

CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASES DE PROTECCIÓN UTILIZADOS EN
EL PROCESO DE SOLDADURA GMAW EN ACEROS ESTRUCTURALES
PARA FABRICACIÓN DE EQUIPO PESADO DE MINERÍA**

POR

LAE MAURICIO MONSIVAIS CAMPOS

MONOGRAFÍA

**EN OPCIÓN COMO ESPECIALISTA EN TECNOLOGÍA DE
LA SOLDADURA INDUSTRIAL**

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, DICIEMBRE 21 DE 2009

MÉXICO

CORPORACIÓN MEXICANA DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASES DE PROTECCIÓN UTILIZADOS EN
EL PROCESO DE SOLDADURA GMAW EN ACEROS ESTRUCTURALES
PARA FABRICACIÓN DE EQUIPO PESADO DE MINERÍA**

POR

MAURICIO MONSIVAIS CAMPOS

MONOGRAFÍA

**EN OPCIÓN COMO ESPECIALISTA EN TECNOLOGÍA DE
LA SOLDADURA INDUSTRIAL**

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, DICIEMBRE 21 DEL 2009

Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V.

Gerencia de Desarrollo Humano

División de Estudios de Postgrado

Los miembros del Comité Tutorial recomendamos que la monografía **“ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASES DE PROTECCIÓN UTILIZADOS EN EL PROCESO DE SOLDADURA GMAW EN ACEROS ESTRUCTURALES PARA FABRICACIÓN DE EQUIPO PESADO DE MINERÍA”**, realizada por el alumno **MAURICIO MONSIVAIS CAMPOS**, matrícula **08-ES075** sea aceptada para su defensa como Especialista en Tecnología de la Soldadura Industrial.

EL COMITÉ TUTORIAL

MC. Víctor Hugo López Cortez
Tutor Académico

Ed. Gerhardt
Tutor en Planta

M.C. Armando García Sánchez
Asesor

Vo. Bo.
MC. Claudia A. González Rodríguez
Coordinador de Posgrado

Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, S.A. de C.V.
Gerencia de Desarrollo Humano
División de Estudios de Postgrado

Los abajo firmantes, miembros del Jurado del Examen de Especialización del alumno **MAURICIO MONSVAIS CAMPOS**, una vez leída y revisada la Monografía titulada **“ESTUDIO DE LA MEZCLA DE GASES DE PROTECCIÓN UTILIZADOS EN EL PROCESO DE SOLDADURA GMAW EN ACEROS ESTRUCTURALES PARA FABRICACIÓN DE EQUIPO PESADO DE MINERÍA”**, aceptamos que la referida monografía revisada y corregida, sea presentada por el alumno para aspirar al grado de Especialista en Tecnología de la Soldadura Industrial durante la defensa de la monografía correspondiente.


Y para que así conste firmamos la presente a los veintiún días del mes de Diciembre de 2009.



Dr. Luciano Eliezer Ramírez Vidaurri
Presidente



M.C. Gabriel García Cerecero
Secretario



MC. Víctor Hugo López Cortez
Vocal

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad y sabiduría de continuar con mis propósitos de mejorar continuamente como persona, en beneficio de la humanidad.

A mi Familia por permitirme y cederme el tiempo necesario para poder alcanzar las metas establecidas para lograr una mejor calidad de vida.

A la empresa Terex de México por darme la oportunidad de participar en esta especialidad y así poder aplicar los conocimientos adquiridos en mis labores cotidianas.

A mis amigos de TEREX Mining, Tecnológico de Acuña y COMIMSA por dejarme participar como un miembro más de esta loable aventura del conocimiento.

A mis asesores M.C. Víctor López, Ed. Gerhardt y M.C. Armando García por ser constantemente impulsores en mi carrera para llevar a cabo esta investigación.

Así también a la fina sociedad de COMIMSA, tanto de posgrado, como de laboratorios, administración, CAIPI, recepción, por darme la confianza de obtener la sabiduría de sus nodales.

A todos Gracias

ÍNDICE

Síntesis.....	1
Capítulo 1.	
1.- Introducción.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Objetivo general.....	4
1.4 Objetivos específicos.....	4
1.5 Justificación.....	5
1.6 Beneficio del proyecto.....	5
1.7 Alcance.....	5
Capítulo 2	
2.- Proceso GMAW.....	7
2.1.- Descripción general del proceso GMAW.....	7
2.2.- Equipo para el proceso GMAW.....	8
2.2.1- Fuente de Poder.....	8
2.3.- Usos y ventajas del proceso GMAW	9
2.4.- Limitaciones del proceso GMAW.....	10
Capítulo 3	
3.- Propiedades del arco eléctrico y los gases.....	12
3.1.- Conceptos electrónicos básicos.....	12

3.2.- Polaridad en la soldadura.....	14
--------------------------------------	----

Capítulo 4

4.- Gases protectores utilizados en el proceso GMAW.....	17
4.1.- Gases Inertes.....	18
4.2.- Gases reactivos.....	21
4.3.- Mezcla de gases.....	22
4.3.1 Mezclas binarias de gases de protección.....	24
4.3.2 Mezclas ternarias de gases de protección.....	26
4.4.- Tipos de transferencia.....	27
4.4.1.-Transferencia globular.....	27
4.4.2.- Transferencia corto circuito.....	29
4.4.3.- Transferencia tipo spray.....	31
4.4.4.- Transferencia tipo pulsada.....	33
4.5.- Efecto del hidrógeno en la soldadura.....	35
4.6.- Efecto de los gases de protección en la soldadura.....	36

Capítulo 5

5.- Gases de protección y su efecto en la salud.....	39
5.1 Posibles efectos.....	40
5.2 Cómo evitar sobre exposición a humos.	40

Capítulo 6

6.- Selección de gases de protección para GMAW.....	42
---	----

Capítulo 7

7.- Mejora en los procesos de soldadura GMAW y GTAW alternando los gases de protección.....	45
7.1 Variación de la presión del arco.....	46
7.2 Variación del fluido en el charco de la soldadura.....	47
7.3 Impulso de la presión del arco.....	47
7.4 Porosidad.....	48
7.5 Perfil de la soldadura.....	49
7.6 Velocidad de la soldadura.....	50
7.7 Distorsión en la soldadura.....	52

Capítulo 8

8.- Análisis de la información.....	55
-------------------------------------	----

Capítulo 9

9.- Conclusiones y Recomendaciones.....	57
---	----

Bibliografía.....	60
-------------------	----

Lista de figuras.....	62
-----------------------	----

Lista de tablas.....	64
----------------------	----

SÍNTESIS

La utilización de la mezcla de gases en el proceso de soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding; Soldadura por Arco con protección de Gas) es de suma importancia para la industria dado que esta protección de gases tiene la función de proteger el arco de la soldadura de la atmósfera y así lograr una soldadura limpia y de mayor calidad, los gases que mas comúnmente se utilizan para este proceso de soldadura GMAW son el CO_2 (Dióxido de Carbono), Ar (Argón) y una variedad de mezclas y porcentajes que se adecuan a las diferentes necesidades industriales y sobre todo logrando soldaduras limpias y de gran calidad en su penetración en los metales base a soldar.

Los gases protectores son considerados como una de las variables esenciales en el proceso de soldadura GMAW por aportar la protección adecuada al arco eléctrico del medio ambiente y así obtener un arco estable que producirá soldaduras de buena calidad y limpieza. Esta es una característica que hace el proceso de soldadura mas eficiente y así generando reducciones de costos al evitar el constante retrabajo por falta de limpieza o soldaduras de mala calidad. Por esto la importancia de hacer un estudio a profundidad sobre el uso de gases protectores para el proceso de soldadura GMAW en aceros estructurales, al obtener mezclas que generan la menor cantidad de humos logramos proteger la salud de los soldadores y así aumentar su eficiencia en el trabajo.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El proceso de soldadura más comúnmente utilizado en la industria de construcción para equipo pesado de minería es el GMAW por sus siglas en inglés Gas Metal Arc Welding. Es un proceso que utiliza un arco entre un electrodo de metal de aportación continua y el charco de soldadura. Este proceso utiliza una protección que proviene de un gas suministrado externamente y sin aplicación de presión; esta protección es requerida para evitar que el medio ambiente provoque defectos en la soldadura como lo es la porosidad.

El concepto básico de GMAW fue introducido en 1920, pero no fue sino hasta 1948 cuando fue comercialmente disponible. Al principio fue considerado para ser fundamentalmente, un proceso de corriente de alta densidad, con un electrodo de metal desnudo de diámetro pequeño utilizando un gas inerte para

la protección del arco. Su aplicación primaria fue para soldar aluminio. El proceso de GMAW también es conocido como MIG por sus siglas en inglés (Metal Inert Gas) el desarrollo de procesos subsecuentes incluyeron el uso de corriente de baja densidad y corriente pulsada directa, así como la aplicación a un gran número de materiales, y el uso de gases reactivos (particularmente el CO_2) y mezcla de gases. Este último desarrollo ha logrado la aceptación formal del término de Gas Metal Arc Welding (GMAW) debido al uso de gases inertes y reactivos en este proceso de soldadura.

El proceso GMAW puede ser operado por máquinas automáticas y semiautomáticas. Todos los metales de importancia comercial como los aceros al carbono, de alta resistencia y de baja aleación, inoxidable, aluminio, cobre, titanio, y aleaciones de níquel pueden ser soldados en todas las posiciones con este proceso utilizando el gas protector, electrodo y variables de soldadura adecuados. (1)

1.2. Planteamiento del problema

Actualmente en Terex de México se está utilizando una mezcla de gases ternaria de 90% Argón, 8% CO_2 y 2% Oxígeno, la cual por su alto contenido de Argón convierte el costo operativo elevado, se requiere verificar con el estudio del estado del arte si esta mezcla es la más adecuada para los procesos de soldadura utilizados en Terex de México y así asegurar que la calidad de la soldadura cumpla con las especificaciones de la AWS D1.1 para los aceros

estructurales de bajo carbono como A36, A633 , A514, Weldox 120 y Hardox 400.

