



00522
14

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE QUÍMICA

MANUAL DE SOLDADURA PARA MANTENIMIENTO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo académico.

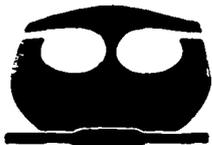
NOMBRE: GABRIEL FLORENTINO

RODRIGUEZ GASTELUM

FECHA: 01 / JULIO / 2003

FIRMA: [Firma]

**INFORME DE LA PRACTICA PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO METALURGICO
P R E S E N T A
GABRIEL FLORENTINO / RODRIGUEZ GASTELUM**



MÉXICO, D. F.



EXÁMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUÍMICA

2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

PAGINACION DISCONTINUA

Jurado asignado:

Presidente	Prof. EUSEBIO CANDIDO ATLATENCO TLAPANCO.
Vocal	Prof. GERARDO ARAMBURO PEREZ
Secretario	Prof. ADRIAN MANUEL AMARO VILLEDA
1er. Suplente	Profa. BALBINA OJEDA RAMIREZ
2º. Suplente	Profa. VERONICA MARTINEZ FLORES

Sitio donde se desarrolló el tema:

EM INDUSTRIAS METALURGICAS, S.A. DE C.V.
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA METALURGICA
EDIFICIO D, FACULTAD DE QUIMICA

ASESOR


M en C GERARDO ARAMBURO PEREZ

SUPERVISOR TECNICO


M en C SERGIO GARCIA GALAN

SUSTENTANTE


GABRIEL FLORENTINO RODRIGUEZ GASTELUM

B

Agradecimientos

Siendo difícil escribir estas líneas, porque a lo largo de tantos años de espera para la culminación de mis estudios, me han apoyado tantas personas a lo largo de mi carrera profesional. Con el riesgo de no mencionar algunas de estas personas con las que estoy agradecido, quiero hacer los siguientes reconocimientos.

A Dios que me ha dado tanto y me ha dado la oportunidad de llegar a hasta el día de hoy

A mi madre donde quiera que esté, por todo el apoyo, cariño y paciencia

A mi padre donde quiera que esté, por todo el esfuerzo para sacar adelante a su familia

A mi esposa por su incondicional apoyo, cariño y comprensión

A mis hijos por darme los incentivos para realizar este trabajo

A mis hermanos y hermanas

A mis profesores

A mis amigos

Al Ing. Gerardo Arámburo Pérez, especialmente por su valiosa dirección y orientación en la elaboración de este trabajo

A la Facultad de Química

A la U N A M

C

ÍNDICE

	Pág.
Agradecimientos.	
Introducción.	1
1. Antecedentes.	2
1.1. Soldadura de producción vs. Soldadura de mantenimiento.	3
1.2. Métodos convencionales de soldadura.	6
2. Soldadura de Oxiacetileno.	12
2.1. Gases.	12
2.2. Tipos de Flamas.	13
2.3. Equipo completo oxiacetileno.	15
2.4. Seguridad en los equipos oxiacetileno..	18
2.5. Soldadura plana horizontal.	21
3. Soldadura por Arco Eléctrico Manual.	24
3.1. Definición.	24
3.2. Tipos de corriente eléctrica.	24
3.3. Equipo disponible.	25
3.4. Polaridades.	26
3.5. Diseño del Electrodo.	27
3.6. Selección del Electrodo.	28
3.7. Tipos de uniones.	29
3.8. Manejo del electrodo.	30
3.9. Seguridad en el manejo de los equipos para arco eléctrico..	31
4. Proceso TIG (Tungsten Inert Gas).	33
4.1. Definición.	33
4.2. Equipos y descripción.	34
4.3. Unidad de Energía Eléctrica.	34
4.4. Gases Inertes	37
4.5. Gases recomendados.	38
4.6. Electrodo de Tungsteno.	39
4.7. Reguladores de presión y flujómetro.	40

	Pág.
4.8. Estabilizador de Arco de Alta Frecuencia.	40
4.9. Manejo del Equipo TIG.	41
5. Clasificación de los metales.	42
5.1. Propiedades de los metales.	43
5.2. Identificación de los metales.	45
6. Aceros.	49
6.1. Definición de aceros.	49
6.2. Clasificación de los aceros.	49
6.3. Aceros al Carbono.	51
6.4. Aceros Aleados.	54
6.5. Aceros Rápidos o de alta velocidad.	57
6.6. Aceros de alta aleación.	58
6.7. Aceros Vaciados.	60
6.8. Aceros revestidos o blindados.	61
6.9. Materiales consumibles.	62
7. Aceros Inoxidables.	64
7.1. Definición.	64
7.2. Clasificación de los aceros inoxidables.	67
7.3. Soldabilidad de los aceros inoxidables.	71
8. Hierro Colado.	77
8.1. Definición.	77
8.2. Composición de un Metal.	77
8.3. Características del Hierro Colado.	78
8.4. Clasificación de los Hierro Colado.	78
8.5. Problemas de Soldabilidad.	80
8.6. Técnicas de soldadura de Hierro Colado.	82
8.7. Soldaduras recomendadas.	85
9. Aluminio, Zinc y Magnesio.	86
9.1. Definición.	86
9.2. Obtención.	86

	Pág.
9.3. Propiedades Físicas y Mecánicas.	87
9.4. Influencia de los elementos de aleación.	88
9.5. Clasificación A. S. T. M.	89
9.6. Problemas de Soldabilidad.	92
9.7. Aleaciones y procesos para soldar Al	92
9.8. Otros metales Blancos.	93
10. Cobre y sus aleaciones.	96
10.1. Propiedades del Cobre y sus aleaciones.	96
10.2. Clasificación de las aleaciones de Cobre.	96
10.3. Soldadura de Cobre y sus aleaciones.	101
Conclusiones.	104
Bibliografía.	106

INTRODUCCIÓN

En 1978, al ingresar a una de las empresas más reconocidas internacionalmente, fabricante de soldaduras y procesos de recuperación de partes por medio de soldadura, conocí el fascinante mundo de la "Soldadura de Mantenimiento", que como veremos en el desarrollo este trabajo, se diferencia notablemente de la soldadura convencional, que al final de cuentas, esta última, termina siendo normada por organismos internacionales como la AWS, ASTM (Americana) y DIN (Europea), que fueron creados por la necesidad de garantizar con un mínimo de calidad aceptable las soldaduras que se pueden adquirir en el mercado.

Las soldaduras especiales de mantenimiento sobrepasan fácilmente a las normas establecidas, porque están diseñadas para aplicarse con éxito en las condiciones más adversas que se puedan encontrar en una fábrica, llámese cemento, vidrio, mina, laboratorio farmacéutico, automotriz, transporte, aviación, naviera, petróleo, azucarera, agrícola, papel, hospitales, etc., todas las empresas en algún momento requieren de mantenimiento y desde luego, soldaduras especiales.

En este reporte de trabajo, se pretende iniciar el camino de la soldadura de mantenimiento, así como guiar a todas aquellas personas que con el interés de aprender a soldar se encuentren con la información adecuada ya que con la experiencia acumulada en mi trabajo, he logrado reunir experiencia e información muy valiosa, vital para facilitar el aprendizaje y hacer de este manual un método fácil y práctico para aplicar soldadura.

Lo primero es conocer los metales, cuales son los más usados, así como identificarlos exitosamente en una forma práctica y sencilla, también poder seleccionar adecuadamente la soldadura y desde luego conociendo la dificultad que presentan al soldar, elegir el método y procedimiento adecuado para soldar.

1. ANTECEDENTES

Se puede decir que el progreso de la Humanidad comenzó con el descubrimiento y el uso de los metales. Las primeras experiencias con metales fueron hechas en la **EDAD DE BRONCE**, que como se sabe, es un material metálico compuesto de Cobre y uno o más elementos aleantes tales como: Estaño, Zinc, Aluminio, etc.

Fue en 1400 A. C. que en Egipto y en otros países de Asia Menor comenzó el uso del hierro en la fabricación de armas, herramientas, iniciándose así la **EDAD DE HIERRO**. Al principio, las piezas fundidas de ese metal eran moldeadas por martilleo, después el hombre descubrió que podía unir dos piezas calentándolas en una **FRAGUA**, colocándolas en contacto directo y martillándolas después, así obtuvo una aleación de superficie, después de eso había la dificultad de colocar las placas o piezas de mayores dimensiones en una fragua y de mantener la temperatura antes y durante el martilleo.

Con la llegada de la soldadura por fusión, mucho tiempo después, fue que estas dificultades se vieron resueltas.

En lo que respecta a la producción de aleaciones para soldar, el mayor desarrollo fue efectuado durante la primera y segunda guerra mundial, cuando las enormes necesidades de productos metálicos provocaron mejores diseños en las aleaciones para soldar.

Desde 1920 la soldadura por puntos o por costuras continuas de placas delgadas sobrepuesta y la soldadura a tope usada en la fabricación de tubos y reparación de barras y perfiles de acero ya habían sido debidamente probadas.

Referente a las soldaduras por resistencia eléctrica como los problemas metalúrgicos, no presentan las mismas dificultades que en la soldadura por fusión

por lo menos en las soldaduras por resistencia en acero al carbono fueron utilizadas antes de que las soldaduras por fusión fuesen totalmente aceptadas.

A partir de esta época el desenvolvimiento de estos procesos continuó en escala ascendente y nuevos procesos y combinaciones de procesos fueron apareciendo y probando su utilidad.

El descubrimiento de la soldadura en atmósfera de gas inerte, fue una combinación de soldadura eléctrica con una campana protectora de gas, abrió el camino para desarrollar mejores técnicas de soldadura.

A principios del siglo pasado, el descubrimiento de diversas fuentes de calor, como la flama Oxiacetilénica, el Arco eléctrico y la soldadura por resistencia, hicieron su aparición y trajeron consigo un gran avance técnico. La soldadura con gas se volvió posible con el uso del oxígeno y el acetileno gracias a la invención de sopletes eficientes y procesos adecuados de almacenamiento de los gases. Ya en 1916, los procesos de soldadura oxi-acetilénica estaba en condiciones de producir soldaduras de buena calidad en placas delgadas de aceros, aluminio, cobre desoxidado y otros.

Para poder seguir en el tema de este trabajo, es necesario distinguir las diferencias que existen entre la soldadura de producción y la soldadura de mantenimiento.

1.1. Soldadura de producción vs. Soldadura de mantenimiento:

Soldadura de producción:

Se le llama así a la soldadura que se utiliza para la fabricación de productos que en su manufactura sea necesario soldar para facilitar su fabricación o para reducir costos, como tubería, reactores, estructuras para edificios, autos, etc.

Estas aplicaciones son diseñadas y calculadas por el departamento de ingeniería, en donde se seleccionan los materiales a usar así como el material de la soldadura que se deberá usar, para garantizar la calidad de los mismos deberán apegarse a las normas y códigos establecidos como la ASTM, DIN, AWS y otras, que califican los materiales, soldaduras y procedimientos de aplicación.

Especificaciones técnicas indispensables para facilitar y regular su empleo:

1. Nomenclaturas y símbolos.
2. Tipos de uniones.
3. Posiciones.
4. Procesos de ejecución.
5. Fórmulas para cálculos.
6. Tolerancias.
7. Tratamientos térmicos.
8. Pruebas de Inspección.

Con todo esto, el **"SOLDADOR DE PRODUCCIÓN"** es un elemento que necesita poseer una excelente habilidad manual y conocimientos técnicos necesarios para realizar el trabajo que ya ha sido diseñado en los departamentos técnicos y de ingeniería.

El soldador de producción deberá estar muy bien capacitado en los equipos y procedimientos a utilizar y en algunos casos deberá "calificarse" para poder ser aceptado en aplicaciones de soldadura de alta calidad y alto riesgo.

Para la soldadura de producción existen escuelas e instituciones privadas y gubernamentales para la capacitación de soldadores.

Soldadura de mantenimiento:

Se le llama así, a la soldadura que se utiliza para la reparación de la maquinaria y el equipo de producción.

Dentro de la industria no puede faltar el departamento de mantenimiento y dentro del departamento de mantenimiento el de soldadura. La soldadura de mantenimiento juega un papel de gran importancia dentro de la industria para enfrentarse a dificultades mayores y críticas que la soldadura de producción.

Lo más interesante es que dependiendo del tamaño de la industria es a su vez el tamaño del departamento de mantenimiento, esto es que una industria grande puede tener soldadores especializados y una industria pequeña el personal de mantenimiento es un electromecánico-soldador.

El soldador de mantenimiento se enfrenta a problemas diferentes de aplicaciones de soldadura, diversos metales, generalmente de composición química desconocida, que lo obligan a soldar en condiciones adversas y muchas veces en posiciones difíciles y peligrosas.

Para la soldadura de mantenimiento, el soldador se inicia como ayudante del maestro soldador, que generalmente es empírico y aprendió de la misma manera, con los años y la práctica.

Las empresas fabricantes de soldaduras dan capacitación pero generalmente los usan para la promoción de sus productos y servicios.

Funciones:

- a) Mantiene en buen funcionamiento las líneas de producción.

- b) **Recupera rápida y económicamente todas las piezas y toda la maquinaria cuya sustitución siempre es costosa y muchas veces imposible.**

En la soldadura de mantenimiento existen reglas o procedimientos técnicos definidos para la aplicación de soldadura como son:

- a) Técnica de ejecución.
- b) Selección del material de aporte.
- c) Proceso a seguir.
- d) El tratamiento térmico que posiblemente fuera necesario.

Se utilizan recursos disponibles en el taller de mantenimiento para determinar la composición del metal base. Se tendrá que soldar muchas veces en posiciones muy complicadas. Tendrá que ser el soldador o técnico de mantenimiento el diseñador del proceso adecuado para resolver satisfactoriamente los diversos problemas que se presentan.

1.2. Métodos convencionales de soldadura:

Forja: (Soldadura de unión sólida)

El proceso más antiguo que se conoce y consiste en calentar las piezas a ser unidas en una forja y someterlas enseguida al martilleo.

Desventajas: Baja resistencia mecánica en piezas grandes, dificultad para mantener el calentamiento por el tamaño limitado de la fragua.

Fusión: (Soldadura de unión líquido-líquido)

Las dos caras o superficies de las piezas a ser unidas o reconstruidas, son calentadas hasta su punto de fusión, haciéndose la soldadura directamente entre las piezas o agregando un material adecuado para llenar el espacio existente entre las mismas o haciendo la unión o reconstrucción de las partes por la sucesiva deposición de cordones de soldadura.

Ventajas: Resistencia mecánica similar a la pieza original.

Desventajas: Mucho calor, cristalización, distorsiones y alabeos, no hay unión correcta en metales disímiles, mayor consumo de gases.

Brazing: (Soldadura de unión sólido-líquido)

Soldadura fuerte o amarilla: Unión metálica obtenida elevando la temperatura a no menos de 760 °C, es decir a una temperatura inferior al punto de fusión del metal base y empleando un material de aporte no ferroso. La soldadura entre o sobre las superficies a soldar, se produce por capilaridad.

Soldadura blanda o blanca: En este tipo de soldadura la temperatura no pasa de 420 °C, el metal de aporte posee un punto de fusión inferior al de las soldaduras empleadas en los procesos anteriores.

Principio de aleación de superficie:

Principio: Se obtiene la liga por la formación de una aleación de superficie entre el metal base y el de soldadura de relleno.

Combina las ventajas de la soldadura fuerte por la baja entrada de calor y las de mayor resistencia y homogeneidad obtenidas en las juntas hechas con soldadura por fusión. Debido al resultado de la difusión de los átomos del metal base en el metal de soldadura.

Temperatura de liga: Temperatura mínima a la que la superficie del metal base debe calentarse para obtener la liga o unión con el metal de relleno.

Regulada por:

1. Metal de relleno usado.
2. Metal de base.
3. Diseño de la junta (chaflán, filete, etc.)

Ejemplo de aleación de superficie.

COBRE: 1,083 °C (temperatura de fusión)

COBRE + SOLVENTE ————— Cobre 732 °C
(Cu y P)



El punto de fusión del cobre es de 1083 °C, pero se puede disolver a 732 °C si se usa un solvente combinado con calor, si se introduce una barra sólida de Cobre en

una aleación fundida de Cobre y Fósforo a una temperatura de 732 °C, la barra de Cobre se disuelve.

El metal base no se funde sino que es disuelto por el metal de relleno de más bajo punto de fusión. Los metales sólidos se pueden disolver del mismo modo que el agua disuelve la sal.

Arco eléctrico: (Soldadura por fusión)

Unión metálica obtenida por el calor producido por el paso de corriente eléctrica entre el electrodo (soldadura) y el metal base. La temperatura del arco eléctrico es del orden de los 6,000 °C, la cual permite que el metal a soldar se funda rápidamente permitiendo mayor rapidez y control en la soldadura, teniendo además las siguientes características:

Baja entrada de calor:

- ☛ Arco más corto.
- ☛ Aplicación de soldadura más rápida.
- ☛ Intensidad más baja de corriente.

Propiedades:

- ☛ Resistencia lograda igual o mayor a la del metal base.
- ☛ Resistencia lograda igual a la tensión y los cambios en la estructura metalúrgica.
- ☛ Disminuyen al mínimo la distorsión o alabeos en el metal base.
- ☛ Se consume menos metal de soldadura.
- ☛ Se termina en menos tiempo.

Ejemplos para entrada de calor:

Hierro Colado	1427 °C	Soldadura por fusión
Hierro Colado	760-873 °C	Soldadura Brazing

Durante la operación de unión sobre Hierro Colado la superficie de la junta se transforma provisionalmente en acero, ya que el carbono es eliminado. El metal especial de relleno de Hierro Colado forma enseguida una aleación de superficie y se completa la junta a cientos de grados abajo del punto de fusión.

