

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISION DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA



SOLDADURA Y APLICACIONES

POR:

Josafat Alvarado Camarillo

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2010

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"

DIVISION DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

SOLDADURA Y APLICACIONES

Por:

Josafat Alvarado Camarillo

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el titulo de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

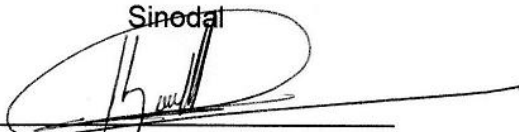
Aprobado por el comité de Tesis

Asesor de monografía



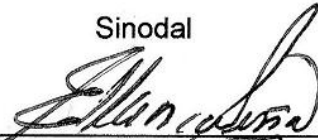
Ing. Juan Arredondo Valdez

Sinodal



M.C. Juan Antonio Guerrero Hdez.

Sinodal



M.C. B. Elizabeth de la Peña Casas

Universidad Autónoma Agraria

"ANTONIO NARRO"

Coordinador de la división de Ingeniería



Dr. Raúl Rodríguez García

Buenavista, Saitillo, Coahuila, Mexico.
Junio del 2010

Coordinación de
Ingeniería

INDICE

	PAGINA
Agradecimientos	i
1.- Introducción	1
1.1 Justificación	2
1.2 Objetivo general	3
1.3 Que es la soldadura	3
2.- Antecedentes históricos	5
2.1 Nacimiento de la soldadura	5
2.2 Historia de la soldadura	6
2.2.1 Personajes históricos innovadores de la soldadura	10
2.2.2 Cronología histórica de la soldadura	11
2.3 Importancia de la soldadura	13
3.- Simbología de la soldadura	13
3.1 Elementos de un símbolo de soldadura	15
3.2 Símbolos básicos de la soldadura	27
4.- Tipos de soldadura	30
4.1 Soldadura por arco eléctrico	30
4.1.1 Circuito de la soldadura de arco	31
4.1.2 Clasificación de los equipos de soldadura por arco	34
4.1.3 El arco eléctrico	35
4.2 Tipos de soldadura con arco	36
4.2.1 Soldadura con arco de carbón	36
4.2.2 Soldadura con arco metálico protegido	37
4.2.2.1 Equipo básico de soldadura con arco metálico protegido	40
4.2.2.2 Soldadura con arco metálico protegido	42
4.2.3 Soldadura con arco metálico y gas (GMAW)	45
4.2.3.1 Equipo básico de soldadura con arco metálico y gas (GMAW)	46
4.2.3.2 Soldadura con arco metálico y gas (GMAW)	48
4.3 Soldadura con arco de tungsteno y gas (GTAW)	50
4.3.1 Equipo básico de soldadura con arco de tungsteno y gas (GTAW)	51
4.3.2 Soldadura con arco de tungsteno y gas (GTAW)	53
4.4 Soldadura de arco sumergido	55
4.5 Fuentes de energía para la soldadura de arco	57

5.- Electroodos para soldadura de arco	61
5.1 Uso de electrodos de acero al carbono para soldadura de arco	62
5.2 Electroodos de acero aleados	64
5.3 Metales de aporte para la aleación de aluminio	64
5.4 Metales de aporte para aleaciones de níquel	65
5.5 Metales de aporte de cobre y aleaciones de cobre	68
5.6 Metales de aporte de magnesio y aleaciones de magnesio	68
5.7 Metales de aporte para titanio y aleaciones de titanio	69
5.8 Metales de aporte para recubrimientos superficiales	70
5.9 Electroodos y fundentes para soldadura de arco sumergido	71
5.10 Metales de aporte para soldadura de arco de tungsteno y gas (TIG)	71
6.- Soldadura por resistencia	72
6.1 Introducción a la soldadura por resistencia	72
6.2 Soldadura por puntos	76
6.2.1 Secuencias de ejecución de soldadura por puntos	77
6.3 Soldadura de costura por rodamiento	79
6.4 Soldadura de partes salientes	82
6.4.1 Electroodos para soldadura por puntos, de costura y de partes salientes	83
6.5 Soldadura por arco con presión (flash welding)	84
6.6 Soldadura a tope con recalado	85
6.7 Soldadura por percusión	87
7.- Soldadura en estado sólido	89
7.1 Consideraciones especiales de la soldadura en estado sólido	89
7.2 Procesos de soldadura de estado sólido	91
7.2.1 Soldadura por forja	91
7.2.2 Soldadura en frío	91
7.2.3 Soldadura con rodillos	92
7.2.4 Soldadura en caliente con presión	93
7.2.5 Soldadura por difusión	93
7.2.6 Soldadura explosiva	94
7.2.7 Soldadura por fricción	97
7.2.8 Soldadura ultrasónica	100
7.2.8.1 Aparatos para la soldadura ultrasónica	102

8.- Otros procesos de soldadura	102
8.1 Haz de electrones	102
8.1.1 Parámetros del proceso	105
8.2 Soldadura con rayo láser	106
8.3 Soldadura por electroescoria	108
8.3.1 Variantes del proceso (Primera variante)	108
8.3.1.1 Variantes del proceso (Segunda variante)	109
8.3.2 Aspectos técnicos	110
8.3.3 Principales aplicaciones	110
8.3.4 Riesgos asociados en aplicabilidad	111
8.3.5 Características del cordón	112
9.- Soldadura fuerte	113
9.1 Fundentes para soldadura fuerte	113
10.- Soldadura blanda o de bajo punto de fusión	114
10.1 Clases de soldadura de bajo punto de fusión	115
10.2 Fundentes	116
11.- Pruebas de análisis para soldadura	116
11.1 Inspección visual	117
11.2 Líquidos penetrantes	117
11.3 Partículas magnéticas	118
11.4 Prueba de ultrasonido	118
11.5 Prueba radiográficas	119
12.- Seguridad para el soldador	120
13.- Organismos certificadores	123
13.1 Introducción	123
13.2 Organismos certificadores americanos	124
13.3 Máximo órgano certificador mundial en soldadura	126
13.3.1 Historia AWS	126
13.3.2 Certificación de la AWS	127
13.3.3 Fundación AWS	128
13.3.4 Comisiones AWS	128
13.4 COMIMSA institución certificadora de soldadura a nivel nacional	129
14.- Síntesis, aprendizaje y aportación	133
Bibliografía	139

Agradecimientos.

Antes que nada un inmenso agradecimiento a DIOS por darme vida y salud para terminar esta etapa de mi vida, ya que si el no hubiera podido lograr nada y gracias a el tengo sobradas satisfacciones por concluir esta etapa; Gracias DIOS.

A mi querida escuela, La Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” que me dio la oportunidad de forjarme como estudiante en sus aulas y más aun que me dio la oportunidad de estudiar algo que me ha llenado en todos los aspectos humanos: Ingeniero Mecánico Agrícola.

Al departamento de maquinaria agrícola por darme la oportunidad de ser alumno de tan honorable carrera.

A mis padres que siempre creyeron en mí: Gloria Ma. Camarillo y Julio A. Nájera † sin ustedes no hubiera logrado esto, su apoyo y cuidados lograron esto, Gracias Mama y muchas gracias Papa siempre estas presente en todo lo que hago.

A esas dos personas tan especiales que siempre me han ayudado y siempre han creído en mí:

Mi tía Gloria Isolda Camarillo y Efrén Camarillo, gracias a ustedes e concluido esta etapa, sin ustedes no hubiera sido posible los quiero mucho.

A mi hermano: CP. Jonatán Alvarado Camarillo, por ser un ejemplo de superación, esmero y lucha, te admiro hermano.

A mi hermana: Ing. Daniela Alvarado Camarillo, por ser consejera.

A esa persona especial en mi vida que me ha ayudado en todo y siempre me ha acompañado en lo feliz y en lo difícil, siempre inseparable en todo momento cual quiera que sea la situación: mi novia Wendy Sarai Bernal Ramos.

Mi familia entera tíos, primos, sobrinos que siempre me dieron esa palabra de aliento.

A mis maestros que tanto admiro y que gracias a sus enseñanzas han despertado un espíritu de superación en mi persona, Ing. Juan Arredondo un ejemplo de superación, M.C. Juan A. Guerrero ejemplo de disciplina, M.C. Héctor Uriel Serna ejemplo de Conocimientos. A Uds. tres ingenieros gracias por enseñarme a estudiar y ser disciplinado, un regalo para toda la vida.

Así también a la M.C. B. Elizabeth de la Peña, por sus consejos y siempre una sonrisa.

A el Ing. Jesús Valenzuela, por ser un buen amigo y siempre darte ese consejo acertado.

A el Dr. Zapata por sus sorprendentes cátedras.

A el M.C. Gerardo Sánchez, un buen amigo sin duda.

A mis compañeros y más aun amigos inseparables de mi carrera de estos años:

- Samuel
- Nahúm
- Patricio
- Víctor

Se que pronto nos veremos.

A mis otros dos amigos con quienes viví incontables cosas:

- Filiberto
- Eduardo

Éxito en sus proyectos.

Gracias a todas estas personas por ser parte de mi vida en esos momentos.

Y sobre todo gracias de nuevo a ti Dios por darme la oportunidad de terminar esta etapa en mi vida y de nuevo, a ti que me marcaste con tu ejemplo, consejos y compañía, esto es tuyo también: mi papá Julio A. Nájera †.

1- INTRODUCCIÓN

Hoy en día, a comienzos del siglo XXI, la soldadura es considerada una ciencia. Es uno de los más complejos procesos industriales, pues involucra física de plasmas, flujo de fluidos, teoría de electromagnetismo, robótica, metalurgia, ingeniería eléctrica, electrónica y mecánica. Muchos de estos aspectos actúan simultáneamente cada vez que un soldador comienza su cordón de soldadura.

Esta es la razón por la que la educación de ingenieros en soldadura capaces de combinar todas estas ciencias, es una prioridad en todos los países de economía avanzada. En los campos, la maquinaria agrícola y todo equipo pesado son construidos con soldadura.

Claramente, la soldadura no es ya más un proceso crudo y sucio. Es parte integral de cualquier avance tecnológico. Claramente, todo este progreso en la aplicación de la soldadura se basa en los avances de las ciencias sobre las cuales se apoya. De esta manera, progresos en metalurgia, computación o en robótica (por nombrar unos pocos) tienen un impacto directo en los nuevos métodos de soldadura.

En conclusión, esta monografía busca recopilar todos los tipos de soldadura existentes hasta este momento, desde la soldadura más tradicional (soldadura eléctrica) (figura 1), hasta las soldaduras más sofisticadas, (Soldadura robotizada, Soldadura ultrasónica, etc.).

Así como su funcionamiento e insumos utilizados en cada una de los tipos de soldadura.



Fig.1 Soldadura eléctrica.

1.1- Justificación.

Dentro de la formación integral del alumno de la carrera de Ingeniero Mecánico Agrícola, se le dan las bases de varias materias sobre diseño empezando por la estática y culminando con diseño de maquinaria agrícola, integrando todos estos conocimientos para obtener un nivel de diseñador aceptable, por esta razón la importancia de elaborar esta monografía para reforzar los conocimientos sobre el tema de soldadura, que sin mas esta perdiendo la importancia que tiene tanto en el ámbito teórico como en el practico.

Ya que es una parte indispensable en el diseño de piezas, elementos y maquinas en cualquier industria, hasta llegar a nuestra vida cotidiana. Así mismo se desea crear una base solida para trabajos futuros, además de que tendrán herramientas suficientes para poder resolver problemas de diseño que involucren soldaduras y sus métodos. La elaboración de esta monografía beneficiara directamente a los alumnos de la carrera despertando su interés a un campo de estudio fascinante y a una profesión de nivel ingeniería poco estudiada y con gran campo laboral.

Además el departamento de Maquinaria Agrícola contara con un documento más, para reforzar la materia de Propiedad de los materiales, Mecánica de materiales, Diseño Mecánico y Diseño de Maquinaria Agrícola. La importancia de dicho proyecto se centra en los alumnos que tengan inquietud de conocer sobre la soldadura, sus aplicaciones y métodos de aplicación como de evaluación ya que ellos serán los usuarios directos de esta monografía.

Una de otras tantas ventajas de esta monografía es, conocer el proceso de las diferentes soldaduras utilizadas en muchas empresas, ya que este tema es de gran importancia en la vida laboral y no se le ha dado la importancia necesaria. Además de ser la plataforma de despegue para otros trabajos concernientes a la soldadura tales como: física de plasmas, flujo de fluidos, teoría de electromagnetismo, robótica, metalurgia, ingeniería eléctrica, electrónica y

mecánica. En la Universidad existen carreras que se verán beneficiados con dicho trabajo ya que tendría cabida en la soldadura de tuberías bajo especificaciones de la AWS.

1.2- Objetivo General.

Elaborar una monografía como apoyo didáctico y de consulta al plan del programa docente de la carrera de Ingeniero Mecánico Agrícola. Y mostrar un campo poco estudiado pero de gran importancia en la Ingeniería Mecánica, y que este ayude a la formación mas completa del Ingeniero Mecánico Agrícola.

1.3- Que es la soldadura.

En ingeniería es el procedimiento por el cual dos o más piezas de metal se unen por aplicación de calor, presión, o una combinación de ambos, con o sin el aporte de otro metal, llamado metal de aportación, cuya temperatura de fusión es inferior a la de las piezas que se han de soldar.

Así mismo podría definirse como el proceso de unión que une de forma permanente a dos componentes separados mediante el calor, la presión o la combinación de ambos para convertirlos en una nueva pieza. La soldadura es una de las maneras más económicas de unir dos metales de forma permanente.

http://mx.encarta.msn.com/encyclopedia_761570519/Soldadura.html

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y agregando un material de relleno fundido (metal o plástico), el cual tiene un punto de fusión menor al de la pieza a soldar, para conseguir un baño de material fundido (el baño de soldadura) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija. A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, o por sí

misma, para producir la soldadura. Esto está en contraste con la soldadura blanda (en inglés soldering) y la soldadura fuerte (en inglés brazing), que implican el derretimiento de un material de bajo punto de fusión entre piezas de trabajo para formar un enlace entre ellos, sin fundir las piezas de trabajo.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>

La soldadura es la denominación para aquel metal que se utiliza a fin de unir otros dos metales base (Figura 2). Para que esto suceda el metal que une se debe fundir, del mismo modo en que se funden dos metales para realizar una aleación.

<http://www.misrespuestas.com/que-es-la-soldadura.html>

La Soldadura es un metal fundido que une dos piezas de metal, de la misma manera que realiza la operación de derretir una aleación para unir dos metales, pero diferente de cuando se soldán dos piezas de metal para que se unan entre si formando una unión soldada (Figura.3).



Fig.2 Unión de dos metales bases.



Fig.3 Soldado de dos piezas de metal.

2- ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

2.1- Nacimiento de la soldadura

Dice la tradición que hace aproximadamente 2500 años, un herrero griego de nombre Glaukos, que vivía en la ciudad de Khios, invento la forma de soldar el hierro. Con el procedimiento de este herrero, se calentaban las piezas de hierro en un horno o forja hasta que se ablandaban el metal. Después valiéndose del martilleo, se le fusionaban hasta convertirlas en una unidad.

Anteriormente a ese tiempo los metales se unían por remachado o por soldadura, mediante un procedimiento que no involucraba fusión y en el que a menudo se utilizaba el oro como soldadura. La practica de la soldadura por forjado continuo casi sin sufrir cambio alguno hasta hace alrededor de 80 años, cuando los modernos procedimientos de soldadura dio paso a medios de eficiencia creciente para unir placas o perfiles metálicos, piezas fundidas.

La primera en desarrollarse fue la soldadura por arco, a la que le siguió rápidamente la soldadura oxiacetilénica. Estos primeros procedimientos de soldadura se utilizaron primordialmente para reparar partes metálicas dañadas o desgastadas. La soldadura moderna de los metales, al igual que la soldadura antigua por forjado, logra la unión de los metales por fusión.

Sin embargo con el desarrollo de la tecnología de la soldadura y el mejoramiento de los métodos de prueba, se observo que podía lograrse una fusión completa y permanente entre dos o más metales, y que el área soldada tenía mayor resistencia que cualquiera de las piezas que se habían unido. Utilizando las técnicas y los materiales correctos, casi cualesquiera dos piezas de metal pueden fundirse para formar una sola unidad.

El solapado de las piezas por unir no es necesario, y el espesor de la soldadura no necesita ser mayor que el espesor de cualquiera de los miembros soldados. (Henry Horwits, 2008).

2.2- Historia de la soldadura.

La historia de la unión de metales se remonta a varios milenios, con los primeros ejemplos de soldadura desde la edad de bronce y la edad de hierro en Europa y el Oriente Medio. La soldadura fue usada en la construcción del Pilar de Hierro en Delhi, en la India, erigido cerca del año 310 y pesando 5.4 toneladas métricas. La Edad Media trajo avances en la soldadura de fragua, con la que los herreros repetidamente golpeaban y calentaban el metal hasta que ocurría la unión.

En 1540, Vannoccio Biringuccio publicó “De la pirotechnia”, que incluye descripciones de la operación de forjado. Los artesanos del renacimiento eran habilidosos en el proceso, y la industria continuó creciendo durante los siglos siguientes. Sin embargo, la soldadura fue transformada durante el siglo XIX.

En 1800, Sir Humphry Davy descubrió el arco eléctrico, y los avances en la soldadura por arco continuaron con las invenciones de los electrodos de metal por un ruso, Nikolai Slavyanov, y un americano, C. L. Coffin a finales de los años 1800, incluso como la soldadura por arco de carbón, que usaba un electrodo de carbón, ganó popularidad. Alrededor de 1900, A. P. Strohmenger lanzó un electrodo de metal recubierto en Gran Bretaña, que dio un arco más estable, y en 1919, la soldadura de corriente alterna fue inventada por C. J. Holslag, pero no llegó a ser popular por otra década.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>

La soldadura por resistencia también fue desarrollada durante las décadas finales del siglo XIX, con las primeras patentes de Elihu Thomson en 1885, quien produjo posteriores avances durante los siguientes 15 años. La soldadura de termita fue inventada en 1893, y alrededor de ese tiempo, se estableció otro proceso, la soldadura a gas.

El acetileno fue descubierto en 1836 por Edmund Davy, pero su uso en la soldadura no fue práctico hasta cerca de 1900, cuando fue desarrollado un soplete conveniente. Al principio, la soldadura de gas fue uno de los más populares métodos de soldadura debido a su portabilidad y costo relativamente bajo. Sin embargo, a medida que progresaba el siglo XX, bajó en las preferencias para las aplicaciones industriales.

En gran parte fue sustituida por la soldadura de arco, en la medida que continuaron siendo desarrolladas las cubiertas de metal para el electrodo (conocidas como fundente), que estabilizan el arco y blindaban el material base de las impurezas. La Primera Guerra Mundial causó un repunte importante en el uso de los procesos de soldadura, con las diferentes fuerzas militares procurando determinar cuáles de los varios procesos nuevos de soldadura serían los mejores.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>

Los británicos usaron primariamente la soldadura por arco, incluso construyendo una nave, el Fulagar, con un casco enteramente soldado. Los estadounidenses eran más vacilantes, pero comenzaron a reconocer los beneficios de la soldadura de arco cuando el proceso les permitió reparar rápidamente sus naves después de los ataques alemanes en el puerto de Nueva York al principio de la guerra. También la soldadura de arco fue aplicada primero a los aviones durante la guerra, pues algunos fuselajes de aeroplanos alemanes fueron construidos usando el proceso.

Durante los años 1920, importantes avances fueron hechos en la tecnología de la soldadura, incluyendo la introducción de la soldadura automática en 1920, en la que el alambre del electrodo era alimentado continuamente. El gas de protección se convirtió en un tema recibiendo mucha atención, mientras que los científicos procuraban proteger las soldaduras contra los efectos del oxígeno y el nitrógeno en la atmósfera.

La porosidad y la fragilidad eran los problemas primarios, y las soluciones que desarrollaron incluyeron el uso del hidrógeno, argón, y helio como atmósferas de soldadura. Durante la siguiente década, posteriores avances permitieron la soldadura de metales reactivos como el aluminio y el magnesio. Esto, conjuntamente con desarrollos en la soldadura automática, la corriente alterna, y los fundentes alimentaron una importante extensión de la soldadura de arco durante los años 1930 y entonces durante la Segunda Guerra Mundial.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>

A mediados del siglo XX, fueron inventados muchos métodos nuevos de soldadura. 1930 vio el lanzamiento de la soldadura de perno, que pronto llegó a ser popular en la fabricación de naves y la construcción. La soldadura de arco sumergido fue inventada el mismo año, y continúa siendo popular hoy en día. En 1941, después de décadas de desarrollo, la soldadura de arco de gas tungsteno fue finalmente perfeccionada, seguida en 1948 por la soldadura por arco metálico con gas, permitiendo la soldadura rápida de materiales no ferrosos pero requiriendo costosos gases de blindaje.

La soldadura de arco metálico blindado fue desarrollada durante los años 1950, usando un fundente de electrodo consumible cubierto, y se convirtió rápidamente en el más popular proceso de soldadura de arco metálico. En 1957, debutó el proceso de soldadura por arco con núcleo fundente, en el que el electrodo de alambre auto blindado podía ser usado con un equipo

automático, resultando en velocidades de soldadura altamente incrementadas, y ése mismo año fue inventada la soldadura de arco de plasma. La soldadura por electro escoria fue introducida en 1958, y fue seguida en 1961 por su prima, la soldadura por electro gas.

Otros desarrollos recientes en la soldadura incluyen en 1958 el importante logro de la soldadura con rayo de electrones, haciendo posible la soldadura profunda y estrecha por medio de la fuente de calor concentrada.

Siguiendo la invención del láser en 1960, la soldadura por rayo láser debutó varias décadas más tarde, y ha demostrado ser especialmente útil en la soldadura automatizada de alta velocidad. Sin embargo, ambos procesos continúan siendo altamente costosos debido al alto costo del equipo necesario, y esto ha limitado sus aplicaciones.

Hoy en día, la ciencia continúa avanzando. La soldadura robotizada está llegando a ser más corriente en las instalaciones industriales, y los investigadores continúan desarrollando nuevos métodos de soldadura y ganando mayor comprensión de la calidad y las propiedades de la soldadura.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura>

2.2.1.- Personajes históricos innovadores de la soldadura.

El personaje que aparece en este cuadro, es nada menos que uno de los grandes precursores de la soldadura. El señor Oscar Kjellberg (Figura 4), fue el fundador de la ESAB a principios del siglo pasado.



Fig.4 Oscar Kjellberg.

En 1904 creó el electrodo revestido que de forma substancial, mejoró la calidad del metal soldado. Mientras se funde, la capa de fundente se vaporiza y genera un gas que protege al metal caliente del aire y por lo tanto previene las reacciones de fragilidad que pueden ocurrir mientras el metal se enfría.

No menos importante, es resaltar al señor Carl Von Linde, (Figura 5), quien se destacó especialmente por haber inventado un aparato termo intercambiador,



Fig.5 Carl Von Linde.

y su nombre va unido a las investigaciones fundamentales sobre la técnica de las bajas temperaturas necesarias para la licuación del aire y la separación industrial del nitrógeno, el oxígeno y los gases nobles.

Fue un empresario e inventor alemán, nacido en Berndorf, en la histórica región de Franconia, en 1842, y fallecido en Munich (Baviera) en 1934. En 1870 construyó la maquina de absorción, así como el primer aparato refrigerador por compresión. Como fluido frigorífico para dicho aparato utilizó el éter metílico en 1873 y el amoníaco en 1876.

En 1895 licuó el aire por compresión y expansión combinada con el enfriamiento intermedio obteniendo oxígeno líquido y nitrógeno gaseoso prácticamente puros. En 1878 Von Linde fundó la empresa Lindes Eismaschinen AG, que actualmente sigue existiendo con el nombre de Linde AG. Carl Von Linde falleció en 1934 a los 92 años de edad.

El transcurso de su vida se le concedieron 3 doctorados honoríficos, una medalla de Baviera y fue homenajeadado con su ennoblecimiento.

<http://soldando.blogspot.com/2008/04/history-welding.html>

2.2.2- Cronología histórica de la soldadura.

Resulta dificultoso determinar con exactitud en que país y en que momento se han desarrollado ciertas técnicas de soldadura en particular, ya que la experimentación ha sido simultánea y continua en diversos lugares. Aunque los trabajos con metales han existido desde hace siglos, los métodos tal cual como los conocemos hoy, datan desde el principio de este siglo.

1. En 1801, el inglés Sir H. Davy descubrió que se podía generar y mantener un arco eléctrico entre dos terminales.

2. En 1835, E. Davey, en Inglaterra, descubrió el gas acetileno, pero para dicha época su fabricación resultaba muy costosa.
3. En el año 1881, el francés De Meritens logró con éxito soldar diversas piezas metálicas empleando un arco eléctrico entre carbones, empleando como suministro de corriente acumuladores de plomo.
4. En 1892 el canadiense T. L. Wilson descubrió un método económico de fabricación para el gas acetileno.
5. En 1885, los ingenieros rusos S. Olczewski y F. Bernardos lograron la unión en un punto definido de dos piezas metálicas por fusión.
6. En 1889, el doctor H. Zerener generó un arco eléctrico entre dos electrodos de carbón.
7. El francés H. E. Chatelier, en 1895, descubrió la combustión del oxígeno con el acetileno.
8. En 1899 el arco eléctrico entre dos electrodos de carbón es utilizado por primera vez por la firma Lloyd & Lloyd de Birmingham para soldar tubos de hierro.
9. En los Estados Unidos, en 1902, la primera fábrica que comenzó a utilizar industrialmente la soldadura por arco con electrodo de carbón fue The Baldwin Locomotive Works.
10. En el año 1910 se abandonó el electrodo de carbón. Se comenzaron a utilizar electrodos de hierro sin recubrir.
11. En 1914 se crearon los electrodos fusionables por O. Kjellberg.
12. En 1930 los estadounidenses H. M. Hobart. P. K. Devers desarrollaron el sistema de soldadura con gas inerte. Y basado en ello, el doctor Orving Langmuir, ideó la soldadura atómica de hidrógeno.
13. En 1942 fue desarrollado por el norteamericano R. Meredith el soplete del sistema TIG.
14. En 1948 fue desarrollado por diversos ingenieros el sistema MIG.
15. Desde la década de las 50 a la actualidad los progresos realizados en la industria electrónica, permitieron utilizar dichos adelantos para

desarrollar así la soldadura por resistencia; la soldadura por inducción para materiales conductores de calor; la soldadura dieléctrica para los no conductores y, la alumino-termica, que resulta una combinación de un sistema de calentamiento con el proceso Slavianoff.

(Pedro Claudio Rodríguez, 2007).

2.3- Importancia de la Soldadura.

La soldadura ha alcanzado en estos últimos decenios una importancia y un desarrollo sin precedentes; además de suplantar casi por completo el remachado, ha encontrado aplicación en muchísimos otros campos de construcciones mecánicas.

(<http://html.rincondelvago.com/dibujo-mecanico-o-industrial.html>)

3- SIMBOLOGÍA DE LA SOLDADURA

Para que la soldadura haya podido alcanzar la posición que ocupa en la construcción y la manufactura, ha tenido que probar que es adecuada para las necesidades del diseño. Una vez que se demostró que los procesos eran adecuados para los fines del diseño, fue necesario dar medios a los diseñadores para comunicar a los soldadores exactamente que clase de soldadura era necesaria en cada caso y la forma en que debería aplicarse.

El descuidar este aspecto podría ser peligroso a la vez que costoso. Por ejemplo, al escribir simplemente “soldar todas las uniones”, o “soldar completamente la pieza”, en un dibujo, puede indicar generalmente la extensión de aplicación de la soldadura, pero no indica la resistencia necesaria. Si la resistencia fuera un aspecto muy importante del diseño, podría presentarse una situación peligrosa al aplicar una técnica incorrecta. Si la resistencia no fuera el factor esencial podría dar los mismo resultados una soldadura de menor extensión y ser mucho menos costosa. Ciertos talleres, atendiendo a sus deseos de lograr seguridad, utilizan mucha mas soldadura de la necesaria.

Para combatir los problemas de este tipo, se desarrollo un lenguaje para soldadura, es decir, un conjunto de símbolos que indican en forma abreviada al soldador o al supervisor toda la información necesaria para hacer una soldadura correcta. En la práctica, muchas compañías solo necesitan algunos símbolos, pero procediendo los símbolos de un conjunto universal, todas estarán hablando el mismo lenguaje.

Por ejemplo, en el pasado la utilización de las expresiones lado, el lado y lado cercano ocasionaba confusión, porque en los dibujos en los que las juntas se ilustraban en sección transversal todos los lados están a igual distancia del lector. En el sistema AWS, la junta es la base de referencia.

Toda junta cuya soldadura se indique por medio de un símbolo tendrá siempre un lado de la flecha y un “otro lado”. De acuerdo con lo anterior se emplean las expresiones lado de la flecha, el otro lado, y ambos lados para localizar la soldadura con respecto a la junta.

La cola del símbolo se utiliza para designar las especificaciones de la soldadura, los procedimientos o alguna información suplementaria que deba indicarse.

Si un soldador conoce el tamaño y el tipo de una soldadura tiene solo una parte de la información necesaria para ejecutar aquella soldadura. El proceso a utilizar la identificación del metal de aporte, el hecho de que se requiera o no martilleo o rebabeado en el fondo y otros datos pertinentes, deben ser comunicados también al soldador. La notación que indica estos datos, la que ha de colocarse en la cola del símbolo, la establece generalmente cada usuario. Cuando no se usan anotaciones puede suprimirse la cola del símbolo.

3.1- Elementos de un símbolo de soldadura.