1.3 Objetivo general:

Identificar, con base en el análisis del estudio del estado del arte la mezcla ideal de gases de protección en el proceso de soldadura GMAW, aplicado a la industria de manufactura de equipo para la minería y construcción, en aceros de bajo carbono como, A36, A633, A514, Weldox 120, Hardox 400. Identificando la mezcla idónea considerando la calidad de la soldadura aplicada a los metales antes mencionados, como resistencia, penetración y limpieza.

1.4 Objetivos específicos

1. Estudio del arte sobre el proceso de soldadura GMAW para comprender la importancia de la protección de los gases.
2. Determinar si la mezcla actual es la correcta para el tipo de transferencia utilizado.
3. Conocer todas las características de los gases inertes y activos que ofrece el mercado para el proceso GMAW.
4. Determinar si los gases de protección tienen efecto en la salud del soldador.

1.5. Justificación

Al encontrar en el estado del arte la mezcla idónea y que nos dé la calidad que cumpla con los requerimientos para soldar aceros de bajo carbono como A36, A633, A514, Weldox 120, Hardox 400 se reduce el costo del proceso de producción al lograr soldaduras más limpias, resistentes y sanas haciendo a Terex de México más competitivo en el mercado.

1.6 Beneficio del proyecto

Con la información que se obtenga del estado del arte, se tendrá un conocimiento amplio de los gases de protección para el proceso de soldadura GMAW y tener la posibilidad de encontrar una mezcla de menor costo pero con la garantía de una soldadura de buena calidad, Terex de México se hace más competitivo en el mercado al poder compartir esta reducción de costos en las cotizaciones de nuevos productos y ser más atractivo para los probables clientes alrededor de todo el mundo.

1.7 Alcance del proyecto.

Con esta monografía se realiza una descripción del estado del arte sobre los gases de protección en el proceso de soldadura GMAW.

El estado del arte nos da la información pertinente para conocer a detalle todos los gases de protección que se pueden utilizar en el proceso de soldadura GMAW, sus diferentes mezclas, ventajas y desventajas para tomar la mejor decisión al escoger la mezcla ideal para nuestro proceso.

CAPÍTULO 2

PROCESO DE SOLDADURA DE ARCO METÁLICO CON PROTECCIÓN DE GAS

GMAW

2.1.- Descripción general del proceso GMAW

El proceso de soldadura de arco con protección de gas por sus siglas en inglés GMAW Gas Metal Arc Welding es un proceso que funde y une los metales por medio del calentamiento provocado por un arco establecido entre una alimentación de alambre electrodo y los metales. La protección del arco y el charco de soldadura son obtenidos por el uso de los gases inertes como el Argón y el Helio, y es por esto que también se le llama Metal Inert Gas MIG. Desde el uso de gases no inertes como el CO_2 el nombre de GMAW es el más apropiado (2).

2.2.- Equipo para el proceso GMAW

El equipo necesario para soldar el arco con alambre protegido por gas es: una fuente de alimentación de corriente continua y voltaje constante, un alimentador de alambre y un sistema de control, alambre-electrodo, una pistola de soldar, un cable eléctrico y conjunto de manguera para el gas protector, y un suministro de gas protector. Ver Figura 1.

La fuente de alimentación es un transformador rectificador o un generador. Tiene un ciclo de trabajo de cien por ciento. La fuente de alimentación funciona continuamente a cargas nominales mientras se alimenta el alambre electrodo al arco. Produce voltaje casi constante con amperaje variable similar a la corriente doméstica, con la excepción que esta última tiene el mismo voltaje para todos los artefactos. En las fuentes de alimentación de voltaje constante, una gran variación del amperaje da una pequeña variación en el voltaje (2).

2.2.1 Fuente de poder

La fuente de poder suministra la energía eléctrica del electrodo a la pieza de trabajo a fin de producir el arco. En casi todas las aplicaciones de GMAW se emplea Corriente Directa Electrodo al Positivo (DCEP), por lo que la terminal positiva se conecta a la antorcha y la negativa a la pieza de trabajo. Este modo suele denominarse *-polaridad inversa*.

El término de polaridad describe la conexión eléctrica de las terminales de una fuente de potencia de corriente continua. La conexión DCEP en GMAW produce un arco estable, una transferencia de metal uniforme, y relativamente existen pocas salpicaduras, y buena penetración (1).

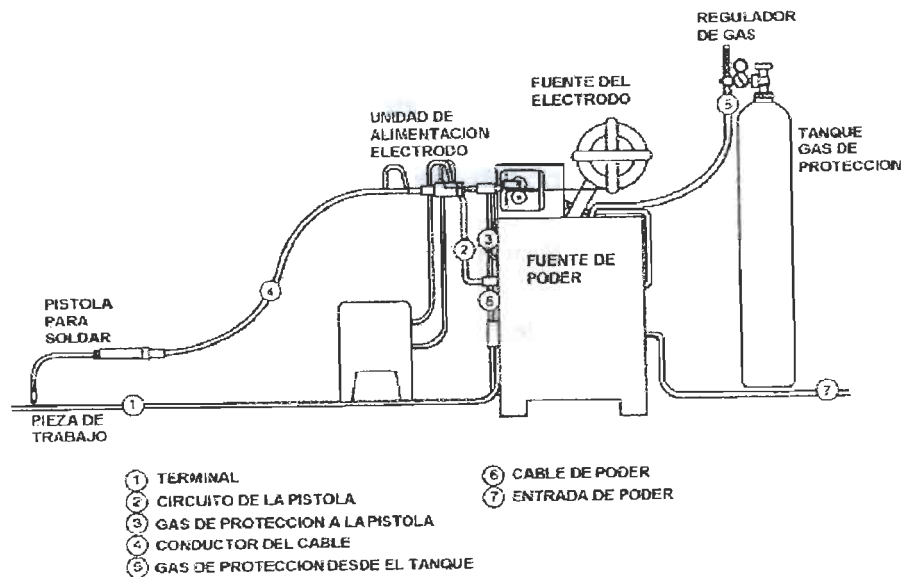


Figura 1. Diagrama del equipo para el proceso GMAW (1).

2.3.- Usos y ventajas

El uso de los procesos son dictados por las ventajas, las más importantes son las siguientes:

- 1.- Es el único proceso de electrodo consumible que se puede utilizar en todos los metales y aleaciones comerciales.

- 2.- El proceso GMAW sobrepasa la restricción de la longitud del electrodo en el proceso SMAW por sus siglas en ingles Shielded Metal Arc Welding.
 - 3.- Se puede soldar en todas las posiciones, algo que no podemos encontrar en el proceso SAW por sus siglas en inglés Submerged Arc Welding.
 - 4.- El rango de depósito es significativamente mayor que los obtenidos en SMAW.
 - 5.- La velocidad de la soldadura es mayor comparado con el proceso de SMAW debido a la alimentación continua de electrodo y alto rango de depósito en el metal.
 - 6.- Debido a la alimentación continua del electrodo se pueden aplicar cordones largos sin necesidad de paros e inicios del cordón.
 - 7.- Con la transferencia de spray se puede lograr una penetración profunda comparado con el proceso SMAW lo cual permite el uso de filetes pequeños para esfuerzos equivalentes.
 - 8.- Limpieza mínima es requerida debido a la ausencia de exceso de escoria.
- Estas ventajas han hecho el proceso GMAW particularmente bien situada en aplicaciones de alta producción y soldadura automatizada (2) (1).

2.4 Limitaciones del proceso GMAW

Como cualquier proceso de soldadura, hay ciertas limitaciones lo cual restringe el uso del GMAW algunos de ellos son los siguientes.

- 1.- El equipo de soldadura es más complejo, más costoso, y menos portátil que el SMAW.
- 2.- El proceso GMAW es difícil de usar en lugares de difícil acceso debido a que la pistola para soldar es mas grande que el sostenedor de el proceso SMAW, y la pistola de soldar tiene que estar cerca de la junta, entre 3/8 a 1/4 de pulgada, para asegurar que el metal a soldar esta apropiadamente protegido por los gases.
- 3.- El arco de soldadura debe estar protegido por las corrientes de aire para asegurar que los gases protectores no se dispersen, esto limita la aplicación en el campo al menos que se coloquen pantallas protectoras alrededor del área a soldar.
- 4.-Relativamente altos niveles de radiación de calor e intensidad del arco pueden resultar en que el operador se resista al proceso. (1)(2)

CAPÍTULO 3

PROPIEDADES DEL ARCO ELÉCTRICO Y LOS GASES DE PROTECCIÓN

La única propiedad de un gas o combinación de gases, es que pueden tener una importante influencia en las características del arco eléctrico como, entrada de calor, en el desarrollo de todo el proceso. El entender los conceptos básicos de las características eléctricas claves y las propiedades físicas fundamentales de los gases ayudarán a seleccionar los gases de protección inteligentemente y relacionar su efecto con la calidad de la soldadura depositada (3).

3.1 Conceptos eléctricos básicos

Electrones: Es conveniente pensar en los electrones como cargas negativas que se pueden mover libremente en un circuito. Los electrones pueden estar simplemente apilados en el polo negativo de un circuito, esperando a fluir al polo contrario (positivo), el polo positivo no tiene suficientes electrones y el polo negativo tiene demasiados, cuando las dos terminales se unen una a la otra por

medio de alambres las cargas negativas viajan a la terminal positiva. Figura 2 (3).



Figura 2. Viaje de las cargas negativas en un circuito hacia el polo positivo.