Lo anterior es debido a la difusión de los átomos de metal base en el metal de relleno (producida por el calor y un solvente).

Difusión: Distribución de una sustancia en otra.

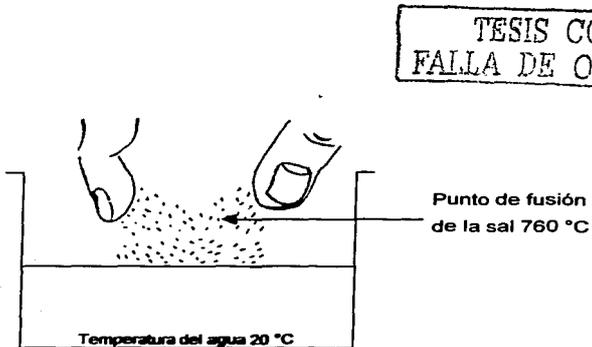


fig. 2 La sal se disuelve en el agua

Hoja de Cobre (1,083 °C) entre dos laminillas de Plata (961 °C) el Cobre se aleará con la plata a 780 °C la aleación se forma en la cara de la junta interior.



fig. 3 Soldadura tipo sándwich.

EL GRADO DE ALEACIÓN DEPENDE DE:

1. Difusibilidad y afinidad que un metal tenga por otro
2. Propiedades humectantes y composición química de las sustancias que se utilizan para la fluidez (si se usa fundente).

AL FUNDIR EL COBRE ES NECESARIO USAR EL DOBLE DE CALOR, DEBIDO A QUE EL 40% SE PIERDE POR RADIACIÓN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2. SOLDADURA DE OXIACETILENO

Es uno de los tipos de soldadura por fusión, aprovechando la temperatura que genera la combinación de dos gases, oxígeno y acetileno.

Normalmente la temperatura de esta flama va desde 3,065 °C a 3,480 °C, dependiendo de las proporciones de mezcla de los dos gases.

2.1. Gases:

Acetileno: Gas incoloro con un olor semejante al del zinc quemado, obtenido por una reacción química entre carburo de calcio y agua.

Características.- Es un gas inestable que a presiones mayores de 1.5 Kg/cm² forma polímeros explosivos.

Para evitar en algún momento una presión de gas mayor de 1.5 Kg/cm² el cilindro se llena de una masa porosa que absorbe al gas, además para evitar la descomposición se llena con una cantidad determinada de acetona que puede disolver ocho veces su volumen al acetileno.

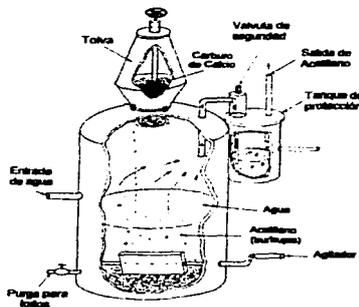


fig. 4 Generador de Acetileno

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

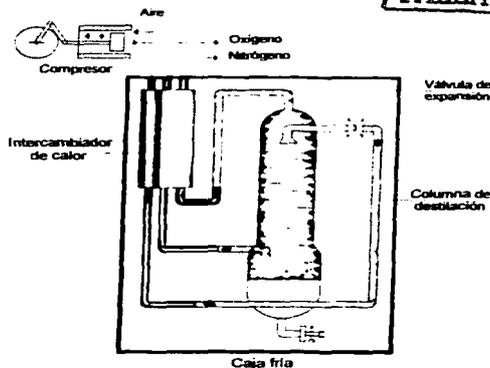


fig. 5 Destilación del Aire

Oxígeno: Gas incoloro e inodoro obtenido por medio de electrólisis del agua o por destilación fraccionada del aire.

Características.- El oxígeno comercialmente puro es el elemento activo capaz de provocar fuego en presencia de combustibles (grasas, aceite) y a presiones muy elevadas puede causar que cualquier cosa arda rápidamente o explote.

2.2. Tipos de flama oxiacetilénica:

Es la flama producida por la combustión de una mezcla de oxígeno y acetileno en varias proporciones, la forma o manera en que las proporciones de estos gases se mezclan materialmente afecta la temperatura de la flama. Le Chatelier fue el descubridor de esta flama en 1895, con la cual se consiguen las temperaturas más elevadas conocidas que con cualquier otro tipo de combustión y además, la más fácil de regular (3,480 °C).

TEMPERATURAS DE LA FLAMA OXIACETILÉNICA

Proporción	Tipo de flama	Temperatura °C
Oxígeno / acetileno		
0.8 Kg/cm ² - 1.0 Kg/cm ²	Carburante.	3,065
0.9 Kg/cm ² - 1.0 Kg/cm ²	Carburante.	3,148
1.0 Kg/cm ² - 1.0 Kg/cm ²	Neutra	3,232
1.5 Kg/cm ² - 1.0 Kg/cm ²	Oxidante	3,426
1.8 Kg/cm ² - 1.0 Kg/cm ²	Oxidante	3,480
2.0 Kg/cm ² - 1.0 Kg/cm ²	Oxidante	3,370
2.5 Kg/cm ² - 1.0 Kg/cm ²	Oxidante	3,370

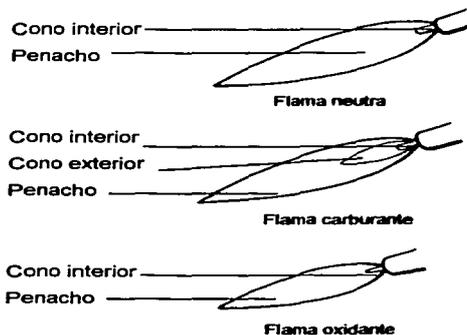


fig. 6. tipos de flamas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.3. Equipo completo oxiacetileno;

Equipo completo para soldar con oxiacetileno:

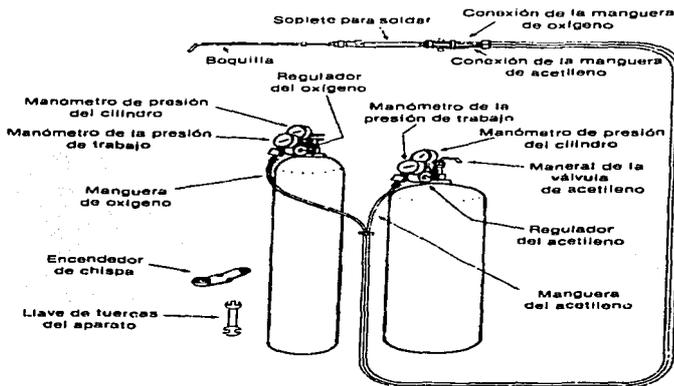


fig. 7 Equipo oxiacetileno.

DIMENSIONES STANDARD DE LOS TANQUES.

	<u>Oxígeno</u>	<u>Acetileno</u>
Largo	1.39 m	1.13 m.
Diámetro.	0.24 m.	0.30 m
Peso (aprox.)	66 Kg	98 Kg
Volumen.	6.22 m ³	7 m ³
Presión de envase a 20 °C	140 Kg/cm ²	7.5 Kg/cm ²

Reguladores:

- a) Objeto.- Los reguladores o válvulas dosificadoras se utilizan para reducir la presión de los gases al salir de los cilindros con el objeto de ser utilizados adecuadamente en el proceso oxiacetilénico.
- b) Construcción.- Todos los reguladores se construyen bajo los mismos principios generales. Una válvula que cubre el paso del gas es accionada por un diafragma balanceado por un resorte. La presión interior del cilindro actúa sobre el regulador comprimiendo el diafragma y cerrando por consiguiente el paso del gas. El resorte principal que balancea la presión en el diafragma se ajusta con un tornillo controlado exteriormente. Con este mecanismo una presión de aproximadamente 140 Kg/cm² dentro del cilindro se puede reducir a presiones menores de 1 Kg/cm² hasta 14 Kg/cm² dependiendo del tipo de regulador y del tornillo de ajuste.

TIPOS DE REGULADORES:

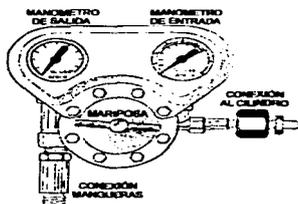


fig. 8. Regulador de oxígeno

- 1). De un paso (explicado arriba).

2). De dos pasos. La presión se reduce en dos pasos en lugar de uno. Tienen dos aberturas cubiertas por diafragmas. Este mecanismo es de hecho dos reguladores completos combinados en el cuerpo de uno, o sea que a la presión intermedia y posteriormente a la presión de trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Características.- Las roscas en la conexión Regulador Cilindro son diferentes para cada gas.

- ⌘ Regulador Oxígeno.- Conexión hembra y tuerca lisa.
- ⌘ Regulador Acetileno.- Conexión macho y tuerca con ranura.

El motivo de esta diferencia es para evitar posibles explosiones al colocar inadvertidamente el regulador de acetileno al cilindro de oxígeno.

Mangueras:

Fabricadas con dos capas de hule con una malla sintética intermedia que le da una resistencia suficiente para soportar las presiones, deben ser flexibles y absolutamente libres de poros. Los colores de identificación son: de color rojo para acetileno y verde para oxígeno.

La tuerca unión a los reguladores y soplete es rosca izquierda con una ranura alrededor para el acetileno y derecha y lisa para el oxígeno.

Sopletes:

Son dispositivos para combinar oxígeno y acetileno en volúmenes casi iguales mezclando los gases y quemándolos a la salida de las boquillas.

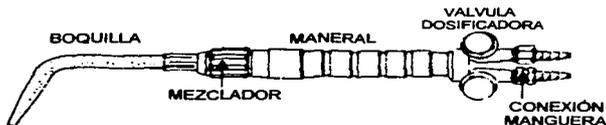


fig. 9 Soplete oxiacetileno

Tipos:

1. Presiones iguales 1:1.
2. Presión de oxígeno mayor que la de acetileno.
3. Presión Universal 2:1.

2.4. Seguridad en los equipos oxi-acetileno:

ACETILENO: (Cilindros).

1. No trabaje por ningún motivo este gas a presiones mayores de 1.5 Kg/cm².
2. Colocarlos siempre en posición vertical, no trabajarlos en posición horizontal ya que se puede perder el contenido de acetona que es líquida.
3. Evitar que la salida del gas sea mayor de 1.2 m³/hr (corte pesado, boquillas grandes de precalentamiento). La acetona se sale, disuelve las mangueras y puede haber concentraciones mayores de 1.5 Kg/cm².
4. Use la llave de cuadro y NO abra más de 1/4 de vuelta la válvula de salida del cilindro, la cual debe permanecer siempre sobre la válvula.
5. Asegurarse que nunca exista una mezcla de 4% de acetileno, ya que esta mezcla puede explotar.
6. Al colocar los reguladores pruebe con agua jabonosa si existe fuga.
7. Nunca deje presión en el regulador cuando no use los equipos.

8. Cuando no se usen quite los reguladores y use las capuchas protectoras de cada uno de los cilindros.

OXIGENO: (Cilindros).

1. Siempre mantenerlo en posición vertical y cuide el soporte de la válvula ya que a la presión de envase (140 Kg/cm^2) si el cilindro surge una rotura puede salir disparado a una velocidad de 13.41 m/s en un tiempo de 0.91 segundos, esto es suficiente empuje para enviar el cilindro y perforar una pared a 61 m de distancia.
2. No golpee los cilindros.
3. Utilice reguladores confiables, robustos de 2 pasos.
4. No trabaje con oxígeno con ropas impregnadas de aceites o grasas.
5. No contamine mangueras, sopletes, reguladores y cilindros con aceites o grasas.
6. No coloque los cilindros en posición horizontal.
7. Mantener otros sopletes, arcos eléctricos, etc., alejados de los cilindros con gases comprimidos.
8. Nunca encienda el arco sobre un cilindro.
9. Esté seguro que, los cilindros nunca estén aterrizados, al sujetarlos a estructuras, siempre aislarlos con madera, hule, etc.

10. Mantenga los cilindros alejados de mesas de trabajo o elementos de soldadura de modo que no hagan contacto. Use escudos protectores para salvaguardar cilindros que estén fijos.
11. Cuide donde se hacen los aterrizajes para que ninguno se haga sobre los cilindros.
12. Nunca cuelgue el portaelectrodo sobre los cilindros.
13. Quite los cilindros vacíos del área de trabajo y márquelos.
14. Asegúrese de que todos los cables eléctricos estén debidamente aislados.
15. Siempre purgue los cilindros antes de colocar el regulador.
16. Cuando no se usen o se transporten quite los reguladores y coloque las tapas de protección.

SOPLETES:

1. No sobrecaliente las boquillas para evitar un retroceso de flama. (Enfríe la boquilla en agua abriendo ligeramente el oxígeno y luego cerrándolo para encenderlo de nuevo).
2. Siempre encienda el soplete abriendo ligeramente el ACETILENO y con chispero logre la llama abriendo más acetileno y luego mezcle poco a poco el oxígeno.
3. Para cerrar siempre cierre primero el acetileno y luego el oxígeno.

4. No trate de reparar sopletes defectuosos, desármelo y mándelo a reparar con expertos.

MANGUERAS:

1. Evite contaminación con aceites o grasas.
2. Evite daños mecánicos (fugas, hoyos, grietas).
3. Purgue las mangueras antes de cerrar el equipo.
4. Siempre observe el código de colores para las mangueras de oxi-acetileno.
5. No remiende las mangueras de oxi-acetileno, siempre reemplácelas por nuevas.

2.5. SOLDADURA PLANA HORIZONTAL:

SOLDADURA A LA DERECHA:

Esta soldadura también recibe el nombre de "Contra soldadura" por el hecho de que la flama se dirige en el sentido contrario al del avance de la soldadura, este método es empleado para soldar espesores superiores a 4 mm.

Cuando se quiere obtener la más profunda penetración se avanza la boquilla con el ángulo A indicado en la figura No. 10 (de 60° a 70°); el ángulo B es el empleado para la soldadura regular (45°) y con el ángulo C (de 15 a 30°) se obtiene una penetración poco profunda.

La soldadura a la derecha se diferencia de la soldadura a la izquierda particularmente porque la flama no se mueve en forma pendular, sino que se desplaza en dirección rectilínea, mientras que la varilla se mueve rápidamente de un lado a otro como se indica con las flechas de la figura No. 10

La flama está dirigida hacia la parte ya soldada originándose el baño o "charco" del metal fundido al mismo tiempo que forma en la raíz de este baño un ensanchamiento con forma de pera.

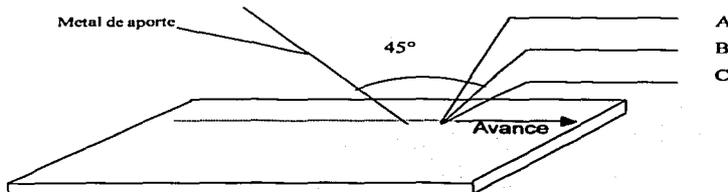


fig. 10 Contrasoldadura

Movimiento del soplete



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SOLDADURA A LA IZQUIERDA:

La soldadura a la izquierda, llamada también soldadura "hacia adelante", es especialmente empleada sobre láminas no superiores de 3 mm de espesor.

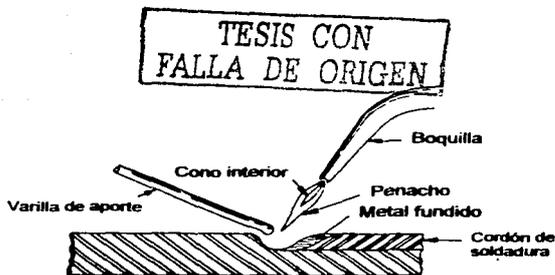


fig. 11 Aplicación de Soldadura

El ángulo generalizado es el que se observa en B de la figura No. 12. (45° aproximadamente). El ángulo C (15 a 30°) es empleado para las láminas más delgadas. El indicado en A (de 60 a 70°) para lograr una mejor penetración, especialmente es usado al iniciar el calentamiento antes de la soldadura.

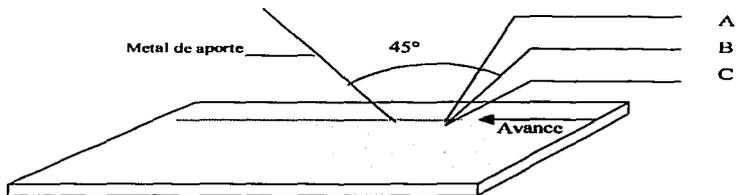


fig. 12 Soldadura de Izquierda

En la soldadura con metal de aporte la boquilla avanza de un modo lento y uniforme. La varilla se lleva de manera que en todo momento de su desplazamiento, este bajo la acción directa de la flama y con un movimiento de diente de sierra (figura No. 4) En la parte inferior del cordón deberá formarse un saliente pequeño y estrecho; el lomo del cordón será liso y ligeramente saliente.

3. SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO MANUAL

- 3.1. Definición:** La soldadura por arco eléctrico consiste en establecer y mantener el paso de una corriente eléctrica a través del espacio existente entre la pieza a soldarse y la aleación de aporte, en este caso particular, llamada "electrodo" de tal manera que se produzca un "arco eléctrico" el cual genera calor suficiente para fundir tanto la superficie del metal a soldar como al mismo electrodo. Lográndose de esta forma una unión por fusión de alta resistencia.

Algunos conceptos que deben conocerse antes de entrar en materia.

Corriente Eléctrica: Flujo de "electrones" o cargas negativas a través de un medio conductivo.

Voltaje: Fuerza necesaria para poner en movimiento a los electrones, siendo su unidad el "Voltio".

Amperaje: Velocidad del flujo de los electrones, siendo su unidad el "Amper".

Sentido de la Corriente Eléctrica: Los electrones fluyen del polo negativo (-) al polo positivo (+).

