

INTRODUCCIÓN A LA SOLDADURA. SOLDADURA HETEROGÉNEA.-

Unión continua y homogénea a nivel local o global con o sin aplicación de calor, con o sin adición de metal de aportación.

Ventajas e inconvenientes de las uniones soldadas frente a las atornilladas:

Ventajas	Inconvenientes
Simplicidad de diseño	Selección acertada de materiales
Reducción de peso	Seguridad del proyecto
Rapidez de ejecución	Aplicación correcta
Economía de material	Riguroso control operarios y obra
Fácil reparación	No desmontable

TIPOS DE SOLDADURAS.

Heterogéneas

Se efectúan entre materiales de distinta naturaleza, con o sin M.A., o cuando metales unidos son iguales pero distinto M.A.

Mediante aportación de material de punto de fusión inferior M.B., penetra por capilaridad, pueden unirse: aceros, fundaciones, metales y aleaciones no férreas y metales y aleaciones

Heterogéneas.

- Fuerte (> 500 -1100°C).
- Blanda (< 400 – 500°C).

Homogéneas:

- Con fusión
 - Química: Oxigas.
 - Eléctrica: Arco o Resistencia.
- Sin fusión
 - Forja.
 - Presión.
 - Explosión.

SOLDADURA FUERTE (> 450°C).

En prehistoria se utilizo con oro, plata y cobre y posteriormente en aleaciones de cobre y zinc, y de plata aluminio y aleaciones de metales con piezas cerámicas.

Procedimiento: Limpieza de superficies métodos mecánicos o químicos. Depositar fundente ácido bórico, boratos, silicatos, cloruros, fluoruros etc.. Calentamiento del fundente hasta que fluye, mayor atracción entre M.B-MA. que fundente M.B y expulsado hacia exterior metal líquido. Fusión de la varilla de aportación, se realiza con poca separación y se utilizan varillas con bajo punto de fusión y gran velocidad de soldadura.

Tipos de uniones: a solape (mayor estanqueidad y resistencia) y a tope (cuando no se puede a solape)cuando no puede aumentarse el espesor de la unión, se aumenta sección se inclina soldadura.

Clases: amarilla (con Cu, Zn o aleaciones, aportación en varillas) y con plata (separación entre superficies)0,03-0,05mm y de 650-950EC, el P no en sold. de Fe forma fosfuros y fragiliza.

Calentamiento: soplete, horno, inducción, inmersión o resistencia.

Aplicaciones: unión entre metales o aleaciones diferentes(widia y acero), recargar pieza desgastada y reparaciones de defectos piezas fundidas(grietas, poros)y piezas rotas.

SOLDADURA BLANDA (< 400 – 500°).

El procedimiento es similar a la soldadura fuerte.

Inconvenientes: Tiene menor resistencia mecánica y se generan pilas de corrosión que producen una coloración oscura en la soldadura hasta que la destruye .

Aplicaciones: para Zn, Sn, hojalata, Cu y sus aleaciones (Fe no), asegurar estanqueidades, contactos eléctricos, soldadura de circuitos impresos.

Tipos de procedimientos: Soldadura de Cu, Con lampara o pistola, Por inmersión

SOLDADURAS HOMOGÉNEAS.

El material base es igual al de aportación, si no hay material de aportación se denomina **Autógena.**

Podemos distinguir dos tipos de soldadura:

Con fusión: la temperatura es superior a la líquido del metal base y metal de aportación M.A-M.B.

Sin fusión: Ausencia de fase líquida, se incrementa la temperatura no para fundir y la unión se produce por atracción interatómica no es una pegadura (adhesivos) sino soldadura como ya hemos indicado forja, presión etc..

PREPARACIONES DE SOLDEO.

Consiste en dar forma a los bordes a unir en función de:

- Espesor a unir.
- Metal a soldar.
- Forma y dimensiones de las piezas.
- Elementos de trabajo.
- Calidades requeridas de la unión.

Métodos de soldadura.

Posición de soldeo.

UNIONES A TOPE.

Bordes rectos.

“ en V.

“ en X o W.

“ en U.

“ en doble U.

UNIONES EN ÁNGULO.

Simple.

En J.

En K.

POSICIONES DE SOLDEO.

A tope: plana horizontal(PA), vertical(ascendente PF, descendente PG), cornisa(PC) y bajo techo(PE).

En ángulo: plana, cornisa, vertical y de techo.

SOLDADURA CON GAS. OXICORTE.-

Llamada soldadura autógena en los talleres, es un proceso de soldeo por fusión que utiliza el calor producido por una llama, obtenida por un gas con oxígeno, para fundir el metal base, y si se emplea, el metal de aportación. Cuando este se emplea se aplica mediante una varilla.

Existen diversos procedimientos: oxiacetilénica, aire acetileno, oxhídrica, otros gases.

SOLDADURA OXIACETILÉNICA.

Este procedimiento utiliza la llama producida por la combustión del oxígeno(O) con el acetileno(C₂H₂).

Se caracteriza por: proporcionar alta temperatura (3100°), la llama es reductora, es fácilmente regulable con exceso de oxígeno o de acetileno y no emplea derivados del petróleo y no está sujeto a variaciones de precios.

EQUIPOS DE SOLDEO

El equipo de soldeo consiste en: botellas, manorreductores, mangueras y soplete (mango y cámara), lanza y boquilla.

Botellas: son cilíndricas de acero con tratamiento de normalización fabricadas de una pieza. El acetileno se transporta disuelto con acetona, junto con un material poroso (mezcla acetileno-acetona) porque es peligroso comprimirlo (14Kg/cm²), se deja un 28% para expansión. El oxígeno puede ir en estado líquido o gaseoso (200 Kg/cm²). La ojiva se identifica con un color dependiendo del gas que contiene, marrón para el acetileno y blanca para el oxígeno.