Voltaje: Es la unidad de presión o fuerza electro motiva que empuja la corriente, o electrones a través de un circuito. Un volt empuja un ampere a través de una resistencia de un ohm. El voltaje que se utiliza en los procesos de soldadura oscila en un rango de 14 a 35 volts. (3).

Amperaje. Un ampere es la unidad de corriente o la medida del número de electrones que fluyen pasando por un punto de un circuito cada segundo. La cantidad de electrones es expresada en coulomb. Un coulomb equivale a 6.25 billones de electrones. Un ampere equivale un coulomb por segundo. El amperaje en la soldadura de arco abierto oscila entre un rango de 14 a 400 amperes. (3).

Ohm. Es la unidad de resistencia al flujo de la corriente. En una manguera de jardín, la presión del agua es similar al voltaje y la cantidad de flujo del agua es similar al amperaje. Cualquier restricción en la manguera, va a producir resistencia al flujo del agua. Esto se puede representar con la siguiente fórmula:

$$V = I \times R$$

V (voltaje)

I (amperes)

R (ohm)

3.2 Polaridad en la soldadura.

La dirección del flujo de corriente tiene influencia en la eficiencia de fundir el arco de soldadura. Como consecuencia el control de la polaridad en el sistema de la soldadura es muy importante en el proceso de soldadura GMAW hay dos tipos de conexión, polaridad directa y polaridad inversa.

Cuando la polaridad directa o corriente directa electrodo al negativo (CDEN) se utiliza en el proceso de soldadura, el electrodo es el polo negativo y la pieza de trabajo es el polo positivo del arco de soldadura. (Figura 3) (3).

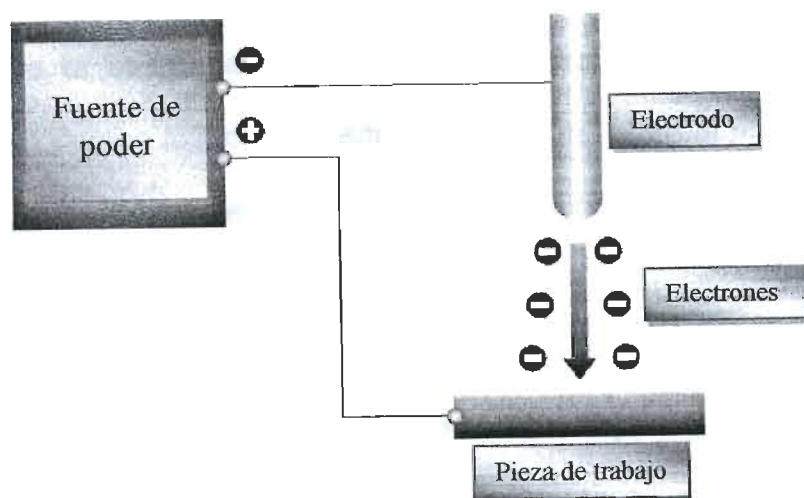


Figura 3 Conexión de corriente directa electrodo negativo (DCEN) (3).

Al utilizar la corriente directa (CD) polaridad inversa o corriente directa electrodo al positivo (CDEP) el electrodo es el polo positivo y la pieza de trabajo es el polo negativo. Figura 4. (3).

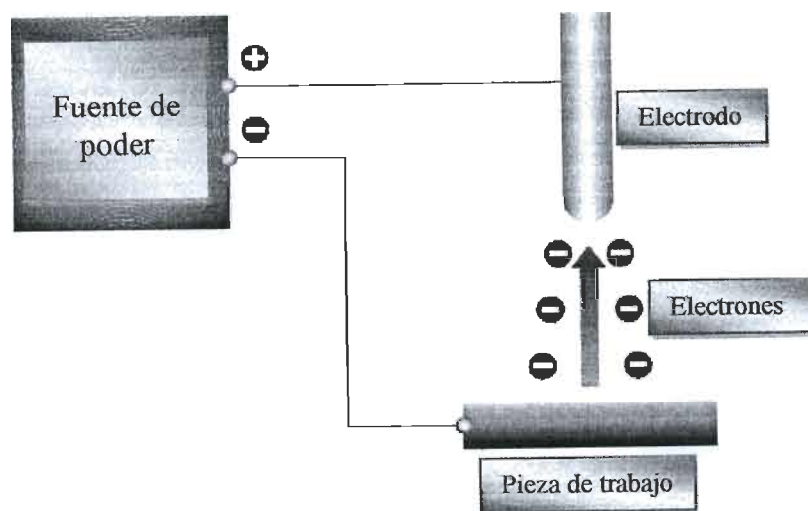


Figura 4 Conexión de corriente directa electrodo positivo (DCEP)

Cuando se suelda con corriente directa electrodo al negativo, la dirección del flujo de electrones al metal base, golpeando el área de soldadura a alta velocidad al mismo tiempo los iones positivos del argón fluyen al electrodo de soldadura, quitando los óxidos de la superficie del metal base.

En el proceso de soldadura GMAW utilizando la polaridad de corriente directa electrodo al positivo. (CDEP) el efecto del flujo del calor de los electrones se concentra en la punta del electrodo, esto ayuda a hacer más eficiente la fusión del electrodo el cual aporta metal fundido y refuerza la soldadura y se mejora la penetración y la productividad.

Otra característica importante de la corriente directa electrodo positivo (CDEP) es la acción de limpieza en la superficie del metal base esto es ocasionado por el bombardeo de los iones aunado al flujo de los iones del gas pesado como el argón que es 10 veces más pesado que el helio, provocando una limpieza abrasiva.(3).

CAPÍTULO 4

GASES DE PROTECCIÓN UTILIZADOS EN EL PROCESO GMAW

Los gases protectores son consumibles utilizados en los procesos de GMAW. La American Welding Society (AWS) no tiene especificaciones para los gases protectores. Existen especificaciones federales pero la industria de la soldadura usualmente toma la decisión de la combinación de gases a utilizar en base al grado de soldabilidad que requiera.

El principal propósito de los gases protectores es proteger el charco de soldadura de contaminación provocada por el oxígeno y nitrógeno que se encuentra en el aire. Los factores que afectan la decisión del tipo de gas protector a utilizar aparte del costo son: la influencia del gas en las características del arco y tipo de transferencia al soldar, penetración de la soldadura, el espesor del metal base y el perfil de la superficie, la velocidad de la soldadura, y la tendencia a la socavación.

4.1.- Gases inertes

Los gases inertes son el Argón, Helio, Neón, Kriptón, y Neón, son los únicos que se utilizan por sus usos prácticos de soldadura son el Argón y el Helio. Estos gases proveen satisfactoriamente la protección para la mayoría de los metales reactivos como Aluminio, Manganeso, Berilio, Cadmio, Titanio, y Circonio. (4) (5).

Aunque los gases inertes puros protegen el charco de soldadura de los componentes del aire a cualquier temperatura, no son convenientes para todo tipo de aplicaciones de soldadura. Cantidades controladas de gases reactivos mezclados con gases inertes mejoran las características de la acción del arco y transferencia de metal cuando se sueldan aceros.

Argón y Helio como gases de protección

Como se ha mencionado la naturaleza inerte del Argón y el Helio no es la única característica que los hace convenientes para la protección del charco de soldadura. Otras características son importantes y son factores decisivos para escoger el gas protector para los procesos GMAW y TIG (por sus siglas en inglés Tungsten Inert Gas).

La longitud del arco y la corriente del arco voltaje con el Helio es mayor que con el Argón, debido a que el Helio produce mayor calor que el Argón. El Helio es más efectivo para soldar materiales de mayor espesor, particularmente

materiales de alta conductividad como el cobre y aleaciones de aluminio. El Argón es más conveniente para soldar materiales delgados y aquellos de baja conductividad al calor, especialmente en soldaduras diferentes a la posición plana debido a que el Argón es más pesado. El Argón es aproximadamente 1.4 veces más denso que el aire en comparación al del Helio que es sólo 0.14 veces más denso que el aire. El Argón por ser más pesado es el gas protector más efectivo para proteger el arco y el área soldada. El Helio requiere aproximadamente de dos a tres veces más alto el rango de flujo que el Argón para proveer una protección equivalente al Argón (4) (6).

El Argón tiene propiedades de baja conductividad térmica y potencial de ionización que resultan en baja transferencia de calor a las áreas externas del arco. (Tabla 1). Esto forma una columna del arco estrecha, la cual crea el perfil tradicional del Argón puro: profundo y relativamente estrecho. (Figura 5) (4) (6).

	Argón	Dióxido de Carbono	Helio	Hidrógeno	Nitrógeno	Oxígeno
Símbolo Químico	Ar	CO₂	He	H₂	N₂	O₂
Gravedad específica (Aire = 1)	1.38	1.53	0.14	0.07	0.98	1.1
Potencial de ionización (EV)	15.7	14.4	25.4	13.5	14.5	13.2
Conductividad térmica	9.69	8.62	85.78	97.22	13.93	14.05

Tabla 1 El fabricante tiene una variedad de gases de protección a considerar para soldar con arco(6).



Figura 5 Perfil de penetración del Argón profundo y estrecho.(6).

El Helio, también es monoatómico como el Argón, gas inerte comúnmente y es utilizado en el proceso de GTAW (por sus siglas en inglés Gas Tungsteng Arc Welding) en materiales no ferrosos. En contraste con el Argón, el Helio tiene alta conductividad y potencial de ionización, el cual da efectos opuestos al del Argón. Helio provee un perfil ancho, buena penetración en las orillas del charco, y alto calor de entrada. (Figura 6) (6).



Figura 6 Perfil de penetración del Helio es más ancho pero menos profundo que el del Argón.

