

**INDURA**

**Biblioteca Técnica  
Documento N°2**

**SOLDADURA GMAW  
EN ACEROS AL CARBONO**

*Investigación y Desarrollo en Soldadura*



## Visión Global

Hoy en día la soldadura MIG es el proceso que se utiliza más extensamente para soldar acero al carbono. Aunque el porcentaje exacto varía según el país, para los países desarrollados es típicamente entre 55 y 65%. Este alto nivel de uso se debe a que el proceso es versátil, y puede utilizarse para soldar metal en planchas desde aproximadamente 0.6 mm hasta planchas de espesores por sobre 100mm. La soldadura puede efectuarse manual, automática o robóticamente.

El término 'acero al carbono' cubre una amplia variedad de diferentes tipos de material y estos se discuten con detalle en el documento técnico N° 1 de "Aceros al Carbono".

Antes de que comience el proceso de soldadura, existen varios factores clave que deben considerarse.

Estos incluyen

- Tipo y espesor del acero al carbono a soldar.
- A qué norma de calidad se efectuará la fabricación.
- Dónde y cómo se soldarán los componentes.
- El número de unidades que se producen en un periodo de tiempo determinado.

Con esta información, se pueden tomar decisiones sobre:

- El tamaño de la fuente de energía que se requiere para soldar.
- El tamaño y el tipo de alambre de aporte.
- El tipo de gas de protección que se necesita.
- Si la soldadura se efectuará manualmente o utilizando algún tipo de técnica automatizada.

La soldadura MIG de aceros al carbono puede ser relativamente simple si se tiene cuidado al ajustar el equipamiento correcto y al asegurarse de que los productos a soldar estén limpios y bien preparados. El metal de aporte de acero al carbono es bastante fluido y es más fácil controlar el baño de fusión que con otros materiales.

## Soldadura MIG con acero al carbono de una palanca de levantamiento



Sin embargo, esto no significa que un operador que no esté capacitado pueda producir soldaduras a un nivel aceptable. Un control inadecuado del proceso, producto de la falta de destreza o de conocimiento, solo aumentará las tasas de rechazo y disminuirá la rentabilidad.

### Equipo

Las máquinas convencionales para el proceso MIG son rectificadores-transformadores, y estas son fuentes de energía de 'voltaje constante', con características planas, para mantener una longitud del arco constante durante la soldadura. Con estos, el soldador deberá fijar la corriente mediante el control de la velocidad de alimentación del alambre e igualar el voltaje para satisfacer el tamaño del alambre, la posición de la soldadura, el tipo de aleación, el gas de protección y espesor de la plancha.

### Diseño típico del equipo de soldadura MIG



# INDURA

Las fuentes de energía más nuevas, electrónicas, inversoras y sinérgicas utilizan sistemas de retroalimentación y parámetros de soldadura pre-programados para quitar algo del control del soldador en cuanto a cómo pueden fijar las condiciones en la máquina. Esto se hace para proporcionar al soldador los mejores parámetros para la soldadura en una aplicación en particular.

No existen requerimientos especiales para el equipo MIG para soldar aceros al carbono. Sin embargo, el usuario debería asegurarse de que la fuente de energía que ha elegido tenga suficiente capacidad de corriente y de voltaje para operar dentro del ciclo de funciones para la tarea.

## **Soldadura MIG de aceros al carbono de un armazón por un robot**



Si existen ciclos de funciones elevados, combinados con elevadas corrientes de soldadura, se recomienda utilizar pistolas MIG enfriadas por agua, en lugar de pistolas MIG enfriadas por aire. La necesidad puede acentuarse si se utilizan gases basados en argón, debido al alto nivel de calor refractado y la pérdida del efecto de enfriamiento, cuando se compara con el anhídrido carbónico. Las pistolas MIG enfriadas por agua también se recomiendan para aplicaciones de soldadura automatizadas y robotizadas.

### **Consumibles**

Los alambres de aporte para los aceros al carbono se seleccionan para satisfacer las propiedades mecánicas del metal base, y esto suele implicar el satisfacer la composición química lo mejor posible. Los alambres pueden suministrarse cubiertos por cobre o no cubiertos por cobre.