3.2. Tipos de corriente eléctrica:

- a) **Corriente Alterna (CA):** Cuando el flujo de los electrones está cambiando su sentido un determinado número de veces por segundo (ciclaje 60 cps) Así mismo durante estos periodos de tiempo varía también su voltaje.

- b) **Corriente Directa o Continua (CD o CC):** Cuando el flujo de los electrones se manifiesta en un solo sentido, de polo negativo a polo positivo (Polaridades de la CC) Así mismo su voltaje no varia.
- c) **Arco Eléctrico:** Al cruzar el flujo de electrones al medio ambiente existente entre dos terminales de un circuito eléctrico, friccionan las partículas de aire de ese medio ambiente, generando una elevada temperatura.

3.3. Equipos Disponibles:

- a. **Generador:** Esta máquina consiste en un motor que puede ser eléctrico o de combustión interna, el cual pondrá en movimiento un "generador" de CC permitiendo además la selección del amperaje, el voltaje y la polaridad (sentido de la CC) adecuada para soldar. Siendo muy recomendable su uso para el mantenimiento y reparación por soldadura.
- b. **Transformador:** Este tipo de máquina, tal como su nombre lo señala, nos transforma la CA tomada de la red general, reduciendo su voltaje y permitiendo aumentar y seleccionar el amperaje adecuado para soldar, debido a las variaciones propias de la CA, éstas máquinas tienen limitaciones en los trabajos de soldadura.

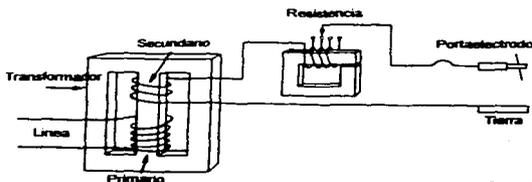


fig. 13. esquema de un Transformador.

TESIS CC
FALLA DE ORIGEN

- c. **Transformador con Rectificadores:** Básicamente esta maquina es igual a un transformador de CA, siendo su principal diferencia, que los rectificadores poseen más laminaciones o diodos de Selenio o de Silicio que impiden el cambio del sentido de flujo de los electrones de la CA, convirtiéndola por lo tanto a CC. Estas máquinas nos permiten seleccionar el amperaje y la polaridad adecuada para soldar, siendo muy recomendable para soldar los trabajos de mantenimiento.

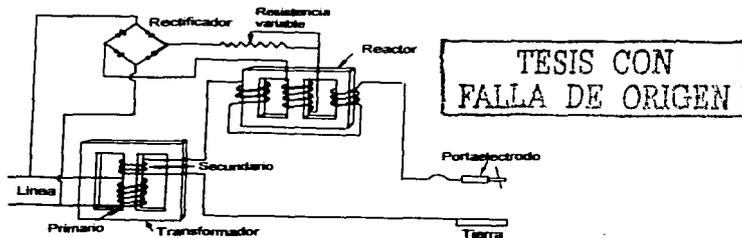


fig. 14. Esquema de un Transformador con Rectificador.

En las últimas máquinas hemos hablado sobre la selección de las polaridades (sentido del flujo de los electrones), ya que ésta selección tiene gran importancia sobre los resultados del trabajo de la soldadura. Esta selección está en la función del diseño del electrodo por lo que el fabricante del mismo especificará con cuál de las dos polaridades se deberá trabajar con el electrodo.

3.4. Polaridades:

Polaridad Directa.- 2/3 partes de calor se concentran en la pieza de trabajo y 1/3 parte en el extremo del electrodo. Sobrecalentamiento de la

pieza de trabajo, mayor dilución del metal base y menor velocidad de deposición. Recomendable para arco carbónico, proceso TIG y electrodos herramienta.

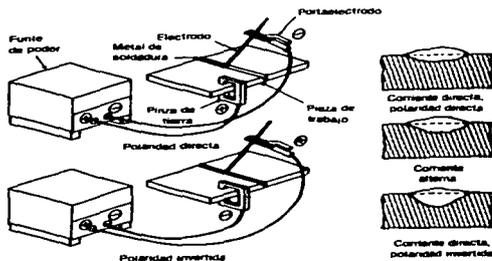


fig. 15. Esquema de las polaridades.

Polaridad Invertida.- 2/3 partes de calor se concentran en el extremo del electrodo y 1/3 sobre la pieza de trabajo. Prevención del sobrecalentamiento, mayor control sobre la dilución del metal base y mayor velocidad de deposición. Recomendable para casi todos los electrodos que tienen que depositarse.

3.5. DISEÑO DEL ELECTRODO:

REVESTIMIENTO:

- a) Celulosa (pulpa de algodón o madera) sirve de protección gaseosa.
- b) Dióxido de Titanio o Rutilo: formadores de escoria.
- c) Ferromanganeso: Agente reductor o desoxidante.
- d) Asbesto: Forza el arco y produce escoria.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- e) Silicato de Sodio: Liga a los compuestos químicos.
- f) Silicato de Potasio: Liga a los compuestos químicos.

PROPÓSITOS DEL REVESTIMIENTO:

- a) Desoxidante y nitrurizante.
- b) Elimina impurezas.
- c) Estabiliza y dirige la fuerza del arco.
- d) Protege al cordón de soldadura.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



fig. 16 Aplicación de electrodo revestido

Los elementos químicos mantienen el arco eléctrico, ionizando el espacio entre la superficie a soldar y el electrodo. Además por esta característica permite mantener arcos más cortos a los amperajes más bajos.

3.6. SELECCIÓN DEL ELECTRODO:

Dos factores son determinantes para la selección de electrodos a usarse.

- a) Dependiendo del metal o metales de base a soldar.
- b) Dependiendo de las condiciones de trabajo a las que está sometida la pieza a reparar.

Es importante, también, seleccionar el diámetro del electrodo dependiendo esta selección en el espesor y magnitud de la pieza a soldar. Trabajos en distintas posiciones y Tipos de uniones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Posiciones para soldar

- Posición plana horizontal.
- Posición plana vertical (ascendente y descendente)
- Posición sobre cabeza.

3.7. Tipos de uniones:

Tipos de uniones sin preparación, para espesores menores de 1/8"

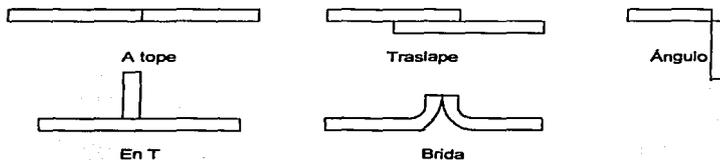


fig. 17. Tipos de uniones sin preparación

Tipos de uniones con preparación, para espesores mayores a 1/8"

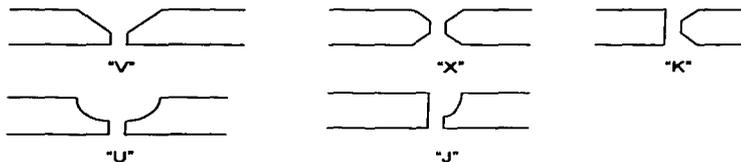


fig. 18. Tipos de uniones con preparación.

Avance de la soldadura.

A medida que se deposita el metal fundido, los movimientos de altura y avance del electrodo sobre la pieza debe ser uniforme. La fig. . presenta el consumo del electrodo y sus desplazamientos.

3.9. Seguridad en el manejo de los equipos para arco eléctrico:

1. Conecte debidamente los bornes de la toma de corriente hacia la máquina soldadora.
2. Seleccione la toma de corriente donde deberá conectarse la máquina soldadora, para asegurarse que no se ocasionarán dificultades, como sobrecargas en la red de abastecimiento de energía eléctrica de la fábrica o taller, puede quemarse la instalación eléctrica.
3. En caso de extensiones en los cables del portaelectrodo y de la pieza de tierra, éstas, deberán conectarse correctamente y aislándolas convenientemente; los falsos contactos producen caídas en la intensidad de la corriente.
4. Procurar no usar cables muy largos, provoca la reducción de la intensidad de corriente, cuando sea necesario compensar éstas pérdidas aumentando el amperaje.
5. Nunca se debe usar la máquina con los cables enrollados a su alrededor, también existen pérdidas en la intensidad de corriente.
6. Manténgase siempre debidamente aislado el portaelectrodo para evitar accidentes, siendo recomendable no maltratarlo.

7. Conserve siempre bien conectada las terminales o la pieza de tierra.
8. Revisar o mandar revisar periódicamente el equipo de arco eléctrico, según la frecuencia con que éste se use.
9. Asegúrese que todos los cables eléctricos estén en buenas condiciones.
10. Aislar la zona de soldadura por arco eléctrico con biombos o cortinas oscuras, para no perjudicar a personas cercanas y que son ajenas al trabajo de soldadura, se les puede ocasionar molestias graves, sobre todo a los ojos.
11. Usar el equipo de seguridad adecuado para prevenir quemaduras en distintas partes del cuerpo y lesiones serias en los ojos. El arco eléctrico genera radiaciones de rayos infrarrojos y ultravioletas.

4. PROCESO TIG

4.1. Definición y Características:

La soldadura TIG (Tungsteno Inerte Gas) es efectuada por medio de un arco eléctrico establecido entre un electrodo de tungsteno y el metal de base, ambos protegidos por una atmósfera de gas inerte (Argón, Helio).

Produce las temperaturas mas altas pero, concentrando el calor en pequeñas áreas determinadas. Siendo ideal para unir metales poco disipadores del calor, láminas de calibres delgados con un acabado y resistencia en las uniones muy aceptable; puede aplicarse en casi todos los metales de uso industrial. Representa por lo tanto, un mejoramiento de los procesos de soldadura por arco eléctrico metálico y de oxiacetileno.

Otras ventajas del Proceso TIG:

1. Menor deformación que con equipos de Oxiacetileno.
2. Simplificación de la inspección y control de la soldadura debido a la permanente visibilidad del charco de la soldadura.
3. Protección total contra el ataque atmosférico, produciendo soldaduras más fuertes, más dúctiles y más resistentes a la corrosión.
4. Ausencia de salpicaduras y chispas.
5. No existe la necesidad de usar fundentes, permitiendo mayor variedad de tipos de juntas y eliminando la limpieza posterior de los residuos corrosivos del fundente.
6. Mejor control de la soldadura sobre placas delgadas, sin el riesgo de quemarlas.
7. Soldaduras más fáciles en todas posiciones.

4.2. Equipos y Descripción:

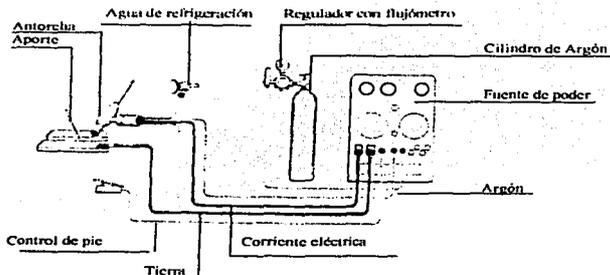


fig. 21 Equipo de TIG manual

El equipo fundamental que se requiere para el proceso TIG es muy simple. Se compone de lo siguiente:

1. Unidad de Energía Eléctrica.
2. Soplete TIG.
3. Gas inerte.
4. Electrodo de Tungsteno.
5. Regulador de Presión.
6. Flujómetro.
7. Estabilizador de Alta Frecuencia.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

4.3. Unidad de energía Eléctrica:

Cualquier tipo de máquina soldadora de C.A. o C.C. puede ser utilizada, solo que, en el caso de usar C.A., será necesario el uso de un estabilizador de Arco de Alta frecuencia o de un Convertidor de CC.

GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE CORRIENTE.

Material	Corriente Directa		Corriente Alterna
	CDPD **	CDPI**	
Aluminio hasta 3/32"	*	Excelente	Excelente
Aluminio de mas de 3/32"	*	Mala	Excelente
Fundiciones de aluminio	*	Buena	Excelente
Bronce aluminico.	Buena	Mala	Excelente
Bronce al Silicio	Excelente	Mala	Mala
Cobre al Berilio	Mala	Buena	Excelente
Aleaciones de Latón	Excelente	Mala	Buena
Aleaciones de Cobre	Excelente	Mala	Buena
Hierro Colado	Excelente	Mala	Buena
Cobre desoxidado	Excelente	Mala	Mala
Metales disímiles	Excelente	Mala	Excelente
Recubrimientos Duros	Buena	Mala	Excelente
Aceros de alta aleación	Excelente	Mala	Buena
Aceros de alto Carbono	Excelente	Mala	Buena
Aceros de baja aleación	Excelente	Mala	Buena
Aceros de bajo Carbono	Excelente	Mala	Buena
Magnesio hasta 1/8"	Mala	Buena	Excelente
Magnesio de más de 1/8"	Mala	Mala	Excelente
Fundiciones de Magnesio	Mala	Buena	Excelente
Aleaciones de Níquel	Excelente	Mala	Buena
Acero Inoxidable	Excelente	Mala	Buena
Titanio	Excelente	Mala	Buena

* De buena a excelente con el uso de varillas de relleno recubiertas con fundente.

** CD = Corriente Directa, PD = Polaridad directa y PI = Polaridad invertida.

Cuando se trabaja con generadores o Transformadores con Rectificadores de C.C., se deberán ajustar estas maquinas con Polaridad Directa ya que la Polaridad Invertida, concentra una mayor cantidad de calor en el electrodo, tendiendo a fundirlo, obligando por lo tanto al empleo de un electrodo de mayor diámetro que si se usara polaridad Directa; las soldaduras en esta forma usando Polaridad Invertida son más anchas y planas, debido al electrodo más grueso y menor corriente normalmente empleados.

La polaridad invertida produce una limpieza superficial siendo por lo tanto ventajosa para soldar metales como el Aluminio y el Magnesio, donde los óxidos superficiales deben ser removidos con fundente, a fin de permitir la soldadura.

Su empleo, por lo tanto, está limitado a pequeños espesores puesto que cada diámetro del electrodo de Tungsteno sólo puede soportar 1/10" de la corriente con Polaridad Directa.

En el caso de la C.A. con estabilizador de Alta Frecuencia, los continuos cambios de polaridad que caracteriza este tipo de corriente hace que se rompa fácilmente la capa de óxidos superficiales, lo cual es ventajoso para soldar metales que forman rápidamente óxidos, como el aluminio, cobre, zinc, etc.

La concentración de calor es excelente y las soldaduras resultantes son comparables a las obtenidas con corriente continua con Polaridad Directa o Polaridad Invertida.

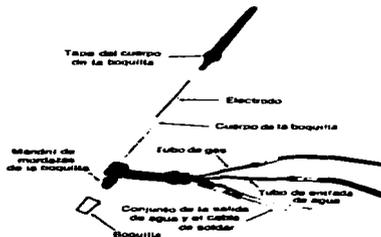


Fig. 22. Soplete TIG.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los sopletes TIG además del dispositivo de sujeción del electrodo, disponen de tazas de cerámica atornillables y destinadas a garantizar el control direccional del arco y la distribución del gas protector.

Se pueden seleccionar tazas de cerámica de distintos diámetros en función al grueso del electrodo, estas pueden ser 1/4" hasta 2/8" Estas tazas de cerámica pueden usarse en sopletes enfriados con el mismo gas inerte mientras los amperajes utilizados sean interiores a los 100 amperes. Arriba de este valor pueden usarse también tazas metálicas con sopletes TIG enfriado por agua.

4.4. Gases Inertes: Helio, Neón, Argón, Xenón, Radón y Kriptón.

Son gases químicamente inactivos, es decir, que no se combinan químicamente con los elementos, tienen la ventaja que al ser utilizados como medios protectores en el Proceso TIG, por no reaccionar con el oxígeno del medio ambiente, evitan la oxidación durante el proceso de soldadura.

Los gases inertes más utilizados son el Argón y el Helio. El Argón produce un arco de acción más suave y estable, así como un arco de menor voltaje en cualquier corriente. Reduce al mínimo las variaciones en la longitud del arco. Facilita el encendido del arco cuando se usa C.A. y bajos amperajes.

Siendo el Argón un gas pesado, este se proyecta sobre la superficie a ser soldada en contraste con el Helio que tiende a subir rápidamente. Esta cualidad del Argón hace útil al proceso TIG en trabajos de mantenimiento.

El Helio produce un arco 40 % mayor en voltaje por unidad de longitud de arco, resultando un arco más caliente, de más penetración, permitiendo una mayor velocidad en la soldadura, reduciendo los efectos del calor sobre la pieza de trabajo.

Con C.C. Polaridad Directa, el Helio es más estable y produce un arco más caliente, lo que lo hace más indicado para la soldadura de cobre y para operaciones de soldadura automáticas.

Sin embargo, los dos gases pueden ser usados mezclados en diversas proporciones, siendo la más empleada el 25 % Argón y el 75 % de Helio.

Existe una precaución importante que debe ser observada, y es la de evitar el uso de gases contaminados en los cilindros. Proveedores descuidados, surten cilindros conteniendo una pequeña cantidad de agua que descomponiéndose en el arco, libera Hidrógeno y Oxígeno que causan porosidades y una película de óxido sobre el metal soldado, por lo general, este problema se hace notar cuando la presión del cilindro baja a menos de 50 psi. Si hay porosidad al usar un cilindro nuevo en servicio se deberá reportar al proveedor y reemplazarlo inmediatamente.