4.2.- Gases Reactivos

Oxígeno, Nitrógeno, y Dióxido de Carbono son gases reactivos. Con la excepción del Dióxido de Carbono estos gases generalmente no se utilizan solos para la protección del arco. El Dióxido de Carbono se puede utilizar solo o en combinación de gases inertes para soldar la mayoría de aceros al carbono y de baja aleación. El Oxígeno es utilizado en cantidades menores con uno de los gases inertes usualmente el Argón como mezcla de gas protector para soldar cobre. (5) (6).

El Dióxido de Carbono CO_2 , da un buen perfil de soldadura, ancho y buena profundidad. La baja ionización y la conductividad térmica, crean un área de concentración de calor en el centro de la columna del arco, esto provoca soldaduras con un perfil de penetración ancho y profundo. (Figura 7) (6).

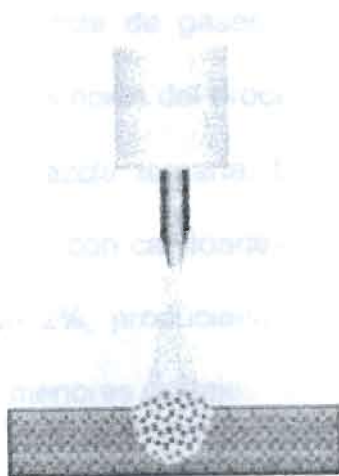


Figura 7 Perfil de penetración del CO_2 es ancho y profundo (6).

4.3.- Mezcla de gases

El mercado ofrece una gran variedad de mezcla de gases para diferentes procesos de soldadura. (Tabla 2)

Gas o Mezcla	GMAW			FCAW		GTAW		
	Acero al Carbono	Inoxidable	Aluminio	Acero al Carbono	Inoxidable	Acero al Carbono	Inoxidable	Aluminio
Ar			X			X	X	X
He								X
CO ₂	X							
Ar/CO ₂	X			X	X			
Ar/O ₂	X	X		X	X			
Ar/He		X	X				X	X
Ar/CO ₂ /O ₂	X							
Ar/H ₂							X	
Ar/He/CO ₂	X	X		X	X			
He/Ar/CO ₂		X						

Tabla 2 Diferentes combinaciones de procesos de soldadura y materiales que requieren diferentes combinaciones de gases de protección en la soldadura (6).

Cuando se realizan soldaduras por GMAW en aceros al carbono, la composición óptima de la mezcla de gases de protección que provee una máxima flexibilidad para la aplicación del proceso y la reducción en el nivel de humos corresponde a una mezcla ternaria. Estas mezclas contienen argón como componente fundamental con cantidades variables de CO₂ de un 5 a un 25 % y O₂ de un 5% a un 2%, produciendo una reducción en la zona de transferencia globular, con menores voltajes para iniciar la transferencia tipo spray.

Mezclas con poco CO₂ usualmente son utilizadas para lograr una transferencia tipo espray o cuando se quiere lograr una entrada de calor bajo y

penetración amplia en materiales delgados. Alto contenido de CO_2 promueve la transferencia tipo corto circuito y puede promover una acción de limpieza en materiales gruesos. (Figura 8), sin embargo, el aumento del contenido del CO_2 significa el aumento del agotamiento de los elementos aleantes. (5) (6)



Figura 8 Perfil de penetración de la combinación de Argón / CO_2 (6).

Las mezclas de argón y oxígeno en porcentajes usualmente entre 2% y 5 % de oxígeno Estos gases son usados típicamente para transferencia tipo spray en materiales limpios. (Figura 9). Muchos fabricantes de aceros estructurales usan mezclas de argón y O_2 por que permite soldar en materiales ligeramente oxidados. (5) (6).



Figura 9 Perfil de penetración del Argón/ O_2 es de mayor profundidad y no tan ancho como el perfil de Argón/ CO_2 . (6)

La mezcla de Ar, CO₂ y O₂ es de entre 2% y 8%, de oxígeno este tipo de mezcla ternaria funciona bien para transferencia de tipo espray y de corto circuito, se puede usar en muchos espesores de materiales. El oxígeno tiende a promover la transferencia spray a bajos voltajes mientras el CO₂ ayuda a la penetración.

4.3.1 Mezclas binarias de gases de protección

La mezcla de gases de protección formada por dos partes se le llama mezcla binaria y las mas comunes son: Argón + Helio, Argón + CO₂ o Argón + Oxígeno.

75% Argón + 25% Helio

Esta mezcla binaria es frecuentemente utilizada para mejorar el perfil de penetración en aluminio, cobre, y níquel. El charco de soldadura es mas liquido que el 100% argón.

75% Helio + 25% Argón

El alto contenido de helio aumenta la conductividad térmica y el líquido del charco de soldadura. El perfil de penetración es amplio y exhibe excelente penetración en los pies de la soldadura.

Argón + CO₂

La mezcla binaria mas común utilizada en el proceso de soldadura GMAW en aplicaciones para aceros al carbono.

4.3.1.1 Mezclas de gas de protección para lograr el tipo de transferencia tipo corto circuito más comunes

75% Argón + 25% CO₂

Reduce el chisporroteo y mejora la apariencia de la soldadura en aplicaciones de aceros al carbono.

80% Argón + 20% CO₂.

.....Otra mezcla popular que reduce el chisporroteo y mejora la apariencia de la soldadura en aplicaciones de aceros al carbono.

4.3.1.2 Mezclas de gas de protección más comunes para lograr la transferencia tipo espray axial

98% Argón + 2% CO₂.

95% Argón + 5% CO₂.

90% Argón + 10% CO₂.

85% Argón + 15% CO₂.

82% Argón + 18% CO₂.

Argón + Oxígeno

La mezcla de Argón y Oxígeno obtienen la transferencia spray axial a mas bajas corrientes que la que utiliza la mezcla de argón + CO₂, es utilizada en

metales delgados, el tamaño de las gotas son mas pequeñas y el charco de la soldadura es más líquido.

4.3.2 Mezclas Ternarias de gases de protección.

La mezcla de 3 partes de gases de protección es popular para los aceros al carbono, inoxidable, y en algunos casos aleaciones de níquel, a continuación se citan las mezclas de gases ternarios más comunes.

90 % Helio, 7.5 % Argón, y 2.5 % CO₂

Esta mezcla es la mas popular para la transferencia de tipo corto circuito en aplicaciones para aceros inoxidable.

55% Helio, 42.5 Argón, y 2.5 CO₂

Esta mezcla es utilizada para el tipo de transferencia de arco pulsado, el bajo contenido de Helio en la mezcla permite también el uso de la transferencia espray axial.

38% Helio, 65 % Argón, y 7 % CO₂

Esta mezcla es utilizada para lograr una transferencia de corto circuito en aceros de baja y mediana aleación.

90% Argón, 8% CO₂, y 2% Oxígeno

Esta mezcla es aplicada para los modos de transferencia de corto circuito, spray pulsado, y spray axial en aceros al carbono.

4.4.- Tipos de transferencia de metal.

Entre los tipos de transferencias de metal podemos citar: globular, corto circuito, spray y pulsada. A continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

4.4.1.-Transferencia globular

La transferencia globular forma una gota en la punta del alambre electrodo que se está fundiendo hasta que crece a un tamaño más grande que el diámetro del alambre. Debido a la fuerza de gravedad, se suelta del electrodo y se transfiere a través del arco. Puede ser de 1.5 a 2 veces el diámetro del electrodo. Este proceso se repite continuamente de acuerdo a la velocidad del depósito de la soldadura. La transferencia globular produce una velocidad de depósito de la soldadura mayor, además, el calor de transferencia es mayor que en el cortocircuito. (1)

En aceros bajo, mediano carbono, y aceros de alta resistencia y baja aleación, se usa Dióxido de Carbono como gas protector. Este gas se está usando mucho para soldar aceros de baja y mediana aleación, y produce transferencia globular a niveles más altos de corriente.

La transferencia globular tiene un arco violento y un poco de salpicadura, no es adecuado para soldar fuera de posición debido al gran tamaño de la gota y a que depende de la fuerza de gravedad para transferir el metal de aportación.

Figura 10.

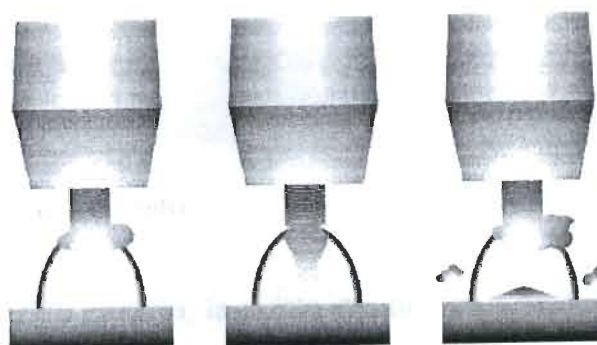


Figura 10 Transferencia Globular (3).

Ventajas

Utilizar la transferencia globular tiene las siguientes ventajas:

- Utiliza el gas de protección mas económico CO_2
- Es capaz de hacer depósitos de soldadura a alta velocidad
- Puede utilizar electrodos económicos sólidos o huecos.
- El equipo de soldadura es de los más económicos.

Desventajas:

Entre las desventajas del proceso de transferencia globular tiene las siguientes desventajas:

- Alto nivel de chisporroteo resultando en un alto costo de limpieza.

- Propenso a crear soldaduras con fusión incompleta, causando altos costos de reparación.
- El perfil de soldadura es convexa y provoca que muestre pobre adherencia al metal base en los pies de soldadura.
- Altos niveles de chisporroteo reduce la eficiencia de los electrodos en un rango de 87 al 93%.

