



UF1672: Soldadura oxigás

Certificado de Profesionalidad
*FMEC0210 - Soldadura oxigás y
soldadura MIG/MAG*



FMEC0210 > MF0098_2 > UF1672

Soldadura oxigás. FMEC0210

Joaquín González Pérez

ic editorial

Soldadura oxigas. FMEC0210
Autor: Joaquín González Pérez

1ª Edición

© IC Editorial, 2014

Editado por: IC Editorial

C.I.F.: B-92.041.839

c/ Cueva de Viera, 2, Local 3 Centro Negocios CAD

29200 ANTEQUERA, Málaga

Teléfono: 952 70 60 04

Fax: 952 84 55 03

Correo electrónico: iceditorial@iceditorial.com

Internet: www.iceditorial.com

IC Editorial ha puesto el máximo empeño en ofrecer una información completa y precisa. Sin embargo, no asume ninguna responsabilidad derivada de su uso, ni tampoco la violación de patentes ni otros derechos de terceras partes que pudieran ocurrir. Mediante esta publicación se pretende proporcionar unos conocimientos precisos y acreditados sobre el tema tratado. Su venta no supone para **IC Editorial** ninguna forma de asistencia legal, administrativa ni de ningún otro tipo.

Reservados todos los derechos de publicación en cualquier idioma.

Según el Código Penal vigente ninguna parte de este o cualquier otro libro puede ser reproducida, grabada en alguno de los sistemas de almacenamiento existentes o transmitida por cualquier procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito de IC EDITORIAL; su contenido está protegido por la Ley vigente que establece penas de prisión y/o multas a quienes

intencionadamente reprodujeran o plagiaran, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica.

ISBN: 978-84-17086-73-2

Nota de la editorial: IC Editorial pertenece a Innovación y Cualificación S. L.

Presentación del manual

El **Certificado de Profesionalidad** es el instrumento de acreditación, en el ámbito de la Administración laboral, de las cualificaciones profesionales del Catálogo Nacional de Cualificaciones Profesionales adquiridas a través de procesos formativos o del proceso de reconocimiento de la experiencia laboral y de vías no formales de formación.

El elemento mínimo acreditable es la **Unidad de Competencia**. La suma de las acreditaciones de las unidades de competencia conforma la acreditación de la competencia general.

Una **Unidad de Competencia** se define como una agrupación de tareas productivas específica que realiza el profesional. Las diferentes unidades de competencia de un certificado de profesionalidad conforman la **Competencia General**, definiendo el conjunto de conocimientos y capacidades que permiten el ejercicio de una actividad profesional determinada.

Cada **Unidad de Competencia** lleva asociado un **Módulo Formativo**, donde se describe la formación necesaria para adquirir esa **Unidad de Competencia**, pudiendo dividirse en **Unidades Formativas**.

El presente manual desarrolla la Unidad Formativa, **UF1672: Soldadura oxigás,**

perteneciente al Módulo Formativo, **MF0098_2: Soldadura y proyección térmica por oxigás,**

asociado a la unidad de competencia **UC0098_2: Realizar soldaduras y proyecciones térmicas por oxigás,**

del Certificado de Profesionalidad **Soldadura oxigás y soldadura MIG/MAG.**

Índice

Portada

Título

Copyright

Presentación del manual

Capítulo 1 Fundamentos de soldadura

1. Introducción
 2. Normativas internacionales más usuales
 3. Concepto de soldabilidad
 4. Clasificación, aplicación y soldabilidad de los metales
 férreos y no férreos
 5. Dimensiones comerciales para chapas, perfiles y tubos
 6. Estudio de la deformación plástica de los metales
 7. Tipos y características del metal base y del metal de
 aportación
 8. Balance térmico de los procesos de soldeo
 9. Zonas de la unión soldada
 10. Velocidad de enfriamiento de la soldadura
 11. Precalentamiento
 12. Dilataciones, contracciones, deformaciones y
 tensiones producidas en la soldadura. Causas,
 consecuencias y corrección
 13. Tipos y aplicación de los tratamientos térmicos
 postsoldadura
 14. Especificaciones de un procedimiento de soldadura.
 Parámetros de soldeo a tener en cuenta
 15. Resumen
- Ejercicios de repaso y autoevaluación