Manorreductores: son los encargados de suministrar el gas comprimido en las botellas a la presión y velocidad de trabajo y permanecer invariable en su funcionamiento. Se conectan a los cilindros por medio de tornillo roscado, de distinto paso y sentido según el tipo de gas, tienen dos manómetros, uno de alta que nos indica la presión del cilindro y el otro indica la presión de trabajo.

Mangueras: son tubos flexibles de goma por cuyo interior circula el gas hasta una válvula antirretorno roscada al soplete. Suelen ser de caucho, con diámetro de 4-9mm para el oxígeno y de 6-11mm para el acetileno, con longitud no inferior a 5m. Para distinguir el tipo de gas que circula por ellas, el acetileno utiliza el color rojo y el oxígeno el azul.

Soplete: asegura la correcta mezcla de los gases y controla las características de la llama y maneja la misma durante el soldeo. Roscado a él va la lanza que en su extremo lleva una boquilla, este conjunto es intercambiable según el espesor del material a soldar.

LLAMA OXIACETILÉNICA.

Se produce en la boquilla que es el extremo de la lanza, es una mezcla de oxígeno y acetileno.

Se divide en las siguientes zonas:

- Mezcla preliminar, en proporción definida, para cada combustible determina el poder de combustión.
- Cono azul o dardo, calentamiento de la mezcla hasta inflamación, aspecto muy brillante.
- Extremo del cono, zona de temperatura más alta, región de soldadura(2-4mm).
- Zona de combustión incompleta primaria, determina la calidad química de la llama: oxidante, reductora o neutra.
- Zona de combustión incompleta secundaria o penacho, siempre oxidante y encierra gran cantidad de Ni.

TIPOS DE LLAMA OXIACETILÉNICA

Diferentes proporciones de gas combustible y de oxígeno producen llamas de diferentes propiedades, y podemos distinguir:

- Llama pura de acetileno: no tiene utilidad en soldadura, provoca partículas de hollín, huele a ajo.
- Llama carburante o reductora: exceso de acetileno, se forma una zona brillante o dardo seguida del penacho acetilénico, desaparece cuando se igualan las proporciones. Si la llama tiene doble cantidad de C_2H_2 que O_2 , longitud penacho doble longitud del dardo. Fundición y Aluminio.
- Llama neutra: cantidad de C_2H_2 aproximada a la de O_2 para obtenerla partimos de una carburante y cuando el penacho acetilénico desaparece la llama se hace neutra. Acero y cobre, aceptable Fundición y Aluminio, no adecuada Latón.
- Llama oxidante: exceso de O_2 , tiende a estrecharse azulada y un zumbido, no debe utilizarse en aceros. Latón.

CUALIDADES DE LAS LLAMAS.

- Térmicas. La temperatura más alta debe estar en una zona visible al soldador.
- Químicas. La llama debe ser reductora, oxidante produce soldaduras con malas propiedades mecánicas.
- De aplicación industrial: Rigidez, relación con velocidad de combustión y Flexibilidad, límites inflamabilidad mezcla gaseosa.
- Económicas: Dependen de: velocidad de ejecución y poder de combustión, $C_2H_2 - O_2$, coste llama.

COMBUSTIBLE Y COMBURENTE.

- Como combustible se utiliza el Acetileno, gas incoloro de olor aliacido, mas ligero que el aire, altamente inflamable y a los 300 EC explota, se obtiene por hidrolisis del Carburo Calcico.
- Como comburente se utiliza el Oxigeno, se combina con todos elementos menos con F, Au y He, se obtiene por destilacion fraccionada del aire liquido.

FUNDENTE O DESOXIDANTE.

Pasta en disolución acuosa con las siguientes propiedades:

- Diluir fácilmente en agua.
- Adecuada viscosidad permanecer superficies verticales al fundirse.
- Disolver óxidos, y que luego floten.
- Residuos no corrosivos y fáciles de eliminar.
- Disolver el óxido debe flotar poder eliminar.
- Adecuado para cada metal.

Se utilizan: Bórax, bicarbonato sódico, borato potásico, fluoruros, cloruros etc.

MÉTODOS OPERATIVOS.

Clásico o a izquierdas. Llamada también hacia adelante, el metal de aportación va delante de la llama (soplete), y se deben realizar movimientos transversales, se realiza de derecha hacia la izquierda. Se emplea fundamentalmente en chapas de acero de hasta 3 mm de espesor
A derechas. Llamada también hacia atrás, varilla de aportación detrás del soplete, mayores espesores que a izquierdas, y mínimos de más de 3 mm.

OXICORTE.

Seccionamiento de metales por combustión localizada y continua mediante chorro de oxígeno.

Las condiciones necesarias son:

- Calentamiento del metal, inflamándolo de oxígeno puro entre 800-900EC. Y producir una escoria fluida
- La temperatura de inflamación debe ser menor que la de fusión.
- El óxido producido debe tener menor temperatura de fusión que el metal, para no obstruir el corte.
- Calor de combustión lo mayor posible.

Solo puede cortarse por este procedimiento: hierro dulce, acero al carbono, acero de baja aleación y aceros de moldera. Aceros inoxidables, Aceros altamente aleados, Fundiciones de cobre y aluminio no se pueden cortar por Oxígeno.

EQUIPO DE OXICORTE.

Soplete.

Boquillas.

Mangueras.

Manorreductores.

CORTE CON PLASMA.

El plasma se produce cuando un chorro de gas inicialmente frío se calienta con un arco eléctrico y se le hace pasar por un orificio estrecho para reducir su sección.

EL corte es como consecuencia de la alta aportación energética confinada en una reducida sección a través de un chorro de gas plasma a alta velocidad •del sonido que al chocar con la pieza a cortar, expulsa el material fundido y volatilizado produce un corte limpio. Hasta 50.000EC.

En función de la boquilla, se distinguen:

Corte convencional calidad de corte no buena.

