

TITULO: Consideraciones teórico prácticas acerca de la soldadura de los aceros al carbono.

TITLE: Theoretical and practical considerations about the welding of carbon steels.

AUTORES:

Dr. C. Osmundo Héctor Rodríguez Pérez

PAÍS: Cuba

RESUMEN:

Se analizan los tres tipos de aceros al carbono y su clasificación desde el punto de vista de su soldabilidad. Se pueden observar los aspectos físico - químicos en la zona fundida, zona de transición y zona afectada por el calor. Existen varios aspectos en la tecnología de la soldadura de los aceros al carbono, tales como: preparación de los bordes, limpieza superficial, posición relativa de las piezas, precalentamiento, selección del material de aporte, deposición de los cordones, postcalentamiento, tratamiento térmico posterior y el control de la calidad de las uniones soldadas a tomar en cuenta para realizar la soldadura.

PALABRAS CLAVES:

SOLDADURA, TECNOLOGÍA DE LA SOLDADURA, ACEROS AL CARBONO

ABSTRACT:

The three types of carbon steels and their classification are analysed under the point of view of their weldability. It can be observe the physical –chemical aspects in the fusion zone, transition zone and heat affected zone. There are many different aspects in the technology of the welding of carbon steels, such as: preparation of the edges, surfaces cleaning, relative position of the pieces, preheat, selection of the filler metals, deposition of the beads, postheating, heat treatment before cooling and the quality control of the weld joints.

KEY WORDS:

WELDING, WELDING TECHNOLOGY, CARBON STEELS

INTRODUCCIÓN:

Los aceros al carbono son aleaciones de hierro y carbono que contienen otros elementos en pequeñas cantidades tales como: silicio, manganeso, azufre y fósforo. En estos aceros, el carbono constituye el segundo elemento de importancia después del hierro y con el aumento de la cantidad de éste se incrementa la resistencia, pero también la templabilidad, o sea, la capacidad de formar estructuras de mayor volumen específico, cuando se somete a

velocidades de enfriamiento rápidas las cuales son típicas de los procesos de soldadura. Los aceros al carbono, desde el punto de vista de la soldabilidad se clasifican de acuerdo al % de carbono en el acero.

Estos aceros son unos de los materiales mas empleados en la rama de la mecánica y en ocasiones existen serios problemas en el dominio de la tecnología mas adecuada para unir los mismos mediante procesos de soldadura.

El artículo de revista tiene como objetivo principal el de brindar al lector una tecnología general que contiene los aspectos mas correctos para unir estos materiales en diferentes situaciones que se puedan presentar en la práctica industrial y tiene como valor la experiencia en trabajos industriales y de investigaciones del autor en muchos años en la rama de la soldadura.

MATERIALES Y METODOS:

CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS AL CARBONO.

La clasificación de los aceros al carbono, desde el punto de vista de la soldabilidad se realiza de acuerdo al % de este elemento en el acero y se divide en tres grupos: aceros de bajo, medio y alto contenido de carbono, correspondiendo a estos las clasificaciones de buena, regular y mala.

Soldabilidad buena

Los aceros pertenecientes a este grupo son aquellos que pueden ser unidos mediante procesos de soldadura, sin que durante el desarrollo del proceso se presenten problemas, tales como: defectos, dificultad de ejecución del proceso, etc. Estos aceros tienen en general buena soldabilidad metalúrgica y entre algunos de ellos tenemos: aceros al carbono con contenidos de este elemento en cantidades menores a 0,3 %.

Soldabilidad regular (limitada o condicionada)

Los aceros pertenecientes a este grupo son aquellos que pueden ser unidos mediante procesos de soldadura pero aplicando técnicas auxiliares, tales como: precalentamiento, tratamiento térmico posterior, etc. Cuando se aplican correctamente estas, la unión soldada es de buena calidad. En general estos aceros tienen algunos problemas en la soldabilidad metalúrgica y entre ellos tenemos los aceros al carbono con contenidos de este elemento en valores entre 0,3 y 0,59 %.

Soldabilidad mala.

Los aceros pertenecientes a este grupo pueden ser unidos mediante los procesos de soldadura pero nunca con las propiedades mecánicas similares a las del material base. Estos aceros tienen mala soldabilidad metalúrgica y entre ellos tenemos los aceros al carbono con contenidos de este elemento en cantidades superiores al 0.6%.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS EN LA SOLDADURA DE LOS ACEROS AL CARBONO (ACEROS DE CONSTRUCCIÓN)

Las uniones soldadas se dividen en tres zonas: zona fundida (ZF), de influencia térmica (ZIT) y de transición (ZT) (Fig. 1).

