horwitz, P.E.

Si el símbolo básico de soldadura se coloca por debajo de la línea de referencia, dicho símbolo debe definir la soldadura del lado de la flecha de la unión o sea el miembro del lado de la flecha de la unión. Si el símbolo de soldadura se coloca sobre la línea de referencia, debe definir la soldadura ejecutada en el otro lado o sea el miembro del otro lado de la unión (ver fig. 4.6). Se puede usar más de un símbolo básico para especificar una unión soldada.




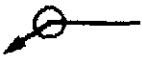


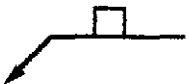
Símbolo de soldadura de Bisel Y Acampanada, lado de la flecha	Soldadura deseada	Símbolo de soldadura de Bisel y Acampanada, el otro lado de la flecha
		

FIG. 4.6 EJEMPLO DE LOCALIZACIÓN Y SIGNIFICADO DE LA FLECHA.

El siguiente elemento del símbolo de soldadura consiste de los símbolos suplementarios, empleándose conjuntamente con los símbolos de soldadura y tienen una ubicación específica (ver fig. 4.7).

Soldar todo alrededor	
Soldadura de campo	
Fusión a través	
Inserto consumible cuadrado	


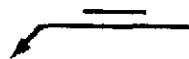




Respaldo o espaciador (rectángulo)	
Contorno plano o a paño	
Contorno convexo	
Contorno cóncavo	

FIG. 4.7 SÍMBOLOS SUPLEMENTARIOS.

Posiciones para soldar.- La soldadura se debe ejecutar en la posición en la que se ha de usar la parte (en techos, esquinas o piso), cuando ésta es grande o ya no se deba mover después de soldarla.

Se deben describir y definir estas distintas posiciones para soldar. La AWS define cuatro posiciones básicas para soldar (ver fig. 4.8).

<p>Placas y Eje de la soldadura Horizontal</p>  	<p>- Posición Plana: Posición que se usa para soldar desde el lado superior de la unión; la cara de la soldadura es aproximadamente horizontal.</p>
---	---

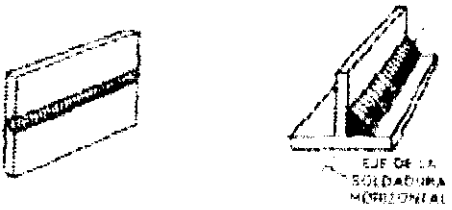
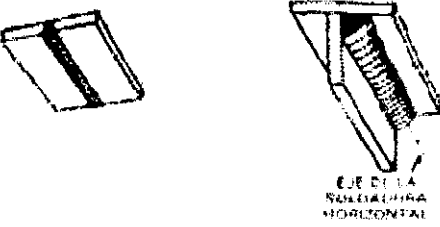
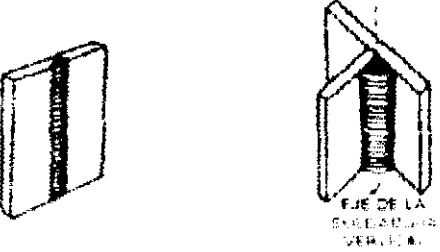
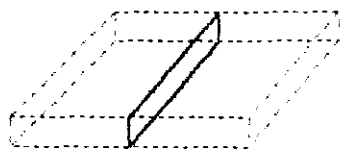
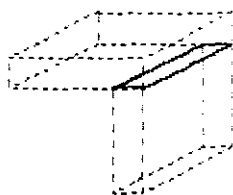
<p>Placas Verticales y Eje de la soldadura Horizontal</p> 	<p>- Posición Horizontal: Posición en la que se suelda sobre la cara superior de una superficie aproximadamente horizontal y contra una superficie más o menos vertical. Para soldadura de tubo, el eje de la soldadura queda en un plano aproximadamente horizontal y la cara de la soldadura queda en un plano más o menos vertical.</p>
<p>Placas y Eje de la soldadura Horizontal</p> 	<p>- Posición Sobrecabeza: Posición en la cual la soldadura se ejecuta desde el lado inferior de la unión.</p>
<p>Placas Verticales y Eje de la soldadura Vertical</p> 	<p>- Posición Vertical: Posición de soldar en la que el eje de la soldadura es aproximadamente vertical.</p>

FIG. 4.8 POSICIONES DE SOLDADURA.