Corte con plasma doble flujo. Arco doble: $N_2 + CO_2$, AIRE, o $A_r + H_2$ } gasto elevado de combustible

Corte con plasma de aire. Para acero inoxidable y aluminio, otros metales muy oxidados.

Corte con inyección de oxígeno. Corte no recto pero aumenta vida del electrodo.

SOLDADURA POR RESISTENCIA ELÉCTRICA.-

INTRODUCCIÓN.

El calor se genera por medio de una corriente de baja tensión y elevada intensidad. La fuerza mecánica se desarrolla a través de la presión sobre los electrodos antes, durante y después del instante en que circula la corriente de soldadura de acuerdo con la Ley de Joule donde el calor Q en julios: $Q = I^2 R t$.

Cuyas principales características son:

- ✓ Uniones discretas, no continuas.
- ✓ Ausencia de metal de aportación.
- ✓ Operarios no cualificados.
- ✓ A igualdad de parámetros se obtienen soldaduras idénticas.
- ✓ Elevada producción.
- ✓ Zonas de fusión localmente localizadas.
- ✓ Suelda aleaciones férricas y no férricas.

Inconvenientes: conductividad, térmica y eléctrica.

CICLO DE SOLDEO.

- ✓ FASE 1. Posicionamiento, presión que obliga a permanecer unidas las superficies.
- ✓ FASE 2. Soldadura. Menor presión y temperatura elevada aceros 1500°.
- ✓ FASE 3. Forja. Corte de corriente al alcanzar T^a idónea, se incrementa la presión.
- ✓ FASE 4. Cadencia. Se reduce la presión hasta liberar piezas soldadas.

ELECTRODOS. Elevada conductividad térmica y eléctrica. Dureza y tenacidad a elevadas temperaturas. El cobre es un conductor por excelencia, pero sus propiedades mecánicas no, por ello se recurre a aleaciones de Cu W.

PROCEDIMIENTOS.

- I. Por puntos. Los materiales de base se disponen solapados, puede ser automatizada y los electrodos son de una aleación de Cu con Cr, Cd, Be o W, con dureza de 130 a 160 HB. Espesores de 0,1-20mm

2. Por resaltes o protuberancias. Resaltes en material base, mayor diámetro de electrodos. Espesores 0,5- 6mm resaltes por embutición.

3Por roldanas. Costura estanca. Recipientes con espesor de pared de 0.05 a 3mm .

4A tope. Materiales sujetos con mordazas que son los electrodos. Aspecto abarrillado. Empleada para soldar alambres, barras, tubos, perfiles, con diámetros entre 100 y 300 mm².

5Por chispa. Fase de posicionamiento pequeña. Chispas en puntos de la superficie. El metal al fluir se lleva los óxidos y las escorias.

SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

DEFINICIÓN. Es una descarga continuada entre dos conductores separados ligeramente, por donde pasa la corriente, al hacerse conductor el aire o gas comprendido entre ellos. Se manifiesta por gran desprendimiento de luz y calor. Es alimentado por corriente eléctrica de baja tensión y elevada intensidad, la T^a del arco funde el MB y el MA. OK. ÓSCAR KJELBERG

ESTUDIO DEL ARCO.

Para producir el arco necesitamos dos conductores, a los que llamaremos *electrodos*, y un gas conductor al que denominaremos *plasma*

El arco se divide en tres regiones: Cátodo (terminal negativo), Columna de plasma y Ánodo (terminal positivo)

Cebado del arco, es crear cortocircuito entre electrodo y pieza.

El cátodo se calienta menos (200- 800°C según naturaleza del electrodo) que el ánodo.

El cátodo presenta propiedades autodecapantes (de autolimpieza) debido acción mecánica bombardeo de cationes. Elimina capa de alumina del Aluminio.

La longitud del arco se corresponde con la longitud de Columna de plasma. Si el arco es grande se corta, por aumento resistencia al paso de corriente y el aire no mantiene ionización.

Potencial de ionización bajo menos energía para arrancar los electrones.

Potencial termoiónico alto mayor energía generada.

Conductividad térmica baja menos calor disipado.

FUENTES DE ALIMENTACIÓN.

Se puede emplear CC o CA.. Si es CC podemos conectar EN 0 EP, llamado concepto de polaridad.

La elección de la Polaridad dependerá: del tipo de proceso de soldeo, del tipo de electrodo y del metal base.

Corriente Continua.

Polaridad directa:

Electrodo conectado al cátodo polo negativo y más penetración..

La pieza conectada al positivo evacua mas rápidamente el calor.

Evita que el electrodo se ponga al rojo

T^a de la pieza > T^a del electrodo.

Polaridad inversa:

Electrodo conectado al positivo ánodo.

T^a pieza < T^a electrodo,

Menor penetración

Menos deformación y acción decapante en pieza. Aluminio solo se suelda con CC. PI, para cationes poder romper la capa de alumina.

Corriente Alterna.

Temperatura de la pieza igual a la temperatura del electrodo.

Valores intermedios de penetración y deformación.

Arco menos estable, electrodos revestidos .

Equipos más baratos.

FUENTES DE ENERGÍA PARA EL SOLDEO POR ARCO

Los equipos que se emplean se clasifican en tres grupos: Transformadores, Rectificadores y

Convertidores.

- **Transformador:** Es un dispositivo que modifica los valores de la tensión e intensidad de la corriente eléctrica suministra CA.
- **Rectificadores:** Son aparatos que dejan pasar la corriente en un solo sentido, la CA la convierte en CC, se conectan trifásicos a la red y a las tensiones de 220-380V.
- **Convertidores:** están formados por un motor y un generador de corriente suministra CC.

DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y FABRICACIÓN DE LOS ELECTRODOS.

El electrodo es una varilla de material metálico usada en la soldadura para producir el arco eléctrico.

Los clasificamos como : **Desnudos y Revestidos**

- Desnudos:

Varilla metálica, sección circular, composición química, usados para producir arco eléctrico.