La AWS establece una distinción entre las expresiones símbolo del tipo de soldadura (Weld symbol) y el símbolo de soldadura (Welding symbol). El primero es el símbolo que se usa para indicar el tipo deseado de soldadura. El símbolo de soldadura completo esta formado por los siguientes elementos, o por el numero de estos que resulte necesario: línea de referencia con flecha, símbolos básicos de soldadura (Weld symbols), la dimensiones y otros datos; símbolos suplementarios; símbolos de acabado; y la cola, la cual contiene especificaciones, el proceso y otras referencias. La información que se transmite por medio del símbolo de soldadura, (Figura 6):

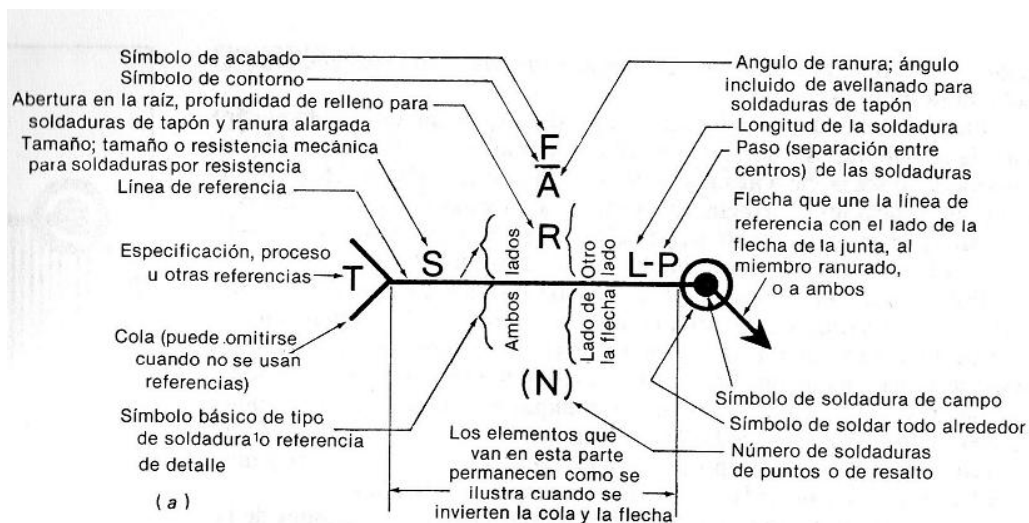


Fig.6 Símbolo completo de soldadura.
(Welding Society, 6ª. Ed., 1968, sección 1 p. 1.8).

Se lee así con facilidad y precisión, con lo cual resultan innecesarias las notas descriptivas largas.

La línea de referencia de un símbolo de soldadura es la línea, representada en un plano horizontal y unida a una cola y una flecha. La línea de referencia es la base de cada símbolo simplificado, y proporciona la orientación y la localización de los elementos de un símbolo de soldadura.

Las posiciones de la cola y la flecha pueden intercambiarse, pero los elementos del símbolo están siempre en la misma posición en la línea de referencia, (Figura 7):

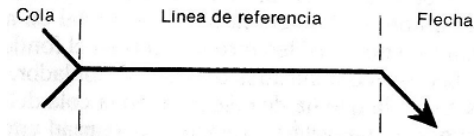


Fig.7 La cola, línea de referencia y la flecha, símbolo básico de la soldadura (Welding Society, 6ª. Ed., 1968, sección 1 p. 1.8).

Para indicar la localización de una soldadura, se traza una flecha con la cabeza apuntando directamente a la junta en la que ha de hacerse la soldadura. La colocación del símbolo del tipo de soldadura puede usarse para indicar el lado de la flecha, el otro lado o ambos lados de la flecha, (Figura 8 y 9).

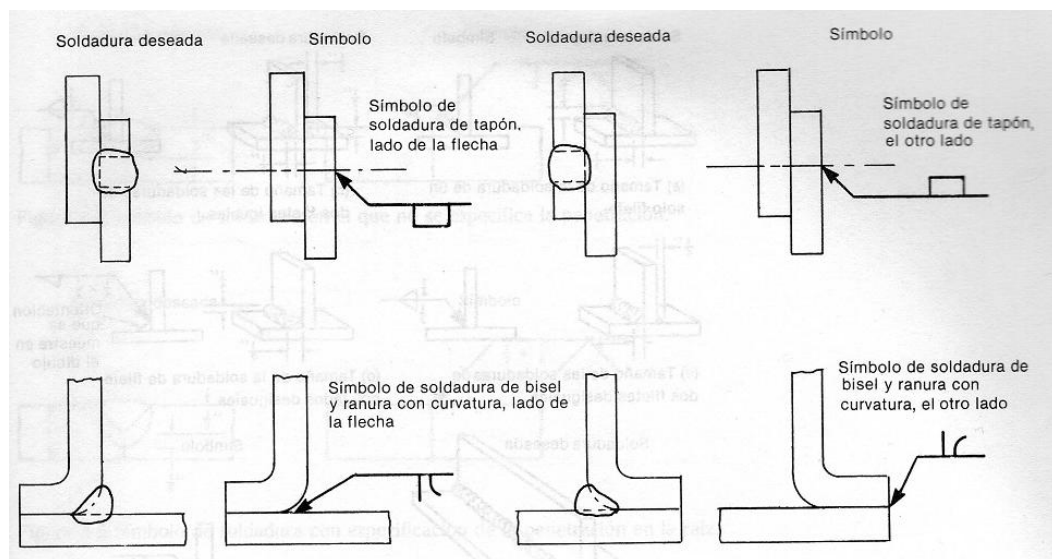


Fig.8 Localización y significado de la flecha en los símbolos de soldadura. (Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.2, ed. Alfa Omega, 2008).

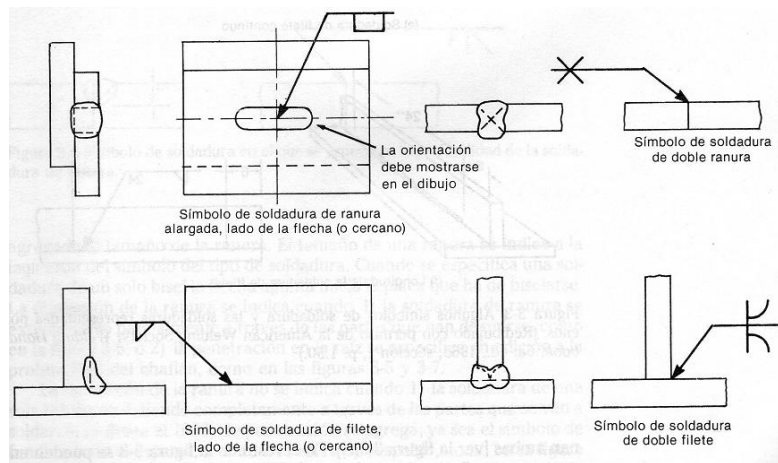


Fig.9 Localización y significado de la flecha en los símbolos de soldadura. (Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.2, ed. Alfa Omega, 2008).

Las dimensiones que aparecen en un símbolo de soldadura indican el tamaño, el ángulo de la ranura, la abertura del fondo o raíz, la longitud de la soldadura, el paso (separación entre centros) de las soldaduras; la profundidad del relleno de las soldaduras de tapón o de ranura alargada y el ángulo incluido de las soldaduras avellanadas para las soldaduras de tapón, (Figura 10):

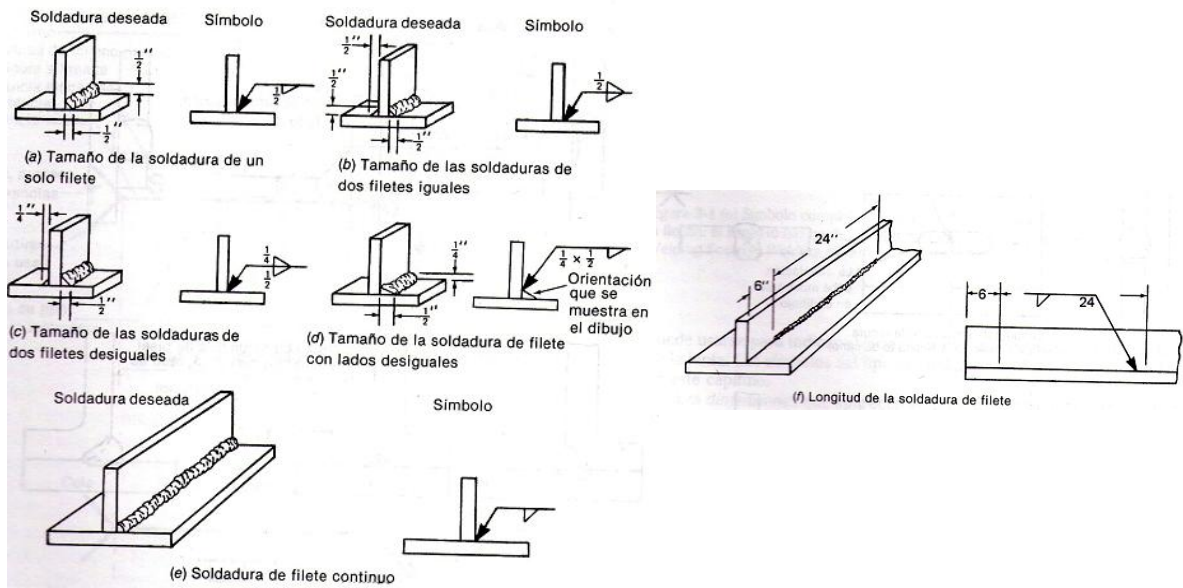


Fig.10 Algunos símbolos de soldadura y las soldaduras representados por ellos. (Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.30, ed. Alfa Omega, 2008).

Pueden especificarse uno o más de estos, dependiendo del tipo de junta y de la instrucción que se requiera. Cuando las soldaduras de ambos lados de una junta tienen las mismas dimensiones, uno o ambos pueden dimensionarse sobre el símbolo de soldaduras, (Figura 11).

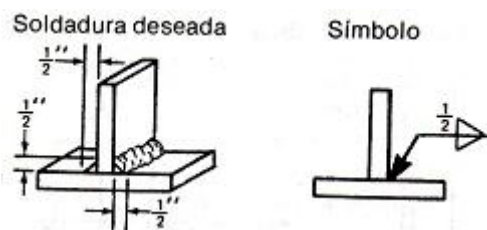


Fig.11 Símbolos de soldadura y las soldaduras representadas por ellos. (American Welding Society, Welding Handbook, 6ª. Ed., 1963, sección 1, p. 1.50.).

El tamaño de una soldadura de filete se determina por la longitud de su lado más largo (Figura 12).

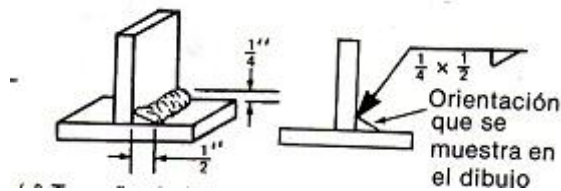


Fig. 12 Símbolos de soldadura y las soldaduras representadas por ellos. (American Welding Society, Welding Handbook, 6ª. Ed., 1963, sección 1, p. 1.50.).

Esta dimensión se indica a la izquierda del símbolo de tipo de soldadura al mismo lado que la línea de referencia. Cuando las soldaduras de filete difieren en tamaño, se dimensionan ambas, (Figura 13).

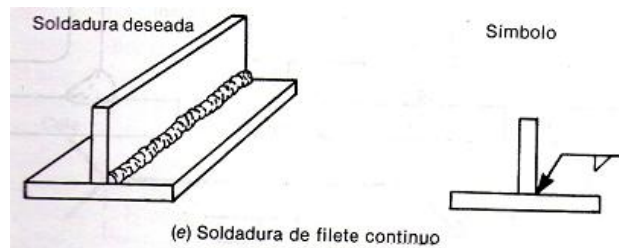


Fig. 13 Símbolos de soldadura y las soldaduras representadas por ellos. (American Welding Society, Welding Handbook, 6ª. Ed., 1963, sección 1, p. 1.50.).

El tamaño de una soldadura de ranura es la penetración de la junta (la profundidad de biselado mas la penetración en la raíz, cuando se especifica).

El tamaño de una ranura se indica a la izquierda del símbolo del tipo de soldadura. Cuando se especifico una soldadura de un solo bisel la flecha apunta hacia la placa que ha de biselarse. La dimensión de la ranura se indica cuando:

1) La soldadura de la ranura se extiende solo prácticamente a través de las partes que han de unirse, (Figura 14).

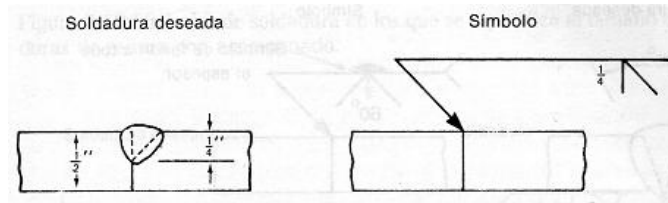


Fig. 14 Símbolo de soldadura en el que se especifica la profundidad de la soldadura de ranura.

(Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.31, ed. Alfa Omega, 2008).

2) La penetración en la raíz se especifica en adición a la profundidad del chaflán, (Figura 15 y 16).

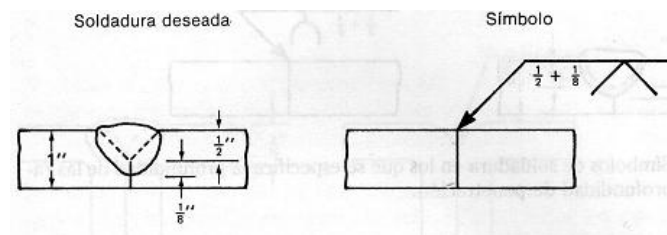


Fig. 15 Símbolo de soldadura con especificación de la penetración en la raíz.

(Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.31, ed. Alfa Omega, 2008).

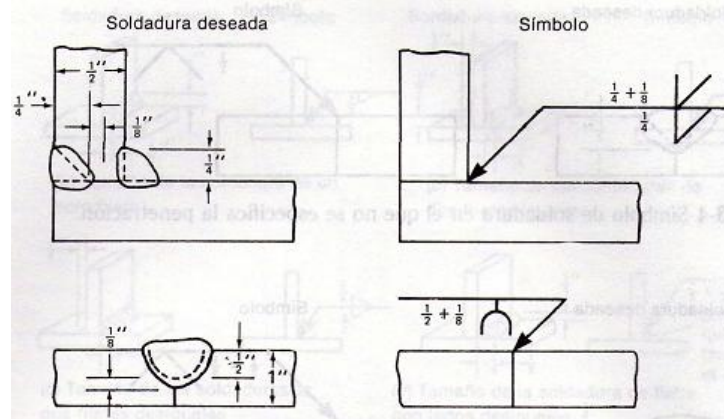


Fig.16 Símbolos de soldadura en los que se especifica las profundidad de las ranuras y la profundidad dela penetración.
 (Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.30, ed. Alfa Omega, 2008).

La dimensión de la ranura no se indica cuando:

1) La soldadura de una sola ranura se extiende completamente a través de las partes que se van a soldar. Si se desea el 100% de penetración se agrega, ya sea el símbolo de fundir a todo el espesor, o el de soldadura de respaldo,
 (Figura 17).

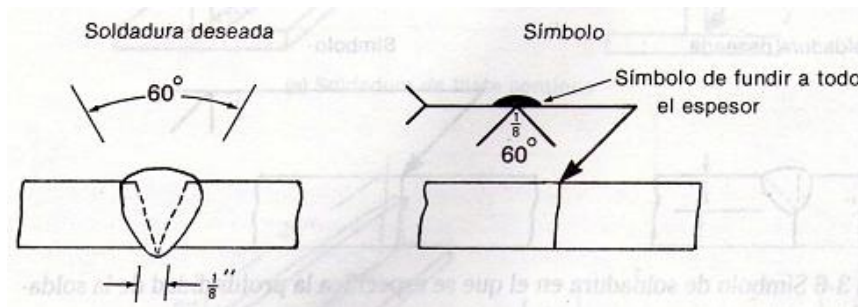


Fig. 17 Símbolo de soldadura en el que se especifica el 100% de penetración.
 (Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.32, ed. Alfa Omega, 2008).

2) Ambos lados de una soldadura de doble ranura son iguales, y la soldadura se extiende completamente a través de las partes que están uniendo, (Figura 18).

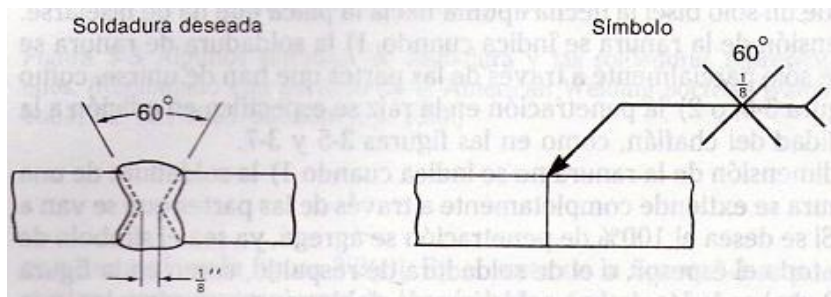


Fig. 18 Símbolo de la soldadura en el que se especifica una soldadura de doble ranura con ambas ranuras de las mismas dimensiones.
(Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.32, ed. Alfa Omega, 2008).

El tamaño de una soldadura de ranura con una curvatura se considera que se extiende solamente a los puntos de tangencia de los miembros, (Figura 19).

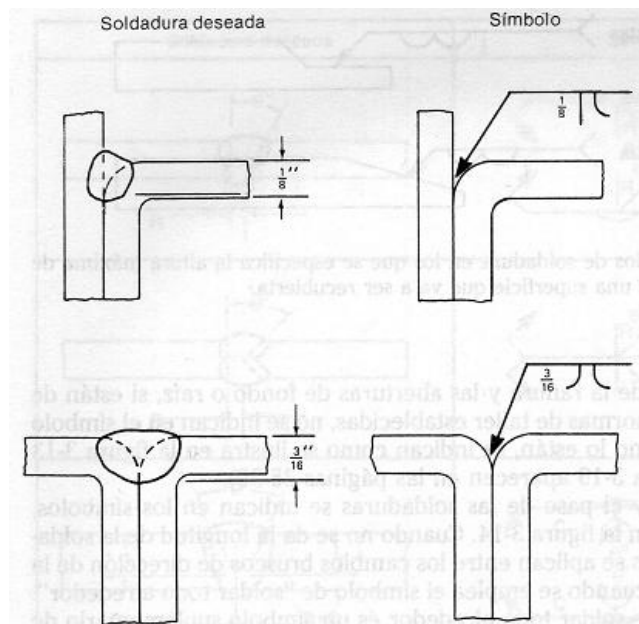


Fig. 19 Símbolo de soldadura en los que se especifica el tamaño de las soldaduras de ranura con acampanado.
(Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.33, ed. Alfa Omega, 2008).

Para las soldaduras de brida, se indican el radio y la altura arriba del punto de tangencia, así como el tamaño. Las dimensiones del radio y la altura se separan “más”, (Figura 20).

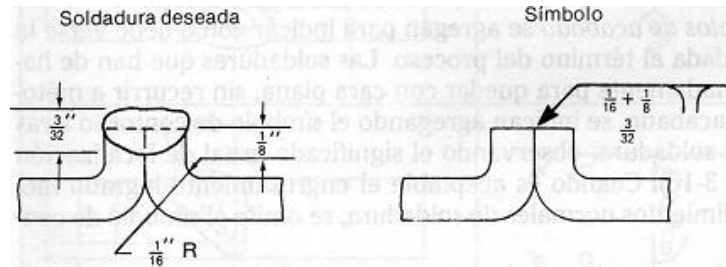


Fig. 20 Símbolo de la soldadura en el que se especifica una soldadura de brida con radio y altura de la soldadura sobre el unto de tangencia.
(Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.33, ed. Alfa Omega, 2008).

El tamaño de una soldadura de recubrimiento superficial se indica a la izquierda del símbolo de soldadura, y da la altura mínima del recubrimiento que ha de formarse. (La longitud y el ancho de la superficie por cubrir se señalan mediante dimensiones específicas anotadas), (Figura 21).

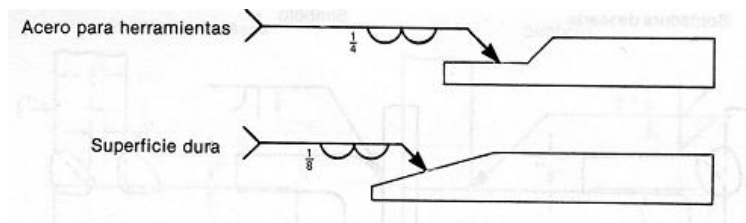


Fig. 21 Símbolos de soldadura en los que se especifica la altura máxima de engruesamiento de una superficie que va a ser recubierta.
(Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.34, ed. Alfa Omega, 2008).

Los ángulos de ranuras y las aberturas de fondo o raíz se indican como en la siguiente ilustración, (Figura 22):

Soldadura deseada	Símbolo	Soldadura deseada	Símbolo

Fig. 22 Como especificar ángulos de ranura y aberturas en la raíz que no son estándares en el taller en donde ha de hacerse la soldadura. En las juntas de ranura, la cara de la raíz (dimensión de tierra, L) es la que se especifica a veces en vez del chaflán (C). La raíz la abertura y el ángulo pueden omitirse si sin conceptos de norma para el usuario.

(Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.35, ed. Alfa Omega, 2008).

La longitud y el paso de las soldaduras se indican en los símbolos como se ilustra a continuación, (Figura 23):

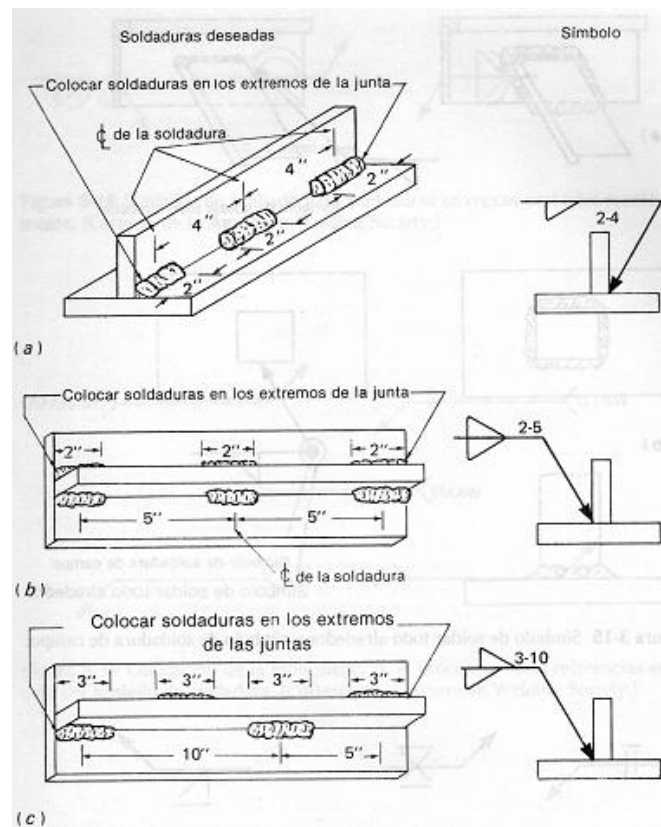


Fig. 23 Símbolos de soldadura en los que se especifican la longitud y el paso de las soldaduras: a) soldadura intermitente; b) soldadura intermitente de cadena; c) soldadura intermitente escalonada.
(Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.37, ed. Alfa Omega, 2008).

Cuando no se da la longitud de la soldadura, los símbolos se aplican entre los cambios bruscos de dirección de la misma, excepto cuando se emplea el símbolo de "soldar todo alrededor".

El símbolo de soldar todo alrededor es un símbolo suplementario de soldadura que se emplea para indicar que una soldadura se extiende completamente alrededor de una junta, su uso se ilustra en la siguiente figura, (Figura 24):

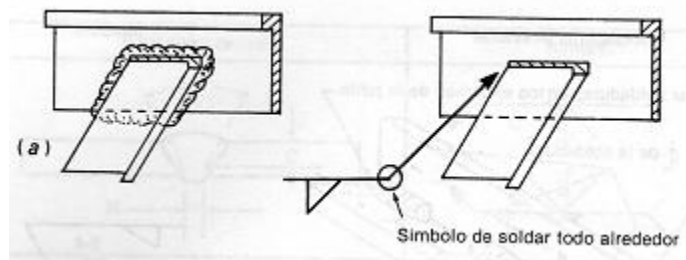


Fig. 24 Símbolo de soldar todo alrededor.
 (Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.38, ed. Alfa Omega, 2008).

El símbolo de soldadura de campo se emplea también como símbolo suplementario, y sirve para indicar las soldaduras que no deben hacerse en el taller o sitio inicial de construcción, como se ve en la siguiente ilustración, (Figura 25):

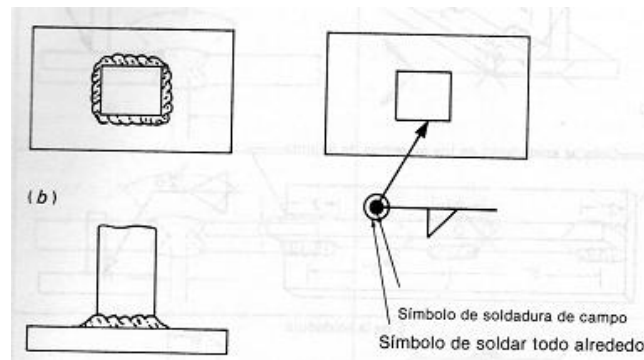


Fig. 25 Símbolo de soldar todo alrededor y símbolo de soldadura de campo.
 (Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.38, ed. Alfa Omega, 2008).

Los símbolos de acabado se agregan como debe verse la superficie soldada al término del proceso. Las soldaduras que han de hacerse aproximadamente para quedar con cara plana, sin recurrir a método alguno de acabado, se indican agregando el símbolo de contorno a ras al símbolo de soldadura, observando el significado usual de localización, (Figura 26).

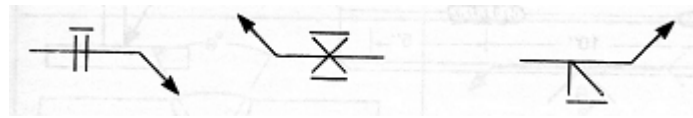


Fig. 26 Símbolos de acabado para soldaduras de cara plana sin recurrir al maquinado.
 (Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.38, ed. Alfa Omega, 2008).

Las soldaduras que han de hacerse con cara plana por medios mecánicos se indican agregando al símbolo de tipo de soldadura tanto el símbolo de contorno a ras como el símbolo estándar de acabado del usuario, observando el significado usual de localización, (Figura 27).

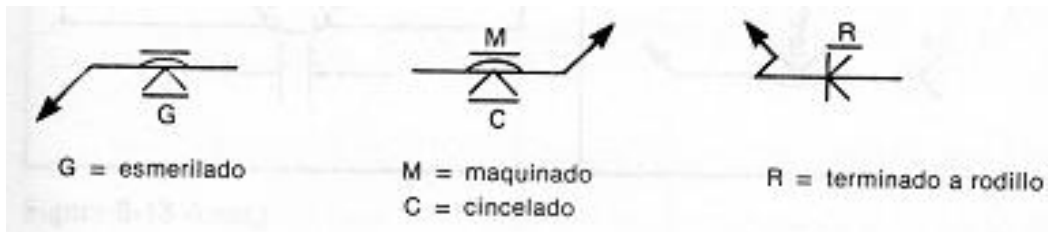


Fig.27 Símbolos de acabado para soldaduras acabadas mecánicamente, de cara plana.
 (Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.32, ed. Alfa Omega, 2008).

3.2- Símbolos básicos de soldadura.

Los símbolos básicos de soldadura son los siguientes, (Figura 27):

Filete	Tapón o ranura alargada	Puntos o resalto	Costura	De ranura						De respaldo	De recubrimiento superficial	De brida	
				Escuadrada	∨	Biselada	U	J	Acampañada			De bisel y acampañada	De orilla
△	□	○	⊕		∨	∇	U	J	∩	∩	∩	∩	∩

Fig. 27 Símbolos básicos de la soldadura
 (Welding Handbook, 6ª. Ed., 1968, sección 1, p. 1.6.).

La forma en que estos símbolos se utilizan en los dibujos y las soldaduras que indican se ilustra de la siguiente manera, (Figura 28 y 29):

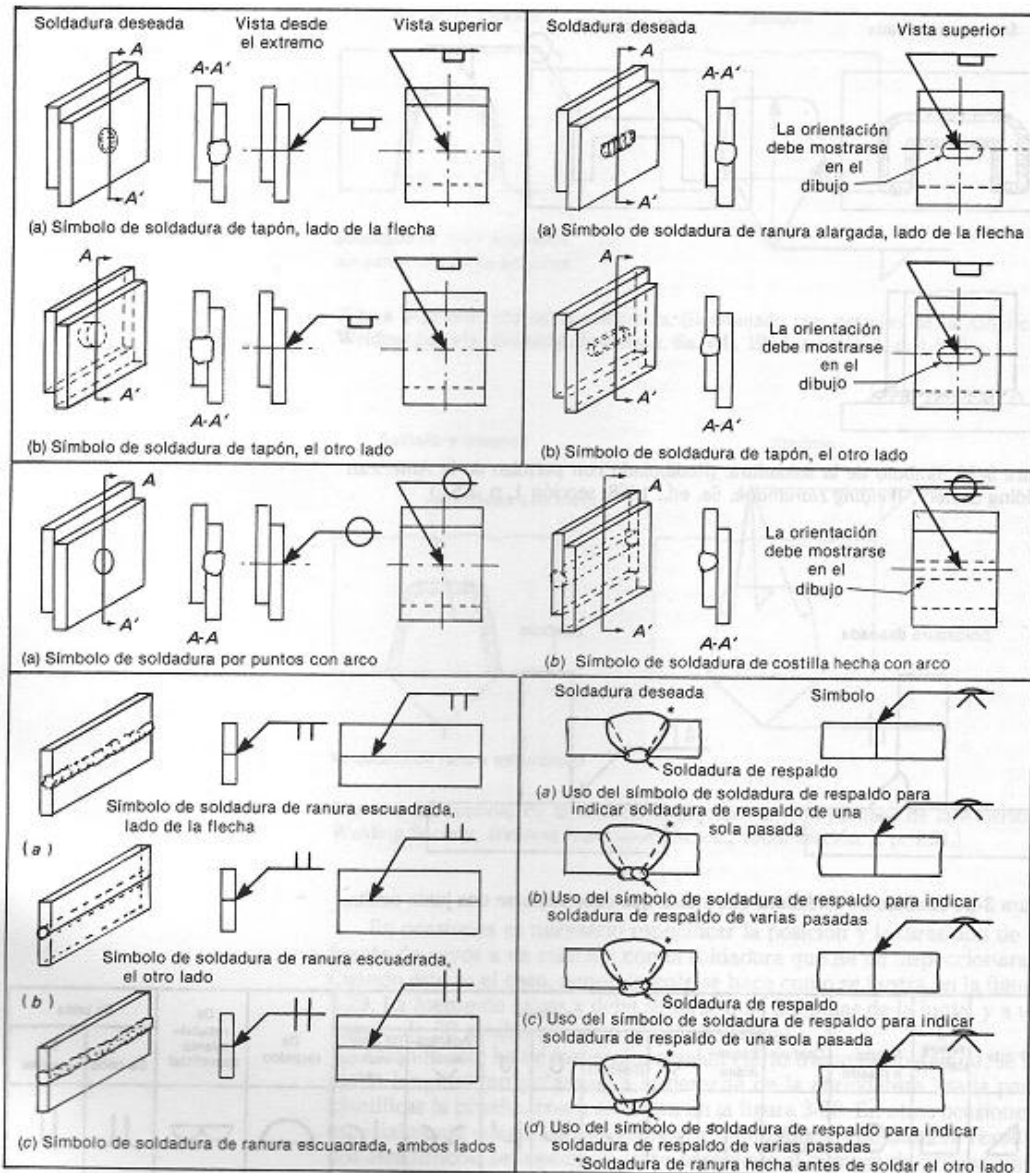


Fig. 28 Ejemplos de símbolos de soldaduras y las soldaduras que representan.