Capítulo 2 Proceso de soldeo por oxigas

1. Introducción
 2. Características del equipo de soldeo oxigas, descripción de elementos y accesorios
 3. Características y propiedades de los gases empleados en el soldeo oxigas. Presiones y regulación de los gases. Embotellado de los gases
 4. Características y aplicaciones de los diferentes tipos de llama. Encendido, regulación y apagado de la llama. Zonas de la llama
 5. Instalación, puesta a punto y manejo del equipo de soldeo por oxigas
 6. Mantenimiento de primer nivel del equipo de soldeo por oxigas
 7. Variables a tener en cuenta en el soldeo oxigas
 8. Técnicas de soldeo para soldeo oxigas
 9. Selección de parámetros de soldeo
 10. Aplicación práctica de soldeo oxigas de chapas, perfiles y tubos de acero al carbono
 11. Resumen
- Ejercicios de repaso y autoevaluación

Capítulo 3 Inspección de las uniones soldadas

1. Introducción
2. Códigos y normas de inspección
3. Inspección visual antes, durante y después de la soldadura
4. Tipos y detección de defectos internos y externos de la soldadura. Causas y correcciones
5. Ensayos no destructivos usados para la detección de errores de soldadura: tipos, descripción, técnica, etapas y desarrollo de cada ensayo. Interpretación de resultados

6. Utilización de cada ensayo para la localización de diferentes defectos
 7. Resumen
- Ejercicios de repaso y autoevaluación

Capítulo 4 Proceso de proyección térmica por oxigas

1. Introducción
 2. Fundamentos de la proyección térmica
 3. Características del equipo de proyección térmica por oxigas. Descripción de elementos y accesorios
 4. Metal base y metales de aporte
 5. Preparación de la superficie a recubrir
 6. Variables a tener en cuenta en la proyección térmica
 7. Aplicaciones típicas
 8. Inspección visual. Detección y análisis de defectos
 9. Resumen
- Ejercicios de repaso y autoevaluación

Capítulo 5 Normativa de Prevención de Riesgos Laborales y medioambientales en la soldadura y proyección térmica

1. Introducción
 2. Técnicas y elementos de protección. Evaluación de riesgos
 3. Gestión medioambiental. Tratamiento de residuos
 4. Aspectos legislativos y normativos
 5. Resumen
- Ejercicios de repaso y autoevaluación

Bibliografía

Capítulo 1

Fundamentos de soldadura

1. Introducción

En este primer capítulo, se va a realizar una exposición general del proceso y las condiciones de soldadura.

Dicho proceso industrial se consolidó a principios del siglo XIX y hoy en día se presenta a la sociedad como un elemento fundamental y necesario a la hora de realizar grandes construcciones navales y civiles, como pueden ser los grandes buques soldados o los impresionantes puentes metálicos.

Hay que destacar que el proceso de soldadura lleva implícito el metal y, por tanto, la descripción del metal base también será objeto de indagación en este capítulo.

Por último, se descubrirá la influencia de una serie de factores que influyen en la calidad y en el estado final de las piezas soldadas.

2. Normativas internacionales más usuales

Dada la importancia que tienen los elementos y las construcciones soldadas, el proceso de soldeo es una tarea

industrial altamente normalizada y en la que se pretenden reducir al mínimo las improvisaciones en la ejecución de las soldaduras.

Aunque existen algunas similitudes en el fondo del contenido de las distintas normas de soldadura en el mundo, cada país o conjunto de países tiene las suyas.

2.1. Normativas más usuales

Se pueden distinguir dos grandes grupos de normativas aplicadas a la soldadura. La mayoría de las construcciones soldadas se rigen por un grupo u otro, o por una combinación de normativas de ambos grupos.