### Rollo de alambre MIG de acero al carbono



#### Alambres MIG Doble-poder desoxidante

Dentro de esta categoría se encuentra el grupo más utilizado, para todo propósito, de alambres MIG. Existen varios grupos de consumibles con diversos niveles de Mn y Si. Se producen para adaptarse no solo a la especificación química, sino también a los requerimientos de propiedades mecánicas. Estos alambres son capaces de dar soldaduras de alta calidad, cumplir las normas radiográficas, y buenas propiedades mecánicas, con resistencia a la tracción de la soldadura de hasta 600 MPa, y que incluyen impactos de -30°C o menores.

Los alambres con altos niveles de Mn y Si, tales como los productos G3Si1 Europeos y S-6 Americanos, producen soldaduras con alta resistencia y buenas características radiográficas. Con altos contenidos de Mn y Si, las soldaduras depositadas con estos alambres tienden levemente a tener más silicatos externos asociados a ellas.

Los alambres con niveles menores de Mn y Si, que se asocian con los productos G2Si Europeos y S-3 Americanos, le dan al metal de aporte menores niveles de resistencia que los otros grupos de alambres, pero con niveles similares de resistencia de impacto.

**Tabla de los Alambres MIG de Acero al Carbono Doble-poder desoxidante**

Tipo	%C	%Mn	%Si	%S	%P	%Cu
G2Si *	0.06-0.14	0.9-1.3	0.5-0.8	<0.025	<0.025	<0.35
G3Si1 *	0.06-0.14	1.3-1.6	0.7-1.0	<0.025	<0.025	<0.35
ER70S-3 #	0.06-0.15	0.9-1.4	0.45-0.7	<0.035	<0.025	<0.50
ER70S-6 #	0.07-0.15	1.4-1.85	0.8-1.15	<0.035	<0.025	<0.50

\* Especificación Europea, EN 440.

# Especificación Americana, AWS A5.18.

# INDURA

## Gases de Protección

La función principal del gas de protección es proteger el baño fundido de la atmósfera, pero éste además puede afectar otras características del proceso de soldadura.

Existen varios tipos de gases de protección para la soldadura MIG de aceros al carbono. Pueden contener argón, helio, anhídrido carbónico u oxígeno, pero no incluirán hidrógeno o nitrógeno debido a la susceptibilidad inherente del acero a estos gases.

## Indurmig

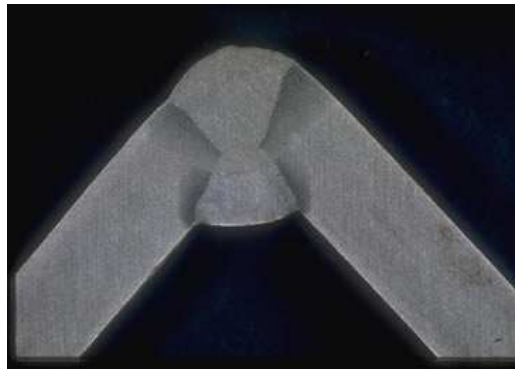
Indurmig es una marca registrada por Indura para una variedad de mezclas argón – dióxido carbono, diseñadas específicamente para soldadura MIG de acero. Dentro de la variedad existen productos como Indurmig 8 con bajo contenido de CO<sub>2</sub>, y tenemos el Indurmig 20 con niveles de CO<sub>2</sub> medio alto para soldar una amplia variedad de materiales desde 10 y superiores.

### Eje con muñón central soldado con MIG utilizando Indurmig 20



Las soldaduras con Indurmig se caracterizan por poseer características de buena fusión, mejor estabilidad del arco y mayor tolerancia tanto de los operadores como de las máquinas a la soldadura en comparación a las otras mezclas de gases protectores. Además, pueden ofrecer ahorros de costo significativos sobre otras mezclas de gas alternativas, mediante velocidades de soldeos mayores, reducción de la cantidad de alambre utilizado y tiempos de limpieza reducidos.

## Soldadura corner en acero al carbono utilizando Indurmig 20



### Consideraciones Prácticas

#### Selección de metales de aporte para la soldadura MIG

Los alambres de aporte generalmente se seleccionan para satisfacer las propiedades mecánicas y la composición química del metal base, dentro de ciertas limitaciones impuestas por la soldabilidad del acero o el código de construcción para el cual se trabaja. Algunos aceros tienen una alta templabilidad, como resultado de su alto contenido de carbono o de aleación, y son propensos al agrietamiento durante o después de la soldadura. En algunas ocasiones, cuando el agrietamiento es un problema potencial, puede utilizarse un aporte de menor resistencia para dar resistencia aceptable, combinada con la ductilidad necesaria para evitar el agrietamiento.