(Welding Handbook, 6ª. Ed., 1968, sección 1, págs. 1.45-1.49).

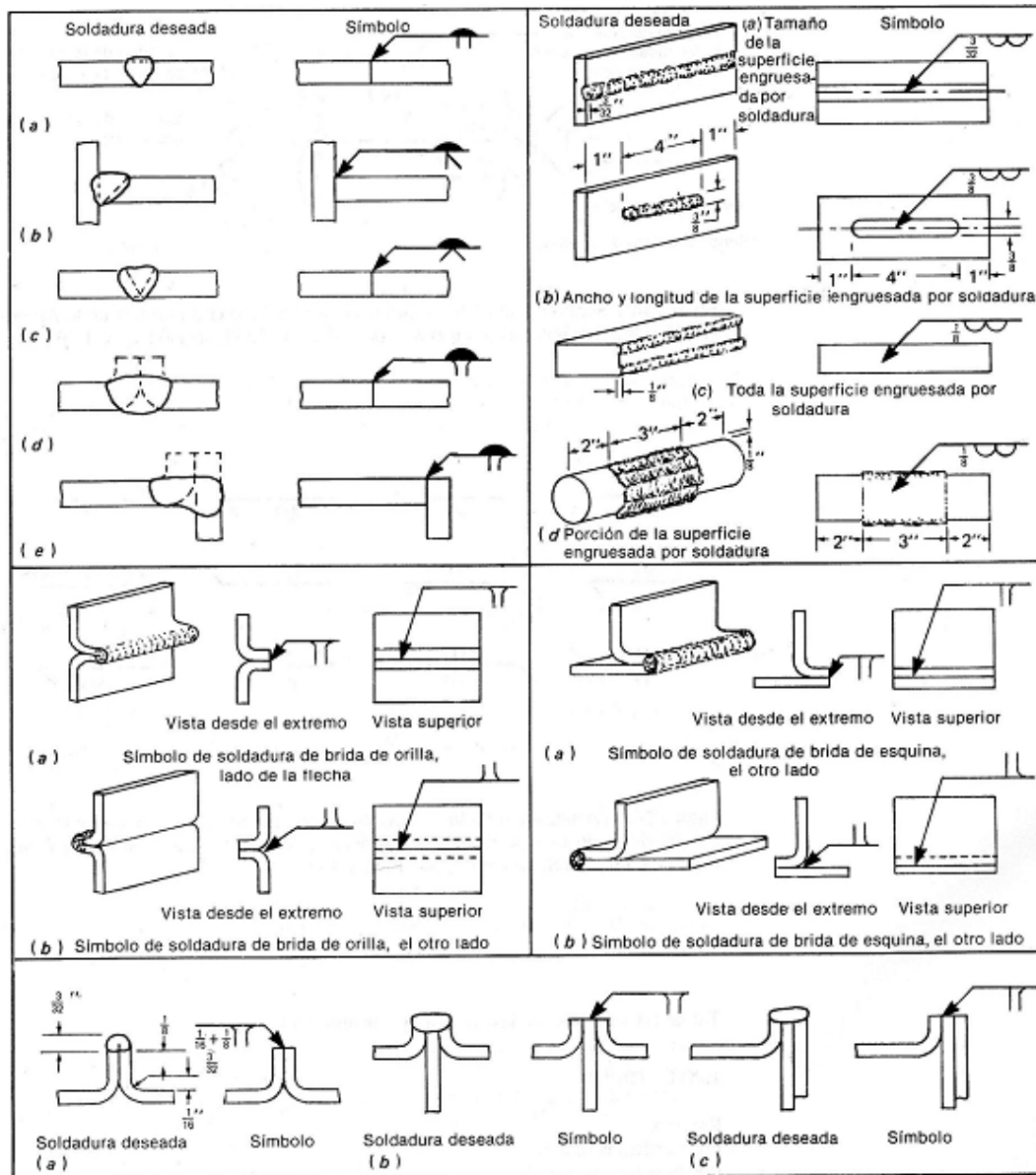


Fig. 29 Ejemplos de símbolos de soldaduras y las soldaduras que representan.
 (Welding Handbook, 6ª. Ed., 1968, sección 1, p. 1.45-1.49).

(Henry Horwits, 2008)

4- TIPOS DE SOLDADURA.

A continuación se realiza una descripción sobre los diferentes tipos de soldadura que se utilizan en el mercado, así como las variantes. Hasta las soldaduras más actuales y sofisticadas que se ocupan para los más específicos y exactos trabajos.

4.1- Soldadura por arco eléctrico.

De todos los procesos de soldadura, el de soldadura con arco es el que se aplica con más frecuencia. En esta soldadura el calor necesario para fundir el electrodo y el metal de la pieza de trabajo se genera por la resistencia (fricción) de ambos al paso de la electricidad (corriente).

Cuando pasa la electricidad por un alambre, el movimiento de la energía eléctrica en el alambre origina una fricción, y dicha fricción calienta el alambre.

Como el alambre se calienta como resultado de su resistencia al paso de la electricidad, es lógico deducir que cuanto mayor sea el flujo (corriente) de electricidad que pasa por un alambre de un diámetro dado, mayor será la fricción que resulte. El incremento de fricción dará así lugar a un incremento de calor.

(Horwits, 2008)

El sistema de soldadura por arco eléctrico es uno de los procesos por fusión para unir piezas metálicas. Mediante la aplicación de un calor intenso, el metal en la unión de dos piezas es fundido causando una mezcla de las dos partes fundidas entre sí, o en la mayoría de los casos, junto con un aporte metálico fundido. Luego del enfriamiento y solidificación del material fundido, se obtuvo mediante este sistema una unión mecánicamente resistente. Por lo general, la resistencia a la tensión y a la rotura del sector soldado es similar o mayor a la del metal base.

En este tipo de soldadura, el intenso calor necesario para fundir los metales es producido por un arco eléctrico. Este se forma entre las piezas a soldar y el electrodo, el cual es movido manualmente o mecánicamente a lo largo de la unión (puede darse el caso de un electrodo estacionario o fijo y que el movimiento se le imprima a las piezas a soldar).

El electrodo puede ser de diversos tipos de materiales. Independientemente de ello, el propósito es trasladar la corriente en forma puntual a la zona de soldadura y mantener el arco eléctrico entre su punta y la pieza.

El electrodo utilizado, según su tipo de naturaleza, puede ser consumible, fundiéndose y aportando metal de aporte a la unión. En otros casos, cuando el electrodo no se consume, el material de aporte deberá ser adicionado por separado en forma de varilla.

En la gran mayoría de los casos en que se requiera hacer soldaduras en hierros, aceros al carbono y aceros inoxidable, son de uso común los electrodos metálicos recubiertos.

(Pedro Claudio Rodríguez, 2001).

4.1.1- Circuito de la soldadura de arco.

Para establecer un circuito de soldadura debe contarse con una fuente de energía eléctrica. En la mayoría de los procesos de soldadura de arco, dicha fuente es la maquina de soldar. Se utilizan dos cables. Uno sirve para conectar el portaelectrodo a una de las terminales de la maquina, y por ello se le llama cable del electrodo o terminal del electrodo.

El otro cable conecta la prensilla o pinza de tierra a la otra terminal, y se conoce como cable de tierra o cable de la pieza de trabajo, (Figura 30).

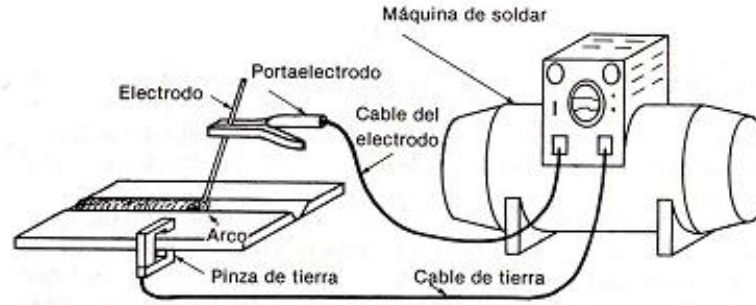


Fig.30 Elementos básicos de la soldadura de arco.
 (Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pags.104, editorial Alfa Omega, 2008).

Ambos cables deben ser del tamaño, longitud y el material adecuados para conducir la corriente requerida ofreciendo poca resistencia; de lo contrario, la energía se disipara, desperdiándose en forma de calor en el cable.

Una parte importante del circuito de soldadura es la conexión del cable del electrodo y del cable de tierra o de la pieza de trabajo. En la soldadura de corriente directa, los cables del electrodo y de tierra pueden conectarse en dos formas diferentes.

Una se conoce como conexión en Polaridad directa (PD), y la otra como conexión en polaridad invertida (PI). En la conexión PI, el cable de tierra o de la pieza de trabajo debe conectarse a la terminal negativa (-), y el cable del electrodo a la terminal positiva (+). En la conexión PD, el cable de tierra o, de la pieza de trabajo, debe conectarse a la terminal positiva (+), y el cable del electrodo a la terminal negativa (-).

En algunas maquinas de soldar, la polaridad puede cambiarse por medio de un interruptor selector de polaridad instalado para tal objeto. En otras maquinas el soldador tiene que desconectar ambos cables, el del electrodo y el de la tierra, y reconectarlos a las terminales opuestas.

En la soldadura con corriente alterna, solo hay una forma de conectar a las terminales el cable de tierra, o de la pieza de trabajo, y el cable de electrodo.

La UNION CARBIDE CORPORATION, en su manual de soldadura eléctrica (Welding power handbook), menciona que “las soldadoras de arco para corriente alternas son iguales a las soldadoras para corriente directa, (Figura 31) con la excepción de que tienen dos mitades. Una para cada medio ciclo de la corriente alterna”.

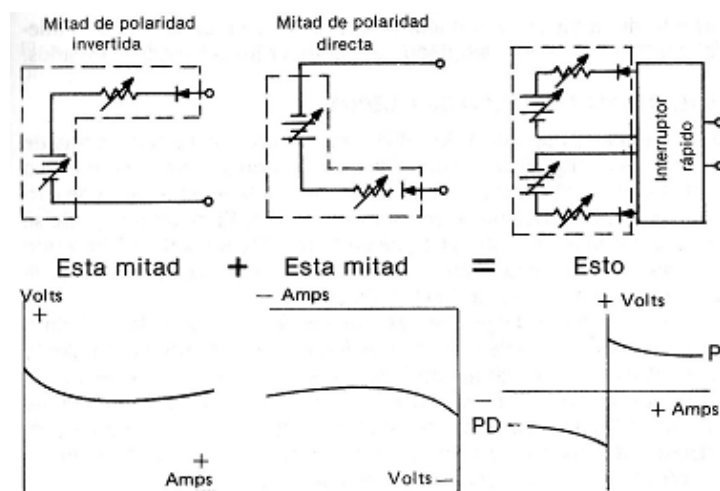


Fig. 31 Esquema simplificado de una fuente de poder para soldadura de arco. (Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.105, editorial Alfa Omega, 2008).

Se vera que un arco de corriente alterna se comporta como un arco de corriente directa y polaridad invertida durante medio ciclo, y a continuación como un arco de corriente directa y polaridad directa durante el otro medio ciclo.

Independientemente del tipo de conexión que utilice, el soldador, hace que pase la corriente eléctrica tocando con la punta del electrodo la pieza de trabajo, y estableciendo un arco. La corriente deja de pasar en el momento en que se separa la punta del electrodo de la pieza de trabajo e interrumpe el circuito.

Si el soldador cierra el circuito tocando con el electrodo la pieza de trabajo, manteniéndolo en contacto directo, el electrodo se pondrá al rojo.

La resistencia al paso de la electricidad por el electrodo, que es de sección transversal pequeña y mal conductor, ocasiona este calentamiento.

Manteniendo el electrodo aplicado contra la pieza de trabajo, generalmente se genera el calor suficiente para que se fundan los dos (y a veces para fundir el electrodo hasta el porta electrodo). Si la pieza de trabajo es delgada y ligera, también se pondrá muy caliente, por sus dimensiones reducidas ofrecerá gran resistencia de la corriente.

(Horwits, 2008)

4.1.2- Clasificación de los equipos de soldadura por arco.

1. Equipo de Corriente Alterna (CA).
2. Equipo de Corriente Continua (CC).
3. Equipo de Corriente Alterna y Corriente Continua combinadas.

Ahora detallaremos uno por uno los equipos enunciados previamente.

1. Equipo de Corriente Alterna: Consisten en un transformador.

Transforman la tensión de red o de suministro (que es de 110 ó 220 Volt en líneas monofásicas, y de 380 Volt entre fases de alimentación trifásica) en una tensión menor con alta corriente. Esto se realiza internamente, a través de un bobinado primario y otro secundario devanados sobre un núcleo o reactor ferromagnético con entrehierro regulable.

2. Equipo de Corriente Continua: Se clasifican en dos tipos básicos:

Los generadores y los rectificadores. En los generadores, la corriente se produce por la rotación de una armadura (inducido) dentro de un campo

eléctrico. Esta corriente alterna trifásica inducida es captada por escobillas de carbón, rectificándola y convirtiéndola en corriente continua. Los rectificadores son equipos que poseen un transformador y un puente rectificador de corriente a su salida.

3. Equipo de Corriente Alterna y Corriente Continua: Consisten en equipos capaces de poder proporcionar tanto CA como CC. Estos equipos resultan útiles para realizar todo tipo de soldaduras, pero en especial para las del tipo TIG ó GTAW.

(Pedro Claudio Rodríguez, 2001).

4.1.3- El arco eléctrico.

El aire seco es un mal conductor de la electricidad; casi puede clasificarse como no conductor. La electricidad no se trasmite en realidad a través del aire. Pero bajo ciertas condiciones salta en un entrehierro, formando un arco. La corriente de soldadura que pasa a través de este entrehierro de aire de alta resistencia genera un calor muy intenso en el arco, el cual puede ser de 6000 a 1000 °F.

Como resultado, el metal de base se funde en el punto en el que lo toca el arco, y el electrodo se funde (y se convierte en metal de aporte) en el punto en que el arco toca la punta del electrodo. Para aumentar el arco estable y consistente, se incorporan ciertas substancias químicas en los recubrimientos de los electrodos, las que ayudan a contener y dirigir el arco, sirviendo también para proteger el metal de aporte fundido del contacto con el aire mientras aquel pasa a través del arco.

El punto que debe entenderse aquí es que la resistencia que existe en el espacio de un arco eléctrico crea el calor que el soldador utiliza para fundir el metal. La maquina de soldar, o fuente de energía, puede ajustarse para entregar esta, en la cantidad y tipos correctos, al extremo del electrodo. El

operador de la maquina de soldar debe dirigir el arco al punto correcto de la pieza de trabajo, mantener el arco de la longitud adecuada, y moverlo al paso apropiado para obtener los resultados deseados.

(Horwits, 2008).

4.2- Tipos de soldadura con arco

4.2.1- Soldadura con arco de carbón.

La soldadura con arco de carbón es una de las formas más antiguas de soldar. En este método se establece un arco entre el electrodo de carbón y el metal de base, o bien, en el arco de carbones gemelos, entre los electrodos de carbón.

Entre los dos electrodos de carbón. El metal de aporte se alimenta, generalmente con la ayuda de una fuente, al posillo o charquito de soldadura, prácticamente en que la misma forma en que se hace con la soldadura oxiacetilénica, (Figura 32).

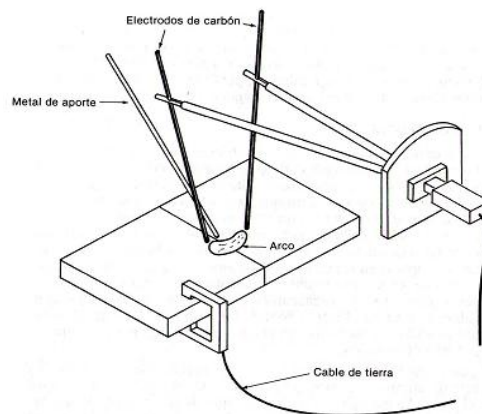


Fig. 32 Disposición de los elementos para soldadura de arco con carbones gemelos.

(Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.106, editorial Alfa Omega, 2008).

Uno de los principales problemas con los que se tropieza la soldadura de arco de carbón es la estabilización del arco. El uso del fundente ayuda en este

problema, como también ayuda la polaridad invertida en el método de un solo electrodo de carbón, sin embargo, el mejor método de estabilización del arco consiste en incluir un solenoide en uno de los porta electrodos de carbón.

La fuerza magnética de solenoide ayuda a comprimir el arco y a conservar la punta soldadora. Con el desarrollo de otros métodos más eficientes para la soldadura de arco, el arco de carbón a caído en desuso. No obstante, con frecuencia se combina un dispositivo de arco de un solo carbón con una línea de aire a alta presión, para lograr lo que se conoce como el método de corte con arco de carbón y aire.

El intenso calor del arco funde el metal y el aire lo dispersa con su soplo produciendo el corte. De hecho en la actualidad la mayor utilización del arco de carbón tiene lugar en operación de corte o de ranurado tipo Gubia.

(Horwits, 2008).

4.2.2- Soldadura con arco metálico protegido.

El proceso principal de soldadura sigue siendo en todo el mundo la soldadura por arco metálico protegido, con electrodo revestido de fundente al igual que en los otros procesos eléctricos se utiliza el calor del arco para llevar la pieza de trabajo y un electrodo consumible al estado de fusión. El circuito se establece ordinariamente como se muestra, (Figura 33):

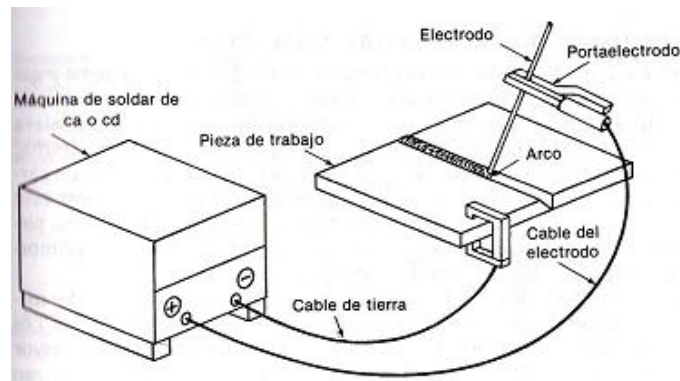


Fig. 33 Disposición de elementos básicos para soldadura de arco metálico protegido.

(Soldadura aplicaciones y practica, Henry Horwits, P.E., pag.107, editorial Alfa Omega, 2008).

En este proceso, el arco acarrea en realidad pequeñísimos glóbulos de metal fundido, procedentes de la punta del electrodo, hacia la zona fundida que se forma sobre la superficie de la pieza de trabajo. El principio clave de este proceso es, sin embargo, la protección, la cual se obtiene con la descomposición del recubrimiento del electrodo en el arco. El recubrimiento desempeña una o las tres funciones siguientes:

- 1-La creación de una atmosfera inerte que protege el metal fundido del contacto con el oxígeno y el nitrógeno (u otros contaminantes del aire).
- 2-La adición de desoxidantes o limpiadores para refinar la estructura del metal de la soldadura.
- 3-La formación de una película de escoria de endurecimiento rápido que protege la zona fundida de soldadura.

Se han desarrollado diversos electrodos y recubrimientos para atacar ciertos problemas específicos de la soldadura. Por tanto, por lo que le toca al soldador, la soldadura de arco metálico protegido consiste en seleccionar el electrodo

correcto, ajustar su maquina al amperaje adecuado, establecer y manejar el arco, y poder soldar en la posición apropiada para el trabajo.

La soldadura de arco metálico con núcleo de fundentes es una versión especializada de este proceso en la cual el electrodo es un alambre hueco relleno de fundente alimentado de forma continua. La composición y la función del fundente son, en esencia, la misma que en el caso del electrodo recubierto. La ventaja de este proceso radica en su adaptabilidad a los métodos de aplicación semiautomático y automático.

(Horwits, 2008).

La soldadura de arco blindada del metal (SMAW) es un proceso que derrite y ensambla los metales calentándolos con un arco establecido entre un electrodo cubierto y los metales. A menudo se llama soldadura del palillo. El sostenedor del electrodo está conectado a través de un cable de la soldadura con un terminal de la fuente de energía y el objeto está conectado a través de un segundo cable con el otro terminal de la fuente de energía. La base del electrodo cubierto, el alambre de la base, conduce la corriente eléctrica al arco y proporciona el metal de relleno para el empalme.

Para el contacto eléctrico, los 1.5 centímetros superior del alambre de la base son pelados y sostenidos por el sostenedor del electrodo. El sostenedor del electrodo es esencialmente una abrazadera del metal con una cáscara exterior eléctricamente aislada para que el soldador sostenga con seguridad. El calor del arco causa el alambre de la base y la cubierta del flujo en la extremidad del electrodo al derretimiento apagado como gotitas. El metal fundido recoge en la piscina de la autógena y solidifica en el metal de la autógena.

El flujo fundido más ligero, por otra parte, flota en la superficie de la piscina y solidifica en una capa de la escoria en la tapa del metal de la autógena.

(Sindo Kou, A JOHN WILEY & SONS, 2003).

4.2.2.1- Equipo básico de soldadura con arco metálico protegido.

En la soldadura, la relación entre la tensión o voltaje aplicado y la corriente circulante es de suma importancia. Se tienen dos tensiones.

Una es la tensión en vacío (sin soldar), la que normalmente está entre 70 a 80 Volt. La otra es la tensión bajo carga (soldando), la cual puede poseer valores entre 15 a 40 Volt. Los valores de tensión y de corriente variarán en función de la longitud del arco. A mayor distancia, menor corriente y mayor tensión, y a menor distancia, mayor corriente con tensión más reducida.

El arco se produce cuando la corriente eléctrica entre los dos electrodos circula a través de una columna de gas ionizado llamado “plasma”.

La circulación de corriente se produce cumpliendo el mismo principio que en los semiconductores, produciéndose una corriente de electrones (cargas negativas) y una contracorriente de huecos (cargas positivas). El “plasma” es una mezcla de átomos de gases neutros y excitados.

En la columna central del “plasma”, los electrones, iones y átomos se encuentran en un movimiento acelerado, chocando entre sí en forma constante. La parte central de la columna de “plasma” es la más caliente, ya que el movimiento es muy intenso. La parte externa es mas fría, y está conformada por la recombinación de moléculas de gas que fueron disociadas en la parte central de la columna.

Los primeros equipos para soldadura por arco eran del tipo de corriente constante. Han sido utilizados durante mucho tiempo, y aún se utilizan para Soldadura con Metal y Arco Protegido (SMAW siglas del inglés Shielded Metal Arc Welding), y en Soldadura de Arco de Tungsteno con Gas (GTAW siglas del inglés Gas-Tungsten Arc Welding), (Figura 34) porque en estos procesos es muy importante tener una corriente estable.

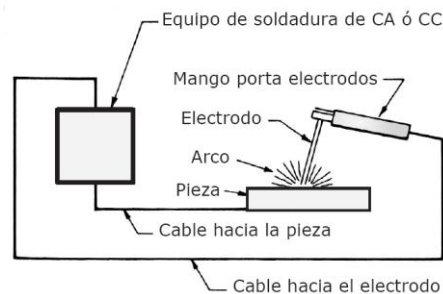


Fig. 34 Circuito básico para soldar por arco eléctrico.
(Manual de soldadura eléctrica, mig y tig, Pedro Claudio Rodríguez, editorial Alsina, pagina 16, año 2001).

Es importante en el momento de decidirse por un equipo de soldadura, tener en cuenta una serie de factores importantes para su elección.

Uno de dichos factores es la corriente de salida máxima, la que estará ligada al diámetro máximo de electrodo a utilizar. Con electrodos de poco diámetro, se requerirá de menor amperaje (corriente) que con electrodos de mayor diámetro.

Una vez elegido el diámetro máximo de electrodo, se debe tener en cuenta el Ciclo de Trabajo para el cual fue diseñado el equipo. Por ejemplo, un equipo que posee un ciclo de trabajo del 30 % nos está indicando que si se opera a máxima corriente, en un lapso de 10 minutos, el mismo trabajará en forma Continua durante 3 minutos y deberá descansar los 7 minutos restantes. En la industria, el ciclo de trabajo más habitual es de 60 %.

4.2.2.2- Soldadura con arco metálico protegido.

Antes de iniciar el arco eléctrico, debe conocer que sucederá en la punta del electrodo. Se generará una temperatura del orden de los 3,300 a 5,550 °C entre el electrodo y la pieza a soldar. El “flux” o fundente del revestimiento se calentará transformándose en sales fundidas y en vapor. Estas protegerán al metal fundido de la acción de la atmósfera.

De allí el nombre de SMAW proveniente de las siglas en inglés. El gas de protección generado evita la acción de los gases de la atmósfera sobre la soldadura, los que habitualmente causarían incorporación de hidrógeno y porosidad entre otros defectos. Una vez que el metal fundido se solidificó, la escoria también lo hará formando una cascarilla por encima de la soldadura.

Esta se podrá retirar con la ayuda de un pequeño martillo con sus terminaciones en punta llamado piqueta. Se deberá tener muy en cuenta lo siguiente. Donde se apunte o apoye la varilla de soldadura es donde irá el metal fundido. El calor junto con el metal fundido saldrá del electrodo dirigido hacia la pieza en forma de “spray”. Por ello, el electrodo se deberá dirigir donde se desea aportar metal, manteniendo a su vez el arco. La soldadura con arco protegido (SMAW) es un tipo de soldadura de uso muy común. Si bien no resulta difícil de ejecutar, requiere de mucha paciencia y práctica para poder adquirir la pericia necesaria.

En una gran parte, los resultados obtenidos dependerán de la habilidad del soldador para controlar y llevar a cabo el proceso de soldadura. La calidad de una soldadura, además, dependerá de los conocimientos que este posea. La pericia solo se obtiene con la práctica.

Hay seis factores importantes a tener en cuenta. Los dos primeros están relacionados con la posición y la protección del operario, y los cuatro restantes con el proceso de soldadura en sí. Los mismos están detallados a continuación, a saber:

- Posición correcta para ejecutar la soldadura.
- Protección facial (se debe usar máscara o casco).
- Longitud del arco eléctrico.
- Ángulo del electrodo respecto a la pieza.
- Velocidad de avance.
- Corriente eléctrica aplicada (amperaje).

Cuando se menciona que el soldador esté en la posición correcta, nos referimos a que se deberá estar en una posición estable y cómoda, preferentemente de pie y con libertad de movimientos. La metodología indica que los pasos correctos a seguir a manera de práctica son los detallados a continuación:

1. Colocar el electrodo en el porta electrodo.
2. Tomar el mango porta electrodo con la mano derecha en una posición cómoda.
3. Sujetarse la muñeca derecha con la mano izquierda
4. Apoyar el codo izquierdo sobre el banco de soldadura.
5. Alinear el electrodo con el metal a soldar.
6. Usar el codo izquierdo como pivote y practicar el movimiento del electrodo a lo largo de la unión a soldar.

Para formar el arco eléctrico entre la punta del electrodo y la pieza se utilizan dos métodos, el de raspado o rayado y el de golpeado.

El de rayado consiste en raspar el electrodo contra la pieza metálica ya conectada al potencial eléctrico del equipo de soldadura (pinza de tierra conectada). El método de golpeado es, como lo indica su denominación, dar golpes suaves con la punta del electrodo sobre la pieza en sentido vertical.

En ambos casos, se formará el arco cuando al bajar el electrodo contra la pieza, se produzca un destello lumínico. Una vez conseguido el arco, deberá alejarse el electrodo de la pieza unos 6 mm para así poder mantenerlo. Luego disminuir la distancia a 3 mm (distancia correcta para soldar) y realizar la soldadura. Si el electrodo no se aleja lo suficiente, se fundirá con la pieza, quedando pegado a ella.

Ahora explicaremos como realizar costuras, ya que resultan básicas e imprescindibles en la mayor parte de las operaciones de soldadura. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Ubicar firmemente las piezas a soldar en la posición correcta.
2. Tener a mano varios electrodos para soldar. Colocar uno en el porta electrodo.
3. Colocarse la ropa y el equipo de protección.
4. Regular el amperaje correcto en el equipo de soldadura y encenderlo.
5. Ubicarse en la posición de soldadura correcta e inicie el arco.
6. Mover el electrodo en una dirección manteniendo el ángulo y la distancia a la pieza.
7. Se notará que conforme avance la soldadura, el electrodo se irá consumiendo, acortándose su longitud. Para compensarlo, se deberá ir bajando en forma paulatina la mano que sostenga el porta electrodo, manteniendo la distancia a la pieza.

8. Tratar de mantener una velocidad de traslación uniforme. Si se avanza muy rápido, se tendrá una soldadura estrecha. Si se avanza muy lento, se depositará demasiado material.

(Pedro Claudio Rodríguez, 2001).

4.2.3- Soldadura con arco metálico y gas (GMAW).

El proceso GMAW (También conocido como MIG en inglés, o con metal y gas inerte) es, en esencia, un proceso de corriente directa con polaridad invertida, en el cual el electrodo consumible, sólido y desnudo, es protegido por medio de una atmósfera protectora proporcionada en forma externa, en general el bióxido de carbono de mezclas de argón y bióxido de carbono, y de gases con base de helio.

Existen dos medios para aplicar este proceso. Un método para todas las posiciones, en el que se utiliza una pistola movida a mano, y otro de cabeza automática, que se utiliza primordialmente para la soldadura en posición plana.