Defectos: Dificultad de cebado, sólo útil con corriente continua y mala estabilidad del arco. Su fusión favorece

absorción de gases, oxígeno y nitrógeno y forman porosidades. Conduce a pérdidas por oxidación y disminución de propiedades mecánicas.

- Revestidos.

De alma metálica cilíndrica y revestimiento de composición química variable.

La composición es compleja, cada sustancia desempeña un papel determinado, durante fusión o solidificación

Las funciones del revestimiento son:

- **Función eléctrica.** Estabilizar el arco, importante con CA ya que se apaga y enciende en cada periodo, se introducen sales de Na , K y Ba.
- **Función física.** Versátil facilita soldeo en posiciones V, H, T y C. Protección contra el aire: fundido y solido. Dirigir el arco: velocidad consumo revestimiento menor a consumo alma metálica.
- **Función metalúrgica.** Aporta elementos reductores y elementos metálicos para mejorar características mecánicas.

Fabricación Varilla metálica alambren de 6-8mm i. Fabricante comprueba AQ, T, se reduce hasta i deseado, los mas usuales 1,6-2-2,5-3-3,25-4-5-6 mm, los mas utilizados 1.6-2,5-3,25-4-5 mm.

Revestimiento formado por mas de 40 minerales o sustancias, arena de circonio, rutilo, celulosa, colín, mármol, polvo de hierro etc. Selección, origen, dosificación secreto fabricante.

CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DE LOS REVESTIMIENTOS.

- Electrodo ácidos

Contienen ferro aleaciones que actúan de desoxidantes FeSi, FeMn, la resiliencia es mediana.

Composición del revestimiento: O Fe y O Mn. Las escorias se producen en reacción ácida, son abundantes, negras y fáciles de separar.

El metal depositado contiene elevadas impurezas e hidrógeno. Para evitar escoria se eleva intensidad y se producen mordeduras.

El arco es muy estable CC y CA baja tensión de cebado.

Dan un rendimiento gravimétrico del 95 %.

Características mecánicas: CR 48 Kg/mm². LE 38 Kg/mm². Alargamiento 27 %. Resiliencia a -20°C 50 J.

Aplicaciones. Aceros de construcción (en desuso 2 %). Juntas tope en V, buen aspecto del cordón.
- Electrodo celulósicos.

Celulosa: se descompone dando un gas protector de la oxidación al Mn y resto de componentes. La escoria es poco voluminosa y se desprende con facilidad de tipo gaseoso, velocidad de soldeo elevada.

El arco tiene gran penetración, y provoca salpicaduras, velocidad de soldeo elevada.

El metal depositado carece de oxígeno, tiene H y presenta superficie rugosa. Desprende gran cantidad de humos evitar uso recintos cerrados, utilizar aspiración.

Redimiendo suele ser inferior del 90 %.

Las características mecánicas son: CR 48 Kg/mm². LE 40 Kg/mm². Alargamiento 28 %. Resiliencia a 0° 75 J

Aplicaciones: tubería vertical descendente (uso 3 %).

- Electrodo de rutilo.

El rutilo (TiO₂), es el principal componente obtenido a partir de menas. También se extrae de la ilmenita (OTi y OFe).

La escoria es globular, fácil de eliminar.

El metal depositado contiene abundantes inclusiones, y nivel de impurezas intermedio contiene H fragiliza soldadura.

El arco es de fácil encendido, de mediana penetración permite elevada intensidad.

Rendimiento del 90 – 100 %.

Las características mecánicas son: CR 48 Kg/mm². LE 42 Kg/mm². Alargamiento 25 %. Resiliencia - 20° 50 J

Aplicaciones: fácil manejo en todas las posiciones, apto para soldaduras que requieran baja tenacidad (uso 55 %).

- Electrodo básicos.

Componentes principales carbonato cálcico y cloruro cálcico con un fundente (espatofluor) con dioxígenos en forma ferroaleaciones.

Funden T^a elevada 2000°C gracias al fundente. Son fuertemente higroscópicos, origina porosidad y fisuraciones bajo cordón en aceros ferríticos, de alta resistencia o límite elástico.

La escoria es poco abundante, parda y brillante, fluida y con pocas inclusiones.

El arco proporciona una velocidad razonable en cornisa y horizontal, rápida en vertical ascendente.

Son difíciles de manejar.

El rendimiento es del 110 %, ya que el electrodo contiene elementos metálicos.

El metal depositado tiene elevadas características mecánicas, es resistente a la corrosión, sin impurezas, ni poros y alta tenacidad si el revestimiento esta seco. No contiene H.

Se puede admitir que de 4-6 horas en estufa a 320°C se secan.

Aplicaciones: campo muy amplio, tiene resistencia al agrietamiento en caliente.

Las características mecánicas son: CR 54 Kg/mm². LE 44 Kg/mm². Alargamiento 30 %. Resiliencia 0° 130 J

- Electrodo de gran rendimiento.

Aquellos con rendimiento mayor del 130 %, pueden llegar al 240%. Para su evaluación se desprecia 40mm, en electrodos de 350mm se evalúa 310mm y en 450 mm se evalúa 410mm

Se emplean para posición sobremesa y horizontal en ángulo.

- Electrodo de gran penetración.

Permiten realización de soldaduras con nº pequeño de pasadas en chapas de 14-16mm, sin preparación de borde. Se usan para grandes espesores.

Tienen doble diámetro que los normales. La naturaleza del revestimiento puede ser ácido o rutilo

Electrodos de autocontacto.

Poseen polvo de hierro en el revestimiento.

El arco salta de modo espontáneo.

SELECCIÓN DE ELECTRODOS PARA SOLDADURA

Profunda penetración 6011, Soldadura de tuberías 6010, Horizontales en ángulo 6024,

Deficiente ajuste 6012, Chapas delgadas 6013, Buenas soldaduras condiciones difíciles 7018.

DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ELECTRODO

Para determinar el tipo de electrodo existen distintos métodos, pero el más utilizado es el siguiente:

$100 \times C + 17 \times Mn + 6.7 \times Ni + 25 \times Mo + 20 \times Cr + 7.7 \times Cu$.

Se realiza el análisis químico del material a soldar, del metal base y se obtienen los componentes se efectúa la operación y si:

\$ 35 Ácido, Rutilo, Celulósico.

< 35 Básico.

NORMALIZACIÓN DE ELECTRODOS.

UNE 14-100: soldeo por arco con electrodos de wolframio.

UNE 14001: aceros de alta resistencia a la fluencia.

UNE 14002: aceros para fundiciones.

UNE 14003: aceros al carbono y de baja aleación.

UNE 14004: aceros de alta resistencia y criogénicos.

UNE 14005: aceros inoxidables.

EN 499

AWS (American Welding Society)

SOLDADURAS POR ARCO ESPECIALES.-

ARCO SOLDADURA POR BAJO GAS CON ELECTRODO NO CONSUMIBLE (TIG).

El arco salta entre el electrodo no consumible y la pieza a soldar, mientras un gas protege baño de fusión.. Cuando se usan varillas de aportación igual composición que MB, no produce escorias. Sirve para todo tipo de uniones y materiales.

GASES:

- Argón. Incoloro, inodoro e insípido, presente en el aire (0.94 %). Denso requiere menor caudal, es 10 veces la del Helio, aconsejable bajo techo y vertical y menos sensible corrientes de aire.

De bajo potencial de ionización, lo que facilita el cebado, origina arcos estable, tranquilos, pocas proyecciones y menor penetración. Es mas fácil cebar arco que en Helio y CO₂ por menor energía ionización De baja conductividad térmica. Mas económico que el Helio que suele estar pozos petroleo.

- Helio. Incoloro, inodoro e insípido. Es ligero, con potencial de ionización elevado, mayor conductividad térmica, muy baja densidad, mayor penetración, cordones anchos realizados a gran velocidad y más uniforme. Poca estabilidad del arco se requiere 2-2.5 veces de He que de Ar.

- Mezclas de He/Ar. Posee características intermedias.

ELECTRODO:

Misión mantener arco sin aporte material baño fusión, para evitar desgaste posee alta temperatura de fusión. Wolframio y Tungsteno mismo material.

En corriente continua se conecta en el -, polaridad directa, el electrodo soporta intensidades ocho veces mayores, que si se conecta al +.

Tres tipos: WP, W + torio, + lantano, + cerio y W + circonio.

- WP. Punto fusión 3.400°C, extremo redondeado, en C.A. Al y Mg(45-50 A) y sus aleaciones. Identificado con anillo color verde.

- W+Th+La+Ce. Punto fusión 4.000°C extremo afilado, en C.C.. Aceros al carbono, baja aleación (30-40 A), inoxidable (30-40 A), Cu y Ti (75-80 A). Diferencia se puede utilizar cualquiera, pero Th radiactivo. Identificado con anillo color rojo, negro, gris.

- W+Zr. Punto de fusión 3.800°C. C.C. y C.A. pero mas usual en C.A.. Mayores intensidades W+Th. Soldeo materiales ligeros Al y Mg. Identificado anillo color.

Diámetros disponibles de: 1, 1,6, 2, 2,4, 3,2, 4, 4,8, 5 y 6,4. Los mas utilizados los subrayados, longitud estándar 150 mm.

APLICACIONES:

Acero inoxidable, aluminio, níquel, sensibles a oxidación Ti, Zr y aleaciones etc.

Alta calidad y elevada pureza metalúrgica, ideal petroquímica, alimentación, nuclear, aero espacial.

Apto para piezas de poco espesor hasta 6 – 8 mm. Pasadas de raíz con TIG y demás pasadas otro procedimiento.

Soldadura a tope de 0,3 - 4 mm, con o sin MA.

SOLDADURA POR ARCO BAJO GAS CON ELECTRODO CONSUMIBLE (MIG / MAG).

El arco se produce entre un electrodo consumible de hilo continuo y el metal a soldar. El electrodo, arco, metal fundido quedan protegidos mediante una corriente de gas que aporta la tobera de la pistola.

Si se emplea un gas inerte como protección se llama MIG, y si se utiliza un gas activo MAG.

El proceso de soldeo puede ser: automático, manual y robotizado, al manual se le llama semiautomático

GASES DE PROTECCIÓN. Influyen en:

La cantidad de energía aportada.

El tipo de transferencia.

La penetración.

La velocidad de soldeo.

El aspecto del cordón.

La posibilidad de proyecciones y mordeduras.

MIG Ar / Ar + O₂ / He. MAG CO₂ / Ar + CO₂. MIG - MAG
No férricos y acer. inox. Aceros al carbono. Aceros al carbono y aceros inoxidables

ELECTRODOS:

Alambre macizo, desnudo que se alimenta de forma continua y se convierte en M. A. (0,6 a 3,2 mm.).

Se suministra en bobinas de 15 a 100 Kg. Recubierto de cobre.

La composición es similar a la del material a soldar. Hay que seleccionar la pareja hilo/gas.

PARÁMETROS DE SOLDEO.

Forman parte de las características de soldeo y de la calidad de la soldadura, son:

Tensión, Velocidad salida alambre, Longitud visible alambre, Velocidad desplazamiento, Polaridad,

Ángulo inclinación pistola y Gas de protección.

Todos son dependientes unos de otros.

RELACIÓN ENTRE LOS PARÁMETROS.

- Cuanto mayor sea la longitud del arco mayor será la tensión.

- Cuanto mayor es la velocidad de alimentación mayor es la intensidad.

MODALIDADES DE TRANSPORTE.

ARCO SPRAY O PULVERIZADO. Las gotas son iguales o menores que diámetro alambre
Transferencia del metal a través de gotas muy finas.