Normativa americana (ANSI/AWS)

El primer grupo de normas es el asociado a las siguientes entidades americanas:

- American National Standards Institute (ANSI).
- American Welding Society (AWS).

La norma fundamental adscrita a estas sociedades es la norma **ANSI/AWS D1.1/D1.1M:2010 - Structural Welding Code - Steel.**

En dicha norma, están recogidos los requisitos que deben cumplir las estructuras soldadas. Cuando en un pliego de condiciones se estipula que la construcción se regirá por la AWS D1.1, dicha norma se hace de cumplimiento obligatorio en esa construcción y, por tanto, se deben tener en cuenta todos los aspectos tratados por la misma.

Entre los aspectos más importantes que se exponen en la norma, destacan:

- **Requisitos generales de soldadura:** se incluye información sobre el alcance de la norma, definiciones y las responsabilidades de las distintas partes que entran en la elaboración de las uniones soldadas.
- **Diseño de conexiones soldadas:** se expone la forma que debe cumplir el diseño de las uniones que posteriormente se van a soldar. Entre los aspectos tratados, está la separación de bordes, la preparación de los mismos, etc.
- **Cualificación:** introduce los requisitos necesarios para realizar un procedimiento de soldadura.
- **Fabricación:** en este punto, introduce los criterios y requisitos aplicables al montaje de estructuras metálicas.
- **Inspección:** recoge el protocolo de actuación de los ensayos de las uniones soldadas, así como las cualificaciones que se deben cumplir a la hora de realizar cada ensayo.

Otra normativa americana importante asociada a estas dos asociaciones es la **ANSI/ASHTO/AWS D1.5**. Este código es el aplicado para la soldadura en puentes metálicos. Cabe destacar que esta normativa solo se puede aplicar para soldadura de metales de más de 3 mm de espesor.



Sabía que...

La normativa que se debe aplicar en las distintas construcciones metálicas viene determinada por el pliego de condiciones de la misma y no por el país en el que se realiza. Por tanto, se pueden encontrar en

España construcciones soldadas normalizadas por la norma AWS D1.1.

Normativa europea (EN)

Otro grupo de normas relacionadas con la técnica de la soldadura son las incluidas en las normas EN (Euronormas Europeas). A diferencia de la AWS D1.1, que aglutina casi todos los temas relacionados con la soldadura, en la normativa europea hay normas individuales para cada aspecto relacionado.

Estas normas europeas se transponen en cada país miembro de la Unión. Así, se encontrarán las normas UNE-EN en España, las normas BS-EN en Reino Unido, etc., pero su contenido es prácticamente el mismo, aunque, eso sí, traducido al idioma de cada país.

A continuación, se exponen las principales normas en vigor relacionadas con la soldadura:

- **UNE-EN ISO 15614-1:2005:** Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco y con gas de aceros y soldeo por arco de níquel y sus aleaciones. (ISO 15614-1:2004).
- **UNE-EN 287-1:2004/A2:2006:** Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros.
- **UNE-EN14610:2006:** Soldeo y procesos afines. Definiciones de los procesos de soldeo para metales.
- **UNE-EN 13133:2001:** Soldeo fuerte. Cualificación de soldadores de soldeo fuerte.



Actividades

1. ¿Puede un proyecto español realizar el control de calidad de soldaduras según normativa AWS? Justificar la respuesta.
-

3. Concepto de soldabilidad

Se considera que un material es soldable o que cumple la propiedad de soldabilidad cuando, mediante una técnica determinada, se puede conseguir la continuidad entre distintas partes del material que se unen. A esta técnica se la denomina soldeo.



Definición

Soldeo

Conjunto de acciones o tareas que se deben realizar para tener una unión soldada de dos piezas.

Soldadura

Unión obtenida, es decir, resultado de aplicar sobre las partes el proceso de soldeo.

Por tanto, el soldeo es un proceso de unión en el que existe continuidad entre las distintas partes que se unen.