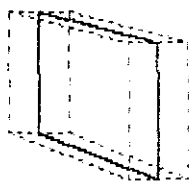
Uniones. - A las uniones también se les llama juntas y se definen como la unión de miembros o de orillas de miembros que se han de juntar o que se han unido, pudiendo ser de placa rolada, lámina, forma estructural, tubo, fundiciones, forjas o lingotes.



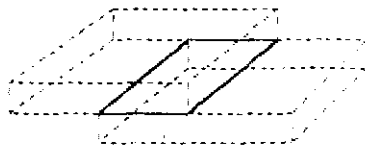
- **Uniones a tope:** Unión entre dos miembros alineados en el mismo plano.



- **Unión en esquina o ángulo:** Unión entre dos miembros localizados aproximadamente en ángulo recto entre sí.



- **Unión de orilla o de canto:** Unión entre las orillas de dos o más miembros paralelos o casi paralelos.



- **Unión de traslape o solape:** Unión entre dos miembros que se traslapan en planos paralelos.

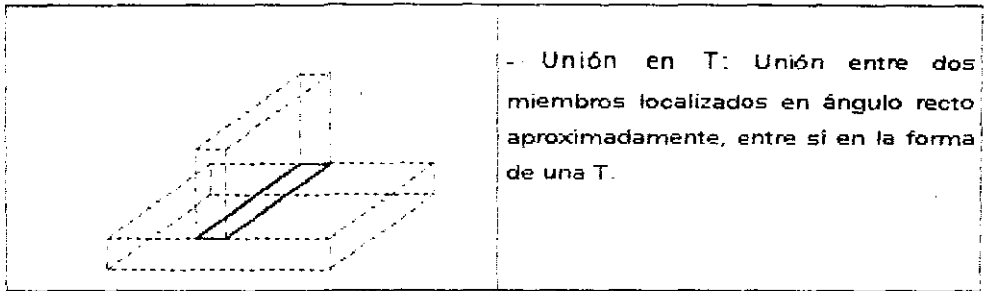


FIG. 4.9 TIPOS DE UNIONES.

La colocación de estos miembros es lo que define las uniones, existen 5 tipos básicos de uniones que se utilizan para juntar dos miembros entre sí para soldarlos. A continuación se presentan los diseños de estos tipos de uniones (ver fig. 4.9).

Tipos de soldadura .- Existe cierta cantidad de soldaduras distintas, y algunas de éstas tienen muchas variantes, además de que se pueden combinar. Algunas de éstas como la soldadura de filete y la soldadura de bisel se usan en construcciones soldadas de placa. Los distintos tipos de soldadura son:

- Soldadura de filete
- Soldadura de bisel varios tipos (a tope).
- Soldadura de respaldo.
- Soldadura de tapón.
- Soldadura de proyección o de punto.
- Soldadura de costura.
- Soldadura de fusión completa.
- Soldadura de brida.
- Soldadura de perno.
- Soldadura de revestimiento o superficial.

Dentro de los tipos básicos de soldaduras existen dos tipos altamente empleados, los cuales se describen a continuación.

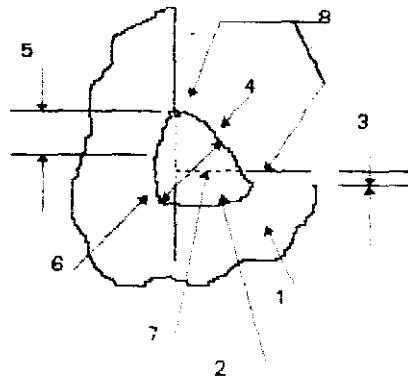
Soldadura de filete o chaflán.- Es el tipo de soldadura más utilizado y se le llama así debido a la forma de su sección transversal. Se considera sobre la unión y se define como, una soldadura de sección transversal aproximadamente triangular. Que une a dos superficies en ángulo aproximadamente recto entre si (ver fig. 4.10).