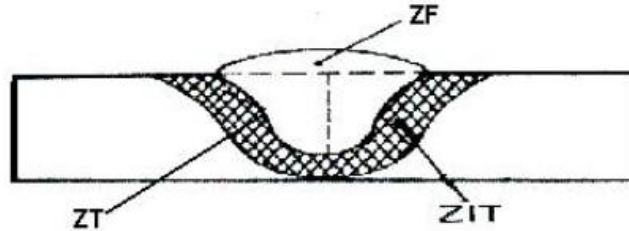


Fig. 1 Zonas de las uniones soldadas

En la **zona fundida** de estos materiales ocurren procesos de desoxidación, los cuales pueden efectuarse por los gases reductores presentes en la llama oxiacetilénica o por los elementos reductores que contienen electrodo.

En la **zona de influencia térmica** se presenta un tratamiento térmico variable de acuerdo con la distancia medida desde el centro de la costura hacia el material base.

En los aceros al carbono el óxido de hierro siempre se encuentra estable a temperatura ambiente y es reducido para evitar que este quede ocluido en la zona fundida y se afecten las propiedades mecánicas de las uniones soldadas.

En la soldadura con llama oxiacetilénica, la cual contiene en su zona intermedia CO , H_2 e H^+ las reacciones de reducción en la zona fundida son:



En la soldadura por arco eléctrico la reducción se realiza por el exceso de manganeso y silicio que tienen los electrodos de estos elementos según las siguientes ecuaciones:



Poco silicio y manganeso en el electrodo ocasiona que el exceso de óxido de hierro se elimine por el contenido de carbono en el acero de acuerdo a la siguiente ecuación:



Esto ocasiona una disminución del contenido de carbono en la unión soldada y por lo tanto se afectan las propiedades mecánicas de la misma y la posibilidad real de obtener poros en la unión soldada debido a la gran cantidad de CO existente [1].

En la zona de influencia térmica es necesario tener en cuenta otros factores tecnológicos, entre los cuales se encuentran el precalentamiento [1](#), y el tratamiento térmico posterior a las piezas [2].

Los aceros de bajo contenido de carbono no necesitan, desde el punto de vista anterior, de un precalentamiento en las piezas ya que en estas no se forman estructuras que disminuyen las propiedades mecánicas de la unión soldada, sin embargo en los aceros de medio contenido de carbono si es necesario aplicar un precalentamiento a la pieza antes de soldarla y mantener el calor durante la operación de soldeo para compensar, con la velocidad de enfriamiento mas lenta, el efecto perjudicial del aumento del carbono [3]. Además esto puede estar acompañado de un tratamiento térmico posterior para eliminar tensiones internas en la pieza. Existen fórmulas que permiten calcular con un buen sentido industrial la temperatura mínima de precalentamiento necesario y la temperatura entre cordones para obtener una unión soldada con las mejores propiedades mecánicas.

En los aceros de bajo contenido de carbono cuando los espesores son grandes las piezas deben precalentarse, no con el objetivo de disminuir la velocidad de enfriamiento de los cordones de soldadura sino de atenuar o eliminar las tensiones de contracción que se producen cuando se suelda con diámetros de electrodos grandes inherentes a estos casos.

El método que se aplica para la obtención de los pasos tecnológicos con vistas al establecimiento de la tecnología en cuestión consiste en la acumulación de conocimientos teóricos anteriores tanto desde el punto de vista teórico como práctico para al final llegar a la deducción de la tecnología que se persigue.

El precalentamiento no es más que el calor que se aplica antes del comienzo del proceso de la soldadura.

RESULTADOS DEL TRABAJO:

RECOMENDACIONES TECNOLÓGICAS PARA LA SOLDADURA DE LOS ACEROS AL CARBONO (ACEROS DE CONSTRUCCIÓN).

Estas recomendaciones se dividen en tres partes esenciales que son: preparación del trabajo, soldadura y acabado.

PREPARACIÓN DEL TRABAJO.

En la preparación del trabajo se deben tener en cuenta tres aspectos esenciales, que son: preparación de los bordes, limpieza superficial y colocación relativa de las piezas.