La transferencia del metal por el proceso MIG se logra por uno de dos métodos: el método del arco de rocío y el método del corto circuito (Figura 35).



Fig.35 Métodos de transferencia del metal en la soldadura de arco metálico y gas.

(American Society for Metals, 1971).

Los electrodos que se emplean en el método de arco de roció son de mayor diámetro, 0,045 a 0,125 pulg. contra 0,020 a 0,45 pulg., en los que se utilizan en el método del corto circuito; el arco esta establecido todo el tiempo. Por esta razón, el método del arco de roció produce un deposito pesado de metal de aporte.

Por tanto debe registrarse este método a la soldadura de una sola pasada o a la de varias pasadas en posición plana u horizontal y en conjunto soldados de 1/8 de pulgada de espesor o mas gruesos. El método del corto circuito es excepcionalmente adecuado para soldar secciones delgadas en cualquier posición de aplicación.

La soldadura de arco protegido con fundente es una variante de este proceso, en la cual se utiliza un electrodo recubierto de fundente alimentado en forma continua, a la vez en que una protección de bióxido de carbono. Esta doble protección permite lograr soldaduras más seguras y resistentes en las aplicaciones semiautomáticas y automáticas.

(Horwits, 2008).

4.2.3.1- Equipo básico de soldadura con arco metálico y gas (GMAW).

El equipamiento básico para GMAW consta de (Figura 36):

- Equipo para soldadura por arco con sus cables.
- Suministro de gas inerte para la protección de la soldadura con sus respectivas mangueras.
- Mecanismo de alimentación automática de electrodo continuo.
- Electrodo continuo.
- Pistola o antorcha para soldadura, con sus mangueras y cables.

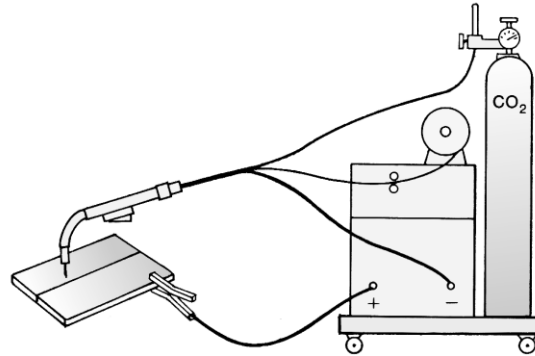


Fig.36 Esquema básico de un equipo para soldadura MIG.
(Manual de soldadura eléctrica, Mig y Tig, Pedro Claudio Rodríguez, editorial Alsina, pagina 56, año 2001).

La principal ventaja de este sistema radica en la rapidez. Raramente, con el sistema MIG, es necesario detener el proceso de soldadura como ocurre con el sistema de arco protegido y TIG.

Otras de las ventajas son: la limpieza lograda en la soldadura (la mayor de todos los sistemas de soldadura por arco), la gran velocidad y, en caso de trabajar con electrodo desnudo, la ausencia total de escoria.

La pistola se posicionará sobre la zona a soldar con un ángulo similar al que se emplearía con un electrodo revestido de soldadura por arco protegido. La distancia a la que deberá quedar la pistola de la superficie a soldar deberá ser la misma que la del diámetro de la boquilla de la pistola. El electrodo deberá sobresalir de la boquilla aproximadamente unos 6 milímetros. Este se alimentará en forma continua desde un rollo externo, o bien desde uno ubicado en la misma pistola.

En las pistolas con alimentación externa, están las de empuje y las de tracción.

En las de empuje, el electrodo es empujado desde el alimentador y la pistola solo posiciona al mismo a través de sus sistemas de guiado interno, dentro de la misma. En las de tracción, varían respecto a las anteriores en que el avance del electrodo se logra por el traccionamiento de un mecanismo interno en la pistola.

En las pistolas con alimentación interna, el principio de funcionamiento es similar al de las pistolas por tracción, con la salvedad de que el electrodo continuo se encuentra dentro de la misma carcasa de la pistola, (Figura 37).

Este tipo de mecanismo resulta de utilidad para soldar en lugares reducidos en los que no se puede trasladar todo el equipo.

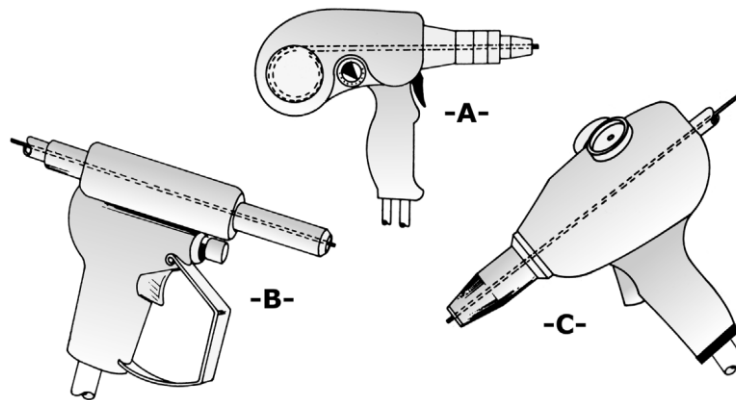


Fig.37 Ilustraciones de los tipos de pistolas para soldadura MIG.
(Manual de soldadura eléctrica, MIG y TIG, Pedro Claudio Rodríguez, editorial Alsina, pagina 58, año 2001).

4.2.3.2- Soldadura con arco metálico y gas (GMAW).

Una vez detallados los aspectos fundamentales del proceso MIG, trataremos de producir buenas soldaduras. Ante todo, se deberán poseer los elementos de seguridad necesarios, tanto para la seguridad del operario como para extinguir cualquier posible foco de incendio en el local de trabajo. Este sistema genera muchas chispas y humo, por lo que será indispensable contar con buena

ventilación y mantener alejado todo tipo de material combustible de la zona de trabajo.

El operario, además de usar el casco con lentes de protección, deberá tener el cuerpo cubierto y protegido con ropas apropiadas abotonadas hasta el cuello.

Los equipos para soldadura MIG poseen regulaciones de velocidad de avance de electrodo, de temperatura (mediante ajuste de tensión y corriente) y de fluido de gas protector. Dichas variables deberán ser ensayadas y tenidas en cuenta para realizar el ajuste del equipo, previo al trabajo de soldadura.

Esos ajustes variarán sustancialmente según el tipo de labor a realizar (material, espesor, aporte, posición, etc.). A continuación, se da un detalle de los pasos a seguir para soldar con MIG.

1. Encender el sistema de refrigeración (si se dispone).
2. Regular la velocidad de avance del electrodo.
3. Oprimir el gatillo de la pistola hasta que sobresalgan 6 mm de electrodo de la boquilla. En caso de sobrepasar dicha medida, cortar el excedente con un alicate.
4. Abrir el cilindro de gas protector.
5. Oprimir el gatillo de la pistola para purgar el aire de las mangueras y ajustar el fluxómetro al valor deseado.
6. Graduar el voltaje del equipo, corriente, etc. según el tipo y espesor de metal a unir.
7. Utilizar el método de rayado o raspado para iniciar el arco.
8. Para extinguir el arco, separar la pistola del metal o bien soltar y volver a pulsar el gatillo.
9. Si el electrodo se pega al metal, soltar el gatillo y cortar el electrodo con alicate.

10. Si se desea realizar un cordón o una costura, se deberá calentar el metal formando una zona incandescente, y luego mover la pistola a lo largo de la unión a una velocidad uniforme para producir una soldadura lisa y pareja.

11. Mantener el electrodo en el borde delantero de la zona de metal fundido, conforme al avance de la soldadura.

12. El ángulo que forme la pistola con la vertical es muy importante. Este deberá ser de no más de 5° a 10° . De no ser así, el gas no protegerá la zona de metal fundido.

(Pedro Claudio Rodríguez, 2001).

4.3- Soldadura con arco de Tungsteno y gas (GTAW).

El proceso GTAW (También conocido como TIG, con tungsteno y gas inerte) es un proceso de arco que utiliza un electrodo de tungsteno prácticamente inconsumible y una atmosfera protectora de gas inerte (Figura 38) suministrada en forma externa, generalmente de helio, argón o una mezcla de ambos.

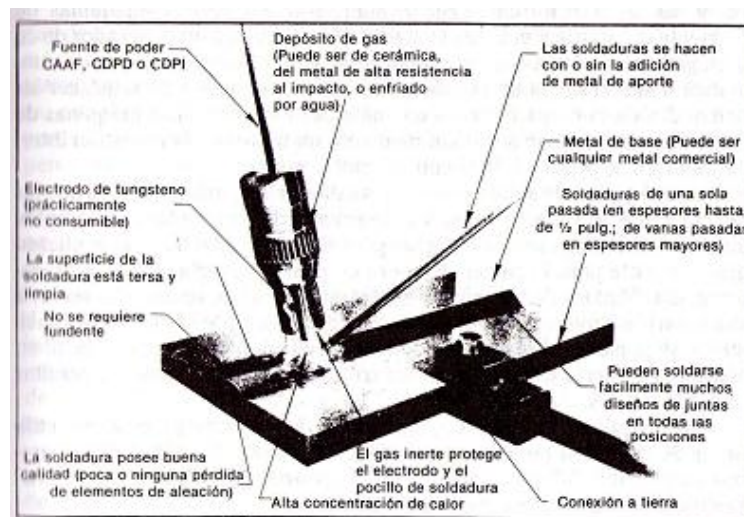


Fig.38 Elementos y aspectos esenciales del proceso de soldadura TIG
"Union Carbide Corporation, How to do TIG (Hearlic), welding F-1607-D 5/70, p.

Las técnicas de manipulación necesaria para soldar con este proceso son similares a las que se requiere para la soldadura con gas combustible: se usa una mano para manipular el soporte y la otra para alimentar el metal de aporte.

La alta densidad de corriente eléctrica producida por este proceso hace posible soldar a mayores velocidades, y obtener mayor penetración, que con la soldadura a gas combustible o con la de arco metálico protegido.

Pueden hacerse soldaduras de calidad excepcional con este proceso pero todo depende del ajuste del equipo y de la apropiada preparación del metal de base (limpieza). Este proceso puede ser manual, semiautomático o automático. (Horwits, 2008).

4.3.1- Equipo básico de soldadura con arco de Tungsteno y gas (GTAW).

El equipamiento básico necesario para ejecutar este tipo de soldadura está conformado por (Figura 39):

1. Un equipo para soldadura por arco con sus cables respectivos.
2. Provisión de un gas inerte, mediante un sistema de mangueras y reguladores de presión.
3. Provisión de agua (solo para algunos tipos de sopletes).
4. Soplete para soldadura TIG. Puede poseer un interruptor de control desde el cual se comanda el suministro de gas inerte, el de agua y el de energía eléctrica.

En la figura de abajo, se observa un esquema de un equipo básico de GTAW, en el cual se ilustra la alimentación y salida de suministro de agua. Este esquema, en algunos casos, puede darse sin el suministro de agua correspondiente. El mismo es utilizado como método de refrigeración.

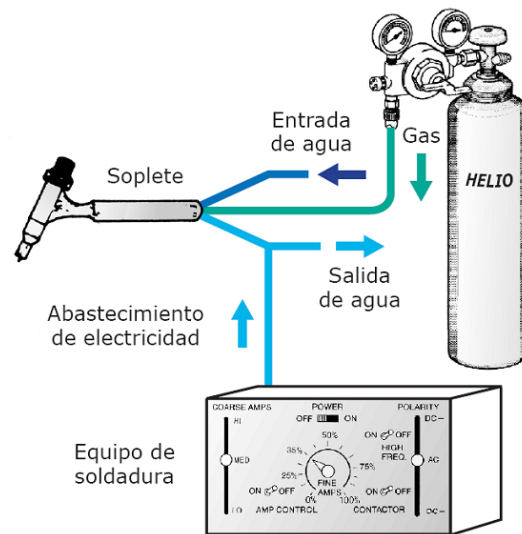


Fig.39 Esquema de un sistema para soldadura de arco TIG.
 (Manual de soldadura eléctrica, mig y tig, Pedro Claudio Rodríguez, editorial Alsina, pagina 42, año 2001).

Para soldar con SMAW, el tipo de corriente o polaridad que se utilicen dependerá del recubrimiento que posea el electrodo, en cambio en GTAW (TIG), la corriente o su polaridad se determina en función del metal a soldar.

Es posible utilizar CA y CD (inversa o directa). Los equipos para soldar con GTAW poseen características particulares, pero admiten ser utilizadas también con SMAW. Los equipos para soldadura GTAW poseen:

- Una unidad generadora de alta frecuencia (oscilador de AF) que hace que se forme el arco entre el electrodo al metal a soldar. Con este sistema, no es necesario tocar la pieza con el electrodo.
- El equipo posee un sistema de electroválvulas de control, las cuales le permite controlar el accionamiento en forma conjunta del agua y el gas.
- Sólo algunos equipos poseen un control mediante pedal o gatillo en el soplete.

4.3.2- Soldadura con arco de tungsteno y gas (GTAW).

Este sistema de soldadura (arco de tungsteno protegido por gas) no posee diferencias significativas con lo visto hasta ahora respecto a lo que ocurre en el punto de soldadura con los sistemas por arco, aunque posee mucho de los sistemas de soldadura por gas. Igualmente daremos una descripción de los puntos principales a tener en cuenta, a saber:

- Previo a la realización de cualquier operación de soldadura con TIG, la superficie deberá estar perfectamente limpia. Esto es muy importante ya que en este sistema no se utilizan fundentes o “fluxes” que realicen dicho trabajo y separen las impurezas como escoria.
- Cortar la varilla de aporte en tramos de no más de 450 mm. Resultan más cómodas para maniobrar. Previamente a su utilización, se deberán limpiar trapeando con alcohol o algún solvente volátil. Aún el polvillo contamina la soldadura.
- Si se es diestro, deberá sostener el soplete o antorcha con la mano derecha y la varilla de aporte con la mano izquierda. Si es zurdo, se deberán intercambiar los elementos de mano.
- Tratar de adoptar una posición cómoda para soldar, sentado, con los brazos afirmados sobre el banco o mesa de trabajo. Se debe aprovechar que este sistema no produce chispas que vuelen a su alrededor. Utilizar los elementos de protección necesarios (casco, lentes, guantes, etc.). A pesar de que la luz producida por la soldadura TIG no parezca peligrosa, en realidad lo es. Ella posee una gran cantidad de peligrosa radiación ultravioleta.
- Se deberá estimar el diámetro del electrodo de tungsteno a utilizar en aproximadamente la mitad del espesor del metal a soldar.
- El diámetro de la tobera deberá ser lo mayor posible para evitar que restrinja el pasaje de gas inerte a la zona de soldadura.

- Deben evitarse corrientes de aire en el lugar de soldadura. La más mínima brisa hará que la soldadura realizada con TIG se quiebre o fisure. Además, puede ser que por efecto del viento, se sople o desvanezca el gas inerte de protección.
- Para comenzar la soldadura, el soplete deberá estar a un ángulo de 45° respecto al plano de soldadura. Se acercará el electrodo de tungsteno a la pieza mediante un giro de muñeca. Se deberá mantener una distancia entre el electrodo y la pieza a soldar de 3 a 6 mm (1/8" a 1/4"). Nunca se debe tocar el electrodo de tungsteno con la pieza a soldar. El arco se generará sin necesidad de ello.
- Calentar con el soplete hasta generar un punto incandescente. Mantener alejada la varilla de aporte hasta tanto no se haya alcanzado la temperatura de trabajo correcta. Una vez logrado el punto incandescente sobre el material a soldar, adicionar aporte con la varilla metálica, realizando movimientos hacia adentro y hacia fuera de la zona de soldadura (llamado picado). No se debe tratar de fundir el metal de aporte con el arco. Se debe dejar que el metal fundido de la pieza lo absorba. Al sumergir el metal de aporte en la zona de metal fundido, ésta tenderá a perder temperatura, por lo que se debe mantener una cadencia en la intermitencia empleada en la varilla de aporte. Si a pesar de aumentar la frecuencia de "picado" la zona fundida pierde demasiada temperatura, se deberá incrementar el calentamiento.

Previo a la realización de la costura definitiva, es aconsejable hacer puntos de soldadura en varios sectores de las piezas a soldar. De esta forma se evitarán desplazamientos en la unión por dilatación.

- El material de aporte deberá ser alimentado en forma anticipada al arco, respetando un ángulo de 10° a 25° respecto al plano de soldadura, mientras el soplete deberá tener un ángulo de 90° respecto al eje perpendicular al sentido de la soldadura y ligeramente caído en el eje vertical (aproximadamente 10°).

Es muy importante que el ángulo de alimentación del aporte sea lo menor posible. Esto asegura una buena protección del gas inerte sobre el metal fundido y reduce el riesgo de tocar la varilla con el electrodo de tungsteno.

(Pedro Claudio Rodríguez, 2001).

4.4- Soldadura de arco sumergido.

La soldadura de arco sumergido es un proceso semiautomático o automático, se emplea uno o dos electrodos metálicos desnudos, y el arco se protege mediante una cubierta de suministro independiente, de un fundente granular fusible. No hay evidencia visible del arco en este método. El arco, de el electrodo fundido y el posillo fundido de soldadura están completamente sumergidos en el fundente conductor de alta resistencia. Una cabeza de soldadura de diseño especial alimenta el electrodo continuo y el fundente en forma separada. Variando la composición química del fundente (Figura 40), puede soldarse una variedad de metales y de aleaciones en diversos tipos de juntas. Sin embargo la soldadura de arco sumergido es primordialmente un proceso de producción que se emplea para soldadura en línea recta, especialmente en la formación de marcos para cajas.

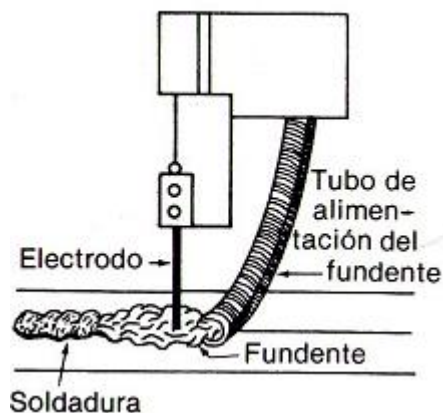


Fig.40 Proceso de soldadura de arco sumergido.

(Soldadura aplicaciones y practica, Horwits, página 110, ed. Alfaomega, 2008).
(Horwits, 2008).

En la soldadura por arco sumergido, el arco se establece entre la pieza a soldar y el electrodo, estando ambos cubiertos por una capa de flux granular (de ahí su denominación “arco sumergido”). Por esta razón el arco está oculto. Algunos fluxes se funden para proporcionar una capa de escoria protectora sobre el baño de soldadura. El flux sobrante vuelve a ser de nuevo reutilizado.

El arco sumergido (Figura 41), principalmente se utiliza en instalaciones de soldadura que están totalmente automatizadas, aunque también puede ser utilizado para realizar soldaduras manuales. Para aumentar la productividad es posible introducir técnicas utilizando varios electrodos. Dada su alta tasa de aportación, el procedimiento es apropiado para unir juntas rectas con buena preparación en posición horizontal. Principalmente, se utiliza con profusión en construcción y reparación naval, industrias químicas y estructuras metálicas pesadas.

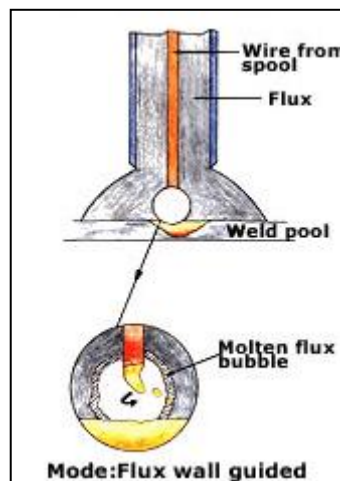


Fig.41 Modo de transferencia de Soldadura de arco sumergido.

<http://www.esabna.com/mx/sp/educacion/Procesos/Soldadura-por-Arco-Sumergido.cfm>

4.5- Fuentes de energía para la soldadura de arco.

La AWS clasifica las maquinas de soldar, de fabricación comercial, de acuerdo con el tipo de fuente de energía y el tipo de control. En la siguiente tabla, (Figura 42) se representa una correlación entre los requerimientos de los procesos y el tipo de suministro de energía.

TIPOS BASICOS DE FUENTES DE PODER	TIPO DE CONTROL	MIG-CO ₂		MIG OTROS	MIG CORTE	TIG - C.A. ALUMINIO	TIG - C.A. OTROS	TIG - C.D.P.D.	TIG - FOR PUNTOS	
		MANUAL - TRANSFERENCIA POR INMERSION	MANUAL - CONVENCIONAL A MAQUINA	MANUAL - APLICADORES DE EMPUJE Y TIRO A MAQUINA	MANUAL A MAQUINA	MANUAL PORTAELECTRODO EN MAQUINA CABEZA AUTOMATICA	MANUAL PORTAELECTRODO EN MAQUINA CABEZA AUTOMATICA	MANUAL PORTAELECTRODO EN MAQUINA CABEZA AUTOMATICA	ESTANDAR CON ELIMINACION DE CRATER	
Transformador	Transformador - ca	Mecánico	De servicio ligero							
			Estándar							
			De arco de tungsteno (estándar)			X - 0			0	
		Eléctrico	De arco de tungsteno (onda equilibrada)				X			
			Estándar							
	Transformador/rectificador	Eléctrico	De arco de tungsteno (onda equilibrada)				0 - 0	X - X - 0		
			En descenso	X - 0		X				
			Constante	0 - 0 - X		0 - 0 - X	0 - X			
		-ca/cd	En ascenso	X - X - 0		X - 0			0 - 0 - X - X - X	
			Mecánico	De servicio ligero						
Estándar	0 - 0			0 - 0	0		X - 0 - X - X - X			
Rotatoria	Motor eléctrico - cd	Tipo de campo	De arco de tungsteno (estándar)	0 - 0		0 - 0		X - X - 0	X - X - 0 - 0	
			Estacionario	En descenso	X - 0		X			0
				Constante	0 - 0 - X		0 - 0 - X	0 - X		
		En ascenso	Constante	X - X - 0		X - 0				
			Estacionario	0 - 0		0 - 0				
	Accionada con motor de com. interna	Estacionario	cd - en descenso	0 - 0		0 - 0			0 - 0	
			En ascenso	X - X - 0		X - 0				
			Rotatoria	ca						
		cd	En descenso	0 - 0		0 - 0			0 - 0	
			Constante	0 - 0		0 - 0				
ca/cd - Estándar	0		0			0 - 0				
ca/cd - Arco de tungsteno	0		0		X - X	X - X	X - X			

x = preferida
o = también utilizable
√ = electrodos de varilla

Fig.42 Tipos básicos de fuentes de poder, cortesía de la Air Reduction Sales Company (AIRCO, INC.).

Las maquinas de soldar del tipo de motor-generador rotatoria para corriente directa, y las de transformador-rectificador, son del tipo de maquinas de corriente constante y voltaje constante (Figura 43). Tienen ya sea un generador de corriente directa o un generador de corriente alterna con un rectificador, y una forma para ajustar automáticamente la salida de voltaje y de corriente con el objeto de satisfacer las demandas de la carga del arco en cualquier

momento. Las maquinas de soldar de esta clase se accionan mediante un motor de combustión interna.



Fig.43 Fuente de poder portátil para soldadura, accionada con motor de gasolina, cortesía: Miller Electric Manufacturing Company.

Las maquinas de soldar de corriente directa son mas versátiles que las de corriente alterna (Figura 44). Tienen un intervalo de corriente mas amplio, pueden usarse para soldar con cualquier tipo de electrodo, y si prefieren generalmente para la soldadura fuera de posición (En vertical o de sobre cabeza), la soldadura de tuberías y en donde quíerese necesita recurrir a la polaridad invertida.

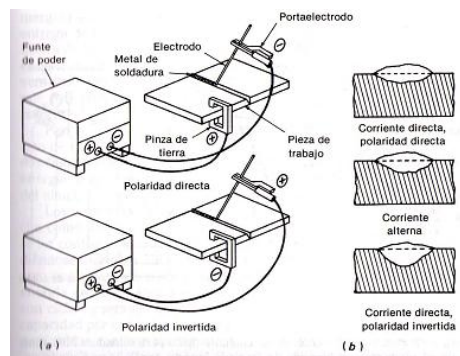


Fig.44 (a) Comparación de la polaridad directa y la polaridad invertida. (b) Profundidades de penetración relativas para diferentes características d la corriente, cortesía: Metals Handbook, volumen 6.

Sin embargo ocasionalmente se presenta el soplo magnético (o desviación de arco) con la corriente directa en polaridad directa. Cuando esto ocurre, las soldaduras pueden resultar muy difíciles.

Las maquinas de soldar con generador de corriente directa y con generador-rectificador de corriente directa deben tener las capacidades nominales de salida. (Figura 45).

CAPACIDADES NOMINALES DE ENTREGA — CICLO DE SERVICIO DE 60 POR CIENTO A LAS SALIDAS INDICADAS								
SAL. NOMINAL			MINIMA			MAXIMA		
AMPERES	A	VOLTS EN LA CARGA	AMPERES	A	VOLTS EN LA CARGA	AMPERES	A	VOLTS EN LA CARGA
150		26	20		20	185		27
200		28	30		21	250		30
250		30	40		22	310		32
300		32	60		22	375		35
400		36	80		23	500		40
500		40	100		24	625		44
600		44	120		25	750		44

*Los voltajes en la carga están basados en la fórmula $E = 20 + 0.04 I$, en la cual E es el voltaje en la carga, e I la corriente de carga. Para corrientes superiores a 600 amperes, el voltaje permanece constante a 44 volts. Cuando el indicador de la corriente de salida está calibrado en amperes, los puntos de calibración deben basarse en los voltajes de carga determinados para cada posición de ajuste de la corriente por la fórmula $E = 20 + 0.04 I$, siendo E el voltaje en la carga e I la corriente de carga. Para corrientes superiores a 600 amperes, el voltaje permanecerá constante a 44 volts.

Fig.45 Maquinas para soldadura de arco con generador de CD y con generador-rectificador de CD.

Fuente: Tabla con autorización de la publicación de normas NEMA para aparatos de soldadura de arco eléctrico, EW 1-1971. La información esta basada en la especificación ANSI C87.1-1976.

Para cumplir con la norma EW1-24 de la NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURED ASSOCIATION (NEMA).

De acuerdo con las normas NEMA las maquinas de soldadura de arco de corriente alterna con transformador de corriente constante, se clasifican como se indica en las siguientes figuras (Figura 46 y 47):

CAPACIDADES NOMINALES DE ENTREGA — CICLO DE SERVICIO DE 20 POR CIENTO A LAS SALIDAS NOMINALES								
SAL. NOMINAL			MINIMA			MAXIMA		
AMPERES	A	VOLTS EN LA CARGA	AMPERES	A	VOLTS EN LA CARGA	AMPERES	A	VOLTS EN LA CARGA
295		30	50		22	295		30

Fig.46 Transformadores de CA para servicio limitado
Fuente: Tabla con autorización de la publicación de normas NEMA para aparatos de soldadura de arco eléctrico, EW 1-1971. La información esta basada en la especificación ANSI C87.1-1976.

CAPACIDADES NOMINALES DE ENTREGA — CICLO DE SERVICIO DE 60 POR CIENTO A LA SALIDA NOMINAL								
SAL. NOMINAL			MINIMA			MAXIMA (CON CICLO DE SERVICIO DEL 35 POR CIENTO)		
AMPERES	A	VOLTS EN LA CARGA*	AMPERES	A	VOLTS EN LA CARGA*	AMPERES	A	VOLTS EN LA CARGA*
200		28	40		22	250		30
300		32	60		22	375		35
400		36	80		23	500		40
500		40	100		24	625		44
600		44	120		25	750		44
CAPACIDADES CON CORRIENTE ALTA+ (CAPACIDAD PARA SERVICIO DE UNA HORA)								
750		44	187		28	935		44
1000		44	250		30	1250		44
1500		44	450		38	1875		44

*Los voltajes de carga están basados en la fórmula $E = 20 + 0.04 I$, en la cual E es el voltaje en la carga, e I es la corriente de carga. Para corrientes mayores de 600 amperes, el voltaje permanecerá constante a 44 volts.
+Estos tamaños están especificados para servicio con máquinas automáticas para soldadura de arco. Al hacer pruebas para determinar la capacidad nominal, la elevación de temperatura y demás características, la corriente nominal y el voltaje de carga nominal deben aplicarse durante una hora, seguidos inmediatamente por la aplicación del 75 por ciento de la corriente nominal, al voltaje de carga nominal, durante tres horas. La elevación de temperatura debe medirse al término del periodo de una hora y a la terminación del periodo de tres horas al 75 por ciento de la corriente y el voltaje de carga nominales.

Fig. 47 Tabla con autorización de la publicación de normas NEMA para aparatos de soldadura de arco eléctrico, EW 1-1971. La información esta basada en la especificación ANSI C87.1-1976.
(Horwits, 2008).

5- ELECTRODOS PARA SOLDADURA DE ARCO.

El desarrollo para electrodos con recubrimiento fundente, capaces de soldar con propiedades físicas que iguallen o sobrepasen las del metal de base, ha convertido la soldadura de arco en el proceso de soldadura mas generalizado. Antes del desarrollo del electrodo recubierto (Figura 48), los gases atmosféricos que rodeaban la zona de soldadura de alta temperatura, formaban óxidos y nitruros con el metal de la soldadura.

En general los óxidos tienen baja resistencia a la tensión, y baja ductilidad por lo cual tienden a reducir las propiedades normales de los metales base. Los materiales de recubrimiento de los electrodos permiten lograr en forma automática una acción de limpieza y desoxidante en el cráter fundido. Al arder el recubrimiento en el arco, libera una atmosfera gaseosa, inerte, que protege el extremo fundido del electrodo, a la vez que protege la fosa de soldadura fundida. Esta atmosfera impide que el oxigeno y el nitrógeno perjudiciales se pongan en contacto con el área fundida de soldadura, en tanto que el residuo de recubrimiento quemado forma una escoria para cubrir el metal de soldadura depositado. Es por eso que es importante usar electrodos recubiertos para evitar que los óxidos y los gases atmosféricos dañen la unión y sobre todo el metal de aporte.



Fig.48 Electrodos recubiertos para soldadura de arco.

5.1- Uso de electrodos de acero al carbono para soldadura de arco.