Hay distintas formas de realizar dicho proceso:

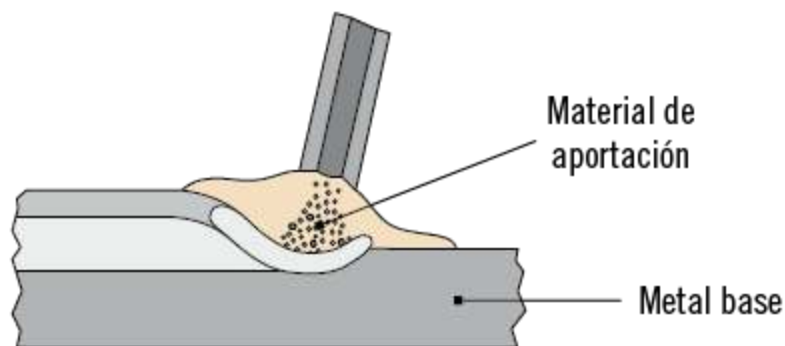
- Con o sin aporte térmico (calentamiento).

- Con o sin aplicación de presión.
- Con o sin aporte de otro material.

En el proceso de soldeo, por tanto, pueden aparecer dos materiales:

- **Material base o metal base:** aquel metal que va a ser sometido al procedimiento de soldeo y del que se pretende tener una unión con continuidad.
- **Material de aportación o metal de aportación:** material que en determinados procesos de soldadura se debe aportar para conseguir una óptima continuidad en el proceso de unión del metal base.

Representación del material de aportación y el metal base en un proceso de soldeo (soldadura con electrodo revestido)



3.1. Condiciones de soldabilidad

Tal y como se ha visto, la soldabilidad es una propiedad que tienen determinados metales o aleaciones de los mismos para formar uniones continuas mediante un proceso de soldeo. Pero hay que destacar que influyen algunos aspectos para que dicha unión sea óptima.



Definición

Aleación de metal

Mezcla homogénea con características metálicas. Dicha mezcla puede constituirse por dos o más elementos, siendo indispensable que al menos uno de ellos sea un metal. Para la fabricación de las aleaciones, se eleva la mezcla a altas temperaturas para conseguir que sus componentes se fundan.

Las aleaciones más importantes se constituyen por:

┆ Elementos metálicos:

- ┆ Hierro (Fe).
- ┆ Aluminio (Al).
- ┆ Cobre (Cu).
- ┆ Plomo (Pb).

┆ Elementos no metálicos:

- ┆ Carbono (C).
- ┆ Silicio (Si).
- ┆ Azufre (S).
- ┆ Fósforo (P).

Entre los aspectos que influyen en la soldabilidad de los metales, cabe destacar:

- En soldeo por calentamiento o fusión, la temperatura de fusión, el calor específico y el calor latente de fusión, determinarán la energía calorífica necesaria para fundir el material y que, por tanto, se debe añadir.

Si el material es buen conductor del calor, permitirá una rápida entrada de calor y un enfriamiento rápido. Si la adición de calor no es suficiente, se pueden producir faltas de fusión y en secciones gruesas se puede producir una penetración insuficiente. Por otro lado, si el calor suministrado es excesivo, se puede llegar a agujerear como consecuencia de su quemado

Definición de calor latente de fusión: calor o energía calorífica necesaria cambiar de fase sólida a líquida. En el caso de los metales, es el calor necesario para fundir el metal.

- Para que un material presente buenas características de soldabilidad, es imprescindible que se encuentre exento de algunos contaminantes, como pueden ser óxidos, aceites, suciedad, pintura, etc. Dichos contaminantes pueden conducir a una porosidad no deseable en la soldadura.