Preparación de los bordes

La preparación de los bordes se realiza para garantizar la fusión de la raíz de la costura y las dimensiones de estos dependen, principalmente, del espesor de la pieza que se va a soldar, esta se puede realizar mediante medios mecánicos (mecanizados) o por oxicorte, dependiendo esto de las posibilidades tecnológicas, calidad y costo. Después de la preparación por oxicorte se debe eliminar todo posible surco o irregularidad mediante desbaste con disco. La preparación de los bordes de uniones a tope, en T, etc. se debe seleccionar de acuerdo a las normas y especificaciones correspondientes.

Limpieza superficial.

Previo al proceso de soldadura se debe realizar la limpieza superficial de los bordes, y esto tiene una influencia determinante en las propiedades mecánicas de la costura, debido a que pueden quedar ocluidos en la misma óxidos y otros materiales que dificultan la ejecución del proceso de soldadura.

Los bordes de soldadura no deben tener en su superficie: grasas, aceites, pinturas, óxidos, tierra, arena, etc. En el momento de ejecutar la soldadura los bordes deben estar secos y en el caso de soldar con lluvia, viento fuerte, etc. se debe disponer de las medidas necesarias para evitar problemas en la calidad de la soldadura y sobre todo con la protección de los obreros.

Colocación relativa de las piezas.

La posición relativa de los bordes de soldadura debe estar garantizada antes de realizar la ejecución del proceso, esta presupone que las piezas deben ser colocadas y fijadas de tal manera que aseguren una posición de la sección transversal en las mismas que no sean causas de defectos en la posterior unión soldada, o sea, la separación y el desnivel de los bordes deben ser los mínimos posibles, mucha separación entre las piezas puede causar una grieta y un desnivel muy grande puede ocasionar la falta de penetración en una de las piezas. En la figura 2 se muestran estos dos factores anteriormente citados.

Se deben mantener las medidas que exige la norma en cuanto a la separación de las piezas y el desnivel entre ellas. Se prohíbe lograr esto mediante calor a fuerzas externas y al soldar piezas de espesores diferentes se debe mecanizar la más gruesa, debido a que la velocidad de enfriamiento en esta plancha es mayor y puede ocasionar el surgimiento de grietas, por esto se debe eliminar parte del material de la plancha mas gruesa en una longitud determinada.

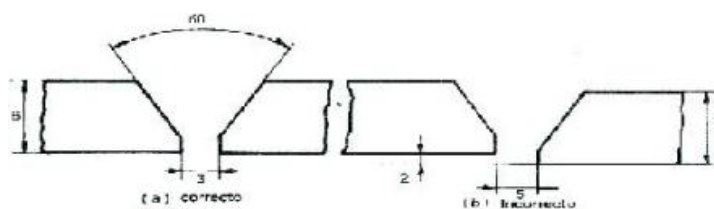


Fig. 2. Posiciones relativas de los bordes de soldadura de formas correctas e incorrectas

En el caso de soldadura de tuberías se debe garantizar mediante dispositivos y punteado la planicidad y concentricidad de dichas tuberías. El punteado se debe eliminar en piezas de aceros de medio contenido de carbono y pueden permanecer en piezas de aceros de bajo contenido de carbono siempre y cuando los puntos no estén agrietados.

SOLDADURA

El desarrollo del proceso de soldadura se compone de 4 partes fundamentales que son: precalentamiento, selección del material de aporte, ejecución del cordón de la raíz y del cordón (es) de relleno.

Precalentamiento

En piezas de acero de bajo contenido de carbono no es necesario el precalentamiento desde el punto de vista estructural, no obstante cuando el espesor es grande se recomienda una temperatura de precalentamiento mínima de $(100-150)^\circ \text{C}$. En piezas de aceros de medio contenido de carbono y teniendo en cuenta el espesor de la pieza y tipo de unión soldada, etc. se debe aplicar un precalentamiento y un mantenimiento de esta temperatura en los cordones sucesivos. El precalentamiento se puede ejecutar mediante los siguientes procesos: llama, calentador eléctrico, por inducción, etc.

Selección del material de aporte

La selección del material de aporte para el caso de los aceros de bajo y medio contenido de carbono se debe realizar de manera tal de garantizar las propiedades mecánicas que se necesitan en el material base especialmente la resistencia a la tracción. Además se debe tener en cuenta el tipo de revestimiento a utilizar, la posición de la soldadura, etcétera.