4.4.2.- Transferencia corto circuito

En el proceso de corto circuito, la punta del alambre electrodo se funde en un pequeño glóbulo que avanza hacia el baño, el arco se extingue a medida que el glóbulo queda en contacto con el baño, produciendo un corto circuito (Figura 11). La corriente aumenta y el glóbulo comienza a estrecharse en la base hasta cortarse, con lo que el arco se vuelve a encender, comenzando otra vez el mismo proceso.

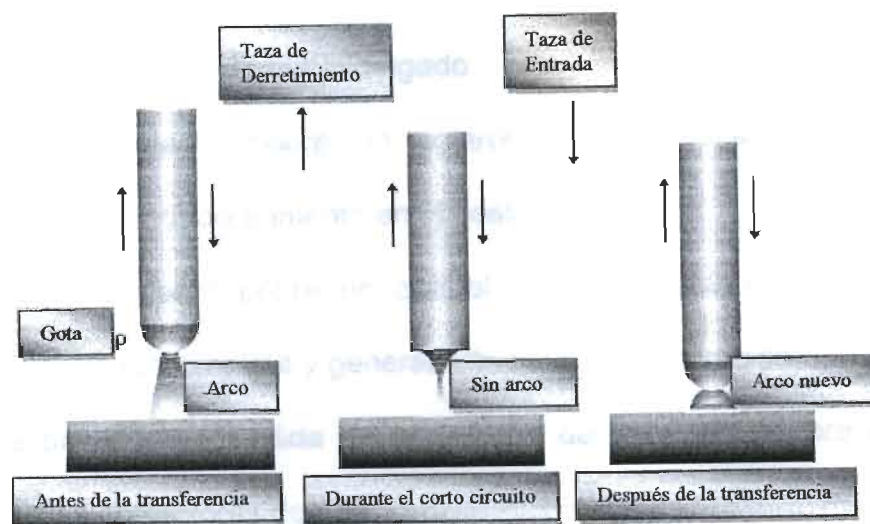


Figura 11 Transferencia corto circuito(3).

La soldadura de transferencia de corto circuito se usa principalmente en aceros de bajo o mediano carbono, y aceros de baja aleación y alta resistencia.

La soldadura por cortocircuito puede usarse en todas posiciones, para todo tipo de juntas, para unir secciones delgadas de metal en posiciones vertical, horizontal y sobre cabeza, para rellenar aberturas de raíz grandes, y aplicaciones de metales ferrosos y no ferrosos y soldadura de tuberías. En este proceso encontramos ventajas y desventajas que se citan a continuación (3).

Ventajas:

- D - Capacidad de soldar en todas las posiciones.
- me - Requiere muy pocos ajustes manuales
- m - Bajo calor de entrada reduce la distorsión de soldadura.
- pe - Alta eficiencia del electrodo de 93% o más.

Desventajas:

- ca - Restringido al uso de metal delgado.
- po - Un procedimiento pobre en control puede resultar en salpicadura excesiva causando aumento en el costo de limpieza.
- El - Un procedimiento pobre en control puede resultar en soldaduras de penetración incompleta y generar alto costo en reparación.
- T - Para prevenir la pérdida de protección del gas se requiere el uso de pantallas protectoras de aire.

4.4.3.- Transferencia tipo spray

La transferencia de tipo espray consiste en gotas de fundición muy finas que electromagnéticamente se desprenden de la punta cónica que se forma en el extremo del alambre electrodo. Las gotas se transfieren rápidamente a través del arco al baño desde menos de cien hasta varios cientos de veces por segundo. Figura 12. Se usa para soldar metales ferrosos y no ferrosos. Para los metales no ferrosos se usa una combinación de Argón y Oxígeno como gas protector. Puede ser una mezcla de 95% Argón, 5% Oxígeno; 98% Argón, 2% Oxígeno; o 99% Argón, 1% Oxígeno. El Argón limita el tamaño de las gotas de metal derretido, solo se transfieren gotitas pequeñas de metal, el oxígeno en la mezcla ayuda a estabilizar el arco, reducir las salpicaduras, ensanchar la penetración de la soldadura e impedir el socavado o indentación marginal. Se puede usar un máximo de 5% de Oxígeno, así no se tendrá problemas de porosidad. El Argón con Oxígeno se usa para soldar aceros de bajo y mediano carbono, aceros de baja aleación y alta resistencia y aceros inoxidable en las posiciones plana y horizontal.

El Argón, Helio o una mezcla de ambos se usa para soldar Aluminio y aleaciones de Aluminio, Níquel y aleaciones de Níquel, aleaciones de Cobre, Titanio y otros metales no ferrosos. (1)

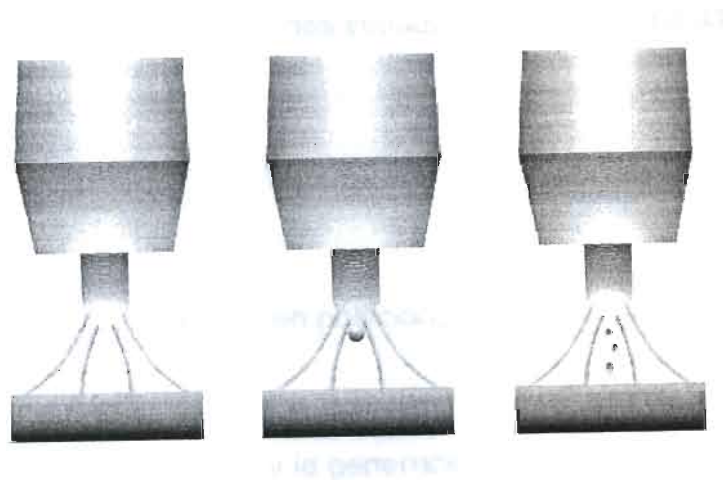


Figura 12 Transferencia tipo spray (3).

El tipo de transferencia que se utiliza en Terex de México para soldar los aceros A36, A633, A514, Weldox 120, Hardox 400 es el tipo spray. Las ventajas y desventajas de este proceso son las siguientes.

Ventajas:

- Rangos de alto depósito de soldadura.
- Alta eficiencia en el electrodo de 98% o más.
- Se puede utilizar un amplio tipo de metal de aporte y una amplia variedad de diámetros de electrodos.
- Excelente apariencia del depósito de soldadura.
- Requiere un mínimo de limpieza después de la aplicación de la soldadura.

- Chisporroteo mínimo.
- Excelente fusión de la soldadura.
- Se puede utilizar en aplicaciones semiautomáticas y robóticas.

Desventajas:

- Restringido a utilizarse sólo en posiciones planas y horizontal.
- Alta generación de humos.
- El alto calor de la radiación y la generación de un arco muy brillante requieren de una protección extra para el soldador.
- El uso de transferencia tipo spray en el campo requiere el uso de pantalla para proteger del viento.
- El uso de gases de protección en la transferencia tipo spray es de mayor costo que utilizar sólo 100% CO₂.

4.4.4 Transferencia Tipo Pulsada

En este tipo de transferencia, la fuente poder otorga dos niveles de salida, dos corrientes, una ininterrumpida y de débil intensidad (llamada de base) cuyo objetivo es proporcionar al microalambre la energía calorífica para mantener el arco encendido y otra constituida por una sucesión de pulsaciones a una determinada frecuencia hasta varios cientos de ciclos por segundo. Cada pulsación eleva la intensidad a un valor suficiente que hace fundir una gota del mismo diámetro que el diámetro del microalambre que se está utilizando. Esta

gota se desprende antes de que el extremo del microalambre llegue a hacer contacto con el metal base, como consecuencia de las fuerzas internas que actúan. De esta manera se elimina en su totalidad las proyecciones, tan características de otros tipos de transferencia. Además, se consigue una gran penetración debido a la elevada intensidad durante la pulsación, y sin embargo, la energía media empleada es inferior que la utilizada en el proceso de soldadura GMAW convencional, lo que repercute en una menor deformación de la pieza soldada. Figura 13.

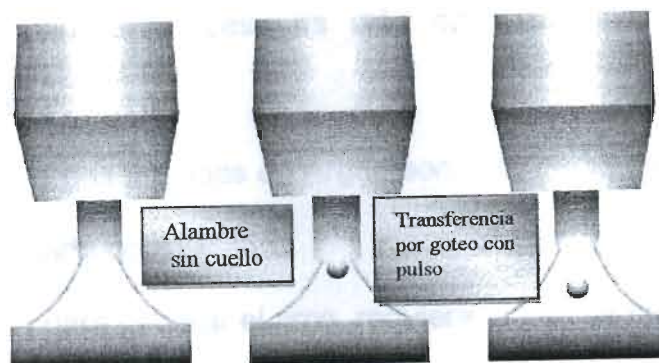


Figura 13 Transferencia por arco pulsado (3)

El proceso de arco pulsado presenta las siguientes ventajas y desventajas.

Ventajas:

- Ausente o muy bajo nivel de chisporroteo.
- Más resistente a la falta de fusión que los otros modos de transferencia de metal.
- Excelente apariencia del cordón de soldadura.

- Alta operatividad.
- Ofrece una solución ingenieril para el control de generación de humos.
- Reduce los niveles de distorsión por el calor inducido.
- Se puede soldar fuera de posición.
- Bajo depósito de hidrógeno.
- Alta eficiencia de depósito del electrodo hasta el 98%.

Desventajas:

- El equipo para el proceso es más caro que los de los sistemas tradicionales.
- La mezcla de gas basadas en Argón son más caras que las basadas en Dióxido de Carbono.
- Alta energía para generar el arco, requiere el uso de protección adicional de seguridad para los soldadores.
- Complejidad al soldar.
- Requiere el uso de pantallas al soldar en el exterior.