Porosidad en un cordón de soldadura

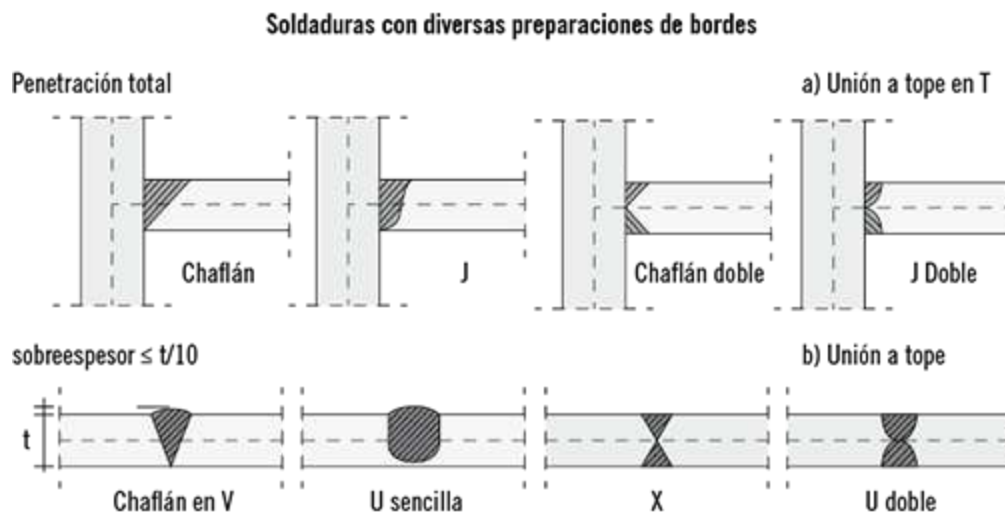
- Otro factor que influye en la soldabilidad de los metales es la contracción por solidificación, que puede originar en el metal base esfuerzos internos que dan

lugar a distorsiones y agrietamientos. Este problema se puede resolver usando un material de aporte menos aleado y más dúctil.

Definición de ductilidad: propiedad que presentan algunos metales y aleaciones de los mismos, consistente en que, si se aplica sobre ellos un esfuerzo, pueden llegar a deformarse de manera sostenible sin llegar a romperse.

- Un factor que ayuda y que se hace fundamental en el soldeo de algunos materiales es el precalentamiento del material base para evitar la fragilidad de la soldadura.
- El espesor de las piezas a unir y el diseño de la unión (biselado o preparación de bordes) tiene gran influencia en el calentamiento y enfriamiento de la soldadura y, por tanto, influye de manera notable en la soldabilidad.

A continuación, se presentan diversas preparaciones de bordes. Dichas preparaciones consisten en el rebaje de una o de las dos partes que se van a unir mediante soldadura para favorecer la continuidad de esta.



Además de estos factores o requisitos generales de soldabilidad, existen otros relacionados con el material base al que se aplica la soldadura. Dichos factores o requisitos se verán más adelante.



Recuerde

El material base es aquel que constituye las partes que se quieren unir mediante soldeo.



Actividades

2. ¿Cómo se pueden resolver los problemas que generan las contracciones por solidificación en la soldadura?
-

4. Clasificación, aplicación y soldabilidad de los metales férreos y no férreos

A continuación, se va a hacer un recorrido por la clasificación general de los procesos de soldeo. También se verán sus aplicaciones más importantes y los criterios de soldabilidad asociados a los materiales.

4.1. Clasificación de los procesos de soldeo

Hay distintos criterios de clasificación del soldeo y, por tanto, de la soldadura. Entre ellos, se van a ver aquel que se centra en la igualdad o diferencia entre las partes que se unen (soldadura homogénea o heterogénea) y el que clasifica los procesos de soldeo por la fase en la que se encuentran las partes que se sueldan.

Soldadura homogénea y heterogénea

Estos dos tipos de soldadura se diferencian en lo siguiente:

- **Soldadura homogénea:** soldadura que se hace entre dos partes metálicas de las mismas características sin usar material de aporte o usando un material de aporte con las mismas características que el metal base que se suelda. Por ejemplo la unión de dos partes de acero al carbono como metal base con un hilo de características similares al acero al carbono.
- **Soldadura heterogénea:** soldadura que se hace entre dos partes metálicas de distintas características y el material de aporte usado para unir las también tiene diferentes características. Por ejemplo unir una parte de hierro fundido con otra de acero al carbono, usando como material de aporte una aleación de níquel.