Los electrodos para soldadura de arco para soldar aceros con contenido bajo y medio de carbono llevan los números de clasificación AWS E-4510 y E-6010, E-6011, E-6012, E-6013, E-7014, E-7015, E-7016, E-7018, E-6020, E-6024, E-6027 y E-7028. El electrodo E-4510 es un electrodo desnudo; los demás, todos ellos de la serie E-6000, son electrodos recubiertos.

Los electrodos AWS E-45XX son desnudos, y tienen una resistencia a la tensión de 45,000 lb/pulg². Los electrodos AWS E-6010 están recubiertos con sodio con un gran contenido de celulosa. Pueden usarse para soldar en todas posiciones con corriente directa de polaridad invertida. Son adecuados en forma óptima para soldadura vertical y soldadura hacia arriba, así como algunas aplicaciones con lámina metálica.

Los electrodos AWS E-6011 están recubiertos con potasio de alto contenido de celulosa. A veces se les describe como la contraparte del tipo E-6010. Los electrodos AWS E-6012 están recubiertos con sodio con alto contenido de titanio. Están diseñados para soldadura de uso general en todas las posiciones, ya sea con corriente directa o corriente alterna. Se recomiendan para soldadura horizontal y pendiente abajo.

Los electrodos AWS E-6013 están recubiertos de potasio con alto contenido de titanio, y pueden usarse para todas las posiciones, con CA o CD. Estos electrodos son similares a los E-6012, pero producen menos chisporroteo, y tienden a socavar menos. Los electrodos EWS E-7014 tienen un recubrimiento similar al de los tipos E-6012 y E-6013. Sin embargo, el recubrimiento de este tipo de electrodo es considerablemente más grueso, ya que contiene una cantidad substancial de polvo de hierro (30% del peso del recubrimiento). Los electrodos AWS E-7015 están recubiertos con sodio de bajo contenido de

hidrógeno. Fueron los primeros electrodos para corriente directa con polaridad inversa, y para todas las posiciones, que se diseñaron para soldar aceros de alto contenido de azufre y alto contenido de carbono, los que tienden a desarrollar porosidad en la soldadura y grietas bajo el cordón.

Los electrodos AWS E-7016 tienen un recubrimiento al que se agrega silicato de potasio, u otras sales del mismo elemento, para hacer que el electrodo sea adecuado para su corriente alterna y también corriente directa en polaridad invertida. Los electrodos AWS E-7018 son diseño de bajo hidrogeno, y tienen un recubrimiento con 30% de hierro pulverizado. Al igual que los electrodos, este tipo trabajan ya sea con CA o con CD polaridad invertida.

Los electrodos AWS E-6020 están recubiertos con oxido con alto contenido de hierro y se han diseñado para producir cordones de filete horizontales de alta calidad y a velocidades de aplicación elevada utilizando ya sea CA o CD en cualquier polaridad. Los electrodos AWS E-6024 son sumamente adecuados para la soldadura de filete en producción. Su recubrimiento 50% de polvo de hierro.

Los electrodos AWS E-6027 son del tipo de 50% de hierro, para trabajar con CA o CD. Las características del arco de este tipo de electrodos se acercan mucho a las del tipo E-6020. Tienen un régimen de depósito muy elevado, y una escoria que se quiebra para su fácil separación. Los electrodos AWS E-7028 tienen un recubrimiento bajo de hidrogeno que contiene un 50% de hierro pulverizado. Puede trabajar con CA o CD en polaridad invertida, y su recubrimiento da a este electrodo un régimen de depósito muy alto.

5.2- Electrodo de acero aleado.

La creciente utilización de los aceros aleados de alta resistencia ha iniciado el desarrollo de electrodos recubiertos, capaces de producir depósitos de soldadura con resistencia a la tensión superior a las 100,000 lb/pulg². Las propiedades mecánicas de esta magnitud se logran mediante el uso con un acero aleado con un alambre de núcleo del electrodo.

En la mayoría de los diseños el recubrimiento del electrodo es de naturaleza a la cal y ferrítica, típica de los tipos de bajo hidrogeno, y con frecuencia contienen hierro pulverizado. Por esta razón, estos electrodos de alta resistencia a la tensión, tienen generalmente una clasificación E-XX15, E-XX16 o E-XX18. Sus características de trabajo siguen paralelamente a las de los tipos de bajo hidrogeno y 60,000 lb/pulg² de resistencia a la tensión.

5.3- Metales de aporte para la aleación de aluminio

El aluminio es el segundo de importancia en los metales fabricados. Se le aplican en gran medida para soldadura de arco metálico y gas, y de arco de tungsteno y gas. A causa de la operatividad relativamente deficiente, y a la necesidad de la completa eliminación del fundente después de aplicada la soldadura, raras veces se emplean varillas de aporte recubiertas para soldar el aluminio.

Los metales de aporte (Figura 49) que se han encontrado adecuados para la soldadura de arco de uso general con diversas combinaciones de aleaciones de aluminio.

METALES DE BASE →	ACERO AL CARBONO	1% Cr-½ Mo	2% Cr-1 Mo	NIQUEL	INCONEL	MONEL	ALEACIONES DE COBRE-NIQUEL
201	d, E309	d, E309	d, E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
202	d, E309	d, E309	d, E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	o, ENiCrFe-3
301	d, E309	d, E309	d, E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
302	d, E309	d, E309	d, E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
302B	d, E309	d, E309	d, E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
303 ^a	e, E309	e, E309	e, E310	p	p	p	u
304	d, E309	d, E309	d, E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
304L	d, E309	d, E309	d, E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
305	d, E309	d, E309	d, E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
308	d, E309	d, E309	d, E309	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
309	d, E309; e	d, E309; e	d, E309; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
309S	d, E309; e	d, E309; e	d, E309; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
310	E310; e	E310; e	E310; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
310S	E310; e	E310; e	E310; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
314	d, E309; e	d, E309; e	d, E309; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
316	d, E309; e	d, E309; e	d, E309; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
316L	d, E309; e	d, E309; e	d, E309; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
317	d, E309; e	d, E309; e	d, E309; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
317L ^b	d, E309; e	d, E309; e	d, E309; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
321	d, E309; e	d, E309; e	d, E309; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
330 ^b	e, E312; e	e, E312; e	e, E312; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
347	e, E312; e	e, E312; e	e, E312; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
348	e, E312; e	e, E312; e	e, E312; e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
403	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
405	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
410	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
414	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
416 ^a	E309	E309	E309	p	p	p	u
420	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
430	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
430F ^a	E309	E309	E309	p	p	p	u
431	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
440A	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
440B	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
440C	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
446	r, l, e	s, l, e	t, l, e	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
501	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
502	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
505	r, l	s, l	t, l	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
Acero al carbono	r	u	u	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
½Cr-½Mo	s	s	s	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
2½Cr-1Mo			t	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3	ENiCrFe-3; ENiCu-2	h, ENiCrFe-3
Níquel				ENi-1	ENiCrFe-3	ENiCu-2	ECuNi; ENiCu-2
Mconel					ENiCrFe-3	ENiCu-2; ENiCrFe-3	ECuNi; ENiCu-2
Monel						ENiCu-2	ECuNi; ENiCu-2
Aleaciones de cobre-níquel							ECuNi

Fig.49 Electrodo recubiertos recomendados para soldaduras entre aceros inoxidables, resistencia al calor, y aceros al carbono y otras aleaciones. (Soldadura aplicaciones y practica, Horwits, páginas 62 y 63, ed. Alfa Omega, 2008).

5.4- Metales de aporte para aleaciones de níquel.

Antes de seleccionar un metal de aporte de aleación de níquel (Figura 50) debe verificarse la composición del metal base. El análisis del metal por soldar debe corresponder a la composición del metal de aporte tan cerca como sea posible.

Sin embargo, el metal de aporte tendrá un porcentaje de otros elementos que se habrán agregado para satisfacer requisitos de utilización (Figura 51), como por ejemplo, para controlar las tendencias a la porosidad o al agrietamiento en caliente.



Fig.50 Electrodo para aleaciones de níquel.

Dos de los lineamientos más importantes a seguir por el soldador al usar metales de aporte de aleación de níquel son:

1. Trabajar con una baja alimentación de calor
2. Minimizar el pudelado u ondeado ancho.

DESIGNACION AWS	USO
ENi-1	Electrodo recubierto para soldar níquel a sí mismo o a acero. También puede usarse para recubrir superficies de acero.
RNi-2	Varillas desnudas que se usan sin fundente para la soldadura oxiacetilénica del níquel.
ERNi-3	Alambre o varillas sin recubrimiento, para soldadura de arco protegido con gas del níquel a sí mismo y al acero. También pueden usarse para recubrir superficies de acero.
METALES DE APORTE TÍPICOS DE NIQUEL-COBRE	
ENiCu-1	Electrodo recubierto que se usa para soldar Monel a acero y para recubrir superficies de acero; así como el acero del lado recubierto del acero recubierto con Monel.
ENiCu-2	Igual que el anterior; pero cumple requisitos más rígidos de dobléz.
ENiCu-4	Electrodo recubierto que se usa cuando es indeseable el Cb.
RNiCu-5	Alambre desnudo para la soldadura oxiacetilénica del Monel con fundente.
ERNiCu-7	Alambre o varilla sin recubrimiento para soldadura de arco protegido con gas y soldadura de arco sumergido de Monel a sí mismo y para recubrir superficies de acero y el lado de la aleación del acero recubierto.
METALES DE APORTE DE NIQUEL-CROMO-HIERRO	
ENiCrFe-1	Electrodos recubierto, por ejemplo: Inconel 132; para soldar Inconel 600.
ENiCr-1	Electrodo recubierto, por ejemplo: Chromend ¹ 20/80, para soldar aleaciones de alto contenido de níquel a acero al carbono.
ENiCrFe-3	Electrodo recubierto, por ejemplo: Inconel 182, para usos en servicio más rígido que el ENiCrFe-1; se emplea extensamente para aplicaciones de alta temperatura en las que hay aleaciones de base fundidas.
RNiCr-4	Varilla desnuda, por ejemplo: Inconel 42; para la soldadura oxiacetilénica del Inconel 600.
ERNiCrFe-5	Varilla y alambre desnudos, por ejemplo: Inconel 62, para soldadura de arco protegido con gas del Inconel 600.
ERNiCr-3	Alambre y varilla desnudos, por ejemplo: Inconel 82, para la soldadura de arco protegido con gas del Inconel 600 y las aleaciones relacionadas, por ejemplo: aleaciones fundidas para uso a temperaturas elevadas.

Fig.51 Metales de aporte de níquel y aleaciones de níquel.
(Soldadura aplicaciones y practica, Horwits, páginas 81, ed. Alfa Omega, 2008).

5.5- Metales de aporte de cobre y aleaciones de cobre.

Las especificaciones de los metales de aporte disponibles para soldar cobre y aleaciones de cobre están cubiertas en las especificaciones de la AWS, A5.6-69 y A5.7-69 para soldadura de arco y soldadura a gas, respectivamente.

En general no es aconsejable utilizar varillas desnudas de aleación de cobre como electrodos, por que el metal depositado puede contener pequeñas partículas de oxido, las cuales dan origen a una perdida de ductilidad dentro de la junta soldada.

La mayoría de los electrodos de cobre y de aleaciones de cobre esta diseñada para trabajar con CD de polaridad invertida.

5.6- Metales de aporte de magnesio y aleaciones de magnesio.

Las varillas de soldadura y de electrodos de magnesio se clasifican sobre la base de la tabla química del metal de aporte (Figura 52). La clasificación que se usa en la AWS A5.19 y MIL-R-6944 se basa en la nomenclatura estándar establecida en las prácticas recomendadas B-275 de la ASTM, codificación de metales y aleaciones ligeros, y forjables.

La composición de los cuatro alambres de electrodos usados mas comúnmente para soldadura de arco metálico con gas se presenta la aleación del metal de aporte la rige la composición del metal base.

ELEMENTO	ERAZ61A	ERAZ101A	ERAZ92A	EREZ33A
Aluminio	5.8 a 7.2	9.5 a 10.5	8.3 a 9.7	—
Berilio	0.0002 a 0.0008	0.0002 a 0.0008	0.0002 a 0.0008	—
Manganeso	0.15 min	0.13 min	0.15 min	—
Zinc	0.40 a 1.5	0.75 a 1.25	1.7 a 2.3	2.0 a 3.1
Zirconio	—	—	—	0.45 a 1.0
Tierras raras	—	—	—	2.5 a 4.0
Cobre	0.05 máx	0.05 máx	0.05 máx	—
Hierro	0.005 máx	0.005 máx	0.005 máx	—
Níquel	0.005 máx	0.005 máx	0.005 máx	—
Silicio	0.05 máx	0.05 máx	0.05 máx	—
Otros (total)	0.30 máx	0.30 máx	0.30 máx	0.30 máx
Magnesio	Resto	Resto	Resto	Resto

Origen: Con permiso, tomada de *Metals Handbook*, volumen 6, Copyright de la American Society for Metals, 1971.

Fig.52 Composición de los electrodos y metales de aporte que se emplean en la soldadura de arco protegido con gas de las aleaciones de magnesio (AWS A5.19-69).

5.7- Metales de aporte para titanio y aleaciones de titanio.



Fig.53 Soldadura y pistolas para soldadura especiales para titanio y aleaciones.

Las soldaduras de titanio tienen gran afinidad por el oxígeno, nitrógeno, carbono, hidrógeno (Figura 53), y otros contaminantes. La selección del metal de aporte correcto depende de la aplicación, el tipo de metal de base y el arrastre esperado de la impureza durante la aplicación de la soldadura.

Existen 14 metales de aporte de titanio que se clasifican de acuerdo a la especificación AWS A5.16, usándose como electrodos o como varillas. Ya que tienen gran afinidad con las impurezas se puede limpiar el metal de aporte antes de usarse utilizando una esponja de celulosa o una tela que no suelte

pelusa y un disolvente sin cloro, usando guantes de plástico y no caucho, estos se obtienen en el mercado en tramos rectos en espiras sin soporte y en carretes. Se venden tramos de 36" en pesos de 5, 10, 25 y 50 lbs. El alambre enrollado en carrete se obtiene en tamaños de 1, 10 y 20 lbs. Vendándose diámetros estándares de pulgada. Los alambre de 1/16 y 1/8 de diámetro se venden en carretes y en espiras de de 20 y 50 lbs.

5.8- Metales de aporte para recubrimientos superficiales.

Se ofrecen generalmente en forma de varilla desnuda vaciada o de varilla tubular y como alambre sólido o tubular recubierto y se producen en presentaciones desnuda y recubierta, la mayoría de estas cubiertas por la AWS siguiendo el patrón estándar empleado para las demás especificaciones.

La letra (E) indica electrodo la letra (R) indica varilla de soldadura, las siguientes letras indican símbolos químicos, ejemplo Co, Cr, Cu, Zn.

Cuando los límites del contenido en porcentaje de los elementos principales de aleación del metal de aporte corresponden a dos o más intervalos definidos, se identifican por medio de las letras (A, B Y C).

Para seleccionar la aleación correcta para recubrimientos se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- Contacto deslizando de metal-metal, sin importar lubricación.
- Contacto de rodamiento contra una superficie.
- Carga intensa de choque o impacto sin deformación ni agrietamiento serio.
- Abrasión.
- Corrosión.
- Resistencia a la deformación en caliente.

- Maquinabilidad.
- Ausencia de porosidad.
- Facilidad de aplicación.

5.9- Electrodo y fundentes para soldadura de arco sumergido.

Los electrodos de acero dulce y los fundentes que deben utilizarse para el proceso de soldadura de arco sumergido, aparecen tabulados a continuación y se clasifican en la clase AWS A5.17.

En el sistema de clasificación la letra E indica electrodo, (Ejemplo: E-7028 tienen un recubrimiento bajo de hidrogeno que contiene un 50% de hierro pulverizado, y estos se clasifican dentro de la clase AWS A5.17). La letra siguiente (L, M o H), indican el contenido de manganeso, los números siguientes indican el contenido de carbono y si existe un sufijo K, indica un acero a silicio vaciado.

5.10- Metales de aporte para soldadura de arco de tungsteno y gas (TIG).

La selección de un metal de aporte para el proceso de soldadura TIG depende principalmente del metal que se va a soldar. Los metales de aporte reales que se emplean para soldar con el proceso de soldadura oxiacetilénica y el proceso MIG se usan también con este proceso.

(Horwits, 2008).

6- SOLDADURA POR RESISTENCIA.

6.1- Introducción a la soldadura por resistencia.

La soldadura por resistencia se realiza mediante un grupo de procesos en los cuales se genera el calor necesario para soldar, por resistencia de las partes al paso de una corriente eléctrica. Las dos piezas de metal que van a unirse son presionadas juntas por los electrodos de la máquina soldadora de manera que hagan un buen contacto eléctrico.

Entonces se pasa la corriente eléctrica a través de ellos, se los calienta hasta que empiecen a derretir en el punto donde están en contacto. El metal fundido de las dos piezas fluye y las piezas se unen; entonces la corriente se apaga y el metal fundido se solidifica, formando una conexión metálica sólida entre las dos piezas.

El término "Soldadura de Resistencia" viene del hecho de que es la propiedad eléctrica de la resistencia del metal a ser soldado la que causa el calor que se generará cuando la corriente fluye a través de él.

¿Cuales son los factores importantes al hacer una soldadura? Importante para la formación apropiada del área fundida entre las piezas a ser soldadas es la magnitud de la corriente, el tiempo durante el cual esta corriente fluye, y la fuerza al presionar las partes juntas.

El valor óptimo de esos parámetros varía con el tipo de metal y su grosor. Para el acero bajo en carbón usado comúnmente de 1/16" de grosor, un valor típico de corriente es de 10,000 amperios, por un tiempo de ¼ de segundo, y una fuerza en los electrodos de 600 libras. Programas de soldadura por resistencia está disponibles a través de la Sociedad Americana de Soldadura, Asociación

de Fabricantes de Soldadura de Resistencia y la mayoría de los fabricantes de máquinas soldadoras.

¿Cómo se obtiene la corriente adecuada?

Una corriente de 10,000 amperios no está disponible en cualquier tomacorriente estándar. La máxima corriente disponible en los tomacorrientes de casa y oficinas es de 15 amperios.

Aún en las fábricas donde se utilizan grandes cantidades de energía eléctrica, 200 amperios es la corriente disponible en los circuitos de distribución eléctrica.

Sin embargo, para conseguir los 10,000 amperios necesarios para la soldadura por resistencia hay algunos dispositivos que deben usarse para aumentar la corriente desde un nivel relativamente bajo de la línea de energía.

El dispositivo usado generalmente es un transformador. Los transformadores son considerados como un variador ya sea para aumentar o disminuir el voltaje, pero la corriente también puede ser transformada de la misma manera. Un transformador consiste de 2 bobinas de alambre, llamadas primaria y secundaria, enrolladas en un núcleo de hierro.

La energía es transferida del primario al secundario por medio de las propiedades magnéticas del hierro. El factor por el cual la corriente o voltaje es aumentada o disminuida es aproximadamente igual al cociente entre el número de vueltas del alambre en las bobinas formando los enrollados primario y secundario del transformador. En el ejemplo precedente, donde 10,000 amperios se requerían, un transformador puede estar hecho con 100 vueltas en el primario y 2 vueltas en el secundario; un "cociente de vueltas" de 50. Una corriente de 200 amperios en el primario sería entonces transformado en $200 \times$

50, ó 10,000 amperios en el secundario, suficiente para hacer el trabajo de soldadura.

¿Cómo es controlado el tiempo? La duración del tiempo que la corriente de soldadura fluye a través de las dos piezas de metal a ser soldadas es también importante. Sin embargo, dispositivo usado para encender y apagar la corriente es una parte crítica del sistema. Un relay ó un switch operado manualmente pueden ser considerados como un dispositivo de conmutación, pero cualquiera de los dos será inadecuado porque operan a una velocidad relativamente lenta.

En el ejemplo precedente, la corriente debe ser conectada por sólo $\frac{1}{4}$ de segundo. Es muy difícil conectar y desconectar un switch nuevamente en $\frac{1}{4}$ de segundo, y aún más dificultoso será hacerlo consistentemente.

Sin embargo, debería usarse algunos aparatos electrónicos que no tengan partes movibles. Hay dos de estos dispositivos disponibles. El tubo de ignición, que se ha utilizado durante muchos años es uno de ellos, y el rectificador controlado con silicón (SCR), recientemente desarrollado, es el otro.

Ambos operan en virtud del hecho de que una pequeña señal eléctrica aplicada al aparato le permite a éste conectar en una pequeña fracción de segundo y conducir una gran cantidad de corriente. Removiendo la señal eléctrica se permitirá al dispositivo desconectarse nuevamente. La rapidez en el conectarse y desconectarse es posible porque no hay partes mecánicas en movimiento.

Los tubos de ignición operan con el principio de ionización del vapor de mercurio, mientras los rectificadores controlados de silicón operan en el principio de los semiconductores de estado sólido similar a los transistores.

¿Cómo se obtiene la fuerza en los electrodos? El tercer factor crítico en la soldadura de resistencia es la fuerza de presión sobre los metales juntos (Fuerza de Electrodo).

Esta fuerza es necesaria para asegurar un buen contacto eléctrico entre las partes que van a ser soldadas, y para mantener las partes fijas hasta que el metal derretido que forma la junta sólida tenga tiempo de solidificarse.

Dependiendo del tamaño y tipo de máquina soldadora, se utilizan varios métodos de desarrollo de los electrodos, pero el más común es usar aire comprimido.

En un cilindro con un pistón. El cilindro va rígidamente unido al marco de la máquina soldadora y el pistón movable está conectado al electrodo superior.

Aire comprimido introducido en el cilindro desarrolla una fuerza en el pistón que, en su tiempo, empuja hacia abajo el electrodo contra el metal a ser fundido. El monto de la fuerza aplicada depende del área del pistón y de la presión del aire comprimido. En el ejemplo precedente donde 600 libras de fuerza del electrodo se requería, un pistón de diámetro de cinco pulgadas necesitaría una presión de aire de 30 libras por pulgada cuadrada.

¿Qué es un control de soldadura por resistencia? Se puede concluir de los párrafos anteriores que es importante aplicar la corriente de soldar en el momento apropiado durante la operación de la máquina soldadora. Esta es la función del control de soldadora, de hecho, el propósito de un control de soldadura es coordinar la aplicación de la corriente de soldadura con el movimiento mecánico de la máquina soldadora.

Más específicamente, el control le dice a los electrodos cuando cerrarse y cuando abrirse, y también le dice a la corriente de soldadura cuando empezar y cuando detenerse. Podría pensarse del control de soldadura como el "cerebro" y de la máquina como los "músculos" de todo el sistema de soldadura por resistencia.

¿Cómo está conectado el control de soldadura a la máquina de soldar?

Puesto que el control provee el control a la corriente de soldar y al movimiento de la máquina, debe producir dos señales de control; una para encender y apagar los SCR o ignitrones (para la corriente del control) y otra para encender y apagar una válvula eléctrica operada con aire (para el control de la máquina).

Los SCR y los ignitrones realizan una función básicamente de cambio de manera que son conectados en serie con su carga. Nótese también que ellos son conectados en el circuito primario en lugar del secundario del transformador porque los requerimientos de corriente son más bajos en el primario.

6.2- Soldadura por puntos.

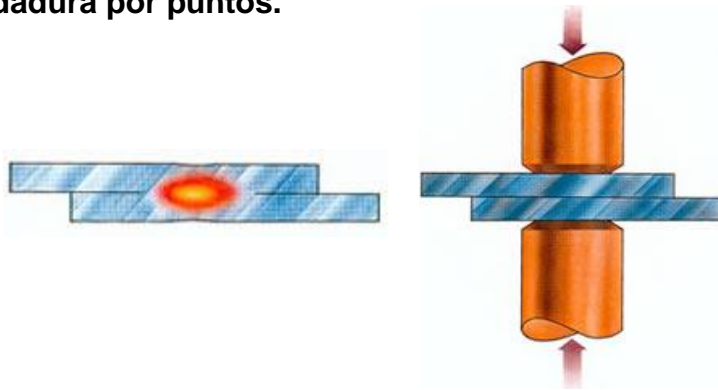


Fig.54 Soldadura por resistencia

La soldadura por puntos es la forma que mas se aplica entre la soldadura por resistencia (Figura 54).

En la aplicación más simple, la soldadura por puntos consiste simplemente en prensar dos piezas o más de metal laminado entre dos electrodos de soldar, de cobre o de una aleación de cobre, y pasar una corriente eléctrica de suficiente intensidad por las piezas, para dar lugar a su soldadura o unión.

6.2.1- Secuencia de ejecución de soldadura por punto.

Tiempo de Presión es el intervalo de tiempo entre la aplicación inicial de la fuerza de electrodos en el trabajo y la primera aplicación de la corriente. Nótese que esta es la definición del proceso. La definición del control es el intervalo de tiempo entre activación de secuencia y el inicio de la corriente de soldar. El tiempo de presión es necesario para retardar la corriente de soldar hasta que la fuerza del electrodo haya alcanzado el nivel deseado. Tiempo de soldar es el tiempo durante el cual es aplicada la corriente de soldar a la pieza de trabajo para hacer una suelda. Es medida en ciclos de línea de voltaje, como lo son todas las funciones de tiempo. Un ciclo es 1/60 de segundo en un sistema de 60 Hz de potencia.

Tiempo de sostenido es el tiempo durante el cual la fuerza de electrodos es mantenida en la pieza de trabajo después de que el último impulso de corriente de soldar cesa. El tiempo debe ser necesario para permitir al botón de soldadura solidificarse antes de soltar las partes soldadas. Tiempo de pausa es el tiempo durante el cual los electrodos están desconectados del trabajo.

El término es aplicable solamente donde el ciclo de soldar es repetitivo (el control ha sido fijado en "REPEAT"). Corriente de soldar es la corriente en el circuito de soldar durante la acción de soldar. El monto de corriente de soldar está controlado por dos cosas: primero, la fijación del switch de tomacorrientes del transformador determina el monto máximo de corriente de soldar disponible;

segundo, el porcentaje (%) de corriente del control determina el porcentaje (%) de la corriente disponible para ser usada al hacer la suelda.

La fijación de un bajo porcentaje de corriente no es normalmente recomendada. Ajuste el switch de tomacorriente de manera que pueda obtenerse la corriente de soldadura apropiada con el porcentaje de corriente fijado entre 70 y 90%.

La única vez en que el porcentaje de corriente debe ser fijado bajo el 70% es cuando el switch de tomacorriente está en su fijación más baja y 70% es todavía muy alta. Fuerza de los electrodos es el resultado de la presión de aire aplicada al pistón de aire conectado directamente a la cabeza. El monto actual de la fuerza de electrodo depende de la presión de aire efectiva, peso de la cabeza y diámetro del pistón. La mayoría de las soldadoras tiene cartas de fuerza de electrodos en un costado de la máquina, tabulando presión de aire contra fuerza de electrodo.

Si no hay una carta disponible para la máquina, utilice la siguiente fórmula:

$$\text{Fuerza de electrodo} = .78 \times D^2 \times P$$

D= Es el diámetro del pistón en, pulgadas.

P= Es la presión de aire en, lb/ pulg².

F= La fuerza de electrodos en, lb.

Esto no toma en cuenta los pesos muertos y la fricción. Puede ser necesario, reajustar la velocidad de las válvulas del control cuando cambia la fuerza de los electrodos desde un valor a otro valor diferente más alto. Una aproximación muy lenta gasta tiempo y puede requerir mucho más tiempo de presión. Una

aproximación muy rápida impacta los electrodos y acorta su vida, y también puede resultar en el daño de los soportes de los electrodos o el cabezal.

Cuando suelda con salientes ó proyecciones, un impacto fuerte dañará la proyección antes de la suelda y dará como resultado soldaduras pobres aún cuando los demás datos se hayan fijado correctamente.

La válvula solenoide es una válvula de aire operada eléctricamente en la línea de aire comprimido conectada al cilindro de aire en la máquina soldadora. Cuando el control de la soldadora aplica el voltaje ésta válvula se abre, permitiendo al aire comprimido ingresar al cilindro de aire para desarrollar la fuerza de electrodo.

6.3- Soldadura de costura por rodamiento.

Soldadura de costura o por rodamiento, o soldadura de costura, como se llama comúnmente, (Figura 55) consiste en hacer una serie de soldaduras de punto a traslape. Tal soldadura es normalmente hermética a gases y líquidos. Se emplean dos electrodos circulares rotatorios (ruedas electrodos), o un electrodo rotatorio o tipo barra para transmitir la corriente en este ultimo arreglo se hace referencia al proceso llamándolo soldadura de costura a tope. Todas las soldaduras por rodamiento son soldaduras a traslape (Figura 56). Son los dos tipos generales de costura: la longitudinal y la circular.

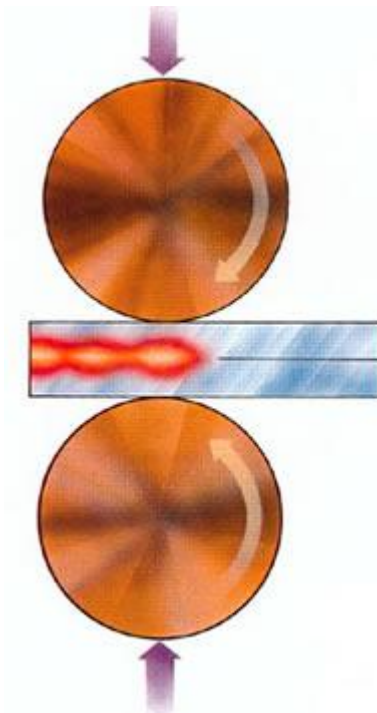


Fig.55 Soldadura por costura o rodamiento.