4.5.- Efecto del Hidrógeno en la soldadura

Por otro lado, se tiene que el gas de protección puede afectar el nivel de Hidrógeno difusible, que está asociado a problemas de fisuras en frío en la soldadura de aceros al carbono (Figura 14). El Hidrógeno puede introducirse al metal de soldadura por diversas fuentes. En soldaduras semiautomáticas estas

fuentes de Hidrógeno pueden ser del metal de aporte, el metal base húmedo, el gas de protección y de la humedad atmosférica, si no hay una buena protección del arco. La humedad en el gas de protección es medida por su punto de rocío y muchas de las mezclas de gases utilizadas en soldadura se entregan con menos de 10ppm de humedad en el cilindro (7)



Figura 14 Fotografía mostrando una fractura en la soldadura (7)

4.6.- Efecto de los gases de protección en la soldadura.

El gas de protección tiene como función principal proteger al charco de soldadura del medio ambiente y al mismo tiempo tiene efecto sobre algunas características, que se citan a continuación.

Características eléctricas del arco. De acuerdo con la mezcla de gas utilizado se puede lograr un arco estable. Entre mas estable se logra mejor calidad y apariencia de soldadura.

Modo de transferencia de metal. Es esencial la mezcla de gas utilizado para lograr las diferentes transferencias de metal, globular, corto circuito, spray y arco pulsado.

Penetración y perfil del cordón de la soldadura. Cada gas da un perfil de penetración diferente y creando mezclas se logran combinaciones de perfiles adecuados a las necesidades el fabricante.

Velocidad en la soldadura. La mezcla de gas provoca que se pueda depositar con mayor velocidad la soldadura, sin generar arcos erráticos o depósitos de mala calidad y aumentando así la eficiencia del depósito.

Tendencia de socavación. Los gases de protección pueden disminuir sustancialmente la tendencia a la socavación, encontrando su mezcla correcta y sus parámetros adecuados como velocidad de alambre, voltaje y amperaje.

Acción de limpieza. La mezcla de gas adecuada puede lograr una disminución de chisporroteo sustancialmente y así obtener una soldadura más limpia y baja necesidad de re trabajo por limpieza.

Propiedades mecánicas de la soldadura. El gas de protección provoca que el metal de la soldadura no pierda sus propiedades mecánicas, como fluencia y tensión al asegurar el calor de entrada necesario para lograr la fusión del metal de soldadura al metal base si afectar estas propiedades.

Gr

PROTECCIÓN

A SALC

nive

admirante

iso de su

su

un demue

se

algún tipo de

son

posición aume

brun

de soldar

del

que

de solda

l

solu

de mien

CAPÍTULO 5

GASES DE PROTECCIÓN Y SU EFECTO EN LA SALUD

Se ha estimado que aproximadamente más de un millón de trabajadores a nivel mundial desarrollan algún tipo de soldadura en las actividades diarias de su trabajo (8).

.....Estudios epidemiológicos han demostrado que un gran número de soldadores han experimentado algún tipo de daño respiratorio, como lo es la bronquitis, siderosis, asma, y un posible aumento en el cáncer de pulmón (9).

.....La mayoría de los procesos de soldadura y corte producen humos y gases que pueden ser peligrosos para la salud (10).

Los humos son partículas sólidas originadas por los consumibles de soldadura, el metal base y los recubrimientos del metal base. Aparte de los

humos tenemos los gases de protección y los generados por el proceso de soldadura o generados por el proceso de radiación (8).

5.1 Posibles efectos

Los efectos pueden ocurrir inmediatamente o hasta después de cierto tiempo, entre los mas comunes podemos citar los siguientes.(10) (11).

- Irritación en ojos, piel, y del sistema respiratorio hasta complicaciones más severas.
- Humos pueden causar síntomas como nauseas, dolor de cabeza, vértigo y fiebre.
- La posibilidad de serios efectos en la salud existe cuando materiales altamente tóxicos están involucrados, por ejemplo una sobre exposición al manganeso puede ocasionar daños al sistema nervioso provocando impedimentos en el habla y en el movimiento.

5.2 Cómo evitar sobre exposición a humos:

Para evitar los daños causados por la exposición a humos se recomienda seguir las indicaciones que se enlistan a continuación. (10) (11).

- Mantener la cabeza fuera de los humos.
- No respirar los humos.
- Mantener suficiente ventilación para asegurar que los humos no estén en la zona de respiración.

- Si existen dudas de la ventilación adecuada se requiere tomar una muestra del aire para tomar las medidas correctivas adecuadas.
- Precaución especial de ventilación cuando se encuentre en el ambiente algunas de las siguientes sustancias: Arsénico, antimonio, berilium, cadium, cobalto, cromo, manganeso, cobalto, plomo, cobre, mercurio, plata, selenio, vanadio, níquel, cobalto.
- Utilice ventilación mecánica.
- Cuando no se tengan controles ingenieriles usar respiradores aprobados.
- Respiradores diseñados para soldadura, corte, soldering, graining y pulir. Figura 15. (13) (14)

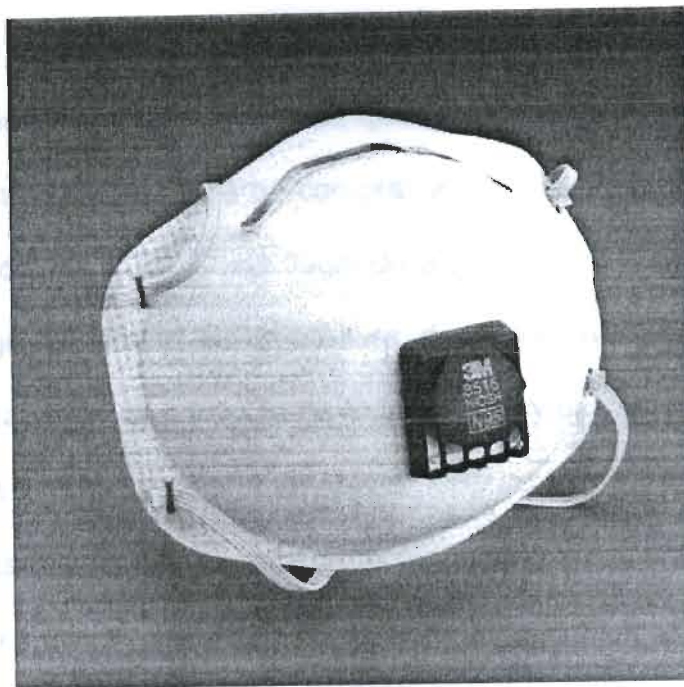


Figura 15 Respirador aprobado para actividades de soldadura (9).

CAPÍTULO 6

SELECCIÓN DE GASES DE PROTECCIÓN PARA GMAW

El presente capítulo se basa en el estudio de Irving de 2002 (12). Elegir el gas de protección adecuado tiene más que ofrecer que ahorros de costos y mejorar la productividad. Los días de comprar el gas de protección basándose sólo en el precio del pie cúbico está llegando a su fin. El gas de protección no solamente protege el charco de soldadura de la contaminación del medio ambiente, combinado con la corriente de la soldadura y el alambre de aporte, el gas de protección ayuda a mejorar la calidad, operación y productividad en los procesos de utilizados en aceros, aceros inoxidables y aleaciones de aluminio, o donde se vayan a utilizar.

Por años, la mayoría de los fabricantes consideraban que el gas ideal para la protección de la soldadura era el CO_2 , ya que el Argón es muy caro. Estudios han demostrado en los Estados Unidos que los gases de protección

representan sólo el 3% del costo total de hacer soldadura en un acero medio en un proceso de GMAW, la mayor parte del costo, un 77%, pertenece a la mano de obra, y el costo del alambre un 18%, para aceros inoxidable el costo de los gases de protección es el 3%, aunque el costo de la mano de obra sea de 43%, en este proceso la mayor parte del costo esta en el alambre 53%.

El costo de los gases básicos para soldar varía de la siguiente manera el más barato es el CO_2 , el mas caro es el Helio y el que está en un costo medio es el Argón.

Cuando los gases son mezclados, el costo inicial de la mezcla puede ser similar, pero una puede ser la que genere más ahorros que otras. Por ejemplo, la mezcla popular 75% Ar – 25% CO_2 el cilindro tiene un costo de 20\$ dils. por cilindro, cuando se utiliza una mezcla única con la intención de remplazar el gas de protección puede costar 22\$ dils. Sólo un 10% de diferencia, pero el ahorro en el uso del metal de aporte y en la mano de obra, con el uso de la mezcla Ideal se puede lograr ahorros sustanciales.

Utilizando la mezcla adecuada de gases asegura la más alta eficiencia en el depósito de soldadura, por ejemplo utilizando en un proceso de GMAW el 100% de CO_2 como gas de protección nos da una eficiencia de deposito entre el 88 al 92 %, y reemplazando el CO_2 con Ar – 10% CO_2 aumenta la eficiencia de depósito a 95% - 97% y produce significativamente menos humos. Esto significa que si la mezcla de Ar – CO_2 como gas de protección en el proceso de GMAW, mejora la productividad como incrementar la velocidad de alambre, mayor depósito de soldadura y mínima limpieza posterior al soldar, puede

reducir hasta en un 10% el costo de mano de obra, lo cual nos da un ahorro en todo el proceso de soldadura. Los gases de protección altamente oxidantes como el CO_2 requieren el uso de alambre para soldar con agentes antioxidantes adicionales esto para compensar la pérdida de los micro aleantes por la reacción causada por el CO_2 con el alambre para soldar. Si se cambia de CO_2 a Ar con 8% CO_2 se puede utilizar un alambre menos costoso por la buena retención de las aleaciones. Esto puede ocasionar hasta un ahorro del 25% en los costos de alambre para soldar manteniendo las propiedades mecánicas, fácil operación y aumentar la velocidad de alambre.