Soldaduras homogénea y heterogénea



Soldadura homogénea



Soldadura heterogénea



Soldadura heterogénea

Clasificación de los procesos de soldeo

Los procesos de soldeo se pueden clasificar de forma general en:

- **Soldeo por fusión:** se produce siempre la fusión del material base y del material de aportación en el caso de que se use. Existirá, por tanto, una fase líquida que estará formada por material base o por material base + material de aportación.
- **Soldeo en estado sólido:** nunca se da una fase líquida, es decir, que nunca se fundirá ni el material base ni el material de aportación en el caso de usarse.
- **Soldeo fuerte y blando:** procesos en los que la única fase líquida que aparece es el metal de aportación. Por tanto, son procesos en los que se usa material de aportación, fundiéndose el mismo, pero el material base no se funde.



Sabía que...

La diferencia entre soldeo fuerte y blando está en la temperatura de fusión del material de aportación. Así, en el soldeo fuerte, este funde a temperaturas mayores de 450 °C, mientras que, en el blando, la fusión se produce a 450 °C o temperaturas inferiores.



Actividades

3. Según los criterios anteriormente vistos, clasificar las siguientes soldaduras:
 - a. Soldadura entre acero al carbono y acero al carbono, usando electrodos de acero al carbono. Se produce una fusión completa del conjunto.
 - b. Soldadura entre acero y aluminio. Se usa como metal de aportación una aleación adecuada. Al soldar, no se funde ni el acero ni el aluminio, pero sí el metal de aportación. La temperatura de soldeo es de 500 °C.
 - c. Soldadura entre acero inoxidable y acero inoxidable, usando como material de aportación acero inoxidable, no fundiéndose ninguna parte en la soldadura.
-

4.2. Aplicaciones de la soldadura

Las aplicaciones más importantes de la soldadura se encuentran en las construcciones metálicas unidas mediante soldadura. Cabe destacar que no todas las construcciones metálicas siempre se realizan mediante soldeo, ya que, en algunos casos, también proliferan las uniones atornilladas.

Dentro de estas construcciones metálicas, destacan:

- Los puentes metálicos.
- Los buques o barcos.

Puentes metálicos soldados

A lo largo de la historia, se ha intentado optimizar económicamente la construcción de estas enormes estructuras civiles. Un gran paso fue la introducción en ellos del acero. Mucho de los puentes contruidos con acero son soldados y algunos, en su estructura, incluyen hormigón, formándose lo que se llama **puentes de tablero mixto**.

En los puentes metálicos, es imprescindible tener en cuenta la protección contra la corrosión de los mismos. La manera de protegerlos es un tratamiento superficial mediante unas pinturas determinadas o usando el acero corten o auto-oxidante, que crea en su superficie una pequeña capa de óxido, impidiendo que se corroa el interior del metal.



Trabajos de soldadura en un puente metálico en un taller metalúrgico

Barcos o buques

Otras construcciones metálicas muy importantes son las construcciones navales. Dichas construcciones tienen unos requisitos muy estrictos en cuanto a calidad de soldaduras, ya que el ambiente en el que se encontrarán es el más desfavorable para la estructura metálica: el ambiente marino. Dicho ambiente favorece altamente la corrosión del metal. Por esta circunstancia, los barcos o buques metálicos se tratan superficialmente con pinturas especiales y además se recomienda el repintado de los mismos en un plazo de tiempo coherente.

Además de la protección superficial, hay veces que, por determinadas circunstancias, diversas partes del barco pueden llegar a romperse y se hace necesario el uso de la soldadura para su reparación.