4.5. Gases recomendados: Según los metales a soldar.

Acero dulce	Se prefiere al Argón. El Helio proporciona mayor penetración pero es más difícil de manejar.
Acero de baja aleación.	El Argón para trabajo manual.. El más fácil de manejar. El Helio para procesos automáticos. Permite mayores velocidades.
Acero Inoxidable.	Argón para metal escopleado muy fino, Proporciona penetración controlada. Hélio para escopleado más grueso. Da mayor penetración.
Níquel, Monél, Inconél.	El Argón para trabajo manual es más fácil de manejar. El Helio para trabajo automático permite mayores velocidades.
Aleaciones de aluminio.	Se prefiere el argón para CAAF. Tiene estabilidad de arco buena acción limpiadora. Para CD polaridad directa, emplee varillas de relleno recubiertas con fundente. El Helio con CD polaridad directa y varillas de relleno desnudas permite una penetración excepcional y mayores velocidades de soldado.

Magnesio.	Argón. Proporciona buena acción limpiadora. Emplee corriente C.A. El Helio con CD polaridad directa para trabajo automático.
Titanio.	Argón para trabajo manual es más fácil de manejar. El Helio para trabajo automático. Permite mayores velocidades.
Cobre desoxidado.	Es adecuado el Argón, pero conveniente el Helio, la mayor aplicación de calor con el Helio neutraliza la alta conductividad térmica. Una mezcla de 75 % de Helio y 25 % de argón produce un arco más estable, pero reduce la velocidad de aplicación del calor.
Bronce al silicio.	Argón. Reduce la tendencia del metal base a encogerse con el calor.
Bronce al aluminio.	Argón. Penetración menor. Se emplea generalmente para recubrir

4.6. Electrodo de Tungsteno:

La selección del tungsteno como electrodo para el Proceso TIG fue hecho por tres buenas razones, tiene buena conductibilidad eléctrica, tiene el punto de fusión más alto que cualquiera otro metal conocido (3,400 °C) y su resistencia a la tensión, aún en forma de alambre es de aproximadamente 500,000 psi; Dando como resultado que el tungsteno no es consumido por el calor del arco.

1. Electrodo de Tungsteno puro (identificación color verde)
2. Electrodo de Tungsteno Thoriado (1%, identificación color amarillo; 2 %, color rojo)
3. Electrodo de Tungsteno con Zirconio (identificación color café).

4.7. Regulador de Presión y Flujómetro:

Tanto el Argón como el Helio son proporcionados en cilindros de 240 a 300 pies cúbicos, a presiones que varían de 2,200 a 2,640 psi, lo que hace necesario reducir estas presiones a menos de 20 psi para las condiciones de trabajo. Esto se logra por medio de reguladores de presión.

El flujómetro fija el flujo del gas hacia el soplete, este flujo puede variar de 3 a 35 pies por hora y su ajuste dependerá:

1. De acuerdo con el tipo de gas inerte a usarse (el flujo del Helio es tres veces mayor que el del Argón).
2. Tipo de unión (unión de filete necesita menor flujo que las uniones a tope).
3. Distancia de la taza de cerámica al trabajo (cuando más corta, mejor).
4. Tamaño de la taza de cerámica (dependiendo del diámetro del electrodo).
5. Tamaño del charco de soldadura (charco más ancho, mayor taza de cerámica).
6. Amperaje requerido (mayor amperaje, mayor flujo).
7. Trabajos al aire libre (las corrientes de aire destruyen la protección).
8. Posición de trabajo (Argón más pesado que el aire, Helio más ligero).

Ambas funciones, la de regular la presión y la de ajustar el flujo del gas, pueden combinarse en una sola unidad denominada "Monitor".

4.8. Estabilizador de Arco de Alta Frecuencia:

En el caso de la corriente alterna el estabilizador produce un puente entre el electrodo y el metal de base, permitiendo el mantenimiento de un arco estable y permanente, además de todo esto, garantiza un encendido de arco fácil sin ser preciso tocar la pieza con el electrodo.

4.9. Manejo del equipo:

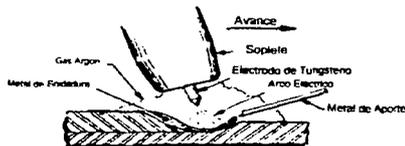


fig. 23 Aplicación de TIG

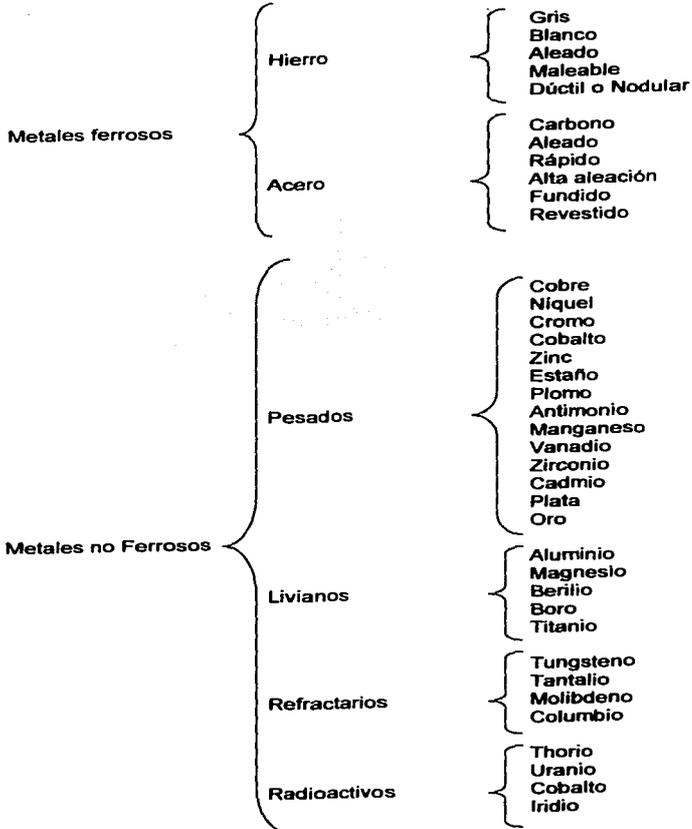
Encendido del Arco: Hay dos métodos de encender el arco manualmente; el encendido con alta frecuencia y el encendido por rastrillado.

Las soldaduras TIG pueden ser efectuadas por tres métodos:

- Emplear una varilla de soldadura, se calientan primero los lados de la junta con el arco del electrodo hasta que estos se funden, se agrega entonces la varilla de soldadura de la misma forma que en la soldadura oxi-acetilénica.
- Empleando aleaciones fluidas, tipo de soldadura fuerte. En este caso el metal de base es calentado abajo del punto de fusión efectuándose la unión metálica de acuerdo con el sistema de la soldadura de baja temperatura.
- Sin empleo de metal de aporte. El calor del arco funde las dos superficies a ser unidas, uniéndolas y operándose la solidificación posteriormente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5. CLASIFICACIÓN DE LOS METALES



5.1. Propiedades de los metales:

Difícilmente se encuentra comercialmente, un metal puro, debido a que la manufactura de aleaciones metálicas se justifica para mejorar las características y propiedades del metal puro. Generalmente, el mejoramiento de estas propiedades, tanto físicas como mecánicas (sobre todo éstas últimas) es el principal objetivo de las aleaciones metálicas y de estas propiedades dependerá la utilización de los mismos.

Propiedades Físicas y Mecánicas de los metales

- 1. PROPIEDADES FÍSICAS:** Son aquéllas que no tienen relación directa con la aplicación de fuerzas, siendo características propias del metal.
- 2. PROPIEDADES MECÁNICAS:** Son el resultado de la aplicación de fuerzas que pueden ser medidas mecánicamente.

Propiedades Físicas de los metales.

Densidad o Peso Específico: Es el peso de un determinado volumen de metal, comparado con el peso de igual volumen de agua.

Resistencia a la corrosión: Es la propiedad de resistir el desgaste gradual o violento al no combinarse con otros elementos o compuestos químicos.

- Resistencia Eléctrica:** Es el rozamiento o fricción que una corriente eléctrica provoca cuando pasa a través de un metal.
- Conductividad Eléctrica:** Es la propiedad contraria a la resistencia eléctrica y es la facultad del metal para conducir una corriente eléctrica.
- Conductividad Térmica:** Es la medida de velocidad con la cual el calor se disipará a través de un metal.
- Fusibilidad:** Es la mayor o menos facilidad de un metal a cambiar su estado sólido a líquido.
- Expansión Térmica:** Es el cambio de las dimensiones de un metal, debido al aumento de la temperatura. La propiedad contraria es la contracción.

Propiedades mecánicas de los metales

- Resistencia a la Tensión:** Es la capacidad de un metal de resistir las fuerzas de tensión que tienden a dividirlo.
- Elasticidad:** Propiedad de un metal en virtud de la cual, tiende a recobrar sus medidas y forma originales después de la aplicación de una fuerza.
- Ductilidad:** Es la propiedad de un metal para ser estirado en forma de hilos o alambres sin sufrir fracturas (trefilado).

- Maleabilidad:** La característica de los metales que les permite ser laminados sin que sufran fracturas.
- Tenacidad:** Es la capacidad de un metal para resistir el choque repentino de una carga aplicada con movimiento rápido (uniaxial o multiaxial).
- Resiliencia:** Resistencia al choque de un metal.
- Dureza:** Es la capacidad de un metal para oponerse a ser penetrado por otro cuerpo.
- Resistencia a la fatiga:** Es la capacidad de un metal para resistir, sin fracturarse la aplicación de fuerzas variadas y alternadas dentro de un ciclo determinado.

5.2. Identificación de los metales:

Es de gran importancia dentro del mantenimiento y reparación por soldadura el saber identificar los metales, debido a que este aspecto es decisivo para poder diseñar un proceso adecuado de soldadura y dentro del mismo poder hacer la selección más adecuada de la aleación para soldar a usarse. Aparentemente es fácil determinar si un metal ferroso es acero o hierro fundido, pero habrá dificultad para determinar cuál es el tipo de acero o de hierro fundido. Lo mismo sucede en los metales no-ferrosos, no existe dificultad alguna en distinguir entre el Cobre o el Aluminio, pero es más difícil la distinción entre innumerables aleaciones metálicas que pueden obtenerse de estos dos metales.

Desde luego, que un análisis químico de muestras del metal en duda, sería el procedimiento más adecuado para la identificación del mismo. Sin embargo,

muchas veces con los recursos encontrados en un taller, se pueden usar ciertos procedimientos prácticos para la identificación de los metales, de los cuales hablaremos a continuación:

APARIENCIA: Incluye la observación preliminar del color, la apariencia de las superficies maquinadas de la fractura del metal y de su tipo, conformación, peso e incrustaciones.

- a) **Tipo:** Significa el empleo a que se destina, como una pieza para maquinar un monoblock de motor, placas, perfiles, etc.
- b) **Conformación:** Se refiere a la fabricación original, esto es, si se trata de una pieza fundida, forjada o extruída.
- c) **Peso:** Es fácil distinguir entre una aleación pesada de plomo y una pieza de hierro o bien un metal de los llamados livianos (aluminio y magnesio).
- d) **Color:** Señala principalmente al cobre y sus aleaciones.
- e) **Incrustaciones:** Como la oxidación o también la herrumbre, podrá diferenciar un acero al carbón simple o aleado de un acero inoxidable de Cromo puro, de Cromo-Níquel o bien de Níquel-Cobre.
- f) **Fractura:** Sirve para observar el color y la granulación del metal.

PRUEBA MAGNÉTICA: Se clasifican en tres grupos como son:

- a) **Fuertemente Magnético:** Qué incluye el acero de bajo Carbono o baja aleación, el hierro fundido, los acero inoxidable de Cromo puro.
- b) **Ligeramente magnético:** Incluye la aleación Monél de alto contenido de Níquel y los Aceros-Inoxidables de Cromo-Níquel (18-8 cuando se trabajan en frío).
- c) **No-magnéticos:** Donde se sitúan las aleaciones de cobre, las aleaciones de Aluminio, las aleaciones de Zinc, los Aceros Inoxidables de Cromo Níquel recocidos.

PRUEBA CON EQUIPO DEL TALLER: Diversos metales pueden ser identificados, estudiándose las rebabas producidas por un cincel, por ejemplo, en los aceros de bajo carbón, las rebabas hechas con cincel tienden a formar un rizo, sin embargo en el hierro fundido las rebabas se desprenden. La mejor manera de ejercitarse en el conocimiento de los tipos de rebabas es la de observar éstas provenientes de metales conocidos.

PRUEBA DE LA CHISPA: Este es no de los procesos más difíciles de identificación. Consiste en observar las chispas producidas por un metal en contacto con una piedra de esmeril girando a alta velocidad y contra un fondo oscuro. De preferencia hacerlo comparando las chispas con aceros conocidos, para ver si es ó no es y además en un cuarto oscuro, ésta prueba solo sirve para los metales ferrosos. Para esta prueba es recomendable hacer comparaciones con las chispas que producen los metales ya identificados.

PRUEBA CON LA FLAMA DEL SOPLETE: La apariencia del metal en fusión, la rapidez de fusión, la respectiva escoria y el comportamiento del pozo de fusión, sirven también para proporcionar elementos analíticos. Es preciso sin embargo, tener bastante cuidado, a fin de no dañar la pieza.

PRUEBA DE DUREZA: El grado de dureza de un metal ferroso, puede ser a veces utilizado para identificación del metal. Dos tipos de pruebas pueden hacerse para este fin.

- a. **Proceso Manual:** Se emplea una lima nueva, que debe ser utilizada solamente para este fin, tomándose como base la dureza de la lima que es de 35 Rc aproximadamente.
- b. **Proceso Mecánico:** Existen diversos tipos de máquinas para medir la dureza. Los más conocidos son el Brinell, Rockwell, Vickers y el escleroscopio Shore.

Tanto en un proceso como en otro, los valores obtenidos pueden compararse con tablas, donde aparecen los valores de dureza de los metales.

En el caso de los aceros, si se conoce la dureza Brinell, se puede conocer aproximadamente su resistencia a la tensión, multiplicando el grado de dureza Brinell por 500, obteniendo su resistencia a la tensión en lb / in².

Conociendo la resistencia a la tensión de un acero, se puede identificar también el tipo de acero.

PRUEBA QUÍMICA: Pruebas químicas intercaladas, pueden ser usadas para la distinción de diversos tipos de metales. Especialmente los aceros inoxidable, los aceros con Níquel y algunas aleaciones de Bronce, pueden ser identificados por estas pruebas.

PRUEBA DE LABORATORIO: Cuando las pruebas anteriores, no bastaran y fuese necesario una identificación plena del metal, es aconsejable recurrir al laboratorio, donde pruebas químicas, metalográficas y el mismo espectrógrafo, podrán proporcionar los elementos deseados.

6. ACEROS

6.1. El acero es una aleación Hierro-Carbono entre 0.05 y 1.70 % de Carbono, con la presencia de porcentajes tan pequeños como sea posible de otros elementos como el Mn, Si, P y S, agregados por razones técnicas o por ser parte de la materia prima.

Los aceros son muy utilizados dentro de la industria por sus propiedades físicas y mecánicas.

6.2. Clasificación de los aceros:

Clasificación S.A.E. y A.I.S.I. para los aceros.

Denominación utilizada para identificación de los distintos tipos de aceros que pueden fabricarse, siendo representada por cuatro números, los cuales indican lo siguiente:

Ejemplo SAE 1020

1er. Núm. Indica el elemento de aleación del acero "1"

2do. Núm. Indica el porcentaje del elemento de aleación "0 %"

3er. Núm. y 4to. Núm. Indican el porcentaje de C "0.20 %"

1XXX Aceros al Carbono.
10XX Carbono puro.
11XX Corte libre.
13XX Aceros al Manganeso.
2XXX Aceros al Níquel.

- 23XX 3.50 % de Níquel.
- 25XX 5.00 % de Níquel.
- 3XXX Aceros de Níquel-Cromo.
- 31XX 1.25 % de Níquel-0.60 % Cromo.
- 32XX 1.75 % de Níquel-1.00 % Cromo.
- 33XX 3.50 % de Níquel-1.50 % Cromo.
- 3.0XXX Resistentes a la corrosión y al calor.
- 4XXX Aceros al Molibdeno.
- 40XX Molibdeno – Carbono.
- 41XX Cromo – Molibdeno.
- 43XX Cromo – Níquel – Molibdeno.
- 46XX Níquel – Molibdeno. (1.75 % Ni)
- 48XX Níquel – Molibdeno. (3.50 % Ni)
- 5XXX Aceros al Cromo.
- 51XX Bajo de Cromo.
- 52XX Medio de Cromo.
- 51XXX Resistentes a la corrosión y al calor.
- 6XXX Aceros al Cromo-Vanadio.
- 61XX 1 % Cromo.
- 7XXX Aceros al Tungsteno.
- 8XXX Aceros al Níquel – Cromo – Molibdeno.
- 9XXX Aceros al Silicio – Manganeso.

Las letras mayúsculas que acompañan a los números significan los procesos de fabricación.

- A. Aceros aleado en horno de hogar abierto.
- B. Acero al Carbono Ácido – Bessemer.
- C. Acero al Carbono Básico – Hogar abierto.
- D. Acero al Carbono Ácido – Hogar abierto.
- E. Acero aleado horno eléctrico.

6.3. Aceros al Carbono:

En estos aceros el porcentaje de Carbono es de vital importancia, ya que al aumentar el mismo produce cambios en las propiedades de estos aceros.

- a. Aumenta la dureza.
- b. La resistencia a la tensión también aumenta.
- c. Disminuye la ductilidad.
- d. Permite el tratamiento térmico del templado.
- e. Disminuye la elongación.
- f. Disminuye la resistencia.
- g. Aumenta la resistencia a la fatiga.
- h. Dificulta la soldadura de los aceros.

El Carbono puede estar completamente en solución o bien parte de él puede formar un compuesto químico llamado "carburo de hierro" (cementita). Esta facultad del Carbono a formar "carburos" puede considerarse como un riesgo o factor negativo de la soldadura de los aceros.