Hilo a polo positivo (polaridad inversa). Cualquier MB, espesores pequeños no mucha
Intensidad.

Como gas se emplea: Ar / Ar + O₂ / Ar + CO₂. CO₂ no se puede utilizar en SPRAY.

Tensión alta 24 - 40 V.

Intensidad alta 150 - 500 A

Los gases inertes favorecen este tipo de transferencia.

ARCO PULSADO.

Variante de la anterior con generador de frecuencia (50 – 100 Hz).

Dos corrientes superpuestas: una ininterrumpida y de débil intensidad y otra de pulsaciones de
frecuencia igual.

Funciona a menos intensidad que spray. Cada pulsación eleva intensidad y proyecta una gota.

TRANSPORTE GLOBULAR. Formación de una gota grande de metal fundido en extremo
alambre.

Arco inestable, poca penetración y muchas proyecciones. No se recomienda su empleo, no suele
tener aplicaciones tecnológicas, suele provocar falta de penetración y sobre espesores elevados.

Polaridad directa (-).

Menor intensidad que spray 70 - 255 A.

Tensión media de 20 - 35 V.

El gas es CO₂.

CORTOCIRCUITO. Se produce por contacto del alambre con el metal depositado.

Polaridad inversa (+).

Baja intensidad 50 - 150 A.

El gas es CO₂ / Ar + CO₂.

Tensión baja 16 - 22 V.

Empleado en espesores reducidos, y para soldar en vertical, cornisa, bajo techo o cuando
separación raíz excesiva.

Menor energía aportada que en spray.

Arco corto, hay proyecciones y un zumbido característico

ANALOGÍAS Y DIFERENCIAS ENTRE MIG/MAG.

Criterio	MIG	MAG
Gas	Inerte	Activo
Generador	Corriente continua	Corriente continua
Transporte	Spray	Cortocircuito
Metal a soldar	Acero inoxidable, Cu, Al	Aceros ordinarios
Espesores	Medios y gruesos	Todos
Posiciones de soldeo	Las fáciles	Todas
Visibilidad	Buena	Regular
humos	Poco molestos	Nocivos (CO)

VENTAJA Y LIMITACIONES MIG/MAG.

VENTAJAS.

Reduce tiempo y costes.
Sin especialización de operarios.
Alto rendimiento de soldeo.
No hay escoria.

LIMITACIONES.

Ambientes tranquilos.
Gama limitada de materiales de aporte.
Defecto de porosidad y tendencia a falta de fusión.

ALAMBRES TUBULARES

Son electrodos continuos similares a los empleados en MIG-MAG, pero son huecos y van rellenos de un fundente, con funciones similares revestimiento electrodos. Producen mucho humo y el tiempo en retirar la escoria, pero en condiciones climatológicas adversas lo hacen idóneo.

SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO.

Se produce por fusión de un electrodo consumible continuo y un flux. Es un sistema automático con alto rendimiento. El arco es estable y puede emplearse cualquier tipo de corriente.

METALES BASE.

Empleado para metales féreos y sus aleaciones, y para revestimientos contra la corrosión (overlay). Se sueldan:
Aceros al Carbono (hasta 0.3 %).
Aceros poco aleados, recocidos, normalizados, revenidos, templados.
Aceros al Cr - Mo.
Aceros inoxidable austeníticos.

MATERIALES DE APORTE.

ELECTRODOS.

Alambre sólido composición química similar MB o hueco tubulares con polvos metalicos en el interior. .
Recubiertos de cobre excepto en aplicaciones nucleares y aplicaciones especiales.
Se suministran en bobinas o bidones
Peso comprendido entre 10 - 455 Kg.
Diámetros desde 2 - 5,6 mm, con extensión máxima de 75 - 125 mm acero inoxidable.

FLUX. Compuestos minerales mezclados. Con conductividad, viscosidad y punto de fusión. Mas de 100 compuestos, secreto fabricante, entre ellos se encuentran oxidos de: Si, Ti, Mg, Al, K, Na, etc. Para determinar la cantidad adecuada se vierte poco a poco hasta que el arco quede totalmente sumergido. Se dividen en:

Flux fundidos. Mezcla en seco que se funde en horno (1500 - 1700°C), se enfría, se machaca, se tamiza y se empaqueta. Son reciclables, no higroscópicos, homogéneos químicamente, aptos para altas velocidades de soldeo. Tienen alta temperatura de fusión, por lo que no se pueden añadir desoxidantes ni ferro aleaciones.

Fluxes Cohesionados NO SE UTILIZAN

Flux aglomerados. Son óxidos de hierro con silicatos, fluoruros o carbonatos, se pulveriza la materia prima, se mezcla y se aglomeran, se cuece (sin fundir), se muele, se criba y envasa. Son porosos e higroscópicos. Es posible adición de desoxidantes. Baja densidad permite capa gruesa de flux

Flux mezclados mecánicamente. El fabricante o el usuario mezcla dos o más flux fundidos o aglomerados. Se pueden conseguir mezclas intermedias. Cambios de composición durante envasado, almacenamiento o manipulación

Flux ácidos (óxidos disocian poco, estructura basta y poca resistencia). **Flux básicos** (óxidos disocian fácilmente, soldaduras tenaces).

Flux neutros (no oxida ni añade a la aleación).

Los flux son identificados por su índice de basicidad:

IB\$ 1,5 básicos por naturaleza

IB# 1 ácidos

1#IB#1,5 neutros

VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL ARCO SUMERGIDO

VENTAJAS:

Soldadura sin salpicaduras.

A veces no es necesaria la preparación de bordes.

El flux actúa como desoxidante.

LIMITACIONES:

Se necesita sistema de almacenamiento, alimentación y recogida de flux.

No es válido para espesores < 1,5 mm.

El flux está sujeto a contaminaciones.

Las posiciones de soldeo deben ser plana y horizontal.