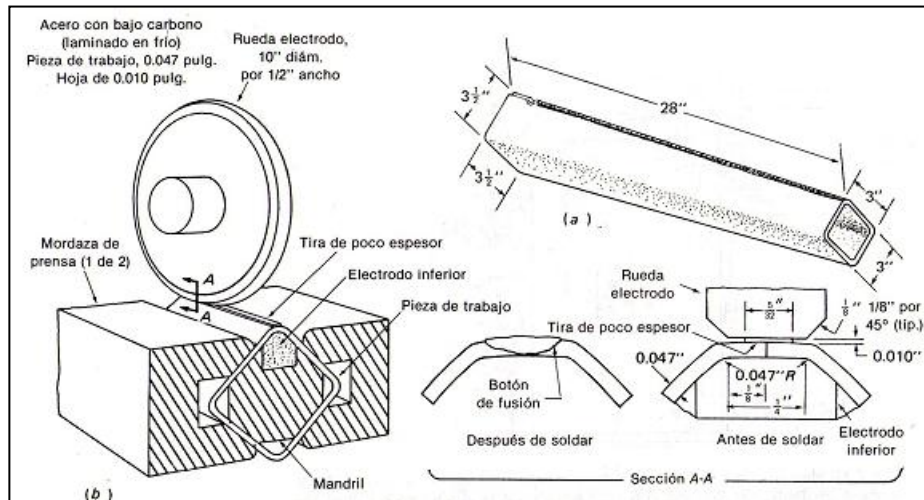


Fig.56 Dispositivo para soldadura de costura a tope, con rodillo, de una pata de mesa hecha de acero con bajo contenido de carbono "American Society for Metals, 1971".

Una maquina longitudinal tiene sus electrodos dispuestos en forma tal que alimentan la pieza de trabajo, haciéndola avanzar hacia la garganta de la maquina. Las maquinas circulares tienen los electrodos dispuestos de tal forma que alimentan la pieza de trabajo transversalmente a la garganta de la maquina.

Una maquina universal es aquella en la cual pueden cambiarse rápidamente los electrodos de longitudinales a circulares o viceversa. (Figura 57).

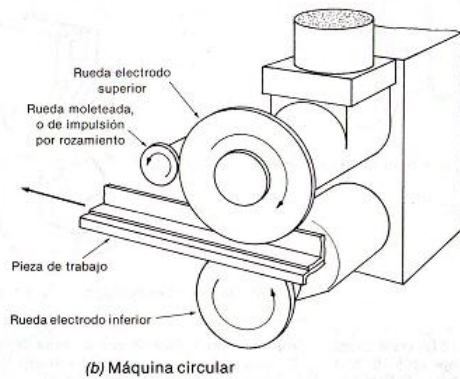
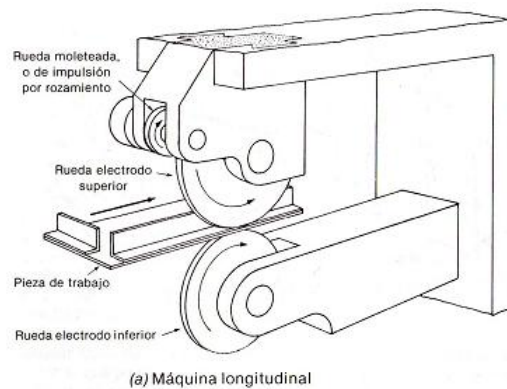


Fig.57 Maquinas de costura por resistencia, longitudinal y circular “American Society for Metals, 1971”.

6.4- Soldadura de partes salientes.

En el proceso de soldadura de partes salientes, la corriente y el flujo de calor se localizan en un punto o en un punto predeterminado por el diseño o la configuración de una de las dos partes que deban soldarse (Figura 58), se emplean salientes esféricas para soldar conjuntos hechos de lamina y placa de acero. Las salientes pueden también acuñarse o forjarse en los extremos o en las caras de los tornillos, tuercas y elementos similares de sujeción.

A menudo se emplean salientes alargadas en vez de salientes esféricas, cuando las formas de las partes hace que sea mas adecuada una soldadura alargada, y cuando las soldaduras hechas con saliente esféricas no satisfacen los requisitos de resistencia. Las salientes angulares se usan para soldar tubos o laminas metálicas, para hacer conexiones herméticas a los líquidos y gases.

Las salientes piramidales se acuñan o forjan en la cara de las turcas. Las soldaduras de alambre transversal o cruzado se usan para hacer diseños en alambre, tales como canastos cilíndricos de alambre y tableros de circuitos.

El metal que puede soldarse mas satisfactoriamente por soldadura de salientes es el acero con bajo contenido de carbono (0.20% de carbono como máximo) con un espesor de sección comprendido entre 0.010 y 0.250 pulg.

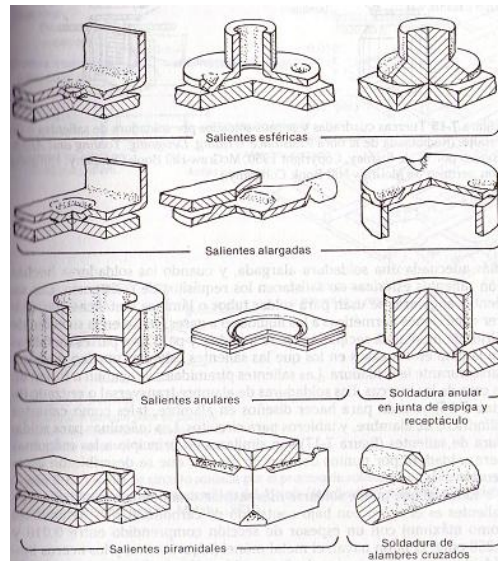


Fig.58 Variaciones sobre los tipos básicos de partes salientes en la soldadura de partes salientes o resaltantes
"Copyright de la America Society for Metals".

6.4.1- Electrodo para soldadura por puntos, de costura y de partes salientes.

Los electrodos usados para estos procesos realizan tres funciones importantes:

1. Conducen la corriente de soldar ala pieza de trabajo.
2. Transmiten la presión o fuerza apropiada a la zona de la soldadura para producir una soldadura satisfactoria.
3. Disipan el calor de la zona de soldadura con mayor o menor rapidez, dependiendo del proceso que se este empleando y de la necesidad en cuanto a la disipación del calor.

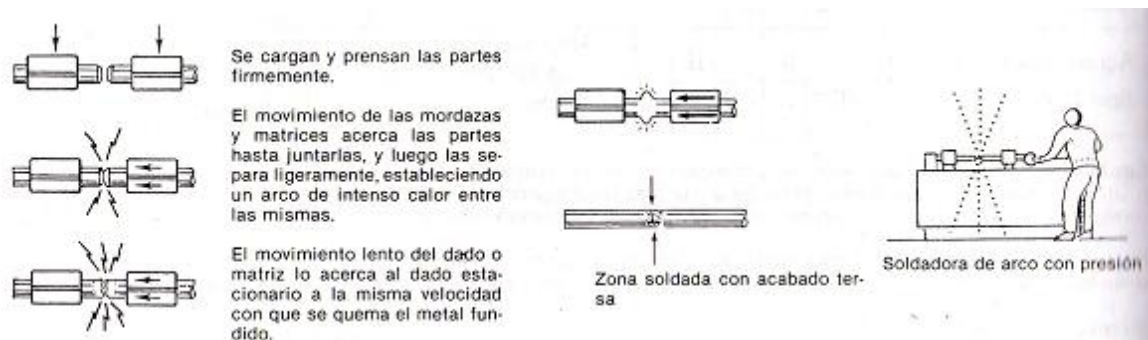
La primera de estas funciones es eléctrica. Si no tuviera que considerarse la aplicación de presión, podría hacerse la selección adecuada de electrodos casi enteramente sobre la base de la conductividad eléctrica y la térmica, tomando en consideración la resistencia de electrodo y la superficie de trabajo en la zona de contacto.

La segunda función es mecánica. Durante las operaciones de soldadura, los electrodos están sujetos a menudo a esfuerzos considerables, y así soportar tales esfuerzos a temperaturas elevadas sin sufrir una deformación excesiva.

6.5- Soldadura por arco con presión (flash welding).

La soldadura por arco con presión es un proceso de soldadura a tope por resistencia, en el cual se presentan dos piezas de trabajo mediante dispositivos adecuados para transmitir la corriente, los que sostienen los extremos de ambas en contacto muy ligero. Se hace pasar la corriente eléctrica a la pieza de trabajo, para producir un arco, el cual, en combinación con resistencia eléctrica, calienta los extremos que se encuentran a tope hasta el punto de fusión (Figura 59).

Cuando los extremos de ambas piezas alcanzan la temperatura apropiada para la profundidad correcta, con un movimiento súbito se ponen a contacto las piezas de trabajo con la fuerza suficiente para ocasionar una acción de



deformación con rebordes.

Fig.59 Operación básica de la soldadura por arco de presión, utilizada con permiso de Mc-Graw-Hill Company.

La soldadura por arco con presión puede utilizarse para unir muchas aleaciones ferrosas y no ferrosas, con excepción del hierro fundido, el plomo, el estaño, el zinc, el bismuto y las aleaciones de antimonio.

Algunas aplicaciones específicas de este proceso de soldadura son: las juntas biseladas entre extrusiones de marcos de ventana, los cigüeñales muy grandes, los elementos de montaje de los motores a chorro, las bandas de acero para el conformado de contornos a rodillo de los arillos para ruedas automotrices, y otras partes, (Figura 60).

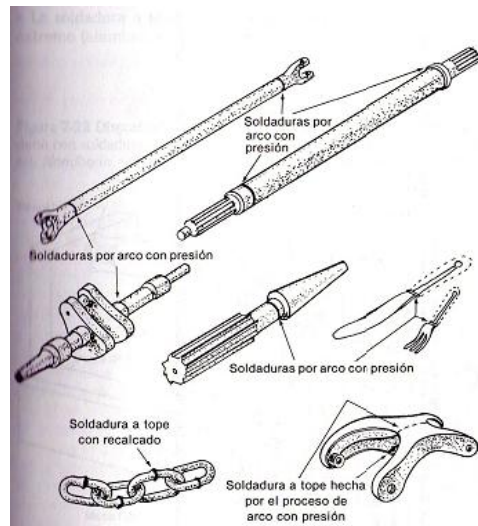


Fig.60 Ejemplos de aplicaciones de la soldadura a tope por arco con presión, utilizada con permiso de Mc-Graw-Hill Company.

6.6- Soldadura a tope con recalado.

Este proceso (Figura 61), fue la forma primitiva de soldar por resistencia. Consiste en producir la fusión simultáneamente sobre toda el área de las superficies acomodada 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. La fuerza para soldar se aplica antes de

iniciar el calentamiento, y se mantiene durante todo el período de dicha operación.

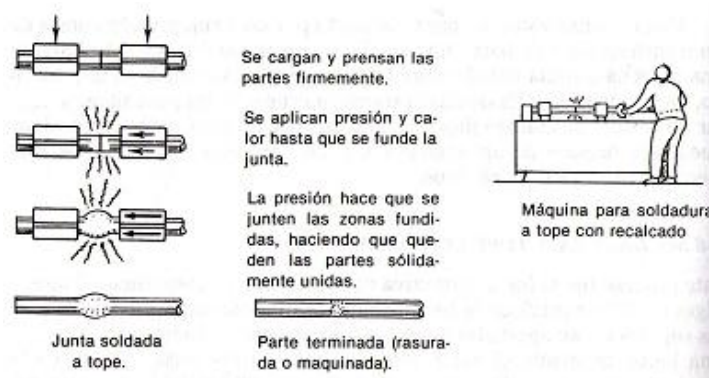


Fig.61 Operación típica de la soldadura a tope con recalcado, utilizada con permiso de Mc-Graw-Hill Company.

Los procesos de soldadura a tope con recalcado comprenden:

- la soldadura a tope con recalcado de partes, soldando extremo con extremo (alambre, varillas, soleras y otras).
- soldadura continua de tope con recalcado, usando corriente de baja frecuencia.
- La soldadura continua de costura a tope con recalcado, usando corrientes de alta frecuencia.

Este proceso de soldadura se usa mucho en plantas de estriado de alambre y en soldadura de productos hechos con alambre.

6.7- Soldadura por percusión.

La soldadura por percusión es un proceso por soldadura (Figura 62) por resistencia en el que se obtiene el calor mediante un arco producido por una descarga rápida de energía eléctrica. La fuerza se aplica percusivamente durante o inmediatamente después de la descarga eléctrica. Por el calor del arco se funde una capa de poca profundidad del metal de las superficies de las piezas de trabajo contra la otra, con lo cual se extingue el arco, se expulsa el metal fundido, y se completa la soldadura.

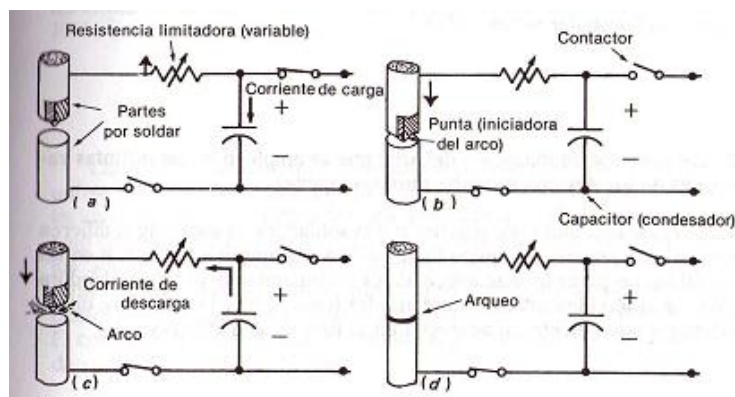


Fig.62 Diagrama simplificado de la secuencia de pasos en la soldadura por percusión con descarga de capacitor: (a) el conector se cierra momentáneamente; (b) se hace avanzar una de las partes por soldar hacia la otra, y se acelera rápidamente; (c) se forma el arco en el entre hierro, poco antes de que se pongan en contacto las partes, y se funden las superficies de trabajo de cada parte explotando el iniciador del arco, si se utiliza; (d) se extingue el arco al forzar el impacto de una parte contra la otra, expulsando el metal fundido en forma de relámpago y presionando las partes hasta quedar en perfecta unión soldada.

“Copyright de la American Society for Metals, 1971”.

La alimentación de calor es intensa, pero extremadamente breve y localizada, lo cual permite soldar por percusión un componente pequeño a otro, o un componente pequeño a uno más grande. Hay dos métodos de soldadura por percusión: el método de descarga de un condensador (capacitor) y el método de fuerza magnética. La soldadura por percusión (Figura 63) es similar a la

soldadura de espárragos (un proceso de soldadura de arco) en tres aspectos importantes:

1. El calor necesario para soldar se obtiene de un arco
2. La fuerza se aplica persuasivamente
3. Los métodos de inclinación del arco que se emplean en las distintas variantes de los procesos son muy semejantes.

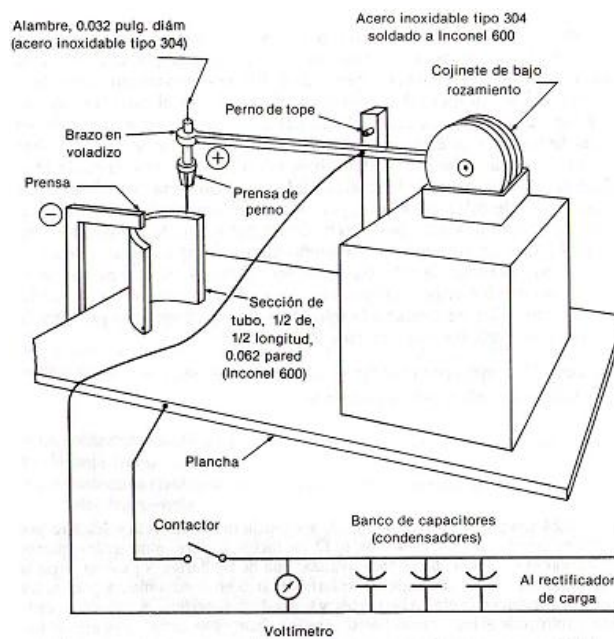


Fig.63 Dispositivo para la soldadura por percusión, con descarga de capacitor, de un alambre de acero inoxidable y una probeta mas grande de INCONEL 600
“Copyright de la American Society for Metals, 1971”.

(Horwits, 2008).

7- SOLDADURAS EN ESTADO SOLIDO.

En la soldadura de estado sólido, la coalescencia de las superficies de la parte se obtiene:

1) Mediante presión solamente o 2) por calor y presión. Para algunos procesos de estado sólido, el tiempo también es un factor. Si se usan calor y presión, la cantidad de calor por sí misma no es para producir la fusión de la superficie de trabajo.

En otras palabras, no ocurrirá la presión de las partes usando solamente el calor que se aplica en forma externa para estos procesos. En algunos casos, la combinación de calor y presión o el modo particular en el que se aplica la presión sola, generan suficiente energía para producir una fusión localizada de las superficies empalmantes. No se añade metal de relleno en la soldadura de estado sólido.

7.1- Consideraciones especiales de la soldadura en estado solido.

En la mayoría de los procesos de soldadura de estado sólido se crea una unión metalúrgica con muy poca o ninguna fusión de los metales base. Para unir metalúrgicamente dos metales similares o diferentes, debe establecerse un contacto íntimo entre los dos metales para que sus fuerzas atómicas cohesivas se atraigan una a la otra. En el contacto físico normal entre dos superficies, la presencia de películas químicas, gases, aceites y similares prohíbe tal proximidad.

Para que tenga éxito la unión atómica, deben removerse estas películas y demás sustancias. Pero en la soldadura de estado sólido, deben removerse las películas y otros contaminantes mediante otros métodos para permitir que ocurra la unión metalúrgica. En algunos casos, se hace una completa limpieza

de las superficies justo antes del proceso de soldadura; en otros casos, la acción de limpieza se realiza como un parte integral del acercamiento de las superficies de las partes. En resumen, los ingredientes esenciales para una soldadura de estado sólido exitosa son que las dos superficies deben:

1) Estar muy limpias

2) Ponerse en contacto estrecho una con la otra para permitir la unión atómica.

Los procesos de soldadura que no implican una fusión tiene varias ventajas sobre los procesos de soldadura por fusión. Si no ocurre la fusión, no hay una zona afectada por el calor, por lo que el metal que rodea la unión conserva sus propiedades originales.

Muchos de estos procesos producen uniones soldadas que incluyen toda la interface de contacto entre en las dos partes, y no solo en puntos o engargolados señalados, como en la mayoría de las operaciones de soldadura por fusión.

Asimismo, algunos de estos procesos son aplicables para unir metales distintos, sin tomar en consideración las expansiones térmicas relativas, las conductividades y los problemas que surgen normalmente durante la fundición y solidificación de distintos metales.

7.2- Procesos de soldadura de estado sólido.

El grupo de soldadura de estado sólido incluye el proceso de unión más antiguo, al igual que algunos de los más modernos. Todos los procesos en este grupo tienen una forma singular de crear la unión en las superficies empalmantes. El análisis empieza con el soldado por forja, el primer proceso de soldado.

7.2.1- Soldado por forja.

El soldado por forja tiene importancia histórica en el desarrollo de la tecnología de manufactura. El proceso data de alrededor del año 1000 a.c. cuando los herreros del mundo antiguo aprendieron a unir dos piezas de metal. El soldado por forja es un proceso en el cual los componentes que se van a unir se calientan a altas temperaturas de trabajo y después se forjan juntos por medio de un martillo u otro medio.

Se requiere bastante habilidad del artesano que lo realiza para obtener una buena soldadura bajo las normas actuales. El proceso tiene interés histórico; sin embargo, actualmente posee una importancia comercial menor, excepto por algunas de sus variantes que se analizan en los párrafos siguientes.

7.2.2- Soldadura en frío.

La soldadura en frío, SF (en inglés cold welding. CW), es un proceso en estado sólido que se realiza aplicando alta presión entre superficies en contacto limpias a temperatura ambiente.

Las superficies empalmantes deben estar excepcionalmente limpias para que funcione la (CW), y generalmente esta limpieza se hace mediante un desengrasado y pulido con cepillo de alambre inmediatamente antes de la unión. Asimismo, al menos uno de los metales que se van a soldar, y de

preferencia ambos, deben de ser muy dúctiles y libres de endurecimiento por trabajo. Los metales como el aluminio suave y el cobre pueden soldarse en frío con facilidad. Las fuerzas de compresión aplicadas en el proceso producen el trabajo en frío de las partes metálicas y reducen el grosor hasta en un 50%, pero también producen deformación plástica localizada en las superficies que hacen contacto, produciendo coalescencia.

Para partes pequeñas, las fuerzas se aplican mediante herramientas sencillas operadas en forma manual. Para trabajo más pesado se requieren prensas poderosas para ejercer la fuerza necesaria. En la CW no se aplica calor de fuentes externas, pero el proceso de deformación eleva de alguna forma la temperatura del trabajo. La aplicación de la soldadura en frío incluye la fabricación de conexiones eléctricas.

7.2.3- Soldadura con rodillos.

La soldadura con rodillos (Figura 64), es una variación de la soldadura por forja o de la soldadura en frío, dependiendo de si se obtiene o no el calentamiento externo de las partes del trabajo antes del proceso. La soldadura con rodillos, SR (en inglés roll welding, ROW), es un proceso en estado sólido en el cual se aplica una presión suficiente para producir coalescencia mediante rodillos, ya sea con o sin aplicación externa del calor.

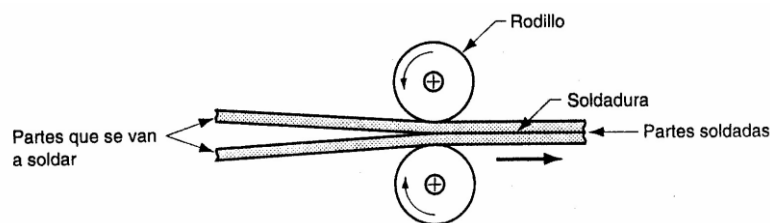


Fig.64 Método de soldadura con rodillos.

Si no se proporciona calor externo, el proceso se denomina soldadura en frío con rodillos si se proporciona calor, se usa el término soldadura en caliente con rodillos. Las aplicaciones de la soldadura con rodillos incluyen el revestimiento con acero inoxidable para aleaciones medias o bajas para conseguir resistencia a la corrosión, la fabricación de tiras bimetálicas para medir la temperatura y la producción de monedas acuñadas para la Casa de Moneda de Estados Unidos.

7.2.4- Soldadura en caliente con presión.

La soldadura en caliente con presión, SCP (en inglés hot pressure welding, HPW), es otra variable de la soldadura por forja, en el cual ocurre la coalescencia por la aplicación de calor y presión suficientes para producir una deformación considerable de los metales base. La deformación rompe la película de óxido de la superficie y deja limpio el metal para restablecer una buena unión entre las dos partes.

Debe permitirse que pase un tiempo para que ocurra la difusión a través de las superficies empalmantes. Por lo general, la operación se realiza en una cámara de vacío o en la presencia de un medio protector. Las aplicaciones principales de la HPW están en la industria de la aeronáutica y el espacio.

7.2.5- Soldadura por difusión.

La soldadura por difusión, SD (en inglés difusión welding, DFW), es un proceso en estado sólido resultado de la aplicación de calor y presión, por lo general en una atmósfera controlada, el tiempo suficiente para que ocurra la difusión y la coalescencia. Las temperaturas están bastante abajo de los puntos de fusión de los metales (el máximo está en alrededor de $0.5 T_m$) y la deformación plástica en la superficie es mínima. El mecanismo principal de coalescencia se lleva a

cabo mediante la difusión en estado sólido, que implica la migración de átomos a través de la interface entre las superficies que hacen contacto. Las aplicaciones de la DFW incluyen la unión de metales refractarios y de alta resistencia en las industrias de la aeronáutica, la aeroespacial y la nuclear. El proceso se usa para unir metales similares y diferentes y, en este último caso, con frecuencia se introduce entre los metales distintos una capa de relleno para promover la difusión de los dos metales base.

Una limitación del proceso puede ser el tiempo requerido para que ocurra la difusión entre las superficies empalmantes; este tiempo puede variar de segundos a horas.

7.2.6- Soldadura explosiva.

La soldadura explosiva, SE (en inglés explosion welding, EW), (Figura 65) es un proceso de estado sólido en el cual se produce una rápida coalescencia de dos superficies metálicas mediante la energía de un explosivo detonado. Por lo general se usa para unir dos metales distintos, en particular para revestir un metal sobre una base metálica en áreas grandes. Las aplicaciones incluyen la producción de materias primas de láminas y placas resistentes a la corrosión destinadas a la fabricación de equipo de procesamiento en las industrias química y del petróleo.

En este contexto se emplea el término revestimiento por explosión. En la EW no se usa un metal de relleno ni se aplica calor externo. Asimismo, durante el proceso no ocurre difusión (el tiempo es muy corto). La naturaleza de la unión es metalúrgica, en muchos casos combinada con, un entrelazado mecánico producido por otra interfase ondulada o rizada entre los metales.

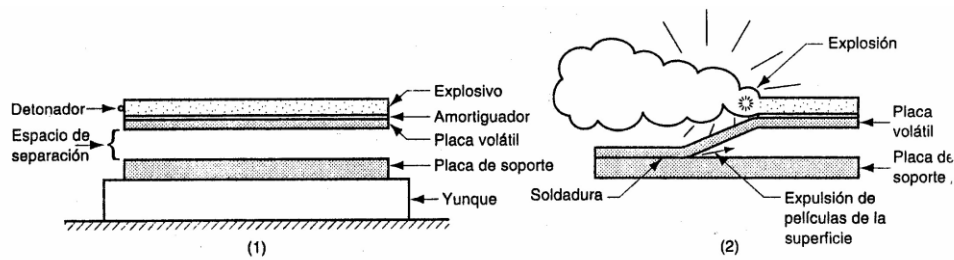


Fig.65 Soldadura por explosión
 (1) disposición en la configuración paralela.
 (2) durante la detonación de la carga explosiva.

EL proceso para revestir una placa de metal sobre otra puede describirse con la figura anterior. En esta distribución, las dos placas están en la configuración paralela y a una cierta distancia de separación, con la carga explosiva encima de la parte superior, denominada la placa volátil. Con frecuencia se usa una capa amortiguadora (por ejemplo, de hule o de plástico) entre el explosivo y la placa volátil para proteger su superficie.

La placa inferior, denominada metal de soporte, descansa en un yunque para apoyo. Cuando se inicia la detonación, la carga explosiva se propaga de un extremo de la placa volátil al otro, como se aprecia en la vista numero (2) de la figura 65.

Una dificultad en la comprensión de lo que sucede en la EW es el concepto erróneo común de que ocurre al instante una explosión; en realidad es una reacción progresiva, aunque ciertamente muy rápida, que se propaga a velocidades hasta de 8500 m/s.

La zona de alta presión resultante impulsa la placa volátil para que choque con el metal de soporte en forma progresiva a alta velocidad, por lo que toma una forma angular conforme avanza la explosión, como se ilustra en el diagrama (figura 65).

La placa superior permanece en su posición en la región donde el explosivo todavía no ha detonado. Debido a que la colisión ocurre a alta velocidad en una forma progresiva y angular, provoca que se vuelvan inestables las superficies en el punto de contacto y las películas de superficie son expelidas hacia delante desde el vértice del ángulo.

Por tanto, las superficies que chocan están químicamente limpias, y el comportamiento del fluido del metal, que implica una cierta fusión interfacial, proporciona un contacto íntimo entre las superficies y conduce a la unión metalúrgica. Las variaciones en la velocidad de choque y el ángulo de impacto durante el proceso pueden provocar una interface ondulada o rizada entre los dos metales. Este tipo de interface fortalece la unión, debido a que aumenta el área de contacto y tiende a entrelazar mecánicamente las dos superficies, por esta razón es muy utilizada.

Por lo general se usa para unir dos metales distintos, en particular para revestir un metal sobre una base metálica en áreas grandes. Las aplicaciones incluyen la producción de materias primas de láminas y placas resistentes a la corrosión destinadas a la fabricación de equipo de procesamiento en las industrias química y del petróleo. En este contexto se emplea el término revestimiento por explosión. En la EW no se usa un metal de relleno ni se aplica calor externo.

Asimismo, durante el proceso (Figura 65), no ocurre difusión (el tiempo es muy corto). La naturaleza de la unión es metalúrgica, en muchos casos combinada con, un entrelazado mecánico producido por otra interface ondulada o rizada entre los metales.

7.2.7- Soldadura por fricción.

La soldadura por fricción (Figura 66) es un proceso comercial muy difundido y es conveniente para los métodos de producción automatizada. El proceso fue desarrollado en la ex Unión Soviética, e introducido en Estados Unidos alrededor de 1960. La soldadura por fricción, SFR (en inglés friction welding, FRW), es un proceso en estado sólido en el cual se obtiene la coalescencia mediante una combinación de calor por fricción y presión.

La fricción se induce mediante el frotamiento mecánico entre las dos superficies, generalmente por la rotación de una parte con respecto a la otra, a fin de elevar la temperatura en la interface de unión hasta un rango de trabajo caliente para los metales involucrados.

Enseguida, las partes se dirigen una hacia la otra con suficiente fuerza para formar una unión metalúrgica. La secuencia se ilustra en la siguiente figura para soldar dos partes cilíndricas, una aplicación común del proceso. Como muestra la ilustración, la fuerza de compresión axial recalca las partes y se produce un reborde por el material desplazado.

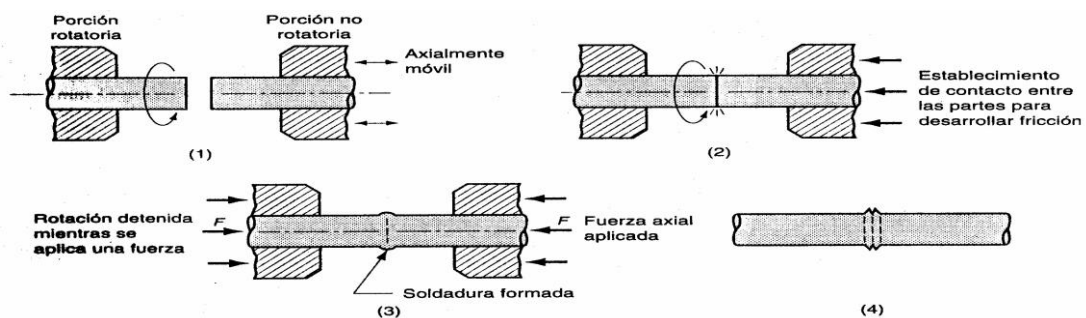


Fig.66 Método de soldadura por fricción

(1) Soldadura por fricción (FRW) parte rotatoria, sin contacto; (2) establecimiento de contacto entre las partes para generar calor por fricción; (3) rotación detenida y presión axial aplicada; y (4) soldadura creada.

Las películas que se encuentran sobre las superficies de contacto son expulsadas durante el proceso. Después deben emparejarse el reborde (por ejemplo, por rotación) para proporcionar una superficie lisa en la legión soldada. Cuando se realiza en forma correcta, no ocurre una fusión en las superficies empalmantes. Normalmente no se usa metal de relleno, como tampoco fundentes o gases protectores.