1) Metal base: metal que se va a soldar

2) Línea de unión: el empalme del metal de soldadura y el metal base

3) Profundidad de fusión: distancia que alcanza la fusión en el metal base

4) Cara de la soldadura: superficie expuesta de una soldadura en el lado desde el cual se soldó



5) Lado de una soldadura de chaflán: distancia desde la raíz de la unión hasta el borde de la soldadura de chaflán

6) Raíz de una soldadura: punto o puntos, en una sección transversal en el cual el fondo de la soldadura intercepta superficies del metal base

7) Garganta de una soldadura de chaflán: distancia más corta desde la raíz de la soldadura de chaflán hasta su cara

8) Oruga de una soldadura: empalme entre la cara de una soldadura y el metal base

FIG. 4.10 SOLDADURA DE CHAFLÁN

Soldadura a tope.- Se define como una soldadura ejecutada en el surco entre dos miembros que se han de unir, se considera que está en la unión, existen 7 tipos básicos de preparaciones para juntas a tope (ver fig. 4.11).

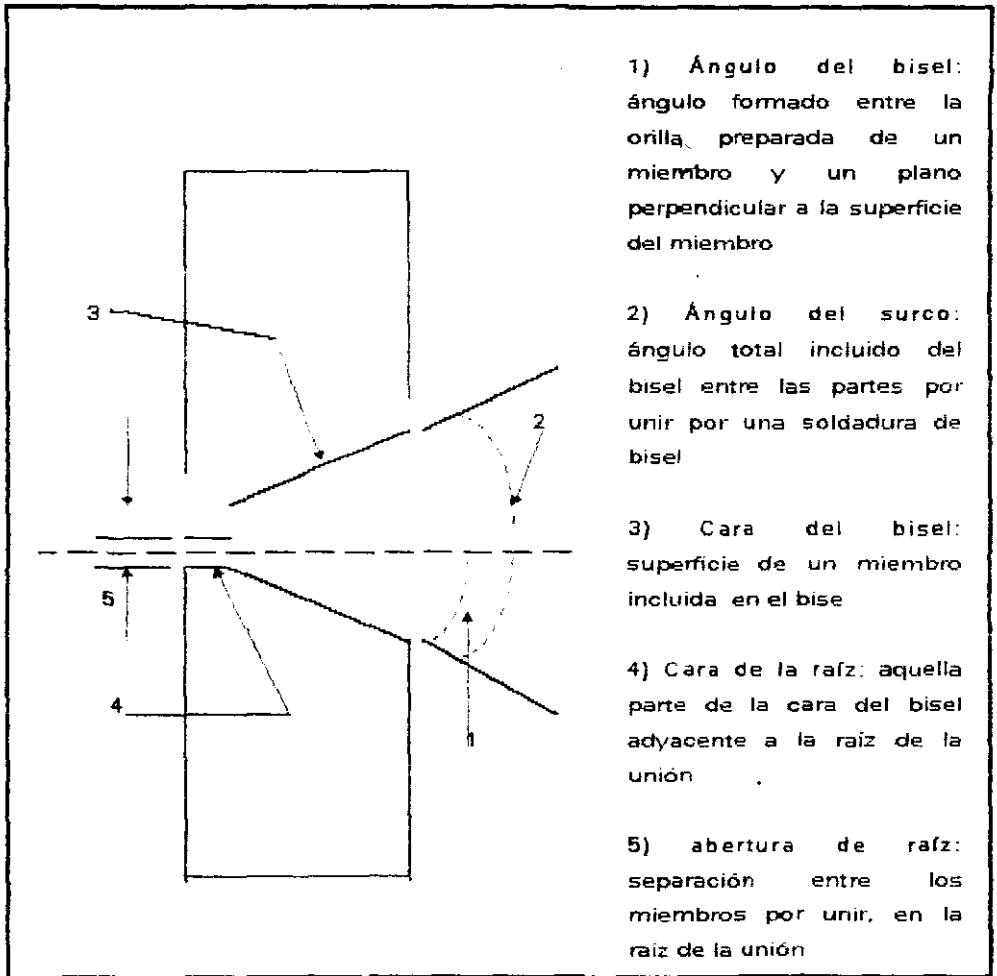


FIG. 4.11 SOLDADURA A TOPE,

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- LA SEGURIDAD INDUSTRIAL
JHON V. GRIMALDI. V SIMONS
EDIT. ALFA- OMEGA
- 2.- SOLDADURA
JAMES A PENDER
EDIT. MCWRAW-HILL
- 3.- SOLDADURA Y METALURGIA
FERNÁNDEZ FLORES GUILLERMO
EDIT. CECSA