METALURGIA DE LA SOLDADURA. SOLDABILIDAD.-

INTRODUCCIÓN.

La soldabilidad es la capacidad o aptitud de los metales a ser unidos por soldadura, se pueda conseguir continuidad metálica de la unión y pase a formar parte integrante de ella. Se refiere a los tres aspectos principales:

Soldabilidad operativa. Se estudian las condiciones de realización de los empalmes, fusión u otro proceso

Soldabilidad metalúrgica o local. Modificaciones físico-químicas resultantes de la operación de soldeo.

Soldabilidad constructiva o global. Propiedades del conjunto para poner de manifiesto la tendencia al agrietamiento del montaje.

Los ensayos propuestos para cumplir estos tres aspectos son:

Ensayos de soldabilidad operativa:

- **Ensayos sobre empalmes:** se reducen al examen visual o con lupa.
- **Ensayos sobre probetas que reproducen las condiciones de soldeo:** se sacan probetas de una junta soldada realizada en condiciones previstas construcción.
- **Ensayos independientes de la operación de soldeo**

Ensayos de soldabilidad metalúrgica :

- **Ensayos sobre empalmes:** mecánicos, dinámicos (T, P, R, HV etc).
- **Ensayos sobre probetas que reproducen las condiciones de soldeo sobre probetas que reproducen las condiciones de soldeo si pasa de (HV-350) tomar precauciones para bajarla.**
- **Ensayos independientes de las operaciones de soldeo Yominy**

Ensayos de soldabilidad global:

- **Ensayos de agrietabilidad:** aparición grietas o micro grietas después de soldar
- **Ensayos de sensibilidad a la entalla:** R, P

SOLDABILIDAD DE LOS ACEROS AL CARBONO.

Para $S < 0.04 \%$, $P < 0.04 \%$, $S + P < 0.07 \%$.

C, Cuanto mayor es el contenido de C menor es la soldabilidad se utiliza el 0,20%. Según el contenido en C se pueden clasificar en: perfectamente soldable, medianamente soldable, poco soldable y no soldable

Mn, eleva características mecánicas evita aparezca S en forma SFe favorece fisuración caliente. El Mn el que mas favorece la templabilidad después del C.

El Si favorece la fragilidad.

El S y P se consideran impurezas, que influyen en la formación de grietas y en la fragilidad.

CONCEPTO DE CARBONO EQUIVALENTE.

El carbono equivalente de un acero es una medida de su tendencia potencial a fisurarse durante la soldadura. El soldeo de aceros al carbono no presenta dificultades cuando $C \# 0,25\%$

Si la concentración de carbono es $> 0.25 \%$ es necesario el precalentamiento, es practica normal fijar un valor máximo del 0,43%.

Temperatura de precalentamiento. T^a necesaria antes del soldeo. Debe aplicarse en una zona 4 veces superior al espesor, y medirse en la cara opuesta. $T_p = 350$; $\bullet C_t$ equivalente total en Carbono, $\bullet C_{tq}$ equivalente químico en carbono, $\bullet C_{te}$ equivalente en carbono del espesor

$$\bullet C_t = \bullet C_{tq} + \bullet C_{te}$$

$$360 \times \bullet C_{tq} = 360 C + 40 (\text{Mn} + \text{Cr} + 20 \text{Ni} + 28 \text{Mo}) ; \bullet C_{te} = 0,005 \times e \cdot \bullet C_{tq}$$

$$\bullet C_t = \bullet C_{tq} (1 + 0,005e) \text{ depende por un lado del espesor del material y del poder de temple}$$

FACTORES PRÁCTICOS QUE INFLUYEN EN LA SOLDABILIDAD.

Elección del electrodo, C, A, R, tienen H. Básicos para evitar el agrietamiento, con i grande y gran intensidad favorece la soldadura.

Método de soldeo. Evitar pasadas pequeñas, aconsejable cordón grueso y continuo, debido al pequeño volumen que se aporta al metal frío

Empaste o untado de juntas. En aceros poco soldables, pasada con acero más débil en las superficies laterales, evita agrietamiento, pero introduce una zona débil en la unión.

CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS PARA CONSTRUCCIONES SOLDADAS

Para aceros con resistencia a tracción menor de 52kg/mm^2 y porcentaje de C < 0,22% no es preciso ninguna precaución si el contenido está entre 0,22% y 0,25% para las calidades A y B y de 0,22% a 0,24% para la C y B son necesarias precauciones.

Para aceros de resistencia mayor de 52kg/mm^2 la proporción en C debe ser menor de 0,22%.

Las recomendaciones consideran cuatro calidades de acero:

Calidad A.-utilizada en las construcciones poco importantes sometidas a esfuerzos muy ligeros.

Calidad B.-calidad normal, utilizable en construcciones en que no basarían los aceros de la calidad A, se emplea en construcciones que no existen razones para temer la aparición de roturas frágiles, debida a las formas de construcción.

Calidad C.-calidad mejorada, acero resistente a la entalla, utilizables en construcciones o parte de construcciones en la que es importante el peligro de rotura frágil (rigidez elevada, temperaturas que pueden provocar roturas frágiles)

Calidad D.-alta calidad o acero resistente a la entalla utilizable en las construcciones o parte de las construcciones en que es de temer particularmente el peligro de roturas frágiles.

Ademas: valor máximo de Mn de las calidades puede reajustarse con el contenido de C. Los valores del S y del P son máximos.

ENSAYO DE CALIFICACIÓN DEL METAL BASE

Calidad A.-no se exige ningún ensayo.

Calidad B, ausencia de poros y de segregaciones, un ensayo de tracción, un ensayo de plegado y tres probetas de resiliencia a $+20^\circ\text{C}$. La inspección se efectuara por lotes o por coladas, según convenio de pedido, por cada 40 Tn por coladas y de 20Tn por lotes.