#### ***Aceros Bajo carbono y carbono-manganeso***

Los grados normales de los alambres MIG son apropiados para soldar aceros con bajo contenido de carbono, aceros dulces, carbono-manganeso y aceros de construcción y de ingeniería con resistencias a la tracción de hasta 600 MPa y para aplicaciones de hasta -30°C. Si se requiere una temperatura menor, se aconseja consultar al productor de consumibles.

#### ***Acero HSLA***

Algunos tipos HSLA son básicamente aceros carbono-manganeso, y estos también pueden soldarse con los alambres MIG de acero al carbono para todo propósito.

Otros grados requieren el uso de un alambre MIG de acero aleado para mantener sus propiedades. Sin embargo, todavía es posible soldar estos materiales con un alambre MIG de acero al carbono para todo propósito y esto se basa en recoger la aleación de la plancha base para fortalecer el metal de aporte lo suficiente, pero se recomienda buscar asesoría en nuestros ingenieros de procesos con relación a la selección de consumibles.



### ***Aceros resistentes al desgaste***

Los aceros resistentes al desgaste normalmente se venden bajo marca registrada, por ejemplo Weldox, Hardox, XAR etc. se pueden soldar con una amplia variedad de tipos de consumibles, y son frecuentemente soldados utilizando aportes "suaves", non-matching, como los alambres de acero al carbono normales que se incluyen aquí. En ocasiones, existe un requerimiento de satisfacer las propiedades del acero y los productores de estas planchas de desgaste proveen hojas de datos detalladas con información sobre los procedimientos de soldadura y la selección de consumibles, y deberían consultarse para buscar consejo.

### ***Aceros resistentes a la corrosión atmosférica***

Los aceros resistentes a la corrosión atmosférica comúnmente se sueldan con consumibles enriquecidos en cobre o níquel para proporcionar propiedades de corrosión similares. Los productores de acero tienen listas que muestran los tipos de consumibles preferidos para sus tipos de acero, y estas están disponibles bajo pedido.

### ***Uniones disímiles***

La selección del alambre de aporte para soldaduras entre aceros diferentes dependerá de qué aceros en particular están involucrados, la aplicación específica y cualquier requerimiento de un código de construcción, si se aplicara uno.

No se pueden dar reglas inflexibles para soldar debido a las variables mencionadas anteriormente, pero en donde no existan otros requerimientos, sería razonable seleccionar un alambre MIG que satisfaga los aceros de menor grado ya que así es probable que se presente el menor riesgo de problemas con la soldadura. Si embargo, es necesario tener cuidado, ya que algunos códigos requerirán aceros de "mayor" característica para satisfacer por los consumibles de la soldadura.

En caso de cualquier duda, por favor consulte a su ingeniero de proceso.

## **Pre calentamiento**

Algunos grados de aceros al carbono, especialmente a medida que aumenta su espesor, son susceptibles al agrietamiento durante o después de soldarse. Un modo de reducir la probabilidad de que esto suceda es mediante el uso del pre calentamiento o el control de la temperatura entre depósitos de cordones, control de la temperatura de entrada y enfriamiento controlado, según sea apropiado.

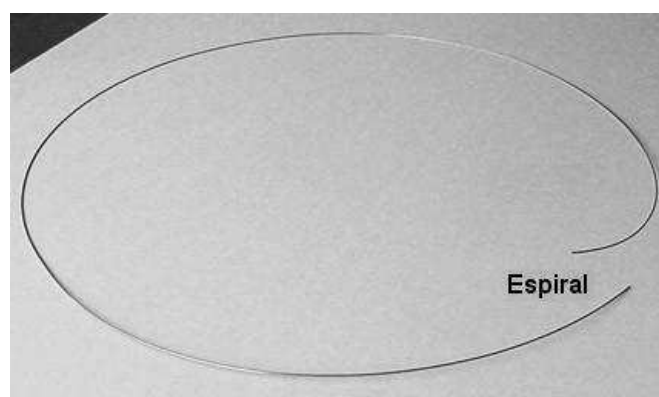
## **Alimentación**

Es importante fijar la presión del rodillo apropiada para garantizar que el alambre se alimente con el alambre correctamente a través del flexible. Si se fija una presión muy alta, entonces se puede producir una distorsión de la forma del alambre o el 'raspado' del material del alambre lo que puede crear otros problemas.