Casi todas las operaciones de FRW usan la rotación para desarrollar el calor necesario para el proceso. Hay dos sistemas de conducción principales que distinguen dos tipos de FRW:

(1) Soldadura por fricción de conducción continúa.

(2) Soldadura por fricción con inercia.

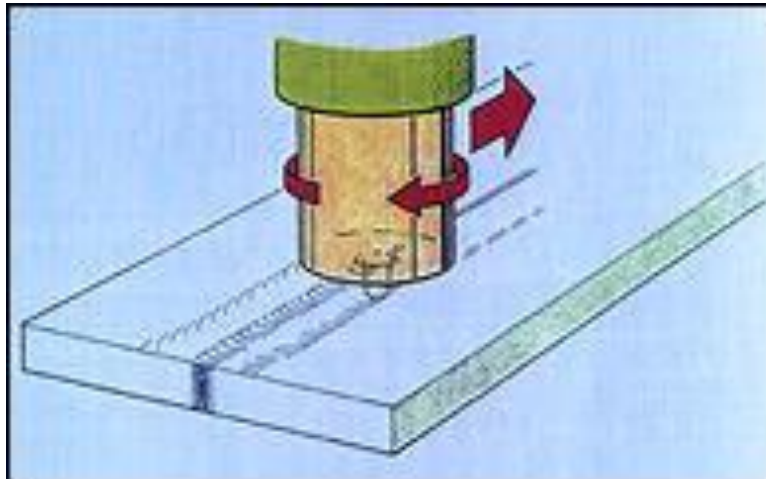


Fig.67 Soldadura por fricción continúa.

En la soldadura por fricción (Figura 67), un cilindro de sección plana y un rotor perfilado, son suavemente aproximados a las áreas a juntar las cuales son enfrentadas de tope.

(Fuente: www.geocyties.com).

En la soldadura por fricción de conducción continua se dirige una parte a una velocidad de rotación constante y se impone un contacto con la parte estacionaria a cierto nivel de fuerza, para que se genere calor por fricción en la interface. Cuando se alcanza la temperatura de trabajo correcta, se frena la rotación en forma abrupta y al mismo tiempo se juntan las partes a presiones de forja.

En la soldadura por fricción con inercia, la parte rotatoria se conecta a un volante, el cual se acelera a una velocidad predeterminada. Después, se desconecta el volante del motor de conducción y se aprietan las partes. La energía cinética almacenada en el volante se disipa en la forma de calor por fricción para producir la coalescencia en las superficies empalmantes. El ciclo total para estas operaciones dura alrededor de 20 segundos.

Las máquinas usadas para la soldadura por fricción tienen el aspecto de un torno de motor.

Requieren que un mandril con corriente haga girar una parte a alta velocidad y un medio para aplicar una fuerza axial entre la parte rotatoria y la no rotatoria. Con sus ciclos breves, el proceso se presta para la producción masiva. Se aplica en la soldadura de diversos ejes y partes tubulares en las industrias automotriz, aeronáutica, de equipo agrícola, de petróleo y del gas natural.

El proceso produce una estrecha zona afectada por el calor y puede usarse para unir metales distintos. Una de sus limitaciones es que al menos una parte debe estar en rotación, otras desventajas son que por lo general deben moverse las rebabas y que el recalado reduce la longitud de las partes (lo cual debe tomarse en consideración para el diseño de productos).

7.2.8- Soldadura ultrasónica.

La soldadura ultrasónica (Figura 68), SU (en inglés ultrasonic welding, USW), es un proceso en estado sólido en el cual se integran dos componentes bajo fuerzas de sujeción modestas y se aplican intensas presiones oscilatorias de frecuencia ultrasónica a la interface para producir la coalescencia. La operación se ilustra en la siguiente figura, para la soldadura sobrepuesta, que es una aplicación típica.

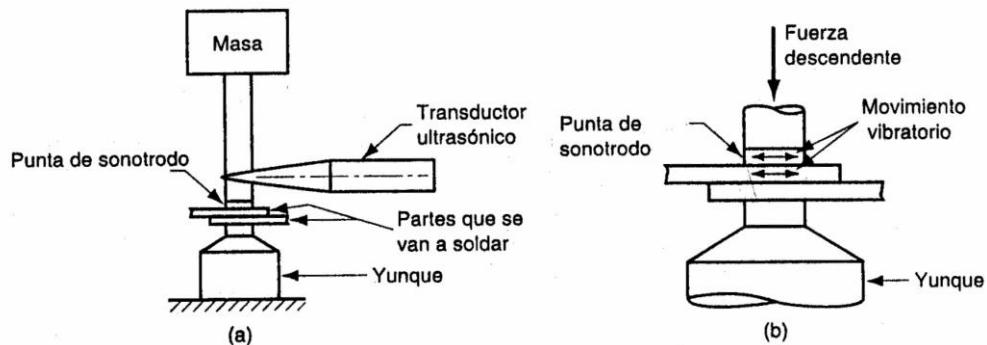


Fig.68 Soldadura ultrasónica (USW):
(a) disposición general para una unión sobrepuesta y
(b) acercamiento del área soldada.

El movimiento oscilatorio entre las dos partes deshace las películas de superficie para permitir un contacto íntimo y una fuerte unión metalúrgica entre las superficies. Aunque ocurre un calentamiento de las superficies que hacen contacto debido a la fricción interfacial y la deformación plástica, las temperaturas resultantes están bastante abajo del punto de fusión.

En la USW no se requieren metales de relleno, fundentes ni gases protectores.

El movimiento oscilatorio se transmite a la parte de trabajo superior mediante un sonotrodo que esta acoplado a un transductor ultrasónico, Este dispositivo

convierte la energía eléctrica en un movimiento vibratorio de alta frecuencia. Las frecuencias comunes usadas en la USW son de 15 a 75 kHz, y las amplitudes varían de 0.18 a 0.13 mm.

Las presiones de sujeción son mucho menores de las que se usan en soldadura al frío y coproducen una deformación plástica importante entre las superficies.

Bajo estas condiciones, los tiempos de soldadura son menores a 1 segundo.

Por lo general, las operaciones de USW se limitan a uniones superpuestas sobre materiales suaves, tales como el aluminio y el cobre.

La soldadura de materiales más duros provoca un rápido desgaste del sonotrodo que hace contacto con la parte de trabajo superior. Las partes de trabajo deben ser relativamente pequeñas y la soldadura de grosores menores a 3mm es el caso común. Aunque el mecanismo de la soldadura ultrasónica no está aun completamente esclarecido, se sabe que tiene similitudes con la soldadura por fricción.

Las aplicaciones incluyen terminación y empalmado de cables en las industrias eléctrica y electrónica (lo cual elimina la necesidad de soldadura blanda), el ensamble de paneles de lamina metálica de aluminio, la soldadura de tubos para chapas en paneles solares, así como diversas tareas de ensamble de otras pequeñas partes en la industria automotriz.

7.2.8.1- Aparatos para la soldadura ultrasónica.

Las puntas de sonotrodo se hacen generalmente, de acero rápido templado o de aleación Nimonic, materiales que muestran una baja tendencia a la soldadura por presión, posiblemente debido a su gran resistencia mecánica a elevadas temperaturas.

Las puntas tienen una forma tal que presentan sobre la pieza una superficie esférica de aproximadamente 75 mm de radio. Pueden estar soldadas o unidas con soldadura blanda al vibrador que suministra la energía para la soldadura.

<http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/PDF/cap-434.pdf>

8- OTROS PROCESOS DE SOLDADURA.

8.1- Haz de electrones.

La característica principal de la soldadura por haz de electrones (Electron Beam Welding, EBW) que la distingue de otros procesos de soldadura, es la posibilidad de concentrar una mayor cantidad de energía en zonas más reducidas. Esta elevada densidad de energía se consigue mediante la concentración de un haz de electrones de alta velocidad, producido por un cañón de electrones.

El impacto de los electrones de alta velocidad sobre la pieza incremento la temperatura en la zona de impacto. Esta elevada temperatura puede ser utilizada como fuente de calor en distintas aplicaciones (soldadura, fusión, tratamientos térmicos, etc.). El proceso se realiza en una cámara de vacío para evitar la dispersión de los electrones en la atmósfera normal.

Un equipo típico de haz de electrones consta de un cañón en el que se genera el haz de electrones. El haz penetra en una cámara de vacío, por lo que es necesaria una instalación de vacío asociada al equipo. En el interior de la cámara se encuentran las piezas a soldar, con la consiguiente limitación de tamaño de las mismas y la necesidad de un tiempo adicional para realizar el vacío.

La tecnología de soldadura por Haz de Electrones tiene unas aplicaciones específicas, entre las que destacan las siguientes:

- Soldadura de fuertes espesores (hasta 65 mm) de una sola pasada y sin aporte, lo cual supone un ahorro de tiempo y material.
- Soldaduras libres de contaminación, dada la atmósfera de alto vacío en la que se realiza el proceso.
- Soldaduras con deformaciones y tensiones mínimas debida a las reducidas dimensiones del cordón de soldadura (p.e. 4 mm de anchura para una penetración de 20 mm. en acero).
- Soldaduras de gran precisión en piezas reducidas; el pequeño diámetro del haz (0.5 mm) permite soldar zonas inaccesibles para cualquier herramienta.
- Se pueden soldar innumerables metales diferentes y metales refractarios (tungsteno, molibdeno).
- El haz de alta energía permite realizar tratamientos térmicos superficiales, tanto de temple, con el consiguiente endurecimiento de la superficie, como de refusión, obteniéndose mejoras en diversas propiedades del material (comportamiento a fatiga, desgaste, etc.).

En la soldadura citada se utiliza el calor generado en la superficie de impacto, para fundir el material y conseguir la unión del mismo al solidificar.

La transformación de energía cinética en calor se efectúa en un volumen muy pequeño, debido al pequeño diámetro del haz y a la escasa penetración de los electrones en el interior del material.

La principal característica de esta aplicación es la alta densidad de energía de la fuente de calor (no superada por ningún otro proceso).

Los cordones de soldadura ejecutados por haz de electrones presentan un aspecto característico de los llamados " procedimientos de alta concentración energéticas ", y tienen las siguientes ventajas:

- Cordones de soldadura muy estrechos, incluso en uniones de gran penetración.
- Posibilidad de unir piezas de gran espesor de una sola pasada

8.1.1- Parámetros del proceso.

- Velocidad de soldadura:

Al incrementar la velocidad de soldadura se producirá un efecto opuesto, por ser menor el aporte energético por unidad de longitud.

- Tensión de aceleración:

Al incrementarla se reduce el tamaño de la huella del haz y produce una zona fundida más pequeña y una soldadura más estrecha y profunda.

- Intensidad del haz:

Al incrementar la corriente del haz, incrementamos la energía del haz y posibilita una mayor penetración y una mayor velocidad de soldadura.

- Diámetro del haz:

Para la soldadura de grandes espesores es más adecuado el uso de un haz muy fino, también podemos acceder a zonas muy estrechas y ejecutar uniones de gran precisión.

- Distancia entre pieza y cañón:

Una distancia de trabajo pequeña permite una mayor concentración del haz sobre la superficie de la pieza.

- Efecto de la presión en el haz:

Sólo en valores de presión por debajo de 10^{-1} Pa podemos alcanzar la máxima efectividad de la producción de soldaduras relativamente profundas y estrechas.

8.2- Soldadura con Rayo Laser.

La soldadura con rayo láser (LBW, de laser-beam welding, en inglés) usa un rayo láser de alto poder como fuente de calor, y produce una soldadura por fusión. Como el rayo se puede enfocar en un área muy pequeña, tiene gran densidad de energía y, por consiguiente, capacidad de penetración profunda.

El rayo se puede dirigir, conformar y enfocar con precisión sobre la pieza. Por lo anterior, este proceso es adecuado especialmente para soldar uniones profundas y delgadas, con relaciones normales de profundidad-ancho entre 4 y 10. En la industria automotriz, la soldadura de componentes de transmisiones es su aplicación más difundida. Entre muchas otras aplicaciones está la soldadura de piezas delgadas para componentes electrónicos.

El rayo láser se puede pulsar (en milisegundos) para tener aplicaciones como en soldadura por puntos de materiales delgados, con potencias hasta de 100 kW. Los sistemas de láser continuo de varios kW se usan para soldaduras profundas en secciones gruesas.

Posibilidades del proceso. Los procedimientos de soldadura con rayo láser producen soldaduras de buena calidad, con contracción y distorsión mínimas.

Estas soldaduras tienen buena resistencia y en general son dúctiles y libres de porosidades. El proceso se puede automatizar, de tal modo que se use en diversos materiales con grosores hasta de 25 mm (1 pulg); es especialmente eficaz en piezas delgadas. En los metales y aleaciones que normalmente se sueldan están el aluminio, titanio, metales ferrosos, cobre, superaleaciones y los metales refractarios. Las velocidades de soldado van de 2.5 m/min hasta 80 m/min (250 pies/min), para metales delgados.

Por la naturaleza del proceso, la soldadura puede efectuarse en lugares inaccesibles por otros medios. En la soldadura con rayo láser tiene especial importancia la seguridad, por los riesgos extremos a los ojos y a la piel; los láseres de estado sólido (YAG) son especialmente peligrosos.

Las principales ventajas del rayo láser sobre el haz de electrones son las siguientes:

- No se requiere un vacío, así que el rayo se puede transmitir por el aire.
- Los rayos láser se pueden conformar, manipular y enfocar ópticamente, usando fibras ópticas, por lo que el proceso se puede automatizar con facilidad.
- Los rayos no generan rayos X.
- Es mejor la calidad de la soldadura y tiene menor tendencia a fusión incompleta, salpicaduras y porosidades, y produce menos distorsión.

Como en otros sistemas análogos de soldadura automatizada (Figura 69), es mínima la destreza que se requiere en el operador. El costo de los equipos de soldadura láser va de 40,000 a 1 millón de dólares.

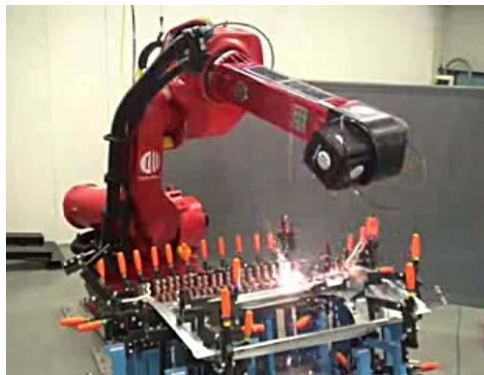


Fig.69 Soldadora por rayo laser análoga automatizada, [\(video\)](#).

http://html.rincondelvago.com/soldadura_10.html

8.3- Soldadura por electroescoria. (Figura 70).

Descripción del Proceso:

- Características:

- Proceso de paso único.
- Se efectúa en posición vertical.
- Se utiliza para unir placas de 25 mm hacia arriba.
- Se utiliza material de aporte.
- Temperaturas cercanas a los 1950°C en el baño interior y de 1650°C en la superficie.

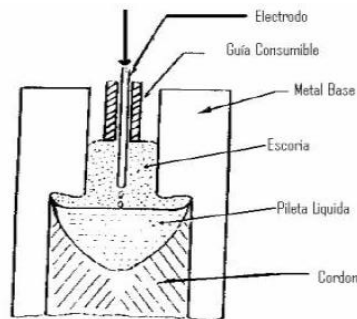


Fig.70 Esquema de soldadura por electroescoria.

- La solidificación es progresiva de abajo hacia arriba (soldadura longitudinal).
- No es un proceso de arco.
- El calor necesario para fundir es aportado por resistencia de la escoria fundida al paso de corriente eléctrica.
- Existe un arco inicial que luego se extingue con la escoria.

8.3.1 Variantes del proceso

- Primera variante:

- Placas separadas 30 mm aprox.
- Un trozo de material hace de puente al fondo de las placas
- Utilización de zapatillas de cobre enfriadas por agua.
- Electrodo es portador de la escoria.
- Utiliza un mecanismo de alimentación y de enfriamiento móvil.

– Oscilación lateral para lograr una distribución más uniforme del metal.

Desventajas de la primera variante:

- Alto costo; dispositivo automático que permite elevar las zapatillas refrigerantes y el cabezal de soldadura.
- Gran peso debido al dispositivo nombrado en el punto anterior.
- Necesidad de superficie lateral lisa en las planchas permitir el fácil desplazamiento de las zapatillas.

8.3.1.1- *Variantes del proceso.*

• Segunda variante:

- Es mucho más simple.
- De guía consumible.
- No requiere de mecanismo de alimentación.
- Utilización tubos y placas guías.
- Se utiliza un bloque de partida para el comienzo de la soldadura.
- Tasa de aumento electrodos: 1 electrodo/50mm de aumento de espesor de las placas.
- Guías consumibles aisladas de las placas para evitar arcos.

Ventajas respecto de la primera variante:

- No requiere de un mecanismo de elevación de cabezal lo que lo hace un método más barato y más liviano.
- La velocidad de adición de material de aporte puede ser aumentada significativamente empleando una guía de sección transversal suficientemente grande.
- El agregado de elementos de aleación al depósito se simplifica mediante una variación adecuada de la composición de la guía consumible.

- El proceso, por ser auto-regulado, permite aumentos substanciales de la velocidad de soldadura mediante una reducción adecuada del espacio que se deja entre planchas.

8.3.2- Aspectos técnicos.

- Velocidad de soldadura:
 - Espacios entre placas pequeños (10mm) -16 [m/h].
 - Problemas de aislamiento y de fisuramiento del metal.
 - Espacios entre placas de 16mm o más - 7 [m/h].
 - Espesores de placa de alrededor de 32 a 38 mm.
 - Uso de energía de aprox. 20kJ/mm.
 - El método está en general libre de defectos:
 - Lenta evolución y solidificación del metal depositado.
 - Estructura columnar en el cordón.
 - Aumento del tamaño de grano en la zona afectada por el calor (HAZ).

8.3.3- Principales aplicaciones

- Puentes carreteros (Figura 71).



Fig.71 Puente carretero.

- Industria ferroviaria.
- Grandes naves.
- Maquinaria pesada.
- Disminuye aplicabilidad para soldado con electroescoria aleaciones de níquel.

- Utilizado en recipientes de alta presión
- Forma de sándwich con paredes gruesas
- Cáscaras de altos hornos.
- Cucharones de acero, utilizados a temperatura ambiente, (Figura 72).
- Utilización creciente en aceros inoxidables.



Fig.72 Aplicación de electroescoria en cucharones de acero.

8.3.4- Riesgos asociados en aplicabilidad

- No es una de las soldaduras más utilizadas.
- Se utiliza gran cantidad de calor en grandes áreas, produciéndose gran tamaño de grano.
- Se homogeniza superficie, luego de proceso de normalización.
- Debido a la técnica de soldadura paralela como por el tamaño de grano, es difícil utilizar técnicas de ultrasonido.

Aplicaciones en el futuro

- La técnica tiene un potencial de incrementar la productividad.
- Limitado uso, debido al poco entendimiento de la misma y pocas aplicaciones específicas.
- Se han creado pocos nichos de aplicación

Características del cordón:

- Libre de defectos
- Lenta evolución y solidificación del metal depositado.
- Estructura columnar en el cordón.
- Marcado aumento en el tamaño de grano de la zona afectada por el calor (ZAT).

8.3.5- Características del cordón.

En general:

- Ahorro de tiempo.
- Atractivo para soldaduras de espesores gruesos.
- Con respecto a otros métodos por arco.
- Elevada velocidad de soldadura obtenible.

http://www.google.com.mx/#hl=es&source=hp&q=soldadura+con+electroescoria.&meta=&rlz=1R2ADFA_esMX338&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=&fp=42640b6e24700911

9- SOLDADURA FUERTE.

Proceso de soldadura con baja temperatura: la soldadura fuerte con bajo punto de fusión, y la unión adhesiva. En cada proceso se logra la soldadura una temperatura inferior al punto de fusión del metal base. No hay fusión: por tanto, se evitan los problemas metalúrgicos ligados con la misma. La deformación se encontraba al mínimo, y pueden unirse metales excesivamente delgados, o bien pueden sellarse contra fugas con relativa facilidad.

Tal vez la mayor ventaja de estos procesos es su posible aplicación a la unión de metales diferentes. La American Welding Society define la soldadura fuerte como un proceso “en el que se produce coalescencia mediante calentamiento a temperaturas adecuadas por encima de 800° F, y la utilización de un metal de aporte no ferroso con un punto de fusión inferior al metal base, distribuyéndose el metal de aporte entre las superficies perfectamente ajustadas de la junta por atracción capilar”.

El éxito de la soldadura fuerte, como el de la del bajo punto de fusión, depende del hecho de que un metal fundido, de baja tensión superficial, fluye con facilidad y uniformidad sobre la superficie de un metal de base calentado apropiadamente y limpiado químicamente, en la forma en que se fluye el agua en un vidrio limpio.

9.1- Fundentes para soldadura fuerte.

Los fundentes para soldadura fuerte se obtienen en el comercio en forma de pasta, en forma líquida o polvo. Los llamados fundentes para uso general están compuestos principalmente de bórax o mezclas de bórax y ácido bórico.

Para la soldadura fuerte del aluminio, se especifica generalmente fundentes que contengan fluoruros y cloruros, y estos pueden obtenerse de compañías como la Eutectic Welding Alloys Corporation, la Air Reduction Sales Corporation, la Linde Air Products y la Aluminium Company of America, para citar algunas cuantas.

Cada composición puede ser óptima para un método de soldadura fuerte en particular. Por ejemplo, la Alcoa No. 33 es una composición para soldadura fuerte aplicada a mano, la Alcoa No.34 es una composición de soldadura fuerte aplicada en horno la que es ligeramente menos activa que la No.33, y la Alcoa No.52 se recomienda para soldadura fuerte en horno.

10- SOLDADURA BLANDA O DE BAJO PUNTO DE FUSIÓN.

El proceso de soldadura con metales o aleaciones de bajo punto de fusión es el otro método de unión a baja temperatura en que se produce una acción metalúrgica o de disolvente entre la soldadura y el metal que se está uniendo, (Figura 73).

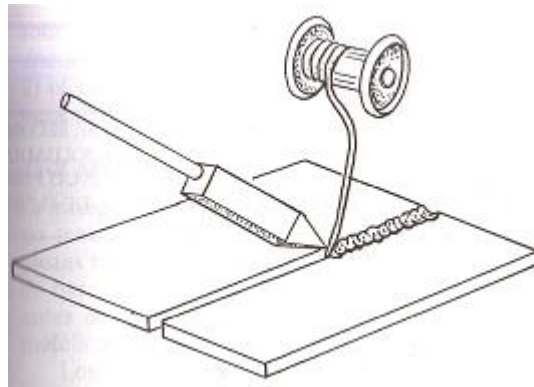


Fig.73 Proceso de la soldadura con bajo punto de fusión.
“Fundamentals of services welding, publicaciones de servicios de John Deere”.

La junta es de carácter meramente químico que físico, por que la unión se forma en parte por acción química capilar en vez de por la mera atracción física. Las propiedades de una junta soldada por este proceso son diferentes de las de la soldadura original, por que durante el proceso la soldadura misma se convierte prácticamente en una aleación nueva y diferente, debido a la acción de disolución que tiene lugar entre los metales respectivos.

Las propiedades físicas de esta nueva aleación no son necesariamente las mismas que la de la soldadura original. Las propiedades físicas de una conexión o unión soldada dependen, por tanto, del grado al que ha tenido lugar la formación de la aleación durante el proceso, y están sujetas a una gran variación, debido a las variables que se anotan a continuación:

- tipo y cantidad inadecuados de fundente y soldadura para el metal que se esta uniendo.
- preparación inadecuada de la junta.
- aplicación de una cantidad insuficiente de calor a la costura.
- tiempo de enfriamiento insuficiente.

10.1- Clases de soldadura de bajo punto de fusión.

La mayoría de estas soldaduras son aleaciones de estaño y plomo. La composición en porcentaje del estaño y el plomo determina sus propiedades físicas y mecánicas. La soldadura se obtiene en muchas formas, en barras, en varillas, hoja con espesor de papel, alambre, tiras o polvo. También puede obtenerse en anillos circulares o semicirculares, aunque estas formas se reservan generalmente para las aleaciones de soldadura fuerte.

10.2- Fundentes.

La función del fundente consiste en eliminar la película de óxido no metálico de la superficie del metal, manteniendo esta limpia durante la operación de soldadura, de manera que pueda lograrse un contacto entre metales limpios y libres de óxido. El fundente no constituye una parte de la junta soldada.

Después de soldar, el residuo fundente, que conserva aun su ración de óxidos capturados, permanece inerte sobre la superficie de la junta soldada. Los fundentes para este tipo de soldadura pueden dividirse en cuatro grupos:

- 1) el tipo de cloruro o ácido
- 2) el tipo orgánico
- 3) el tipo de colofonia o de resina
- 4) los fundentes para aluminio.

(Horwits, 2008).

11- PRUEBAS DE ANÁLISIS PARA SOLDADURA.

“Calidad de soldadura” es una expresión cuyo significado depende del uso final que se da a la soldadura. Las soldaduras de calidad pueden clasificarse como “buenas” y “muy buenas”.

Las buenas soldaduras son las que cumplen con los requisitos de aspecto y que a la vez se comportan de acuerdo con lo previsto hasta que son retiradas del servicio por decisión del usuario.

Las soldaduras muy buenas son las efectuadas bajo condiciones de intenso control de calidad y para las cuales la única diferencia es el aumento del costo de producción.

11.1- Inspección visual.

Este es el método más usado de los métodos de inspección, por ser fácil de aplicar rápido y de costo relativamente bajo, así como proporciona información muy importante en relación con el cumplimiento general del conjunto soldado con los requerimientos de la especificación.

Antes de empezar a soldar, el inspector revisa el material por soldar, en busca de defectos tales como costras, escamas, laminaciones en placa y dimensiones de la placa.

Después de ensamblar las partes que han de soldarse, el inspector puede notar si hay aberturas de raíz incorrectas, preparación inadecuada de los bordes y demás características de preparación de la junta que pudieran afectar la calidad de la junta soldada, (Figura 74).

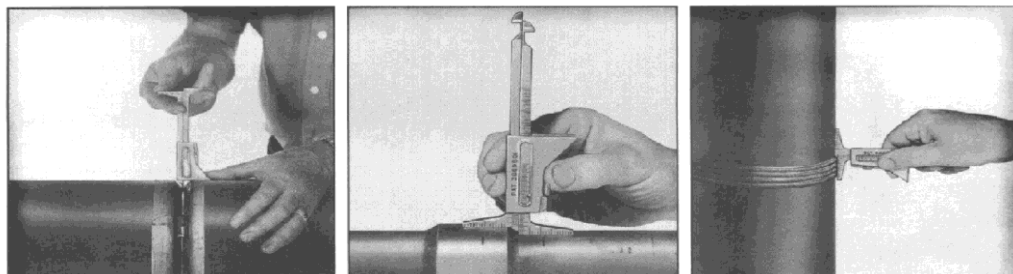


Fig.74 Inspección visual y medición de juntas soldadas.

11.2- Líquidos Penetrantes.

El método o prueba de líquidos penetrantes (PT), (Figura 75), basado en el principio físico conocido como "Capilaridad", consiste en la aplicación de un líquido con buenas características de penetración, a continuación se aplica un líquido absorbente, comúnmente llamado revelador, de color diferente al líquido penetrante, el cual absorberá el líquido que haya penetrado, revelando las aberturas superficiales.

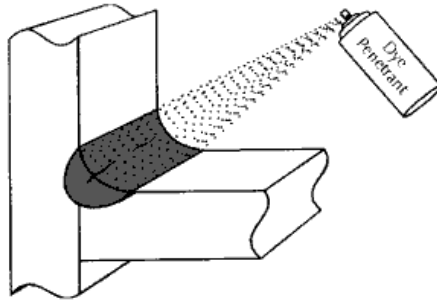


Fig.75 Aplicación de líquido penetrante en unión soldada.

11.3- Partículas Magnéticas.

Este método de Prueba No Destructiva, se basa en el principio físico conocido como Magnetismo, el cual exhiben principalmente los materiales ferrosos como el acero y consiste en la capacidad de atracción entre metales.

De acuerdo con lo anterior, si un material presenta alguna discontinuidad en su superficie, ésta actuará formando polos magnéticos, atrayendo cualquier material magnético o ferromagnético que esté cercano a la misma. Son utilizados pequeños trozos o diminutas Partículas Magnéticas, las cuales revelarán la presencia de discontinuidades superficiales y/o sub-superficiales en el metal.

11.4- Prueba de Ultrasonido.

El método de Ultrasonido se basa en la generación o propagación de ondas sonoras a través del material. Un sensor, que contiene un elemento piezoeléctrico, convierte los pulsos eléctricos en pequeños movimientos o vibraciones, con una frecuencia imperceptible al oído humano.

Estas vibraciones se propagan a través del material, y cuando su camino es interrumpido por una interface, sufren reflexión, refracción ó distorsión. Dicha

interrupción se traduce en un cambio de intensidad, dirección y ángulo de propagación, cambio que es detectado y registrado a través de una pantalla o monitor especialmente diseñado para tal finalidad.

11.5- Prueba Radiográfica.

La radiografía como método de prueba no destructivo, se basa en la capacidad de penetración que caracteriza a los Rayos X y a los Rayos Gama, (Figura 76). Con este tipo de emisiones es posible irradiar un material y, si internamente este material presenta cambios internos considerables como para dejar pasar o retener dicha radiación, entonces es posible determinar la presencia de estas irregularidades, simplemente midiendo o caracterizando la radiación incidente contra la radiación retenida o liberada por el material.

Comúnmente, una forma de determinar la radiación que pasa a través de un material, consiste en colocar una película radiográfica, cuya función es cambiar de tonalidad en el área que recibe radiación. El resultado queda plasmado en la película radiográfica situada en la parte inferior del material metálico.



Fig.76 Prueba radiográfica, método no destructivo.

(Nelson Lara, 2009).

12- SEGURIDAD PARA EL SOLDADOR.

Los peligros relacionados con la soldadura suponen una combinación poco habitual de riesgos contra la salud y la seguridad. Por su propia naturaleza, la soldadura produce humos y ruido, emite radiación, hace uso de electricidad o gases y puede provocar quemaduras, descargas eléctricas, incendios y explosiones.