En conclusión, no debemos tomar sólo en cuenta el costo del gas de protección para tomar una decisión de cual gas utilizar en nuestro proceso, es muy importante considerar cuál sería la mezcla ideal para nuestro proceso considerando otros factores como velocidad de depósito, limpieza, y calidad de la soldadura depositada, para obtener el mayor beneficio posible de todo el proceso. Es muy importante lograr las propiedades mecánicas ideales en la soldadura depositada en nuestro proceso. El mercado nos ofrece una muy amplia variedad de combinación de gases de protección basadas en Argón, y CO_2 sólo hay que escoger la ideal

CAPÍTULO 7

MEJORA EN LOS PROCESOS DE SOLDADURA GMAW Y GTAW ALTERNANDO LOS GASES DE PROTECCIÓN

Los procesos de soldadura que usan Helio como gas de protección fueron desarrollados en 1920, después fue introducido el Argón y el Dióxido de Carbono como otros gases de protección alternos. Cada gas tiene sus propiedades, incluyendo la potencialidad de ionización, y produce características únicas del arco (13- 14). Al inicio de 1970, investigadores (15 – 16) reportaron beneficios del uso de mezclas de dos gases. Desde entonces, las industrias de la soldadura Americanas no han visto evolución significativa en el uso de los gases de protección para mejorar la calidad y la productividad de los procesos GMAW y GTAW.

En el estudio de Kang et al.(2004) (14) dan a conocer, a los profesionales de la soldadura, la tecnología de los gases de protección alternos introducidos recientemente en Rusia y en el lejano Este de Asia. De acuerdo con algunas

investigaciones (16) los efectos de la alternación de gases de protección para los procesos de GMAW y GTAW, representan beneficios como la reducción de la porosidad, reducción de fisuras, aumento de la resistencia y una mejora en la ductilidad en el Aluminio.

7.1 Variación de la presión del arco

La Figura 16 muestra la presión del arco y variación de la corriente contra el tiempo pasando alternativamente el Argón y el Helio a través de la boquilla de la pistola. Debido a las características de ionización, el Argón obtiene mayor corriente y produce mayor presión del arco comparado con Helio (13 – 14). Los cambios en la presión del arco causan cambios en el movimiento del charco de soldadura.

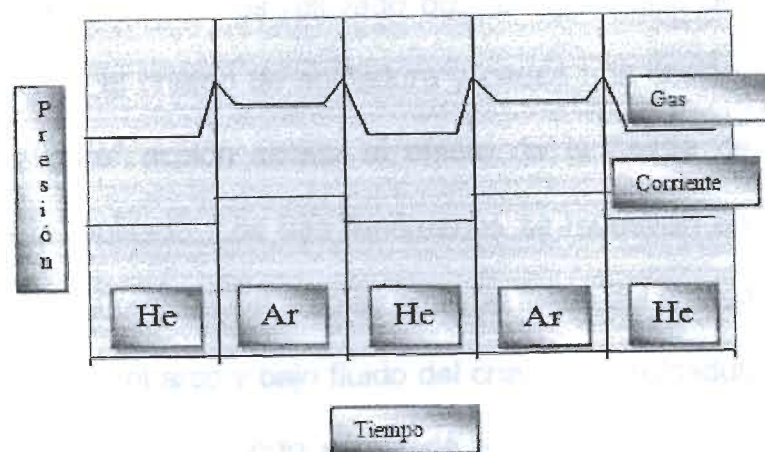


Figura 16 Variación de la presión del arco y la corriente (alternando Ar y He)(14).

7.2 Variación del fluido en el charco de soldadura

Muchos científicos e ingenieros incluyendo investigadores (13-14), caracterizan que el arco plasma del Ar tiene muy alta energía en el área interna y menor energía en el área externa, mientras que el arco plasma del He tiene muy alta energía dispersada uniformemente en una área amplia. Esto ocasiona que cuando el Ar pasa, la temperatura del charco de soldadura es baja y el nivel de fluido es bajo, cuando el He pasa la temperatura del charco de soldadura es alto y el nivel de fluido también es alto.

7.3 El impulso de la presión del arco.

Cuando se alternan los gases de protección con Ar a He, se construye una presión de un gas y cuando es relevado ocurre un impulso de presión. Este impulso es aplicado al charco de soldadura y causa una acción de "empuje y paro, empuje y paro" acción similar al efecto de la fuente de poder de la soldadura de arco pulsado. Los tres fenómenos se muestran en la Figura 17, cuando el Ar fluye, la presión del arco es alta y el fluido del charco de soldadura es bajo. Alta presión del arco y bajo fluido del charco de soldadura del Ar, junto con el impulso, produce un cierto vector de flujo en el charco de soldadura. Cuando fluye el He, su baja presión del arco y alto fluido del charco de soldadura, junto con el impulso, produce un muy diferente vector de flujo en el

charco de soldadura. Los efectos acumulativos de estos fenómenos producen una acción dinámica en el charco de soldadura.

El uso de gases convencionales o premezclados produce una presión del arco constante, y un fluido constante en el charco de soldadura. Por lo tanto, no existe una acción dinámica en el charco de soldadura.

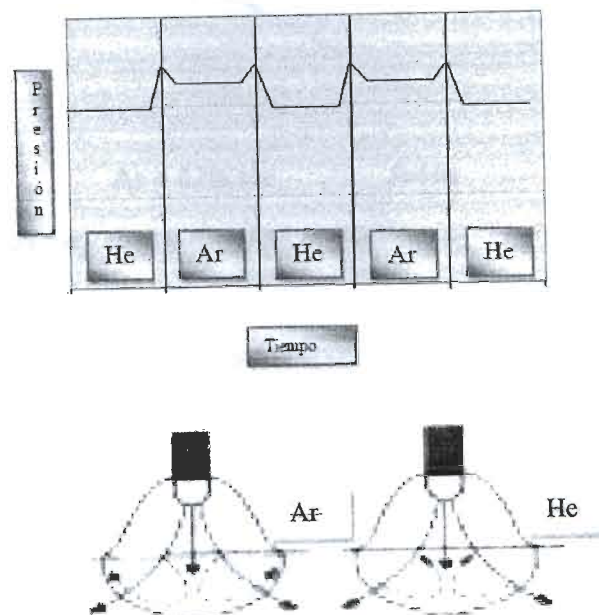


Figura 17 Presión del arco contra el tiempo y comportamiento del charco de soldadura.(14).

7.4 Porosidad

Algunos Investigadores (14) elaboraron un estudio de porosidad en aleaciones de aluminio 1420 y 1460 utilizando el proceso GMAW. Compararon las muestras soldadas hechas con tres configuraciones de gases de protección, Ar, una mezcla de Ar + 67% de He y la alternación de Ar y He con un rango de flujo de 3 a 1 (Ar – He) y frecuencia alterna de 2.2 Hz. La Figura 18 muestra los

resultados del estudio mostrando la porosidad menor en la alternancia de Ar y He. La acción dinámica en el charco de soldadura asociada con la alternancia de gases ayuda a escapar las burbujas de gas. (17).

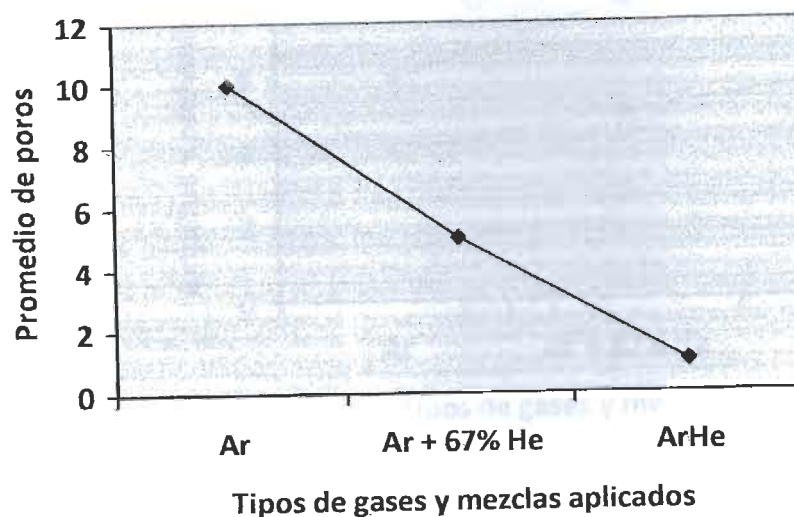


Figura 18 Comparación de la porosidad con los tipos de gases de protección.

7.5 Perfil de la soldadura

.....La investigación del perfil de soldadura muestra vistas microscópicas de secciones cortadas de las diferentes muestras hechas con las tres diferentes configuraciones de gas de protección Ar, Ar + 67% He y alternación de Ar y He. No se encontró una diferencia significativa en la profundidad de la soldadura, pero hay una diferencia en el ancho de soldadura. La alternación de Ar y He (3 a 1) con una frecuencia alterna de 2.2 Hz produjo la soldadura mas profunda y amplia. Figura 19 (17).