Si se fija una presión muy baja, entonces el alambre puede deslizarse y se puede producir un arco dentro de la boquilla.

La calidad del alambre que se utiliza también puede afectar las características de la alimentación. Se debe prestar atención para asegurarse de que las dimensiones y propiedades físicas del alambre se conformen a los puntos destacados en el documento sobre alambre MIG de acero al carbono. Si el alambre es muy suave, puede ceder y atascarse en el flexible o liner, particularmente si la presión que se fija en el rodillo de alimentación es muy alta. Si el alambre es muy duro, entonces se vuelve elástico y puede alimentar de un modo entrecortado, y acelerara el desgaste de la pieza. Si el alambre está torcido durante el devanado, dará vueltas a medida que se aleja de la pieza de contacto y el arco se desviará y será difícil controlarlo.

**Alambre MIG con una gran hélice, más de 60mm**



El alambre MIG no debería comprarse basándose solamente en el precio, debido a que los alambres baratos pueden no tener una calidad intrínseca y terminar presentando problemas y resultando ser más caros en el largo plazo.

# **INDURA**

## ***Raspado del cobre***

Cuando se utiliza un alambre MIG cubierto por cobre conocido como cobrizado, no es extraño que algunos de los cobres sean 'raspados' a medida que pasa a través de los rodillos de alimentación de alambre. Esto puede provocar que se lleve el cobre al liner y se deposita atrás de la pieza de contacto, si no se presta atención a esto, a la larga el liner se atascará, lo que producirá que se atasque el alambre o un bum back. Los soldadores deberían, por lo tanto, revisar la pistola a intervalos regulares y limpiar los liners si es necesario, en todo caso la limpieza debe ser un deber al menos una vez al día. Si se utiliza alambre MIG no cubierto con cobre, entonces, naturalmente no se presentará este problema.

## ***Limpieza***

Todas las superficies que se van a soldar deben limpiarse antes de que comience la soldadura para garantizar que están libres de contaminantes, tales como aceite, grasa y otros hidrocarburos; óxido, pintura y humedad que podrían fomentar la porosidad o el agrietamiento en la junta soldada.

Cualquier cobertura o incrustación debería removerse mediante arenado antes de soldar ya que esto disminuirá las probabilidades de que se produzcan defectos. Del mismo modo, el aceite, la grasa y los hidrocarburos deberían removerse mediante agentes de desengrasantes apropiados antes de que comience la soldadura.

## ***Distorsión***

La distorsión en la soldadura se produce debido a la expansión y contracción del componente a causa del calentamiento y enfriamiento del material después del soldeo si se permite que se desarrollen tensiones no uniformes. Estas pueden resultar en curvatura, pandeo, retorcimiento, etc. de los componentes.

El uso de embridado, precalentamiento, pre-ajuste de la junta, y utilizar la secuencia correcta de soldaduras puede ayudar a reducir las posibilidades de que se produzca distorsión.

## Problemas en la Soldadura

### *Porosidad*

La porosidad se produce si cualquier gas producido como subproducto de la soldadura o desde el gas de protección o de la atmósfera queda atrapado dentro de la soldadura mientras se enfría. El tamaño, cantidad y ubicación de la porosidad pueden ayudar a identificar las posibles causas de la porosidad.

Las causas más comunes de la porosidad son:

- No limpiar los componentes antes de soldar
- Equipo en mal estado
- Parámetros de soldadura incorrectos
- Alambre para soldar de mala calidad o contaminado
- Tasa de flujo de gas incorrecta

Si la superficie del componente a soldar está contaminada con materiales tales como grasa, aceite, pintura o humedad, estos pueden, con el calor del arco de soldadura, descomponerse para formar gases que serán atrapados a medida que se enfría la soldadura.