Algunos peligros son comunes tanto a los diferentes tipos de soldadura. Si trabaja en labores de soldadura, o cerca de ellas, observe las siguientes precauciones generales de seguridad:

- Suelde solamente en las áreas designadas.
- Utilice solamente equipos de soldadura en los que haya sido capacitado.
- Sepa qué sustancia es la que está soldando y si ésta tiene o no revestimiento.
- Lleve puesta ropa de protección para cubrir todas las partes expuestas del cuerpo que podrían recibir chispas, salpicaduras calientes y radiación.
- La ropa de protección debe estar seca y no tener agujeros, grasa, aceite ni ninguna otra sustancia inflamable.
- Lleve puestos guantes incombustibles, un delantal de cuero o asbesto, y zapatos (Figura 77), altos para protegerse bien de las chispas y salpicaduras calientes.



Fig.77 Zapato de seguridad, dieléctrico p/soldador.

- Lleve puesto un casco hermético específicamente diseñado para soldadura, dotado de placas de filtración para protegerse de los rayos infrarrojos, ultravioleta y de la radiación visible, (Figura 78).



Fig.78 Cascos herméticos diseñados para soldadura.

- Nunca dirija la mirada a los destellos producidos, ni siquiera por un instante.
- Mantenga la cabeza alejada de la estela, manteniéndose detrás y a un lado del material que esté soldando.
- Haga uso del casco y sitúe la cabeza correctamente para minimizar la inhalación de humos en su zona de respiración.
- Asegúrese de que exista una buena ventilación por aspiración local para mantener limpio el aire de su zona de respiración.
- No suelde en un espacio reducido sin ventilación adecuada y sin un respirador aprobado por NIOSH.
- No suelde en áreas húmedas, no lleve puesta ropa húmeda o mojada ni suelde con las manos mojadas.
- No suelde en contenedores que hayan almacenado materiales combustibles ni en bidones, barriles o tanques hasta que se hayan tomado las medidas de seguridad adecuadas para evitar explosiones.
- Si trabajan otras personas en el área, asegúrese de que hayan sido avisadas y estén protegidas contra los arcos, humos, chispas y otros peligros relacionados con la soldadura.

- No se enrolle el cable del electrodo alrededor del cuerpo.
- Ponga a tierra el alojamiento del instrumento de soldadura y el metal que esté soldando.
- Observe si las mangueras de gas tienen escapes, usando para ello un gas inerte.
- Revise las inmediaciones antes de empezar a soldar para asegurarse de que no haya ningún material inflamable ni disolventes desgrasantes.
- Vigile el área durante y después de la soldadura para asegurarse de que no haya lumbres, escorias calientes ni chispas encendidas que podrían causar un incendio.
- Localice el extinguidor de incendios más próximo antes de empezar a soldar.
- Deposite todos los residuos y despuntes de electrodo en un recipiente de desechos adecuado para evitar incendios y humos tóxicos.

<http://www.statefundca.com/safety/safetymeeting/SafetyMeetingArticle.aspx?ArticleID=282>
[\(VIDEO\)](#).

13- ORGANISMOS CERTIFICADORES.

13.1- Introducción.

La mayoría de los códigos, normas y especificaciones de la soldadura incluyen un plan para asegurar que las soldaduras que se realicen sean de la calidad requerida por el producto.

Estos planes generalmente incluyen métodos para verificar que los soldadores tengan las aptitudes y las habilidades necesarias, y esto se logra por medio de la calificación y la certificación.

Muchos códigos son elaborados por organizaciones profesionales, tales como la American Welding Society y la American Society of Mechanical Engineers, así como por asociaciones como el American Petroleum Institute.

Estos códigos y practicas internacionales son conocidos como “Normas”.

Los comités de ingenieros decanos y de científicos que encabezan estas organizaciones se reúnen periódicamente para actualizar los códigos.

También las organizaciones gubernamentales adoptan estos códigos de consenso para darles fuerza de ley. Algunos gobiernos los utilizan como base para sus leyes, agregándoles sus propias aportaciones.

Antes de poder evaluar la destreza de un soldador para realizar una unión, debemos definir esta unión y el procedimiento para realizarla. Para hacer esto, los ingenieros especializados en soldadura han desarrollado la Especificación del procedimiento de soldadura (EPS).

Este documento proporciona información detallada sobre las condiciones de la soldadura para una aplicación específica, con el fin de asegurar que pueda ser repetida por otros soldadores apropiadamente.

Los códigos más comunes en Estados Unidos son:

- D1.1 Structural Welding Code-Steel de la AWS.
- Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX (Welding Qualifications) de las AESME.
- Estándar for Welding Pipelines and related Facilities de las API-STD 1104.

13.2- Organismos Certificadores Americanos.

Los empresarios que producen piezas soldadas que satisfagan las normas deben tener los códigos ala mano. Las siguientes organizaciones publican códigos para la soldadura y tiene sitios informativos en Internet.

**AMERICAN ASSOCIATION OF
STATE HIGHWAY AND
TRANSPORTATION
OFFICIALS** 444 NORTH CAPITOL
STREET, NW
SUITE 249
WASHINGTON, DC 20001
202 6245800

**AEROSPACE INDUSTRIES
ASSOCIATION OF AMERICA**
1250 EYE STREET, NW SUITE
1200 WASHINGTON, DC 20005

**AMERICAN INSTITUTE OF STEEL
CONSTRUCTION**
ONE EAST WACKER DRIVE
CHICAGO, IL 60601 312 670-2400
www.aisc.org

**AMERICAN IRON AND STEEL
INSTITUTE**
1101 17th STREET, NW
WASHINGTON, DC 20036 202 452-
7100
www.steel.org

AMERICAN WELDING SOCIETY

550 N.W. LEJEUNE ROAD

MIAMI, FL 33126

305 443-9353

800 443-9353

www.aws.org

**AMERICAN SOCIETY OF
MECHANICAL ENGINEERS**

3 PARK AVENUE NEW YORK, NY

10016

800 THE-ASME

www.asme.org

(Galvetry Marlow, 2008).

13.3- Máximo órgano certificador mundial en soldadura.

La American Welding Society (AWS), (Figuras 79, 80, y 81) es una organización sin fines de lucro dedicada a promover la ciencia , la tecnología, y la aplicación de la soldadura y sus aliados de unión y procesos de corte, incluyendo la soldadura fuerte , soldadura y proyección térmica . La organización tiene su sede en Miami , Florida , pero también lleva a cabo eventos y sección individual y las reuniones de distrito de Estados Unidos y en ubicaciones internacionales.

La organización es quizás más conocida por su código y procedimientos de certificación, que establecen estándares de la industria para la soldadura y unión de metales , plásticos y otros materiales. A través de sus publicaciones, foros de internet, servicios para miembros, eventos locales y nacionales, recursos educativos, actividades en red, y procedimientos de certificación, AWS mantiene a los profesionales de soldadura y los interesados en la ciencia de los materiales al día con los avances más actuales y procedimientos en la industria.

Hasta septiembre de 2006, la sociedad contiene cerca de 50,000 miembros, la mayoría dentro de los Estados Unidos.

13.3.1- Historia AWS.

Las raíces de la Sociedad Americana de Soldadura se remontan a la Primera Guerra Mundial , cuando las exigencias de la repentina rapidez la producción de equipo militar que la industria de soldadura en foco. El presidente Woodrow Wilson creó un Comité de soldadura de la Flota de la Corporación de emergencia, que trabajó con el ya existente Consejo Nacional de soldadura. En 1919, líderes de la industria coincidieron en que la información confiable y objetiva sobre la soldadura es fundamental para seguir el desarrollo industrial EE.UU., y las dos organizaciones se fusionaron para crear la American Welding Society. Confort A. Adams fue el primer presidente de la Sociedad Americana de Soldadura.

Una necesidad inmediata era crear una publicación que podría cubrir objetivamente los avances científicos de la industria, y en 1922, comenzó a publicar la AWS Diario de soldadura. El Diario de soldadura ahora se publica cada mes, y contiene artículos revisados por expertos sobre la soldadura y la ciencia de los materiales, junto con noticias de la industria e información sobre eventos de la sociedad y sus miembros.

En la AWS también comenzaron a preocuparse por la soldadura y las normas de seguridad, y comenzó a ofrecer estándares de certificación y los procedimientos de seguridad para ofrecer orientación sobre las técnicas de soldadura segura y procedimientos de seguridad. Hoy en día, AWS publica más de 100 códigos y procedimientos que detallan las normas de soldadura de metales múltiples, materiales compuestos y plásticos.

13.3.2- Certificación de la AWS.

AWS certifica soldadores, inspectores, ingenieros, fabricantes, intérpretes radiográficos, soldadores de arco y robótica. Certificación se compone de procedimientos de análisis detallados. La Interpretación radiográfica de Certificación, por ejemplo, incluye un examen detallado del conocimiento general, una prueba de información específica del libro Código de la AWS calidad radiográfica y la interpretación, y un examen práctico a prueba la capacidad del individuo para leer películas radiográficas.

Certificación normalmente necesita ser renovada después de un período de nueve años. AWS requiere exámenes de certificación que se adopten en un laboratorio de pruebas acreditado AWS.

13.3.3- Fundación AWS.

La Fundación apoya la educación de soldadura AWS a través de varias becas y premios para los alumnos de soldadura, soldadura de ingeniería y ciencia de materiales en el puesto de nivel secundario y de posgrado.

13.3.4- Comisiones AWS.

- WEMCO - Equipos de soldadura Fabricantes Comité
- BSMC - Soldadura fuerte y el Comité de Fabricantes de soldadura
- PACWI - Pan Coalición Americana de Institutos de soldadura
- POCWA - Coalición Océano Pacífico de Asociaciones de soldadura
- RWMA - Soldadura por Resistencia Alianza de fabricación

Misión de AWS:

AWS Declaración de Misión: La misión de la Sociedad Americana de Soldadura es avanzar en la ciencia, la tecnología y la aplicación de soldadura y técnicas afines de unión y procesos de corte, incluyendo la soldadura fuerte, soldadura y proyección térmica.

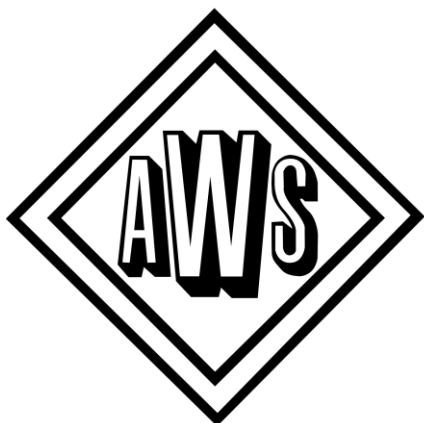


Fig.79 Sello corporativo AWS



Fig.80 Sello de miembro AWS

Sellos corporativos.



Fig.81 Edificio AWS Florida, Miami, EUA.
Edificio corporativo.

<http://www.aws.org/>

13.4- COMIMSA institución certificadora de soldadura a nivel nacional.

COMIMSA, (Figura 82) es un Centro Público de Investigación perteneciente al Sistema CONACYT, creado a finales de 1991 a partir de la infraestructura física y humana de lo que fuera el IMIS (Instituto Mexicano de Investigaciones Siderúrgicas).

COMIMSA enfoca sus actividades de investigación y desarrollo tecnológico bajo el concepto de mercado y con criterios de rentabilidad, de ahí su figura jurídica S. A. de C. V.

COMIMSA ha desarrollado un modelo de actuación innovador, el cual le permite no sólo operar con autosuficiencia financiera, sino que además logra una verdadera vinculación con el sector industrial, con el sector académico y con otros centros de investigación.

MISIÓN:

Como Centro Tecnológico del CONACYT, nuestra misión es: "Realizar investigación, estudios y proyectos tecnológicos que permitan fortalecer al sector industrial y de la ingeniería para la infraestructura, mediante la generación, asimilación y transferencia de conocimiento útil al Gobierno, instituciones y empresas, contribuyendo al desarrollo económico y sustentable del país".

VISIÓN:

"Ser el Centro Tecnológico en Ingeniería, que represente un factor de cambio en la competitividad del sector industrial y de la ingeniería nacional".

-Para certificar se ofrecen los siguientes cursos:

- Calificación y Certificación de Soldadores
- Curso-Taller de Soldadura Multiprocesos (24 horas)

Objetivo: Formar y certificar soldadores de acuerdo a los estándares de AWS, capaces de demostrar sus conocimientos y habilidades y responder a las necesidades crecientes en la industria en general.

Dirigido a: Personal soldador involucrado en áreas de soldadura industrial como son producción, fabricación, construcción y mantenimiento, (Figura 83).

Contenido temático:

- Introducción a los procesos de soldadura SMAW, GMAW y GTAW.
- Parámetro del equipo.

- Seguridad y salud e los soldadores.
- Fundamentos metalúrgicos.
- Simbología y terminología de soldadura.
- Códigos y especificaciones en soldadura.
- Posiciones.
- Control de calidad.
- Problemas en soldadura y sus soluciones.
- Prácticas de taller.



Fig.83 Personal soldador.

- Calificación de Soldadores (Duración 8 horas).
- Calificar la habilidad del soldador para la realización de uniones soldadas de acuerdo a un procedimiento específico calificado (WPS).
- Certificación de Soldadores.
- Obtener la certificación de la AWS bajo el esquema de la "Certified Welder", para aquellos soldadores que acrediten la calificación.

Infraestructura

Infraestructura Física, (Figura 84).

- Centro de Capacitación, Entrenamiento y Evaluación en Soldadura
 - Sala para Instrucción Teórica
 - Unidad Móvil de Entrenamiento en Soldadura
- Laboratorios de Simulación, Pruebas Mecánicas, Metalografía, Análisis de Fallas, Corrosión, Química
- Biblioteca Especializada

Infraestructura Humana

- Personal Certificado como Inspectores en Soldadura, CWI
- Personal Certificado como Soldadores, CW
- Personal Certificado en Ensayos no Destructivos

Infraestructura Red Mundial

- Ohio State University
- Instituto Italiano de la Soldadura
- American Welding Society



Fig.82 Sello Corporativo



Fig.84 Infraestructura Física

14- Síntesis, aprendizaje y aportación.

La siguiente monografía de soldadura y aplicaciones arrojo una investigación desde los antecedentes históricos, así como el nacimiento, evolución de esta y sus principales personajes históricos que dieron paso a su desarrollo. Así como también se describe la simbología y su aplicación, esta plasmada en las figuras 85, 86, 87.

Ocasionando por ende que se pueda aplicar la simbología a planos técnicos e ingenieriles con ejemplos claros, concisos y fáciles de entender, los cuales nos mostrarán los elementos de un símbolo y como se aplican. Lo que también arrojo esta monografía fue que en esta se plasmaron los tipos de soldadura más comunes utilizados en la industria, (figura 88a y 88b), así como sus variantes, nombre abreviado y aplicabilidad más común.

Como consecuencia de la recopilación de los datos anteriores en esta monografía (Historia, Simbología y Tipos de soldadura) se investigaron las pruebas no destructivas para detección de fallas en las soldaduras.

Por consiguiente esto origino que se investigaran los organismos certificadores a nivel mundial como a nivel nacional, dando así los links de los sitios para obtener la información necesaria; para así poder acceder a las normas y códigos de soldadura. Estas investigaciones en su conjunto crearon este documento de consulta, Monografía de Soldadura y Aplicaciones.

Como se muestra a continuación (Fig. 85) se indica como es que quedaran la soldadura y el símbolo de esta, de dos placas de acero que se soldaran perpendicularmente una de otra.

(Longitudes en cm., para figuras 85, 86 y 87).

Se muestran en las placas sus respectivas medidas.

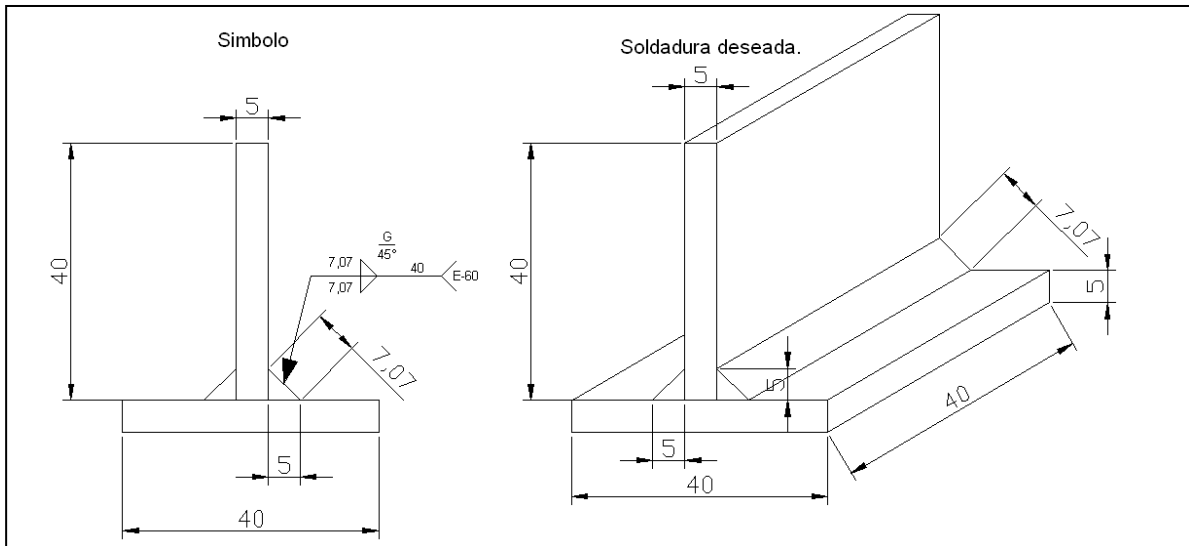


Fig. 85 Ejemplo de pieza de acero soldada con terminado de esmerilado (G), de dos filetes iguales 7,07, con soldadura eléctrica para acero= E-60 y 40 cm. de longitud, 45° de inclinación de la soldadura= 7,07cm. Diagrama de soldadura deseada y símbolo de esta.

(A. Camarillo Josafat.).

A continuación se muestra los diagramas de soldadura deseada y de símbolo de la soldadura, (Fig. 86) de una flecha de aluminio por el método de soldadura por fricción. Esta pieza cuenta con las siguientes especificaciones:

- Ancho 12 cm.
- 360° de soldadura, circunferencia de la pieza (circulo en el símbolo).
- M= Maquinado (Careo, desbastado).
- 24 cm. longitud.
- FRW= (Friccion Welding), Soldadura por fricción.

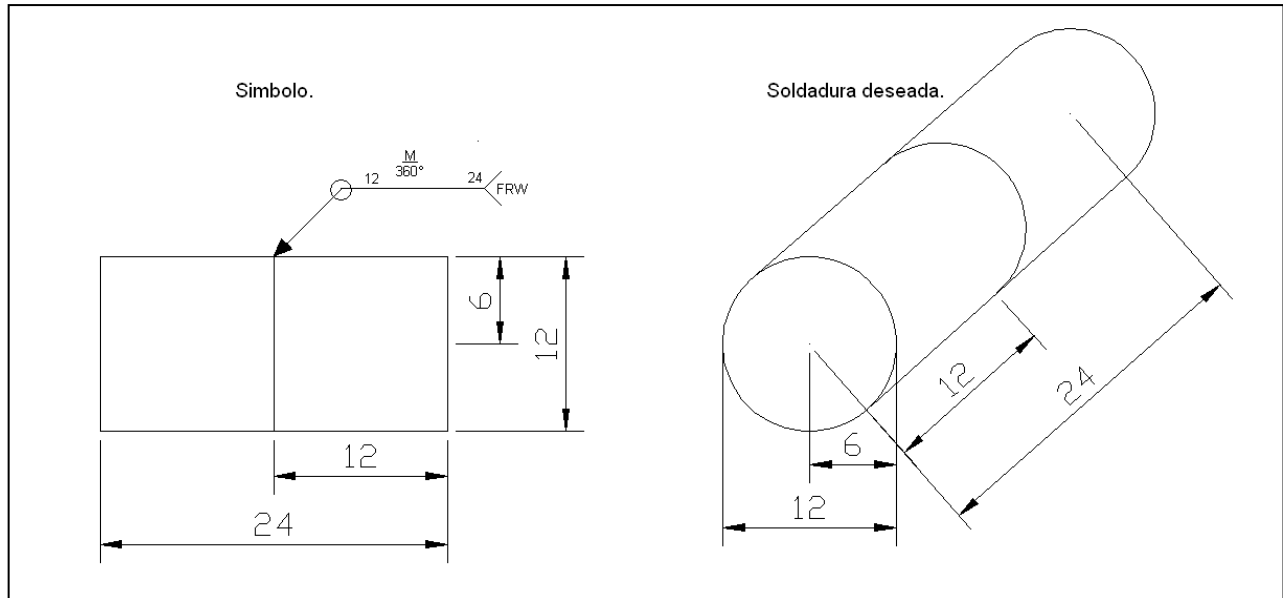


Fig. 86 Ejemplo de pieza de aluminio soldada (flecha), por el método de fricción, diagrama de soldadura y símbolo de esta.

(A. Camarillo Josafat).

Por ultimo se da un ejemplo de la simbología aplicada a cables para aplicación eléctrica y electrónica por empalme con el método de soldadura ultrasónica (Fig. 87). Este diagrama de piezas muestra las dimensiones del cable y las siguientes especificaciones en el símbolo de la soldadura:

- M= Maquinado (Corte).
- Soldado a 360° por la vibración del método de soldadura.
- 360° de soldadura, circunferencia de la pieza (circulo en el símbolo).
- Soldadura a profundidad. (Circulo sólido dentro de la circunferencia del símbolo "soldadura de campo.").
- Soldadura Ultrasónica (USW).

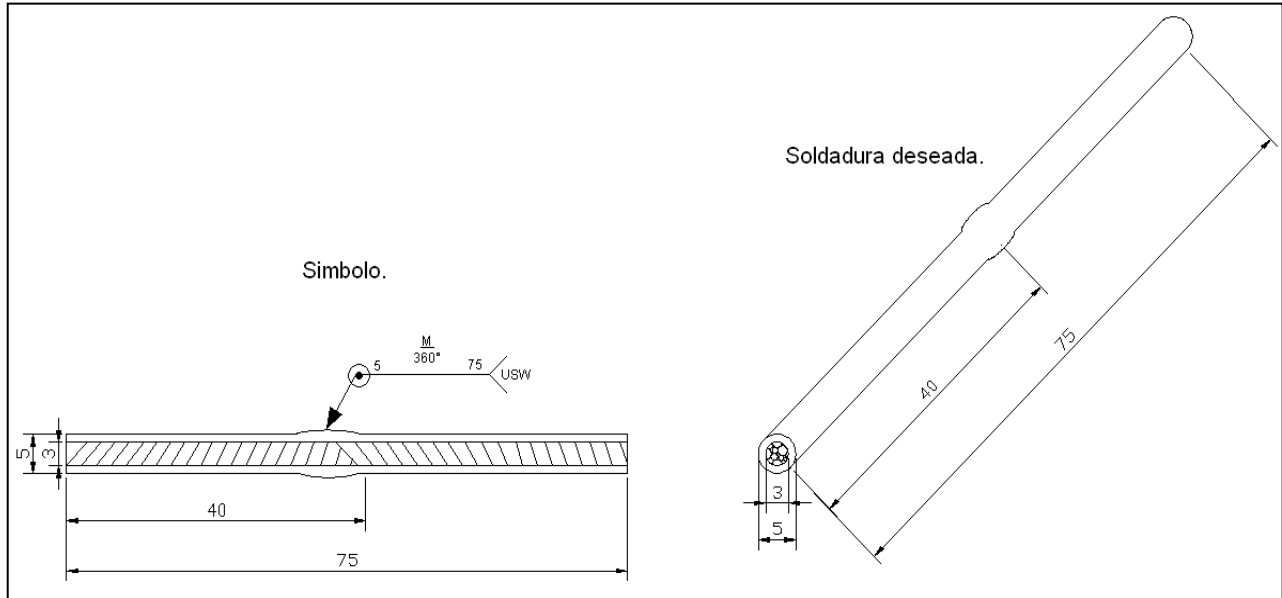


Fig. 87 Ejemplo de cable soldado por el método de Soldadura Ultrasónica (USW). Diagrama de soldadura y símbolo de esta.

(A. Camarillo Josafat).

Tipo.	Variante.	Abreviatura.	Ejemplo de aplicabilidad.
Soldadura por arco eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> Soldadura por arco de carbono. 		<ul style="list-style-type: none"> Industria de la construcción. (Descontinuada).
	<ul style="list-style-type: none"> Soldadura con arco metálico protegido. 		<ul style="list-style-type: none"> Industria de la construcción, herrería.
	<ul style="list-style-type: none"> Soldadura con arco metálico y gas. 	<ul style="list-style-type: none"> (GMAW). 	<ul style="list-style-type: none"> Industria de la construcción. (Sustituyendo remaches en vigas).
	<ul style="list-style-type: none"> Soldadura con arco metálico y tungsteno. 	<ul style="list-style-type: none"> (GTAW). 	<ul style="list-style-type: none"> Aceros. (Diferentes tipos de aceros).
	<ul style="list-style-type: none"> Soldadura con arco sumergido. 	<ul style="list-style-type: none"> (FLUX). 	<ul style="list-style-type: none"> Aceros inoxidables. (Industria alimenticia)
Soldadura por resistencia.	<ul style="list-style-type: none"> Soldadura por puntos. 		<ul style="list-style-type: none"> Laminas metálicas. (Industria automotriz).
	<ul style="list-style-type: none"> Soldadura por costura o rodamientos. 		<ul style="list-style-type: none"> Laminas y chapas impenetrables. (Juntas de electrodomésticos .)
	<ul style="list-style-type: none"> Soldadura por partes salientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Aceros. (Tornillos, tuercas o elementos de sujeción).
	<ul style="list-style-type: none"> Soldadura por arco por presión. 	<ul style="list-style-type: none"> (Flash Welding). 	<ul style="list-style-type: none"> Cigüeñales grandes, juntas biseladas entre marcos de ventanas.
	<ul style="list-style-type: none"> Soldadura a tope con recalcado. 		<ul style="list-style-type: none"> Cadenas
	<ul style="list-style-type: none"> Soldadura por percusión. 		<ul style="list-style-type: none"> Soldaduras rápidas y exactas. (Tableros con componentes electrónicos).

Fig. 88 a. Tipos de soldaduras, variantes, abreviaturas y aplicaciones.

Tipo.	Variante.	Abreviatura.	Ejemplo de aplicabilidad.
Soldadura en estado solido.	• Soldadura por forja.		• Armaduras, espadas, etc.
	• Soldadura en frío.	• (CW).	• Fabricación de conexiones eléctricas.
	• Soldadura con rodillo.	• (ROW).	• Producción de monedas acuñadas.
	• Soldadura en caliente por presión.	• (HPW).	• Industria aeronáutica y espacial.
	• Soldadura por difusión.	• (DFW).	• Unión de metales refractarios.
	• Soldadura explosiva.	• (EW).	• Unión de metales que son difíciles de incorporar, vías ferroviarias.
	• Soldadura por fricción.	• (FRW).	• Unión de partes cilíndricas.
	• Soldadura ultrasónica.	• (USW).	• Empalmado de cables en la industria eléctrica y electrónica.
Haz de electrones.	• Soldadura con rayo laser.	• (LBW).	• Industria automotriz (componentes de transmisiones).
	• Soldadura por electro-escoria.		• Puentes carreteros, maquinaria agrícola.
Soldadura fuerte			• Cucharones de acero, cascaras de altos hornos.
Soldadura blanda	• Soldadura blanda de Estaño.		• Para unir metales no ferrosos. En todas las ramas de la industria.
	• Soldadura blanda de Plomo.		• Soldadura de cubierta de cables de teléfono, televisiones cableado con plomo, etc.

Fig. 88 b. Tipos de soldaduras, variantes, abreviaturas y aplicaciones.

Videos educativos sobre soldadura.

[Video1](#)

[Video 1](#)

[Video2](#)

[Video 2](#)

[Video3](#)

[Video 3](#)

[Video4](#)

[Video5](#)

Bibliografía.

Libros:

- 1- Guía de soldadura para el técnico profesional, Galvery Marlow, pág.: 363, 364, 372 y 373, editorial Limusa, 2008.
- 2- Importancia de la inspección en la fabricación de componentes soldados. Por Nelson Lara, pág.: 2, 3 y 4.
- 3- Manual de soldadura "Soldadura Eléctrica, MIG y TIG", Pedro Claudio Rodríguez, pág., 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 23, 24, 25, 27, 42, 46, 47, 55, 56, 58, 61, 62. Librería y editorial Alsina. 2001.
- 4- Soldadura aplicaciones y práctica, Henry Horwits, P.E, pag.2, 15, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 44, 45, 50, 54, 58, 70, 71, 88, 90, 93, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 119, 151, 155, 159, 160, 161, 162, 163, 166, 167, 172, 173, 176, 177, 178, 226, 237, 256, 257, 472, 473, 474, 475, 476, 479, 480, 481, 482, 487, 488, 489, 491, 494. Editorial Alfa Omega, 2008.
- 5- Welding metallurgy, second edition, Sindo Kou, a John Wiley & Sons, Inc., publication, Copyright © 2003, pag.11.

Páginas de internet:

- 1- www.aisc.org
- 2- www.asme.org
- 3- www.aws.org
- 4- www.comimsa.com.mx.
- 5- www.esabna.com/mx/sp/educacion/Procesos/Soldadura-por-Arco-Sumergido.cfm
- 6- es.wikipedia.org/wiki/Soldadura
- 7- www.geocyties.com.

- 8- www.google.com.mx/#hl=es&source=hp&q=soldadura+con+electroescoria.&meta=&rlz=1R2ADFA_esMX338&aq=f&aqi=&aql=&oq=&gs_rfai=&fp=42640b6e24700911.
- 9 - inside.mines.edu/~pmendez/Publications/Papers/2001GoierriPrest.pdf.
- 10- materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II/PDF/cap-434.pdf.
- 11- www.misrespuestas.com/que-es-la-soldadura.html.
- 12- mx.encarta.msn.com/encyclopedia_761570519/Soldadura.html.
- 13- soldando.blogspot.com/2008/04/history-welding.html.
- 14- www.statefundca.com/safety/safetymeeting/SafetyMeetingArticle.aspx?ArticleID=282.
- 15- www.steel.org.
- 16- <http://www.youtube.com/watch?v=CGzck0JiV3c> (HISTORY CHANNEL)