Calidad C, ausencia de poros y de segregaciones, un ensayo de tracción, un ensayo de plegado y tres probetas de resiliencia a 0°C . La inspección se efectuara por colada, por cada 40Tn. Y un ensayo de dureza y el acero puede aceptarse si en ningún punto de la zona de transformación sobrepasan 350HV

Calidad D, ausencia de poros y de segregaciones, un ensayo de tracción, un ensayo de plegado y tres probetas de resiliencia a -20°C . La inspección se efectuara por colada, por cada 40Tn.

ZONAS EN LA SOLDADURA.

ZONA FUNDIDA.

Modificaciones químicas: oxidación de elementos, fijación de elementos desfavorables.

Absorción de gases. Tiene influencia desfavorable oxígeno y nitrógeno del aire e hidrógeno proveniente de productos del revestimiento.

Oxígeno: FeO actúa sobre compacidad unión; resistencia, dureza y resiliencia disminuyen.

Nitrógeno: F_4N ; actúa sobre propiedades mecánicas aumento fragilidad.

Hidrógeno: micro grietas y sopladuras. Ojos de pez, celulósicos.

Precipitación de compuestos de la solución sólida.

Carburo de Cr: soldabilidad y resistencia a la corrosión.

Transformaciones eléctricas.

Cu - Cu_2O , aumentan la fragilidad.

Modificaciones estructurales. Temple en la soldadura.

METAL BASE. Modificaciones estructurales y físico-químicas. Se distinguen las siguientes zonas:

ZONA AFECTADA TÉRMICAMENTE: pag 71 seferian

Zona A. Sobrecalentamiento, cercana a la zona de fusión (1.100°), crecimiento exagerado del grano.

Zona B. Cambio de fase, recocido, aumento de la ductilidad ($900-1000^\circ$).

Zona C. Recocido contra acritud y eliminación de tensiones residuales.

ZONA NO AFECTADA TÉRMICAMENTE: Zona D, sin transformaciones.

AGRITAMIENTO DE LAS SOLDADURAS

De los fenómenos que limitan la soldabilidad, el mas importante es la tendencia al agrietamiento del MB próxima al MA. Consideraremos dos grupos de agrietamiento:

Grietas localizadas en el metal fundido: Las micro grietas se transforman en grietas bajo efecto de tensiones, dilataciones y contracciones, se forman a alta T^a durante periodo de solidificación. Pueden atribuirse a:

- Elección defectuosa del MA o del electrodo.
- Malas condiciones ejecución soldadura.
- Presencia de nitrógeno (fragiliza soldadura).
- Presencia de defectos (poros, inclusiones), favorecen propagación micro grietas.

Grietas localizadas en el metal de base: Se encuentran unidas a una grieta transversal del cordón de soldadura, son como resultado de una calidad mediocre del MB o existencia de tensiones demasiado elevadas(espesores grandes). Pueden atribuirse a:

- Corrosión generalizada (con o sin tensiones)
- Corrosión intercrystalina(inoxidables)
- Presencia de tensiones de laminación o forja
- Composición química del MB
- Presencia de H

REMEDIOS CONTRA EL AGRIETAMIENTO

- Empleo de electrodos con pequeño contenido en H, ciertos electrodos básicos
- Empleo de electrodos con alma austenítica(18Cr 8Ni)
- Pre calentamiento de las piezas.

DEFECTOS Y CONTROL DE SOLDADURAS.-

INTRODUCCIÓN.

La resistencia de una unión depende del metal de aportación, de su configuración, de la disposición constructiva y de la habilidad del soldador. Los defectos pueden producirse: antes (preparación de bordes), durante (parámetros de soldeo) o después (enfriamiento) de la soldadura.

TIPOS DE DEFECTOS.

EXTERNOS:

Deformaciones y alabeos.

Preparación incorrecta.

Dimensiones incorrectas.

Perfil incorrecto.

Despañeado.

Mordeduras.

Cráteres.

Poros.

Irregularidades.

Cebado incorrecto.

Sobreespesor.

Descoladura.

INTERNOS:

Porosidad.

Inclusiones no metálicas.

Falta de fusión.

Falta de penetración.

Grietas.

REPERCUSIÓN DE LOS PARÁMETROS:

Intensidad, velocidad y arcos normales: contorno uniforme y buena penetración.

Intensidad normal y velocidad lenta: sobreespesor y baja penetración.

Intensidad baja y velocidad normal: cordón estrecho, aguas no uniformes y mordeduras.

Intensidad normal y velocidad alta: baja penetración, aguas no uniformes y mordeduras.

Intensidad alta y velocidad normal: aguas alargadas, salpicaduras y penetración excesiva.

Intensidad normal y arco largo: penetración desigual, porosidad e inclusiones.

AGRIETAMIENTO DE LAS SOLDADURAS.

Grietas en metal fundido. Dependientes de: la calidad del metal de aporte o del electrodo, la ejecución y de la presencia de inclusiones.

Grietas en metal base. Condicionadas por la precipitación de carburos y por la absorción de H.

Estudiar las fotos de los cardones de soldadura. **IMPORTANTE.**

FASES DEL PROCESO DE SOLDADURA.

Homologacion del Proceso

Homologacion del procedimiento

Realizacion de los cupones de prueba

Ensayos sobre los cupones de prueba

CONTROL DE SOLDADURAS.

Antes de la soldadura.

Certificados de los materiales.

Medición de las dimensiones de las piezas.

Inspección de las superficies.

Verificación de las secciones punteadas.

Revisión de especificaciones.

Durante la soldadura.

Verificación de parámetros.

Inspeccionar la limpieza de la unión.

Examinar la pasada raíz, e inspeccionarla.

Después de la soldadura.

Comprobar cotas (galgas, escuadras).

Ensayos no destruyivos RX, Ultrasonidos Particulas, Magneticas etc..

Detectar posibles discontinuidades.

Marcar zonas a reparar y posteriormente inspeccionarlas.

Preparar informe escrito.