Trabajos de soldadura en el casco de un barco



Actividades

4. Investigar y poner dos ejemplos de puentes metálicos soldados.
-

4.3. Soldabilidad de los metales férreos y no férreos

Hay determinadas características y elementos asociados a los metales o materiales base en los que se aplica el proceso de soldeo que influyen de manera muy importante en su característica de soldabilidad.

Materiales ferrosos

En el conjunto de materiales ferrosos, se va a estudiar la soldabilidad de los aceros al carbono, los aceros inoxidables y el hierro fundido.

Aceros al carbono

Los aceros al carbono se sueldan sin dificultad cuanto menor sea el porcentaje de carbono que contengan.

En los aceros con alto contenido en carbono, se puede formar la martensita, que puede dar lugar a la aparición de esfuerzos adicionales en la estructura soldada. Para reducir la formación de este compuesto, se recomienda precalentar la estructura a soldar.



Cordón de soldadura ejecutado en acero al carbono



Definición

Martensita

Producto de la fusión del acero que tiene características de dureza y fragilidad elevadas. Puede aparecer en la soldadura de aceros con alto contenido en carbono.

Aceros inoxidables

Estos aceros son aleaciones complejas en las que intervienen un gran número de elementos para conseguir la resistencia a la corrosión del acero. Para que los aceros inoxidable tengan una aceptable soldabilidad, el metal aportado debe presentar características lo más similares posible al metal base, desde el punto de vista mecánico, de composición química y de resistencia a corrosión.

Dentro de los aceros inoxidable, se encuentran los aceros austeníticos, que contienen cromo y níquel. Estos presentan excelentes propiedades en cuanto a su soldabilidad. Además, estos materiales son altamente tenaces, dúctiles y tienen una alta resistencia a la corrosión. Se recomienda su precalentamiento antes de soldar para lograr una soldadura aceptable entre dos partes de acero austenítico.



Soldadura de acero inoxidable

Hierro fundido

La soldabilidad de los hierros fundidos es muy variable. En la mayoría de los casos, su soldadura se realiza por arco eléctrico y usando un material de

aportación con alto contenido en níquel para estabilizar el grafito.

Para favorecer la soldabilidad del hierro fundido, se recomienda realizar un calentamiento previo (precalentamiento) y un enfriamiento lento de la soldadura.



Reparación de un motor mediante soldadura de hierro fundido



Actividades

5. Buscar tres ejemplos de construcciones con hierro fundido.
-

Materiales no ferrosos

Son materiales no ferrosos aquellos que no incluyen en su composición hierro. Entre ellos, se van a destacar materiales con bajo punto de fusión (que funden a baja temperatura), como el estaño y el plomo, y otros materiales, como el aluminio y cobre, que presentan una

gran importancia en la industria de transformación de metales.

Materiales con bajo punto de fusión (estaño y plomo)

Estos materiales se sueldan fácilmente. Lo único que se debe tener en cuenta es que la entrada de calor sea baja para que no se produzca un sobrecalentamiento. Esta soldadura se aplica en las reparaciones de elementos y piezas eléctricas.



Soldadura de estaño

Aluminio y sus aleaciones

El aluminio y sus aleaciones son fácilmente soldables. Para su proceso de unión, se aplica una envoltura de gas inerte. Para una soldabilidad adecuada del aluminio, se debe evitar la presencia de humedad, ya que el agua puede reaccionar y provocar oxidación, que da una fragilidad indeseable a la unión soldada.



Unión soldada de piezas de aluminio

Cobre y sus aleaciones

El cobre, si no se encuentra oxidado, se suelda de manera sencilla. Dicha característica de soldabilidad se mejora si el material de aportación elegido para el soldeo es fósforo, que provoca la desoxidación inminente del cobre.

Hay un tipo de cobre especial, denominado cobre ETP, que no se puede soldar en presencia de hidrógeno, debido a que su alto contenido en oxígeno puede dar lugar a la formación de agua y dióxido de carbono, que fragilizan la soldadura.



Soldadura de tuberías de cobre

Níquel y sus aleaciones