Ejecución del cordón de la raíz

Se debe seleccionar un electrodo que garantice la penetración de la raíz, en algunos casos celulósicos y con diámetros pequeños, el tipo de corriente puede ser alterna (CA) o directa (CD) con la polaridad de acuerdo a lo especificado por el fabricante del electrodo a utilizar. Se debe seleccionar la magnitud de la intensidad de la corriente eléctrica (I) y la tensión eléctrica (V), garantizando la penetración completa con un exceso de $(1-3) \text{ mm}$. No se debe admitir exceso de penetración.

Ejecución del cordón (es) de relleno

Cuando el espesor es grande es necesario depositar el cordón de la raíz y además llenar el bisel con otros cordones, para realizar esto se debe seleccionar un electrodo que garantice buena cantidad de depósito de los cordones de relleno, en los casos que se requiera buena calidad se recomiendan electrodos básicos. El tipo de corriente puede ser alterna (CA) o directa (CD) con la polaridad de acuerdo a lo especificado por el fabricante del electrodo a utilizar. Se debe seleccionar la magnitud de la intensidad de la corriente eléctrica (I) y la tensión eléctrica (V) y se debe eliminar la escoria de los cordones cuidadosamente. El refuerzo no debe ser superior a 3 mm cuando el espesor es hasta 12 mm y de 4 mm para espesores superiores.

ACABADO.

En el acabado de la unión soldada se deben observar 3 aspectos que son: postcalentamiento, tratamiento térmico posterior y control de la calidad.

Postcalentamiento

En piezas de acero de alto contenido de carbono, espesores grandes y temperaturas de trabajo muy bajas, se recomienda que inmediatamente después de ejecutado el proceso de soldadura las piezas se calienten a una temperatura uniforme de (150-200) °C y el enfriamiento debe ser lento. Se puede controlar con lápices de temperatura.

Tratamiento térmico posterior

El tratamiento térmico posterior debe aplicarse en las condiciones siguientes: cuando el espesor es igual o superior a los 20 mm o cuando la temperatura de trabajo sea inferior a 0 °C y el espesor sea mayor de 9 mm .

El tratamiento térmico posterior para la eliminación de las tensiones en las uniones soldadas se debe realizar a una temperatura entre 600 y 650 ° C

Control de la calidad

El control de la calidad se debe ejecutar de acuerdo a la importancia del trabajo de la pieza y los exámenes más importantes son: visual, radiográfico, partículas magnéticas, líquidos penetrantes, ultrasonido, hermético, etc.

CONCLUSIONES:

1. Se describen los aspectos teóricos necesarios para la comprensión de la tecnología correcta para la soldadura de los aceros al carbono, entre los cuales se encuentran: soldabilidad, zonas de las uniones soldadas y aspectos físico – químicos que se presentan en las mismas.
2. Se establecen los pasos tecnológicos necesarios para la soldadura de los aceros al carbono, que son: preparación de los bordes, limpieza superficial, colocación relativa de las piezas, precalentamiento, selección

del material de aporte, ejecución del cordón de la raíz y de los de relleno, postcalentamiento, tratamiento térmico posterior y el control de la calidad.

BIBLIOGRAFÍA:

1. ASM. Metals Handbook: welding handbook. EUA. ASM Handbook Committee, 1971. 734p.
2. AWS. Welding handbook metals and their weldability. EUA: American Welding Society, 1986. 583p
3. Rodríguez Pérez, Héctor: Metalurgia de la Soldadura . La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1998. 613p.
4. CIME. Manual de recuperación de piezas. Venezuela: Editorial Consejo de Publicaciones de la Universidad de los Andes, 1994. 403p.
5. Rodríguez Pérez, Osmundo Héctor: Soldabilidad de los aceros al carbono. México. D.F: Instituto Politécnico Nacional, 1992. (Conferencia Magistral dictada en la "Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica").

DATOS DE LOS AUTORES:

Nombre:

Dr. C. Osmundo Héctor Rodríguez Pérez. Profesor Auxiliar

Correo:

hector@facing.uho.edu.cu

Centro de trabajo:

Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Facultad de Ingeniería: Dpto. de Ing. Mecánica. Avenida XX Aniversario Km 5 ½.