### **Ejemplo de porosidad al terminar una soldadura**



# INDURA

Un mal mantenimiento de la pistola de soldar o de la manguera que une el suministro de gas a la fuente de poder puede ser una fuente de contaminación atmosférica. Pequeños cortes en las mangueras o un mal ajuste de las partes del soplete o del conducto pueden permitir que se aspiren gases atmosféricos y en particular, nitrógeno dentro del gas protector lo que crea el problema. Del mismo modo, la contaminación de la boquilla con la salpicadura de la soldadura puede causar una interrupción en el gas protector causando así contaminación atmosférica.

## **Pistola MIG con salpicadura adherida a la boquilla afectando el flujo del gas de protección**



Ajustar los parámetros de la soldadura, la corriente eléctrica y el voltaje o mantener un stickout muy largo puede crear inestabilidad en la campo de aplicación del gas, nuevamente permitiendo que se produzca contaminación atmosférica.

El alambre sucio o el alambre que queda en la máquina para soldar que puede contaminarse mediante la contaminación atmosférica pueden causar porosidad. Es simple revisar si el alambre está contaminado pasando un paño que contenga una solución de limpieza como la acetona sobre una pequeña muestra de alambre. Cualquier alambre que no se utilice debería devolverse a una bolsa limpia, seca, idealmente que contenga paquetes de silica-gel para almacenamiento.

## ***Agrietamiento***

Algunos aceros tienen una elevada templabilidad, como resultado de su contenido de carbono o aleación, y son propensos a agrietarse durante o después de la soldadura. El ciclo de soldadura produce tanto un rápido calentamiento como un rápido enfriamiento del material adyacente al cordón de la soldadura depositado. Por lo tanto, las resistencias a la tracción se ajustan en el área de la junta y el agrietamiento se puede producir ya sea en el metal depositado o en el ZAT del metal base adyacente a la soldadura.

# INDURA

Los principales tipos de agrietamiento que se pueden producir en los aceros al carbono son el agrietamiento en caliente también llamado agrietamiento por solidificación, agrietamiento por frío también llamado agrietamiento por hidrógeno, y desgarramiento laminar.

Para prevenir esto se debe poner atención a la selección del proceso y de los consumibles, al procedimiento de soldadura, al precalentamiento y a la temperatura entre depósitos de cordones. Como alternativa, con algunos aceros de alta resistencia, si el agrietamiento es un posible problema, se puede especificar un aporte de menor resistencia para lograr una soldadura más dúctil, haciéndola así más resistente al agrietamiento, mientras mantiene una resistencia aceptable para la aplicación.

## ***Imperfecciones del Perfil***

Estas imperfecciones no son siempre destructivas a las propiedades, pero en casos extremos pueden llegar a serlo. Incluyen características tales como socavación, rechupe y penetración excesiva.

La producción de este tipo de defecto es en gran medida en el control del soldador, y se pueden evitar si se presta mucha atención a estos parámetros, el ángulo del soplete y la velocidad de desplazamiento.

## **Salud y Seguridad**

En la soldadura MIG de acero al carbono pueden presentarse diversos tipos de amenazas a la seguridad. Estos incluyen:

- Peligros eléctricos, tales como cableado a tierra del equipo incorrecto o dañado.
- Humos particulados y gaseosos.
- Quemaduras de arco, causadas por los altos niveles de radiación UV e IR creada por el proceso.
- Quemaduras ocasionadas por el metal caliente expulsado del proceso de soldadura o por tocar piezas calientes del trabajo o del equipo.
- Probabilidad de asfixia si el trabajo se efectúa con gas inerte un espacio cerrado.

El nivel y naturaleza exacta de cada uno de estos peligros cambiará según cambie el material, las condiciones de soldadura y los consumibles que se utilicen. La mayoría del humo particulado que se produce es óxido de hierro con pequeñas cantidades de elementos de aleación. El ozono puede ser un punto de precaución cuando se utiliza el proceso MIG para soldar acero al carbono a altas corrientes eléctricas y se deben tomar precauciones para minimizar la exposición.

## Producción de humo particulado típica de la soldadura MIG



Es importante que se tomen las precauciones para garantizar que cada peligro se considere individualmente y que se tome acción para minimizar el riesgo. Es importante que se lleve puesto el equipo personal de protección, EPP y que se utilice el equipo de seguridad, tal como la extracción de humos.