Los aceros al carbono de acuerdo con el contenido de este último se dividen en tres grupos:

Aceros de bajo Carbono.	0.05 a 0.30 % C
Aceros de medio Carbono.	0.30 a 0.60 % C
Aceros de alto Carbono.	0.60 a 1.70 % C

Los aceros de bajo Carbono:

Son dúctiles, maleables y altamente maquinables, son tenaces, resistentes a la tensión y altamente soldables. Por su bajo contenido de Carbono no

responden al tratamiento térmico por templado, pero pueden ser endurecidos por cementado o cianurado. Generalmente usados para fabricar perfiles estructurales, láminas y placas, tubería, alambres, tornillos, etc. Sus formas más conocidas son el "fierro dulce" y el "cold rolled", éste último mejora sus propiedades por la laminación en frío.

Soldabilidad de los Aceros de bajo Carbono.

Los aceros de bajo Carbono no requieren precalentamiento.

CON ARCO ELÉCTRICO:

- a. Menos del 0.25 % C – electrodo resistencia mínima 60,000 PSI.
- b. Mayor del 0.25 % C – electrodo resistencia mínima 70,000 PSI.
- c. No es necesario el precalentamiento (93 °C si la temperatura ambiente es baja).

CON OXIACETILENO.

- a) Flama neutra sin precalentamiento.

Los aceros de medio Carbono:

Son más resistentes y duros que los anteriores, también son más difíciles de soldar, ya que para los efectos de Soldabilidad, cuanto mayor sea el porcentaje de Carbono, mayor será la dificultad debido al endurecimiento producido por la temperatura aplicada durante la soldadura. Especialmente

arriba de 0.35% de C, la soldadura se volverá más crítica debido a las posibilidades de fisuras.

La dureza de estos aceros es de 200 HB, aumentándose por tratamiento térmico. Se utiliza para fabricar ejes gruesos, tuberías para alta presión, brazos y bielas, etc.

Soldabilidad de los Aceros de Medio Carbono.

CON ARCO ELÉCTRICO.

- a) Pre calentamiento entre 200 a 260 °C (se obtiene una unión dúctil).
- b) Poscalentamiento a 540 ó 650 °C (eliminación de puntos duros y esfuerzos residuales).

Electrodos recomendados: E 8018 y E 11018

CON OXIACETILENO.

- a) Una flama ligeramente carburante.
- b) Recomendable tratamiento térmico posterior

Aleación recomendada: R 16 FC, R 185 FC.

Los Aceros de alto Carbono:

Son muy resistentes y duros debido a su alto contenido de Carbono, que también aumenta su resistencia a la fatiga. Sin embargo su posibilidad de soldadura es reducida sobretodo si hay presencia de Azufre y Fósforo.

Estos aceros aceptan cualquier grado de tratamiento térmico de temple, pudiendo ser utilizados bajo esta condición después de un normalizado.

Sus aplicaciones se generalizan en la fabricación de ejes, discos de arado, muelles, resortes, yunques, sierras de cinta, brocas, limas y otras herramientas como punzones y troqueles.

Soldabilidad de los Aceros de Alto Carbono. Para ser soldados exigen el uso de electrodos y técnicas de soldadura especiales, como precalentamiento y tratamientos térmicos posteriores, para la liberación de esfuerzos.

CON ARCO ELÉCTRICO.

- a) Precalentamiento entre 260 a 320 °C evita una estructura quebradiza.
- b) Postratamiento térmico recocido o normalizado a 650 °C.
- c) Electrodos de resistencia mínima de 60,000 a 120,000 PSI equivalente a la resistencia del acero a ser soldado.

Electrodos recomendados: E 66, X 110, E 680 y X 680 CGS.

6.4. Aceros aleados:

Cuando además del Carbono, otros elementos son agregados a los aceros (elementos de aleación) para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, como aumentar o disminuir el endurecimiento al trabajo en frío, aumentar la resistencia a la corrosión, etc.

INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS DE ALEACIÓN EN LOS ACEROS.

- NÍQUEL (Ni).-** Aumenta la tenacidad a baja temperatura, da resistencia a la fatiga, buena resistencia a la corrosión cuando se usa junto con el Cromo, amplía el rango de temperatura para mejorar el tratamiento térmico, disminuyendo las distorsiones, da resistencia al impacto.
- CROMO (Cr).-** Aumenta la resistencia a la corrosión, la resistencia a la tensión, aumenta la propiedad de endurecimiento al temple y la tenacidad, da resistencia superficial a la abrasión.
- MOLIBDENO (Mo).-** Aumenta la propiedad del templado, la resistencia a altas temperaturas, la tendencia a formar carburos estables que evitan el crecimiento del grano.
- MANGANESO (Mn).-** Desoxida y elimina el azufre, por lo que se encuentra como elemento residual en todos los aceros. En mayores porcentajes aumenta las propiedades mecánicas como resistencia a la tensión, dureza al trabajo en frío, etc.
- SILICIO (Si).-** Actúa como desoxidante y grafitizante del Carbono, aumenta la resistencia a los efectos de altas temperaturas combinado con Níquel, Cromo y Tungsteno. Aumenta la fluidez de las fundiciones.
- VANADIO (V).-** Origina estructuras de grano fino, aumenta la dureza de los aceros y mantiene elevadas temperaturas.
- ALUMINIO (Al).-** Se usa como desoxidante y restringe el crecimiento del grano austenítico.

- COBRE (Cu).-** En pequeñas cantidades aumenta la resistencia a la corrosión.
- TUNGSTENO (W).-** Da dureza a muy alta temperatura.
- AZUFRE (S) .-** Existe en los aceros como impureza, vuelve a los aceros difíciles de soldar, puesto que forma Sulfuros de Hierro, que al solidificar se depositan entre grano y grano, tendiendo a separarlos, aparte de producir porosidad en los cordones de soldadura.
- FÓSFORO (P).-** Se considera como impureza, aumenta el tamaño del grano haciendo a los aceros quebradizos, sin embargo aumenta la maquinabilidad.

Los aceros aleados son esencialmente aleaciones de Hierro-Carbono que tienen al menos un tercer elemento en proporción suficiente para modificar sensiblemente las propiedades del acero.

Algunos de estos elementos mediante calentamiento se combinan con el Carbono, formando carburos, es decir, agentes endurecedores. Estos elementos son el Cromo, Molibdeno, Tungsteno y Vanadio.

Soldabilidad de los Aceros Aleados:

De preferencia estos aceros deberán soldarse con arco eléctrico. De ser posible deberán soldarse de acuerdo a especificaciones del fabricante y con electrodos de acuerdo a especificaciones del fabricante y con electrodos de análisis parecido al del acero en cuestión, tratando de mejorar las condiciones de trabajo a las que estará sometido dicho acero.

La soldadura de estos aceros requiere en todos los casos temperaturas de precalentamiento, y lo que es más importante, tratamientos térmicos posteriores al trabajo de soldadura para efectuar normalizados que eliminen los esfuerzos residuales. Las temperaturas adecuadas para estos propósitos estarán especificadas por los fabricantes de los aceros, por normas establecidas, por organizaciones internacionales o por textos que traten sobre el asunto.

Muchos de estos aceros se utilizan endurecidos por tratamiento térmico, ocasionando este factor una mayor dificultad de Soldabilidad, ya que se corre el riesgo de producir revenidos (pérdida de dureza) sobre estos aceros. Sin embargo puede controlarse la temperatura aplicada al soldar para no alcanzar la temperatura donde se produzca el revenido.

Electrodos Eutectic recomendados: EutecRode 66, Xyper 110, EutecRode 680, Xuper 680 S, EutecTrode 71 (Aceros Cromo – Molibdeno)

6.5. Aceros rápidos o aceros de alta velocidad:

Este es el tipo de acero empleado para herramientas de corte, estampado o de forja. Pueden ser obtenidos a partir de aceros al Carbono o aleados, fabricados bajo procesos especiales para garantizar una alta calidad.

La mayoría de las aleaciones del acero rápido, además del alto contenido de Carbono (0.60 a 1.5 %) para garantizar la dureza contienen elementos tales como el Cromo, Molibdeno, Tungsteno, Vanadio, Cobalto y Manganeso.

Según para el fin que se destinen los aceros rápidos pueden dividirse en cinco grupos:

- a) Aceros para templar al agua.
- d. Aceros para templar al aceite.
- e. Aceros para templar al aire.
- f. Aceros para templar al impacto.
- g. Aceros para trabajo en caliente.

Soldabilidad de los aceros rápidos o de alta velocidad:

Estos aceros se encuentran en las mismas condiciones de Soldabilidad que los aceros mencionados anteriormente. Debe tenerse mucho cuidado en la selección de las aleaciones usadas para soldar, debido a que en la mayoría de los casos, los depósitos de soldadura deben responder tanto a las condiciones de trabajo del metal a soldar como de los tratamientos térmicos (templados) a los que puede ser sometido el acero.

- a) Electrodo base o de colchón, E 680 y X 680 S.
- b) Electrodo de las mismas características al acero rápido T 6 HSS.

6.6. Aceros de alta aleación:

Cuando el porcentaje de Cromo, Níquel o Manganeso, sobrepasa el 10% en un acero, se denomina como altamente aleado. Pertenecen a esta clasificación los siguientes aceros:

- a) Aceros al Manganeso y
- b) Aceros inoxidables.

- a) **Aceros al Manganeso:** Son aceros de grado austenítico y no son magnéticos, se subdividen en dos grupos:

- i. **Acero al Manganeso o Acero Hadfield.**- Contiene del 10% al 14% de Manganeso o del 1.00 y al 1.4% de Carbono. Se vacía en moldes de arena y se deja enfriar lentamente, dando como resultado un metal duro y quebradizo. Posteriormente se le hace un recocido, calentando entre 1000 y 1050 °C, enfriando bruscamente en agua; quedando un acero blando pero tenaz y con la particularidad de endurecerse superficialmente con el trabajo en frío hasta alcanzar durezas de 55 Rc. Conforme se desgastan estas capas endurecidas, las subsecuentes se endurecen a la vez.
Este acero es muy utilizado para fabricar dientes de excavadoras, muelas de trituradoras, cambios y agujas de vías de ferrocarril, etc.
 - ii. **Acero Níquel o Manganeso.**- Contiene, al igual que el anterior, de 10 a 14% de Manganeso, de 3 al 6 % de Níquel y 0.50 % de Molibdeno. El Níquel evita la formación de carburos de hierro. Sus usos se deben a la propiedad de endurecerse al trabajo en Frío y a tener resistencia al impacto y a la abrasión, tiene una propagación lenta de rajaduras.
- b) **Acero inoxidable:** Son aceros altamente resistentes a la oxidación y a la corrosión. Debido al gran uso de este tipo de aceros, obliga a estudiarlos por separado, por lo que se definirán en un capítulo aparte.

Soldabilidad de los aceros de alta aleación:

Aceros al Manganeso austenítico o Hadfield. La soldadura con oxiacetileno no es recomendable, puesto que a la temperatura de 450 °C se forman carburos de hierro volviéndose sumamente quebradizo este acero.

1. Limpie la superficie a soldar.
2. Bisele las fisuras con electrodo herramienta.
3. Seleccione un electrodo que permita usar el amperaje más bajo posible.
4. Caliente únicamente si la pieza se encuentra a menos de 21 °C.
5. Use una técnica de cordones cortos y alternados.
6. Haga cordones de dos a tres veces el ancho del electrodo.
7. Mantenga un arco corto y martillar los cordones en caliente.
8. Mantenga la temperatura en la zona de soldadura del metal base a menos 260 °C.
9. Durante cualquier fase del trabajo, deberá ser posible colocar la mano con comodidad sobre la pieza a una distancia de 6 pulgadas del área donde se aplica la soldadura.
10. Acabado con esmeril.
11. En caso de reconstrucciones, de ser posible use postizos o insertos de acero de bajo Carbono, para reducir la cantidad de soldadura a aplicar.

Electrodos recomendado: E 680 (uniones). FT 2B (base o colchón), E 40 (uniones de espesor delgado y revestimiento protector.)

6.7. Aceros vaciados:

Esta denominación es dada al acero que es conducido directamente del horno y vaciado en moldes de donde toma su forma definitiva.

Su clasificación obedece a su composición química, dividiéndose en cinco grupos:

- a) Acero vaciado al Carbono.
- b) Acero vaciado de baja aleación.
- c) Acero vaciado de aleación.
- d) Acero vaciado al Manganeso.
- e) Acero vaciado Inoxidable.

Estos aceros poseen características parecidas a los aceros mencionados anteriormente.

Soldabilidad de los aceros vaciados:

Como estos aceros poseen características y análisis parecidos a los ya vistos anteriormente; también su Soldabilidad es semejante (ver párrafos anteriores.)

6.8. Aceros revestidos o blindados:

Son aceros al Carbono generalmente, láminas o placas revestidas por un lado o ambos lados con una delgada capa protectora, pudiendo ser esta capa de Niquel, Cromo (niquelado y cromado) estaño, (lamina galvanizada), plata, zinc, cadmio, y aluminio. Siendo el tipo de este acero más resistente, las placas protegidas con láminas de acero inoxidable.

Soldabilidad de los aceros revestidos o blindados:

Debido a que muchas de las capas protectoras (Zinc, Estaño, Aluminio, Plata, etc.) son de metales con bajo punto de fusión; al tratar de soldar estos aceros, dichas capas se volatizarán. Recuérdese que estas capas pueden ser recuperadas nuevamente por medio de "estañados" efectuados con aleaciones para soldar parecidas o mejores que las que se perdieron.

Productos Eutectic recomendados: Tin Weld I, II (estaño), Alutin 51 S (aluminio), Silweld 1618 (plata), EutecRod 196 (zinc).

En el caso de los aceros protegidos por niquelado y cromado, por depositarse las protecciones con procesos electrolíticos, las capas perdidas por los efectos de la soldadura, de ser posible, deberán reponerse por los mismo medios electrolíticos.

Las placas de "Fierro dulce" blindadas con láminas de acero inoxidable, deberán ser unidas con electrodos que correspondan a cada metal. Es indispensable que las uniones de las láminas protectoras de acero inoxidable se hagan con electrodos, también de acero inoxidable.

6.9. Materiales consumibles:

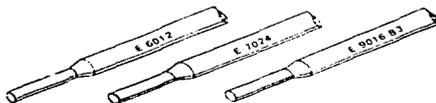
Los metales consumibles son los que se van gastando al hacer los trabajos de soldadura, tales como los electrodos, las varillas de soldadura, los fundentes y otros.

Metal de aporte:

Todos los metales de aporte que se estudian en este capítulo pueden estar clasificados por la AWS (American Welding Society) pero, los fabricantes de soldaduras especiales de mantenimiento realizan sus propias fórmulas que sobrepasan las especificaciones de la AWS, para poder realizar con éxito las reparaciones correspondientes.

Clasificación de soldadura de arco, de acero blando recubierto:

Esta clasificación está formada por una serie de cuatro o cinco dígitos que lleva como prefijo la letra E. La letra E significa que se emplea para arco eléctrico manual. Los números que van a la izquierda de los últimos dos dígitos multiplicados por 1000, dan la resistencia mínima a la tensión del metal depositado, el penúltimo dígito indica la posición en la que se puede soldar y el último dígito indica el suministro de energía y la polaridad, tipo de escoria, tipo de arco, la penetración y la presencia del polvo de hierro.

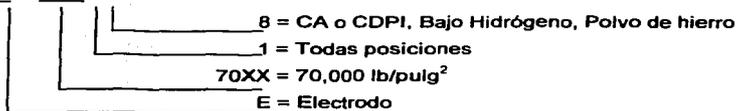


Marcas de identificación por AWS

fig. 24. Electrodo convencional.

Ejemplo:

E - 7 0 1 8



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

7. ACEROS INOXIDABLES

- 7.1. En 1913, el metalurgista inglés, Harry Bradley, al investigar muestras de forros de cañón de acero de alto Cromo, observó a través del microscopio su resistencia a diversos medios ácidos, intuyendo un descubrimiento significativo, principió a estudiar la protección contra la corrosión que brinda el Cromo a los aceros; estos estudios dieron notables resultados descubriéndose posteriormente una serie de aleaciones resistentes a la corrosión y al calor, muchas de ellas a base de Cromo.

Por las varias propiedades físicas y mecánicas que poseen estos aceros han contribuido al desarrollo de varias industrias durante los últimos 50 años.

Considerando que los aceros inoxidables son clasificados dentro del grupo de los aceros de alta aleación, es de gran importancia conocer los efectos que producen los elementos de aleación, para poder seleccionar los tipos de aceros inoxidables apropiados para cada aplicación.

CROMO (Cr.): Es el elemento de aleación básico en los aceros inoxidables. Por sí solo, el Cromo es un metal que tiene la capacidad de formar delgadas capas protectoras de Óxido de Cromo, evitando que el resto del metal se siga oxidando, inclusive tiene la propiedad que al destruirse esta capa de óxido, otra nueva se genera volviendo a proteger al resto del metal. Este óxido es altamente resistente a la corrosión y a la acción de elevadas temperaturas por ser refractario.

La presencia del Cromo en cantidades mayores del 11% asegura la formación de la película protectora en el resto del acero y si se aumenta gradualmente la cantidad de Cromo en el acero, proporciona una mayor resistencia a la corrosión. Como resultado los aceros inoxidables al "Cromo"

comerciales contienen hasta un 30% de Cromo. Al exponerse a alta temperatura, la película superficial se hace más espesa, pierde transparencia, formando un sello hermético e impermeable altamente resistente.

Fisicamente el Cromo, también introduce otros efectos notables hasta un contenido de aproximadamente 14% en los aceros inoxidable que les permite templarse mediante tratamientos térmicos; mientras que los aceros con un contenido superior al 14% de Cromo poseen buena resistencia y mantienen su ductilidad, su grado de trabajo al temple es de un orden bajo. Estos aceros se vuelven quebradizos como resultado de estar expuestos a altas temperaturas. Por esta razón, los aceros inoxidable al Cromo imponen ciertas limitaciones a la soldadura; Todos los aceros inoxidable al Cromo son magnéticos bajo todas condiciones.

NÍQUEL (Ni): La adición de Níquel en los aceros inoxidable, es siempre en forma suplementaria al Cromo. Sin embargo, estas adiciones afectan profundamente los resultados que se obtienen del acero. Se mejora substancialmente su resistencia a la corrosión debido a que la película protectora conteniendo Cromo y Níquel es mucho más resistente a la corrosión que la de los inoxidable al Cromo cuyas películas superficiales contienen únicamente Cromo.

En los aceros inoxidable al Cromo-Níquel, el contenido de Níquel por lo general varía desde el 7 al 36%. El contenido de Cromo varía generalmente del 14 al 30%. La combinación más ampliamente conocida es la popular "18-8" o sea que el 18% de Cromo y el 8% de Níquel.

Al añadir una cantidad suficiente de Níquel se imparten varias y muy importantes propiedades físicas y mecánicas a los aceros inoxidable:

1. Se vuelven no magnéticos.

2. Se vuelven no templables al calor.
3. Se endurecen rápidamente al trabajo en frío
4. Son especialmente dúctiles bajo condiciones normales.
5. Poseen excelentes características de soldabilidad.
6. En aplicaciones a alta temperatura retienen un alto grado de ductilidad.

Estas valiosas propiedades combinadas con una excelente resistencia a la corrosión, proporcionan grados de aceros Cromo-Níquel altamente útiles para una amplia variedad de aplicaciones.

CARBONO (C): Como componente, el Carbono es muy importante, ya que distintos porcentajes de este elemento afectan a los distintos tipos de aceros inoxidables, como se verá más adelante, cuando se trate de la soldabilidad de estos aceros.

COLUMBIO (Cb): Se agrega como "estabilizador" en los aceros inoxidables de Cromo-Níquel por su gran afinidad al Carbono.

TITANIO (Ti): Al igual que el Columbino, el Titanio se utiliza también como "estabilizador".

MOLIBDENO (Mo): El Molibdeno se adiciona para impartir mayor resistencia al ataque de los medios corrosivos. Además este elemento imparte substancialmente mayor dureza y resistencia durante el trabajo a altas temperaturas. En el inoxidables al Cromo, pequeñas cantidades de Molibdeno entre 0.5 a 1% son altamente benéficos. En los aceros de

Cromo-Níquel se ha encontrado que agregando cantidades mayores que varían desde el 2 al 4% los resultados son satisfactorios.

OTROS ELEMENTOS: Estos son, principalmente, el Manganeso, Silicio, Tantalio y Aluminio que adicionados en cantidades adecuadas, cada uno modifica las características principales de los aceros inoxidables.

7.2. CLASIFICACIÓN DEL ACERO INOXIDABLE:

Debido que los aceros inoxidables tienen en sí una composición química particular, por lo que no reaccionan exactamente de la misma forma cuando están sujetos a distintas condiciones de trabajo, oxidantes o corrosivas.

También esta composición química particular ha obligado a hacer clasificaciones para ordenar por grupos a los aceros inoxidables. La más utilizada es la A.I.S.I. (Instituto Americano del Hierro y el Acero), la cual representamos a continuación:

1. SERIE 200: Aceros inoxidables al Cromo – Níquel – Manganeso.
2. SERIE 300: Aceros inoxidables al Cromo – Níquel – Auténticos.
3. SERIE 400: Aceros inoxidables al Cromo:
 - a. Aceros inoxidables martensíticos.
 - b. Aceros inoxidables ferríticos.
4. SERIE 500: Aceros Inoxidables al Cromo – Molibdeno.

SERIE 200: Debido a que este tipo de acero tiene características muy similares a la de los aceros de la "SERIE 300" y que además, estos últimos son de superior calidad, no veremos en este capítulo aceros de la "SERIE 200"

SERIE 300: La serie de los 300, se refiere a un grupo de aceros inoxidable conocidos como aceros al Cromo-Níquel austeníticos. El contenido de Cromo de estos aceros varía del 14 al 30 % y es el elemento principal responsable de la resistencia a la corrosión. El Níquel imparte una mayor resistencia a la corrosión, mayor resistencia a la alta temperatura, mejora las propiedades mecánicas a la alta temperatura, mejora las propiedades mecánicas al impartir mayor ductilidad, también mejora la resistencia del acero a la corrosión al combinarse con el Cromo.

El tipo básico en este grupo es el comúnmente conocido como "18-8" (en esta serie el primer número indica el porcentaje de Cromo y el segundo el porcentaje de Níquel).

El término austenítico indica su estructura cristalina normal una solución sólida en la que todos sus componentes están íntimamente ligados hasta el punto de que es difícil identificarlos. La estabilidad de esta estructura austenítica tiene importancia por ser ella la base para la resistencia a la corrosión.

- a) Son antimagnéticos.- Algunos de ellos son ligeramente magnéticos, dependiendo de la cantidad de ferrita presente.
- b) Son resistentes a la fricción.- Debiendo esta propiedad a su contenido de Níquel.
- c) Tienen alta resistencia a la tensión.- Son duros pero maquinables.
- d) No endurecen por tratamiento térmico del temple.- Sin embargo, si endurecen por el trabajo en frío.

Los tipos más utilizados de estos aceros son los tipos de 304, 308, 310, 316 etc. Estos aceros son muy utilizados por sus características y propiedades en la industria química, emparadoras de alimentos, embotelladoras, cervecerías y en la fabricación de enseres domésticos.

SERIE 400: Se refiere a una serie de aceros inoxidable que no contienen Níquel. Esta serie (con frecuencia denominada como "Inoxidable al Cromo") se dividen en dos grupos, que son los siguientes:

- i. **Acero Inoxidable Ferrítico al Cromo:** Son aquellos aceros que contienen del 16 al 30 % de Cromo y un porcentaje entre 0.18 a 0.20 % de Carbono, por lo que no responden al templado. Se usan principalmente en refinerías y equipos sujetos a altas temperaturas y presiones.
- ii. **Acero Inoxidable Martensítico al Cromo:** Son aquellos que contienen del 11 al 18 % de Cromo y un porcentaje entre 0.15 a 1.20 % de Carbono, por lo que se endurecen por tratamiento térmico de templado, existiendo algunos que se templan al enfriarse al aire. Poseen buena resistencia a la corrosión, el tipo básico de estos aceros es el 410, con un contenido de Cromo de 12 %. Frecuentemente se alean con Molibdeno.

Los porcentajes de Cromo descritos anteriormente, no delimitan exactamente a estos dos grupos, ya que existen aceros que contienen entre el 16 y 18 % de Cr que bien pueden ser martensíticos o ferríticos. Esta condición dependerá del contenido de Carbono del acero; un mayor contenido de Carbono tiende a hacer al acero martensítico. Ambos aceros son magnéticos.

Composición química de los inoxidables más conocidos

AISI Type	C	Mn. Max.	P. Max.	Cr.	Ni.	Otros elementos	
ACEROS AUSTENÍTICOS.							
201	0.15 máx.	5.5 - 7.5	0.060	16.00 - 18.00	3.50 - 5.50	N	0.25 máx.
202	0.15 máx.	7.5 - 10.0	0.060	17.00 - 19.00	4.00 - 6.00	N	0.25 máx.
301	0.15 máx.	2.00	0.045	16.00 - 18.00	6.00 - 8.00		
302	0.15 máx.	2.00	0.045	17.00 - 19.00	8.00 - 10.00		
302 R	0.15 máx.	2.00	0.045	17.00 - 19.00	8.00 - 10.00	Si	2.00 - 3.00
303	0.15 máx.	2.00	0.200	17.00 - 19.00	8.00 - 10.00	Mo, Zr.	0.60 máx.
303 Ge	0.15 máx.	2.00	0.200	17.00 - 19.00	8.00 - 10.00	Se	0.15 mín.
304	0.08 máx.	2.00	0.045	18.00 - 20.00	8.00 - 12.00		
304 L	0.03 máx.	2.00	0.045	18.00 - 20.00	8.00 - 12.00		
305	0.12 máx.	2.00	0.045	17.00 - 19.00	10.00 - 13.00		
308	0.08 máx.	2.00	0.045	19.00 - 21.00	10.00 - 12.00		
309	0.20 máx.	2.00	0.045	22.00 - 24.00	12.00 - 15.00		
309 S	0.08 máx.	2.00	0.045	22.00 - 24.00	12.00 - 15.00	Si	1.50 máx.
310	0.25 máx.	2.00	0.045	24.00 - 26.00	19.00 - 22.00	Si	1.50 máx.
310 S	0.08 máx.	2.00	0.045	24.00 - 26.00	19.00 - 22.00	Si	1.50 - 3.00
314	0.25 máx.	2.00	0.045	23.00 - 26.00	19.00 - 22.00	Mo	2.00 - 3.00
316	0.08 máx.	2.00	0.045	16.00 - 18.00	10.00 - 14.00	Mo	2.00 - 3.00
316 L	0.03 máx.	2.00	0.045	16.00 - 18.00	10.00 - 14.00	Mo	3.00 - 4.00
317	0.08 máx.	2.00	0.045	18.00 - 20.00	11.00 - 15.00	Ti	5 x C mín.
321	0.08 máx.	2.00	0.045	17.00 - 19.00	9.00 - 12.00	Cb-Ta	10 x C mín.
347	0.08 máx.	2.00	0.045	17.00 - 19.00	9.00 - 13.00	Ta	0.10 máx.
348	0.08 máx.	2.00	0.045	17.00 - 19.00	9.00 - 13.00	Cb-Ta	10 x C mín.
ACEROS MARTENSÍTICOS.							
403	0.10 máx.	1.00	0.040	11.50 - 13.00		Si.	0.50 máx.
410	0.15 máx.	1.00	0.040	11.50 - 13.50			
414	0.10 máx.	1.00	0.040	11.50 - 13.50	1.25 - 2.50		
416	0.15 máx.	1.25	0.060	12.00 - 14.00		Mo.	0.60 máx.
416 Se	0.15 máx.	1.25	0.060	12.00 - 14.00		Se.	0.15 mín.
420	0.15 mín.	1.00	0.040	12.00 - 14.00			
431	0.20 máx.	1.00	0.040	15.00 - 17.00	1.25 - 2.50		

SERIE 500: A pesar de que en realidad no son aceros inoxidables, son incluidos en la clasificación "A.I.S.I." por su resistencia a la corrosión. Generalmente se conocen como aceros "chrom-moly" (Cr-Mo)

Estos aceros contienen solamente del 4 al 6 % de Cromo, con porcentajes aproximados al 0.50 % de Molibdeno, también se les considera como martensíticos ya que responden al templado (inclusive al enfriarse al aire) Sus únicos tipos son el 501 y 502 siendo este último el más utilizado, principalmente en refinerías de petróleo.

7.3. SOLDABILIDAD DE LOS ACEROS INOXIDABLES:

Los aceros inoxidable son afectados en cierta forma por el calor aplicado durante los trabajos de soldadura, por lo que se hace necesario reducir el calor aplicado lo más que sea posible dentro de las condiciones de soldabilidad. El revestimiento de los electrodos de mantenimiento deben permitir soldar a las más bajas temperaturas posibles; haciéndoles de gran utilidad cuando se trate de soldar a los aceros inoxidable. Sin embargo la técnica de aplicación también es muy importante.

- a. Es recomendable sostener un arco corto, que uno largo, ya que con esto se aplica menos calor al metal de base.
- b. Es preferible aplicar cordones en forma longitudinal, que utilizar la técnica de vaivén, ya que en esta forma se aumenta la velocidad de depósito y la aplicación total de calor se reduce en el área a soldar.
- c. También se recomienda usar el menor diámetro posible del electrodo.

En electrodos convencionales para soldar aceros inoxidable algo del contenido de la aleación en el núcleo metálico se pierde por la acción del arco eléctrico, resultando que el depósito no es igual al tipo de acero inoxidable que se quiere soldar. El diseño del revestimiento de los electrodos para mantenimiento deben aportar elementos de aleación adicionales, para recuperar las pérdidas

ocasionadas por el arco eléctrico y que la química del depósito de soldadura sea igual o mayor que la química del metal a soldar.

Es aconsejable que los revestimientos de los electrodos no absorban humedad, debido a que los depósitos efectuados con electrodos en estas condiciones no aportarán resistencia contra la corrosión, por lo tanto es necesario almacenar debidamente los electrodos.

SERIE 300: Uno de los efectos que deben prevenirse al soldar los aceros inoxidables auténticos, es la precipitación de Carburos de Cromo, éste fenómeno denominado como: "*SENSITIZACIÓN*" del acero inoxidable, ocurre cuando este tipo de acero es sometido a un rango de temperatura entre 430 a 820 °C (temperatura de sensitización), el punto máximo de peligro existe a los 650 °C en un lapso de tiempo de un minuto o más. Durante este período de tiempo y rangos de temperatura, el Cromo tiende a unirse con el Carbono formando Carburos de Cromo (con un contenido de casi el 90% de Cromo) los cuáles se precipitan a las fronteras de los granos del metal. De esta forma la misión protectora encomendada al Cromo se pierde, quedando el metal afectado, expuesto a la "Corrosión intergranular", además de perder su estructura austenítica.

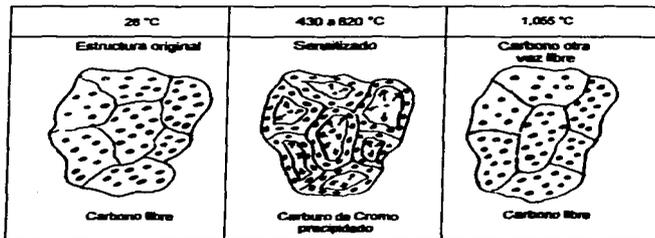


fig. 25. Sensitización del acero Inoxidable

Para eliminar este problema de soldabilidad, los aceros afectados, se deben calentar a una temperatura de 1055 °C y se enfrían rápidamente. Como puede verse, esta solución tiene sus limitaciones en cuanto a las dimensiones de la pieza y en los medios para el calentamiento.

Debido a la acción del calor sobre estos aceros, actualmente se fabrican aceros inoxidables austeníticos a los cuales se agregan elementos "estabilizadores", metales que son más afines al Carbono que el mismo Cromo, ya que cuando el acero es sometido a la temperatura de sensitización, estos estabilizadores se ligan rápidamente al Carbono, formando carburos del estabilizador y dejando al Cromo cumplir su misión protectora. Los metales más comunes que se utilizan como estabilizadores son el Molibdeno, Columbio, Titanio, y Tantalio. Estos aceros así constituidos reciben el nombre de "aceros inoxidables estabilizados" y deberán ser soldados con aleaciones que cubran el análisis del acero y que sean también estabilizados.

Otra forma de eliminar la acción negativa del calor sobre estos aceros, es la de fabricar a los mismos reduciendo el Carbono a un máximo de 0.03 %, con este pequeño porcentaje el grado de sensitización es tan leve que no afecta. Estos aceros son denominados como "aceros inoxidables de Extra Bajo Carbono" (ELC o EBC) y deberán soldarse con aleaciones que cubran el análisis del acero y que sean de extra bajo Carbono, o bien, con aleaciones estabilizadas.

Los aceros inoxidables austeníticos son malos disipadores del calor (en este caso el aplicado durante la soldadura), no conducen el calor y se expanden un 50% menos que los aceros al Carbono ordinarios. Debido a estas propiedades, es necesario diseñar procesos adecuados para soldar estos aceros, sobre todo cuando se traten de láminas delgadas. Los procesos diseñados requieren del uso de barras sujetadoras, fabricadas de metales buenos disipadores del calor (Cobre) para reducir las

deformaciones producidas por la diferencia de temperaturas, ya que estas barras ayudan a disipar el calor aplicado durante la soldadura.

Para reducir los efectos de la contracción producida por la rápida solidificación de los depósitos, deben diseñarse adecuadamente los tipos de unión dejando siempre pequeños espacios entre las piezas a unir, "punteando" profusamente a lo largo de la unión (sobre todo en secciones circulares) para evitar el desalineamiento.

Equipo recomendables para soldar:

OXI-ACETILENO: Cuando la condición de resistencia a la corrosión no sea importante se pueden utilizar aleaciones a base de Plata. Cuando se requiera depositar aleaciones de igual análisis que el acero, este equipo no es recomendable.

ARCO ELÉCTRICO METÁLICO: Recomendable para piezas con espesor arriba de 1/16" (1.6 mm) para espesores más delgados se corre el riesgo de perforaciones y quemaduras del metal base. La selección de los electrodos debe hacerse igualando y preferentemente sobrepasando el análisis del acero a soldar.

Electrodos Recomendados:

Tipos de acero inoxidable: 301, 302, 304, 308, 321, y 347, son aceros Inoxidables del tipo 18/8, a todos estos los cubre un "Satin Trade A"

AWS: E 304 16

AWS: E 308 16

AWS: E 321 16

AWS: E 347 16

Tipos de acero inoxidable: 303, 315, 316, 317, y 329, son aceros Inoxidables del tipo 18/8 con Molibdeno, a estos los cubre un "Strain Trode A-Mo" o por AWS:

AWS: E 316 16

AWS: E 316 L

AWS: E 316 XLC

AWS: E 316 16

Tipos de acero inoxidable: 310 y Tipos de acero inoxidable de análisis desconocidos, son cubiertos por StrainTrode "D" o por AWS:

AWS: E 310 16

Proceso TIG: Seguramente es el tipo de equipo más recomendable por sus características sobresalientes, puede emplearse este Proceso en sus técnicas de aplicación: Tipo plata, por fusión y con metal de aporte.

SERIE 400: Los aceros de la serie 400, ferríticos de bajo contenido de Carbono, después de haber precalentado entre 60 y 80 °C a la pieza, deben ser soldados con un electrodo que cubra la especificación del tipo de acero. Después de soldarlos se requiere de un relevado de esfuerzos o normalizado. Si no se pudiese efectuar este tratamiento térmico, puede soldarse con electrodos más dúctiles de Cromo-Níquel de la Serie 300.

Los aceros Serie 400 Martensíticos, al soldarlos tienden a endurecerse y al agrietamiento, por lo que se recomienda precalentarlos antes de soldar y después de ello someterlo a un poscalentamiento térmico de recocido y normalizados según el tipo de acero en cuestión. También al igual que los ferríticos, deben soldarse con aleaciones iguales al metal base.

SERIE 500: estos aceros deben soldarse con aleaciones que cubren las especificaciones del tipo. Las piezas a unir deberán precalentarse entre 200 a 260 °C a fin de evitar fisuras durante la soldadura teniendo la precaución de no dejar bajar la temperatura a menos de 93 °C. Después de soldar la pieza debe calentarse de 870 a 940 °C donde se deja enfriar al aire. En caso de no poder efectuar el recocido, se recomienda usar una aleación para soldar del tipo 310.

8. HIERRO FUNDIDO O COLADO

8.1. Se designa bajo el nombre de Fundición a las aleaciones de Hierro-Carbono que puedan contener de 1.7 a 6.7 % de Carbono. Prácticamente la fundición contiene 3.5 % de Carbono, 92 % de Hierro y otros elementos como el Silicio, Manganeso, Fósforo y Azufre. Se obtiene combinando arrabio y chatarra seleccionada. Es el tipo de fundición más utilizado, debido a su bajo costo; el alto contenido de Carbono le da el color del que recibe su nombre.

8.2. Composición de un metal:

1. Grano o cristal sobre una matriz metálica.
2. Átomos.
 - a) Electrones.
 - b) Neutrones
 - c) Protones.

El Hierro Colado está formado por granos de tamaño considerable y de forma irregular, perlita y además de Carbono grafito laminar.



Fundición Gris

fig. 26 Hierro Colado Gris

TESIS COM
FALLA DE ORIGEN

Composición Química Básica.

Hierro	(Fe)	93.3 %
Carbono.	(C)	4.5 %
Silicio.	(Si)	1.0 %
Manganeso	(Mn)	1.5 %
Impurezas		
a) Fósforo. (P)		0.25 %
b) Azufre. (S)		0.03 %

En el Hierro Colado el contenido de Carbono va de 1.7 a 6.7 % de Carbono.
A mayor contenido de Carbono, mayores dificultades para soldar.

8.3. Características:

1. Es un metal duro, frágil y sumamente quebradizo y tiene poca resistencia a la tensión comparado con un acero al Carbono.
2. Es un metal resistente a temperatura y a la corrosión, por lo que es muy útil para la fabricación de hornos, calderas, evaporadores, bombas, etc. No resiste los cambios bruscos de temperatura.
3. Resistente a la compresión uniforme, pero no a las cargas cíclicas, por lo que se utilizará en la fabricación de prensas de estampado, matrices y troqueladoras, etc.
4. Es uno de los metales más utilizados para fabricar piezas coladas, debido a su bajo costo.

8.4. Clasificación de los Hierros Colados o Fundición:

- 1) Hierro Colado Gris.- Se obtiene fundiendo arrabio y chatarra seleccionada. Es el tipo de fundición más utilizado, debido a su bajo

costo; el alto contenido de Carbono le da el color del que recibe su nombre.

- 2) Hierro Colado Blanco.- Se obtiene a partir de una fusión de Hierro Gris, la que es vaciada en molde metálico refrigerado con agua. Por el rápido enfriamiento producido, se obtiene una fundición con gran formación de carburos de Hierro, los que proporcionan una alta dureza. Su uso principal es como materia prima para obtener Hierro Maleable. Para trabajos donde existe alta abrasión y corrosión es muy utilizada una variedad de este Hierro llamado "Chilled-Iron".

- 3) Hierro Colado Nodular.- También conocido como Esferoidal o Dúctil, se obtiene a partir de la fusión del Hierro Gris, agregándole pequeñas cantidades de Magnesio o Cério, estos metales al ser muy ávidos hacia ellos el Carbono, forma compuestos químicos en forma de pequeñas esferas o "nódulos de grafito", reduciendo de esta forma las desventajas del alto contenido de carbón.

- 4) Hierro Colado Maleable.- Se obtiene a partir de una fundición de Hierro Blanco, la cual es sometida en un horno a una temperatura entre 900 y 950 °C durante dos días aproximadamente, posteriormente se deja enfriar lentamente junto con el horno. Por regla general, este enfriamiento dura aproximadamente 3 días. Con este proceso térmico se obtiene un tipo de Hierro, al cual se ha reducido el porcentaje de Carbono de 3.5% a 1.0 ó 1.5%; son muy utilizados para fabricar válvulas y accesorios para manejo de vapor.

- 5) Hierro Colado Aleado.- Son fundiciones de Hierro Gris de alta calidad, al cual durante su fusión se le han agregado otros metales como elementos de aleación, los que aportarán a la fundición las propiedades físicas y mecánicas por las que han sido seleccionados como elementos de

aleación; siendo los principales: Níquel, Cromo, Manganeso, Silicio, Molibdeno, Etc..

Estos Hierros son conocidos con nombres comerciales como:

NIRESIST, MEEHANITE, MECHANITE, DUR-IRON, ETC.

8.5. Problemas de Soldabilidad:

Los problemas de soldabilidad en el Hierro Colado son creados por la combinación de la temperatura aplicada al soldar y el contenido elevado de Carbono; además de otras causas como puede ser la creación de esfuerzos internos, producidos durante el proceso de soldadura.

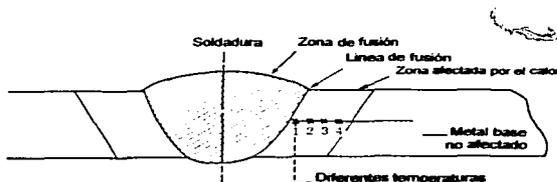


fig. 27 Representación esquemática de la Z A C

1er. PROBLEMA:

Al soldar se corre el riesgo de formar zonas duras alrededor y por debajo del cordón de soldadura (Zona Afectada por el Calor); dichas zonas por su condición de dureza se vuelven frágiles y quebradizas.

2do. PROBLEMA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Debido al problema anterior ocurre que en ciertos momentos se llegan a formar en la pieza a reparar, zonas con gran diferencia entre sí de durezas. Esta diferencia produce "esfuerzos internos" que tienden a deformar o agrietar la pieza.

3er PROBLEMA

Durante el trabajo de soldadura, se está produciendo también, zonas que tienen entre sí una notable diferencia de temperatura, ocasionándose también distintas dilataciones y contracciones (enfriamiento). Todo esto contribuye a mayor formación de esfuerzos internos con las consecuencias explicadas en el párrafo anterior.

4to PROBLEMA

Debido a la solidificación rápida del cordón de soldadura depositado (más rápida al usar electrodos) se produce en el mismo una contracción muy severa, dando paso a la formación de "esfuerzos residuales", que también actúan sobre la pieza después de que ésta ha sido soldada.

5to PROBLEMA

Cuando se inician los cordones de soldadura sobre piezas que se encuentran a la misma o a menor temperatura que la del medio ambiente, el metal a soldar sufre las consecuencias de la inmediata aplicación de la elevada temperatura necesaria para soldar, generándose en esta forma más esfuerzos internos que actúan y fisuran el principio del cordón de soldadura. Estas consecuencias son originadas por el llamado "choque térmico".

Para reducir las consecuencias de este fenómeno, es recomendable precalentar la pieza en cuestión antes de iniciar el trabajo de soldadura; esto se consigue a unos 60 u 80° C.

8.6. Técnicas para la Soldadura del Hierro Colado:

Todos estos problemas de soldabilidad obligan a la creación de procesos adecuados de soldadura que reduzcan las consecuencias negativas de estos problemas.

En un principio la técnica para soldar Hierro Colado recomendaba el total precalentamiento de la pieza a reparar y el uso de varillas de metal de aporte con equipo de oxiacetileno, llamándose a este sistema "TÉCNICA DE SOLDADURA EN CALIENTE". Pero al desarrollarse la fabricación de aleaciones para soldadura utilizando el arco eléctrico (electrodos) una nueva técnica para soldar hierro fundido fue creada, denominándose "TÉCNICA DE SOLDADURA EN FRÍO", la cual es muy utilizada actualmente, sobre todo al reparar piezas grandes de Hierro Colado.

Dentro de las técnicas para soldar el Hierro Colado, es necesario hacer notar, que es muy importante seguir las instrucciones de aplicación, pero más importante la preparación de la pieza a soldar, como generalmente son "Fractura frágil" es necesario respetar los siguientes pasos:

1. Respete cuidadosamente la forma original.
2. Las fisuras siempre elimínelas totalmente.
3. Remate los principios de fractura con un barrenado.
4. Seleccione cuidadosamente la aleación adecuada para cada problema.

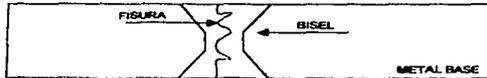


fig. 28. Eliminación de fisuras

8.6.1. TÉCNICA DE SOLDADURA EN FRÍO:

Solamente usando electrodos.

El sistema de distribución y la longitud de los cordones es muy importante al efectuar esta técnica; por lo que a continuación mencionamos los principales pasos para este sistema.

1. Ajuste de la máquina de soldar al amperaje más bajo posible.
2. Hacer cordones cortos (1/2" hasta 4" máximo) depositándolos alternados o salteados (empezando por los extremos de la rotura o fisura) con sentido de frío a caliente.

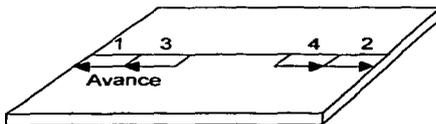


fig. 29. Distribución de calor

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con este sistema se tratará de que las zonas "cristalizadas" sean mínimas e iguales en cuanto a su dureza, así mismo las zonas soldadas, no tendrán entre sí grandes diferencias de temperatura.

3. Golpear los cordones de soldadura estando aún calientes, al igual que las zonas del metal alrededor del cordón, esto se hace con la finalidad de reducir los "esfuerzos residuales".
4. Procurar no sobrecalentar el metal de base comprendido en la zona de trabajo (técnica de la palma de la mano). En caso de sobrecalentamiento, dejar de soldar para que el metal de la pieza reduzca la temperatura, consiguiendo esto último, volver a soldar.

TÉCNICA DE SOLDADURA EN CALIENTE: (para soplete y arco eléctrico).

Al igual que la técnica anterior, deben seguirse determinados pasos:

- b) Precalear "toda la pieza a una temperatura entre 250 y 400° C.
- c) Soldar hasta terminar, procurando igualar las zonas de temperatura y procurando que el resto de la pieza no baje mucho la temperatura de precalentamiento.
- d) Normalizar, después de haber soldado, la temperatura en "toda" la pieza (calentando de ser posible a 600° C).
- e) Procurar que el enfriamiento sea lo más lento posible, tapar o "enterrar" la pieza con cal apagada, arena seca, asbesto molido, lana mineral o mica.

8.7. Soldaduras recomendadas:

Con Arco eléctrico

AWS: E Ni-C 1 99 % Ni

AWS: E NiFe-C 1 Ferroniquel

AWS: E Fe S 1 No maquinable

Con Oxiacetileno

DIN: L-CuZn 40

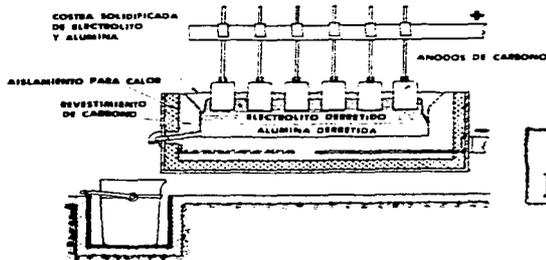
DIN: L-FeCSi

9. ALUMINIO, ZINC Y MAGNESIO

- 9.1. **El Aluminio** es el elemento más abundante después del Oxígeno y el Silicio, aproximadamente un 85 % de la corteza terrestre es Aluminio. No se encuentra en la naturaleza, ni en forma de metal puro, ni como mineral de donde fácilmente se pueda extraer. Se obtiene a partir de la Bauxita, que es químicamente tan estable que no puede descomponerse fácilmente. Su nombre se deriva de la localidad de "LE BAUX" (Francia) donde fue descubierta en 1821.
- 9.2. **OBTENCIÓN:** En 1888, KARL JOSEPH BAYER, obtuvo aluminio (Óxido de Aluminio) por medio de la calcinación de Bauxita con sosa cáustica. La alúmina actualmente tiene aplicaciones industriales, principalmente para fabricar ruedas de esmeril (Corindón).

Debido a que la alúmina u óxido de Aluminio (Al_2O_3) tiene un punto de fusión de 2,000 °C, es difícil descomponerlo, por lo que Mr. Bayer mezcló alúmina con un material refractario conocido como Criolita, logrando bajar a 1,000° C el punto de fusión (Procedimiento Bayer).

En el año de 1886, CHARLES MARTIN HALL, creó un proceso electrolítico para la obtención de Aluminio, a partir de la alúmina mezclada con Criolita, consistiendo este proceso en introducir la mezcla en una celda de acero revestida en el interior con placas de Carbono; introdujo en la mezcla electrodos de Carbono e hizo pasar una corriente directa; el Aluminio por ser más pesado que la mezcla fundida se deposita en el fondo. Este procedimiento es utilizado en la actualidad para la obtención de Aluminio, junto con el procedimiento Bayer para obtener alúmina.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

fig. 30 Diagrama de una célula para la reducción del Aluminio

Durante el proceso la Criolita se mantiene prácticamente inalterable, por lo que puede aprovecharse para mezclarse con más alúmina. Los electrodos de Carbono se consumen formando CO_2 , teniéndose un consumo de 3/4 de tonelada de Carbono por cada una de Aluminio producido. El consumo de corriente está en función de 22 KW hora por cada kilogramo de aluminio.

- 9.3. **PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS:** El aluminio es un metal muy utilizado en la actualidad por sus sobresalientes propiedades físicas y mecánicas. Es un metal de color metálico brillante, de peso liviano (1/3 del hierro y el acero). Posee alta conductividad eléctrica y térmica (0.20 a 0.56 unidades cgs). Por su propiedad de formar rápidamente delgadas partículas protectoras de óxido, es un metal resistente a la corrosión. También es un metal atóxico, algunos de sus derivados son utilizados en medicina (Gel de hidróxido de Aluminio).

Tiene una alta reflexividad de la luz (refleja un 85% de rayos de luz visible). No produce chispas (metal antichispa). Es antimagnético.

Es altamente maleable y dúctil, es fácilmente maquinable, puede forjarse, fundirse (punto de fusión 660° C, cuando es puro), extruirse en gran variedad de perfiles. Aunque puro no tiene gran resistencia, sus aleaciones sí lo son.

9.4. Influencia de los elementos de aleación:

El aluminio puro no es muy utilizado, debido a que sus aleaciones poseen notables propiedades:

COBRE (Cu): Aumenta la resistencia y la dureza. Hace a las aleaciones tratables térmicamente.

MAGNESIO (Mg): Incrementa la resistencia tensil, la resistencia a la corrosión, dureza y a al soldabilidad.

MANGANESO (Mn): Imparte su resistencia a la tensión y a la corrosión en las aleaciones.

SILICIO (Si): Reduce el punto de fusión, da fluidez, a la fundición y en combinación con el Magnesio vuelve a las aleaciones tratables térmicamente dúctiles y resistentes a la corrosión.

ZINC (Zn): Aparte de los elementos antes mencionados, existen otros, que son adicionados en menores porcentajes para proveer efectos especiales. Estos elementos son:

BISMUTO (Bi): Aumenta la maquinabilidad.

BERILIO (Be): Mejora la soldabilidad y la fundición.

BORO (Bo): Ayuda a aumentar la conductividad eléctrica.

CROMO (Cr) ZIRCONIO (Zr) y VANADIO (V): Usados para proporcionar efectos especiales.

NÍQUEL (Ni): Da resistencia a la acción de temperaturas elevadas.

TITANIO (Ti): Refina el grano del metal aumentando la resistencia y ductilidad.

9.5. Clasificación ASTM:

SERIE 1000: Aleaciones de Aluminio puro comercial con tal solo 1% de otros elementos. Alta resistencia y conductividad eléctrica, muy maquinable y de buena soldabilidad. Su resistencia es baja. Sus usos típicos son en fabricación de equipos químicos, deflectores, intercambiadores de calor, arquitectura y usos decorativos.

SERIE 2000: Aleaciones de Aluminio-Cobre. El cobre es el principal elemento de aleación en este grupo, altamente resistentes a la tensión (50% más resistentes que el acero bajo Carbono), su resistencia a la corrosión y su soldabilidad es limitada. Algunas aleaciones son maquinables. Son usados en aeronáutica para formar estructuras resistentes, en fabricación de partes de carrocerías de

autobuses, etc. Ciertas aleaciones de este grupo se conocen con el nombre de "DURALUMINIOS", no recomendándose su soldadura.

SERIE 3000: Aleaciones de Aluminio-Manganeso. Porcentajes de 1.20% de Manganeso aumentan la resistencia en un 20% en comparación al Aluminio puro comercial, pero sin perder su alta maquinabilidad.
Muy utilizado para fabricar enseres domésticos, tanques de almacenamiento, muebles, señales de carreteras, es denominado el "caballo de batalla" en la industria.

SERIE 4000: Aleaciones de Aluminio-Silicio. La adición de Silicio en cantidades superiores a 12% forma aleaciones muy particulares para usarse como soldadura, debido a su bajo punto de fusión.
Son muy usadas en fundiciones, ya que el Silicio imparte buenas condiciones de fluidez, las aleaciones son muy usadas en arquitectura. No se recomiendan para el anodizado.

SERIE 5000: Aleaciones de Aluminio-Magnesio. Cuando se agrega de 0.3 a 5% de Magnesio al Aluminio, las aleaciones resultantes tienen de una media a una alta resistencia, buena soldabilidad y en general buena resistencia a la corrosión, sobre todo de ambientes marinos.
Aparte de sus usos en arquitectura y en aplicaciones decorativas, puesto que se pueden anodizar, se usa en construcción de barcos y botes, tanques criogénicos, etc.

SERIE 6000: Aleaciones de Aluminio-Silicio. Las aleaciones más usadas son las 6061 y 6063, tienen excelentes formabilidad, alta resistencia a la corrosión, pueden trabajarse por medio de muchos procedimientos.

Sus usos incluyen estructuras arquitectónicas, equipos de transportación, resguardos de puentes y productos armados con soldadura.

SERIE 7000: Aleaciones de Aluminio-Zinc. La adición del 3 al 8% de Zinc, más un pequeño porcentaje de Magnesio, cuando estas aleaciones son tratadas por el calor y envejecimiento dan como resultado aleaciones con alta resistencia mecánica. Son usadas en aeronáutica, en estructuras, etc.

SERIE 8000: Otras aleaciones. El Aluminio puede ser también aleado con otros elementos como: Berilio, Boro, Hierro, Níquel, Sodio, Estaño, Titanio y Zirconio; en aleaciones donde cada uno de estos elementos puede ser el principal elementos de aleación.

En esta clasificación el primer número representa el elemento de aleación principal y los demás caracterizan las diversas composiciones de los empleados.

9.6. Problemas de soldabilidad.

PROBLEMAS:

1° Formación rápida de óxido.

2° Buen conductor térmico.

3° Rápido ablandamiento cuando se calienta.

4° No da coloración a la temperatura.

5° Baja punto de fusión (puro 658° C)

SOLUCION:

Remover por medios mecánicos o químicos el óxido sobre la superficie antes de soldar, usese fundentes o atmósferas inertes durante el trabajo de soldadura.

Pre calentamiento de la pieza (350° C si se usa soplete, 100° C con arco eléctrico). En caso de piezas grandes se puede aislar la zona a reparar con materiales refractarios como, asbestos, arcilla, ladrillo refractario, lana mineral, etc., etc.

Usese aleaciones de baja temperatura de liga y soportes, escantillones, prensas, etc.

Usar indicadores de temperatura.

Usar indicadores que señalen la máxima temperatura de pre calentamiento como, crayones de temperatura, fundente de la aleación a usarse, humo de la flama acetilénica.

9.7. Aleaciones y procesos para su soldadura:

1) Soldadura en espesores menos de 1/16" (1.6 mm)

Soplete: Aleaciones de flujo fino.

EutecRod 190, remueva el residuo de fundente.

Proceso TIG: Con metal de aporte o por fusión TIG 23 C A con estabilizador de alta frecuencia.

2) Soldadura en espesores superior a 1/8" (3.2 mm)

Soplete: Aleaciones de cordoneo.

EutecRod 21 FC, remueva el residuo del fundente.

Proceso TIG: Con metal de aporte TIG 23

3) Soldadura en espesores superior a 5/32" (4.0 mm.)

Arco eléctrico metálico: Electrodos con revestimiento extruido, deposición rápida, remueva la escoria.

4) Soldadura blanda: Excelente para unir otros metales al Aluminio.

Alutin 51-S.

9.8. OTROS METALES BLANCOS:

MAGNESIO:

Es un metal de color blanco, plateado, con una densidad de 2/3 del aluminio y 1/4 del acero, constituyendo el más ligero de los metales comerciales. El Magnesio puro, recocido, tiene una resistencia del doble del Aluminio, su punto de fusión es de 650° C. También es más duro y resistente a otros efectos que el Aluminio.

La principal dificultad en la soldadura de las aleaciones de magnesio, está basada en la habilidad de sus cristales para oxidarse rápidamente, quemándose con una luz blanca intensa, reduciendo al metal en cenizas, nunca deberá utilizarse agua, pues ésta aumenta la combustión.

Para evitar esta dificultad, es recomendable usar bastante fundente o una atmósfera inerte (Proceso TIG).

Aleación recomendada: EutecRod 1900 Soplete con flama carburante.

ZINC:

Es un metal blanco azulado que es encontrado combinado con otros productos: el mineral zinc, más conocido es el "esfarelita" (sulfato de zinc), el Zinc tiene una dureza media, con un peso ligeramente menor al del Hierro, su punto de fusión es de 429° C. Es algo quebradizo, pero al calentarlo entre 100 y 150° C se vuelve dúctil y maleable, pudiendo ser laminado o trefilado en alambre, al enfriarse nuevamente se torna otra vez quebradizo.

El Zinc es utilizado en la galvanización del Hierro y del Acero (lámina zincada), también es utilizado como aleante con el Cobre para formar bronzes.

Sus aleaciones son muy usadas en piezas fundidas de varias formas, y aplicaciones por su costo bajo, estas aleaciones son conocidas con el nombre de ZAMAC, palabra formada con los metales con que alea: Z (Zinc), A (Aluminio), M (Magnesio), A (Antimonio) y C (Cobre).

Su soldadura es difícil, puesto que al calentarlo se forma óxido de Zinc que se presenta en forma de película o membrana, la cual hay que eliminar con una rasqueta "metálica". Por lo que intrincado de la pieza fundida, es

necesario proteger la zona que no hay que soldar, cubriéndola con una masa de asbesto, ya que se puede llegar fácilmente a su punto de fusión.

Aleación recomendada: EutecRod 196 Soplete con flama carburante.

10. COBRE Y SUS ALEACIONES

10.1. Propiedades del Cobre y aplicaciones:

1. **Propiedades físicas:** Metal rojo mas o menos oscuro. Densidad: 8,9 Kg/cm³. Temperatura de fusión: 1,083 °C, después de la plata, el mejor conductor del calor y la electricidad, de donde resulta su principal empleo, conductor de electricidad.
2. **Propiedades mecánicas:** El Cobre es dúctil y maleable en frío, se endurece fácilmente por trabajado.

10.2. Clasificación de las aleaciones base Cobre:

GRUPO I. Cobre Puro (mas de 99 %):

Punto de fusión 1,083 °C

Resistencia a la tensión máxima 50,000 PSI

Resistencia a la tensión cuando disminuye al calor de la soldadura 30,000 PSI. Se endurece al trabajo en frío.

Poscalentamiento para liberación de esfuerzos.

GRUPO 1 A. Cobre Electrolítico (Cobre puro):

Este grado más común tiene un poco de oxígeno disuelto.

Temperaturas arriba de 700 °C causan la formación de óxidos de cobre que son quebradizos.

Golpearlo en caliente rompe o destruye éstos óxidos.

Para soldarlos se recomienda soldadura blanda o tipo plata a baja temperatura.

GRUPO 1 B. Cobre Desoxidado:

Está libre de gases disueltos.

Este tipo es mejor soldarlo por fusión para trabajos pesados.

Cantidades pequeñas de fósforo lo liberan de óxidos pero disminuye un poco la conductividad eléctrica.

GRUPO 2. Latones (aleados con Zn) Amarillo, rojo o blanco:

Una serie de latones de colores generalmente se encuentra en piezas vaciadas.

Tiene muy alta resistencia a la corrosión por lo que las válvulas para agua se hacen de este grupo.

Resistencias del orden de 30,000 PSI cuando es recocido y de 95,000 PSI cuando endurecen al trabajo en frío.

GRUPO 2 A. Aleaciones bajas en Zinc:

3	a	20 % Zn.	Baja el punto de fusión
0	a	8 % Pb.	Mejora la maquinabilidad.
0	a	6 % Sn.	Le da resistencia.

GRUPO 2 B. Latones comunes o amarillos:

Incluyendo: Latón para cartuchos, Admiralty.

Resistencia a la tracción 30,000 PSI cuando es recocido y 100,000 PSI endurecido al trabajo en frío.

Se hacen de éstos las cajas de lápices labiales, utensilios para bares.

21	-	37 % Zn
0	-	4 % Pb
0	-	2 % Sn

GRUPO 2 C. Metal Munts, Bronce al Manganese, Bronce Arquitectura:

Grupo de Latones con alto contenido de Zn, que dan una excelente resistencia al agua salada combinada con su alta resistencia tensil (las aleaciones para soldadura fuerte son similares a este grupo).

Esfuerzos tensiles van desde 45,000 PSI recocido hasta 90,000 PSI endurecido al trabajo.

Se recomienda una aleación de baja temperatura de fusión del tipo desoxidado (despide humos tóxicos cuando se sobrecalienta).

37	-	43 % Zn
----	---	---------

Pequeñas cantidades de: Pb, Mn, Fe y con 13 % de Ni (le da mayor resistencia y un color blanco).

GRUPO 2 D. Plata de Níquel:

No tienen nada de plata excepto el color, mas bien son de la familia de los broncees

5 - 30 % Ni
5 - 28 % Zn

GRUPO 3. Broncees:

Ejemplos: Usados en estatuas, campanas, chumaceras, los que tienen alto contenido de Estaño son los más ruidosos, mientras los broncees con Plomo hacen los bushings de bronce común.
30,000 a 150,000 PSI endurecidos al trabajo.

1 - 30 % Sn
0 - 4 % Zn
0 - 15 % Pb
0 - 0.5 % P

GRUPO 4. Aleaciones Cobre-Silicio (Everdur-Herculoy):

Excelente combinación de resistencia al agua salada y atmósferas industriales más la alta resistencia tensil.

Los grados libres de Zinc también son populares como aleaciones para soldar en procesos de arco eléctrico.

Resistencia de 40,000 – 145,000 PSI

5 – 25 % Si

Pequeñas cantidades de Zn, Mn, Fe y Sb.

GRUPO 5. Cobre-Níquel:

Tubería para condensadores que son muy resistentes a la corrosión se hacen de esta aleación.

Resistencia 35,000 a 90,000 PSI endurecido al trabajo

2 - 30 % Ni

Pequeñas adiciones de Zn y Mn

GRUPO 6. Bronce Aluminico:

Resistente a los residuos o escamas producidos por el calor.

Resistente a la fricción en contacto con metales ferrosos.

Muy alta resistencia a la tensión

1 - 11 % Al

Se le añade ocasionalmente Fe, Ni, Mn y Sn.

Para soldarlo con oxi-acetileno se requiere fundentes y técnicas especiales.

GRUPO 7. Cobre al Berilio:

Éste es el único de las aleaciones de cobre que acepta tratamiento térmico.

Tiene muy alta resistencia para usarse en resortes.

Para soldarse únicamente se recomienda soldaduras a baja temperatura en secciones delgadas para evitar el recocido.

Gases tóxicos: La ventilación es muy importante debido a que el respirar los humos tóxicos pueden matar.

Resistencia 50,000 PSI recocido

1	-	2.5 % Be	190,000 PSI endurecido al trabajo
0	-	1 % Ni	

10.3. Soldadura de Cobre y sus Aleaciones:

Para soldar Cobre y sus aleaciones, es necesario tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. Un precalentamiento debido a que disipa el calor con mayor rapidez.
2. Por su conductividad más alta requiere de un mayor amperaje.
3. Debido a su coeficiente de expansión y la fragilidad en caliente requiere más soldadura de punteo y un juego apropiado de sujetadores.
4. Por su punto de fusión y su alta fluidéz requiere una velocidad mayor de soldar
5. Debido a la sensibilidad a altas temperaturas la oxidación y al endurecimiento por el Hidrógeno requiere mayor acción del fundente para evitar porosidad y que se agriete.

6. Se requiere una selección cuidadosa del metal de relleno para igualar o superar las propiedades de la unión de soldadura.

Las fundiciones de aleaciones base Cobre son inherentemente quebradizas al rojo. Esto generalmente es ocasionado por películas de impurezas y materiales no metálicos presentes en las fronteras de los granos entre ciertos rangos de temperatura. Esto reduce la fuerza cohesiva (ductilidad en caliente) de la fundición. Para resolver este problema se debe controlar la temperatura entre pases durante la aplicación de soldadura.

Ejemplo: El bronce al silicio tiende a rajarse a temperaturas arriba de 315 °C por lo que la soldadura debe aplicarse a una temperatura como máximo entre pases de 93 °C.

Temperaturas de precalentamiento recomendadas:

	Oxi-acetileno	Arco eléctrico
Latón (bajo)	200 °C	200 °C
Latón (alto)	370 °C	370 °C
Bronce al Silicio	40 °C	40 °C
Bronce al Fósforo	175 °C	175 °C
Bronce Aluminico (bajo)	200 °C	200 °C
Bronce Aluminico (alto)		620 °C
Cobre – Níquel		40 °C

Temperaturas máximas entre cada Pase:

Latón (bajo)	200 °C
Latón (alto)	370 °C
Bronce al Silicio	40 °C
Bronce al Fósforo	175 °C
Bronce Aluminico (bajo)	200 °C
Bronce Aluminico (alto)	620 °C
Cobre – Níquel	40 °C

Enfriamiento Y Poscalentamiento:

La mayoría de las fundiciones de las aleaciones Base Cobre se pueden enfriar al aire, pero sin corrientes.

El Cobre fosforado se debe enfriar rápidamente del rango crítico de 200 °C con un ventilador o chorro de aire para evitar fisuras.

En casos donde se requiere máxima ductilidad del depósito de soldadura se recomienda un poscalentamiento de 480 °C seguido de un enfriamiento rápido.

CONCLUSIONES

Después de haber estudiado este manual, seguramente ya encontraron la manera de soldar esos metales tan difíciles como la Fundición Gris, o ese "Antimonio" que todo mundo dice que "NO SE PUEDE" y que nadie conoce, el maravilloso inoxidable que se oxidaba precisamente en la soldadura, o esa pieza tan costosa que se rompe a cada rato y no se diga del tamaño de los de inventarios que hoy en día es muy reducido.

Con la soldadura especial de mantenimiento, se puede ahorrar miles de pesos en refacciones y en el temido "Tiempo muerto", porque al reparar una pieza que falló y ha sido reparada exitosamente, no volverá a fallar por el mismo problema.

Seguramente ya encontraron las respuestas de esas preguntas que se habían hecho durante mucho tiempo. La soldadura de mantenimiento es primordialmente una herramienta que en toda industria se requiere, porque toda industria tiene un equipo que se mueve, y esas partes que se mueven se rompen o se gastan con el trabajo para el cual fueron diseñadas.

Por otra parte la soldadura de mantenimiento es muy amplia y es una especialidad que solo la conoce quien se dedica a ella, por esa razón los nuevos soldadores de mantenimiento no cuentan con un curso de capacitación adecuado que cubra todas sus necesidades y tienen que recurrir a las compañías que venden soldaduras especiales de mantenimiento que, en el mejor de los casos son cursos de promoción y comercialización de sus productos, que no siempre cubren las necesidades que se requieren en una aplicación de soldadura.

Para finalizar este trabajo, no puedo dejar de hacer notar que las diferentes marcas de soldaduras especiales de mantenimiento, tienen "Soldaduras equivalentes" que por ser diferentes fórmulas patentadas no se comportan de la misma manera, porque las pequeñas diferencias que tienen en la formulación,

hacen que los resultados no sean los mismos, por lo cual, para poder determinar cual soldadura y de que marca es la más adecuada, es necesario hacer un minucioso estudio y seguimiento de los resultados obtenidos, tomando en cuenta el resultado de cada aplicación de soldadura, el precio por kilogramo de soldadura, el rendimiento de cada una de ellas, el estándar de calidad, las existencias del proveedor, el servicio, etc. y finalmente,..... la mejor opción de compra.

BIBLIOGRAFIA

1. Pierda Carai, Massimo Vladimiro. Soldadura eléctrica manual. México, LIMUSA. (1985).
2. Guillermo Fernández Flores. Soldadura y Metalurgia, Compañía Editorial Continental, S.A., México. (1980).
3. W. J. Patton. Ciencia y técnica de la soldadura. Editorial URMO, S.A. de Ediciones. (1979).
4. Henry Horwitz, Soldadura: Aplicaciones y práctica, Editorial: Representaciones y servicios de Ingeniería S. A. (1976).
5. C. Chaussin. G. Hilly. Metalurgia Tomo I, Aleaciones metálicas. Editorial: Ediciones URMO, S.A. (1975).
6. C. Chaussin. G. Hilly. Metalurgia Tomo II, Elaboración de metales. Editorial: Ediciones URMO, S.A. (1975).
7. Edited by Arthur L. Phillips. American Welding Society. Current Welding Processes. (1973).
8. Edited by Arthur L. Phillips. American Welding Society. Introductory Welding Metallurgy. (1973).
9. ALCAN ALUMINIO, S.A., Fotomecánica, S.A., (1972).
10. Jaime Rodríguez Fernández: Diseño y construcción de piezas soldadas. Editorial: Ediciones Ceac, S.A. (1970).
11. Paul Schimpke y Hans A. Horn, Tratado general de Soldadura tomo I. Soldadura y Corte con Soplete. Editorial Gustavo Gili, S: A: (1969).
12. Paul Schimpke y Hans A. Horn, Tratado general de Soldadura tomo II. Soldadura Eléctrica. Editorial: Gustavo Gili, S: A: (1969).