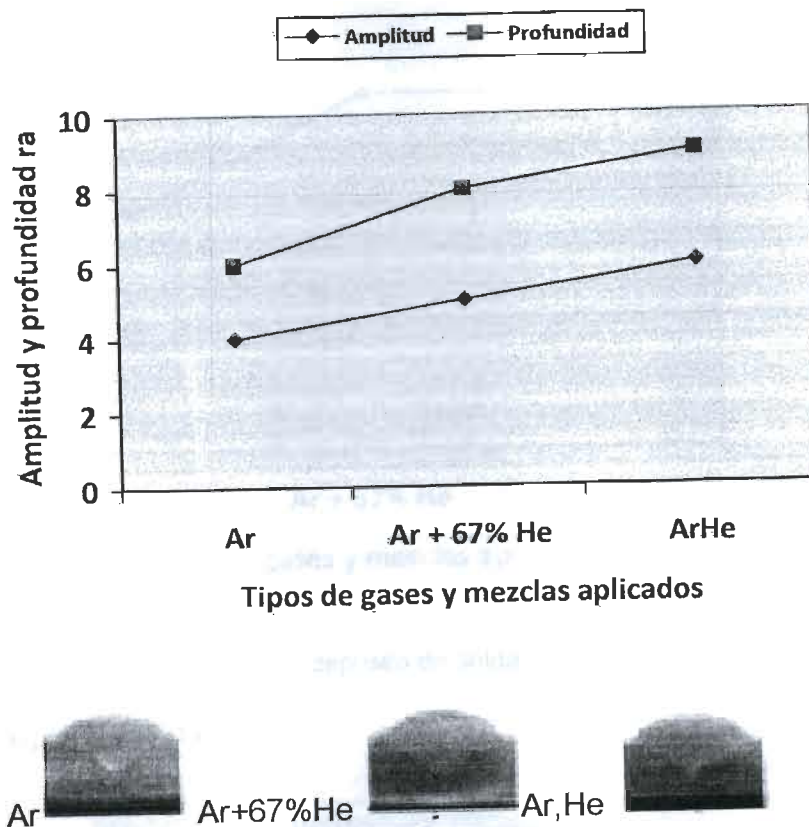


Figura 19 Comparación de perfil de soldadura con diferentes tipos de gases de protección.(14).

7.6 Velocidad de la soldadura

Se condujo un estudio de la velocidad de la soldadura para un acero inoxidable austenítico 304 utilizando el proceso GTAW. Se compararon diferentes gases de protección Ar, Ar+67%He y Alternación de Ar y He. Encontrando que con la alternancia de Ar y He la velocidad de depósito de soldadura es mayor que las otras dos combinaciones ver Figura 20 y Figura 21 (17).

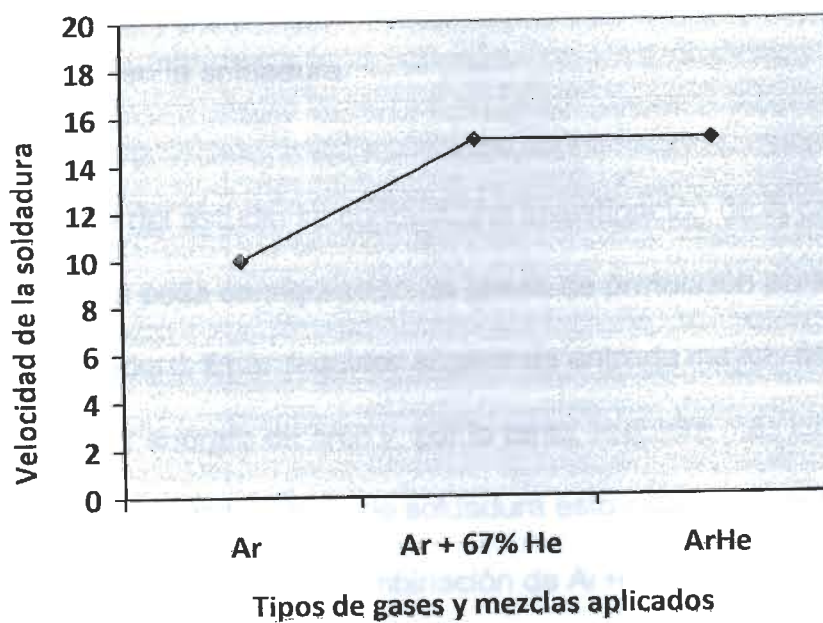


Figura 20 Variación de la velocidad del depósito de soldadura utilizando GTAW en diferentes tipos de gases de protección (14)

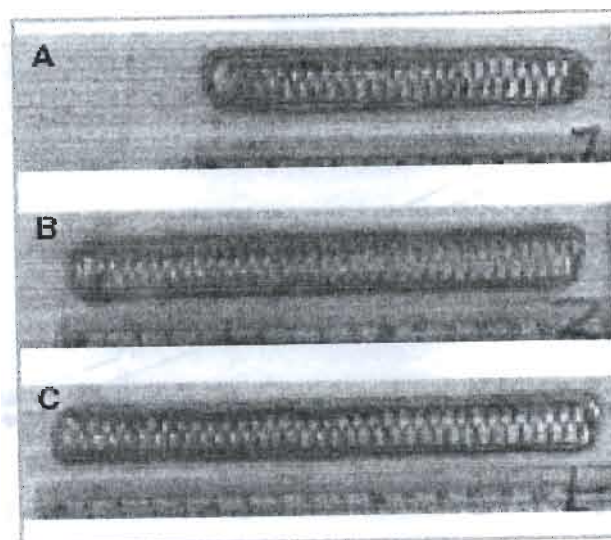


Figura 21 Variación en la cara de soldadura y longitud en el uso de diferentes combinaciones de gas de protección en el proceso de GTAW (A.- Ar, B.- Ar+67%He, C.- Uso alterno de Ar y He) (14)

7.7 Distorsión en la soldadura

Como parte del estudio se condujo una investigación de la cantidad de calor necesario para cada configuración de gases de protección para una longitud dada de soldadura. El Ar requiere el calor de entrada mayor, esto debido a que el Ar tiene baja energía de arco y, por lo tanto, requiere más calor de entrada para terminar la longitud dada de soldadura esto causa que el Ar tenga la más alta distorsión igualmente la combinación de Ar+67% He, generaron alta distorsión y al contrario el uso alterno de Ar y He, generaron la más baja distorsión ver en Figura 22 y Figura 23 (17)

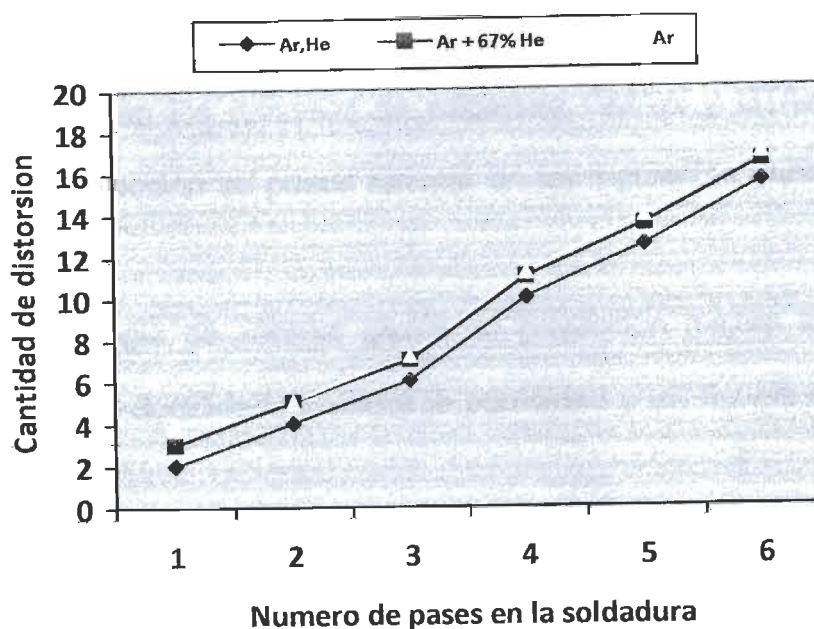


Figura 22 Comparación de distorsión angular en el proceso GTAW con diferentes combinaciones de gases de protección (14).

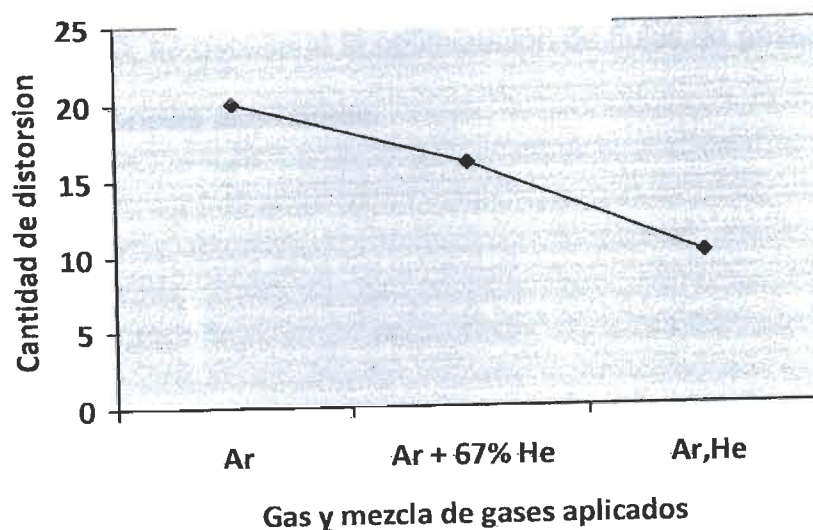


Figura 23 Comparación de la distorsión longitudinal en el proceso GTAW con diferentes combinaciones de gases de protección (14)

La mejora en los procesos de soldadura GMAW y GTAW alternando los gases de protección se puede resumir en los siguientes puntos (13) (14) (15) (16) (17):

- 1.- La tecnología de alternar gases de protección mejora la penetración de soldadura y la ductilidad, y reduce la porosidad y las fisuras en las aleaciones de aluminio.
- 2.- Reduce la distorsión de la soldadura y mejora la penetración y la velocidad de la soldadura para los aceros inoxidables o aleaciones similares.
- 3.- La tecnología puede ser aplicada al proceso de GMAW y GTAW con diferentes materiales base o con diferentes gases de protección.

4.- Para tomar la ventaja de la tecnología, a su máximo alcance, para diferentes procesos de soldadura, es necesario la optimización de flujos de gases de protección y las frecuencias alternantes.

TITULO

DE LA INF

de los procesos de

de reactivos y

CAPÍTULO 8

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Los gases de protección para los procesos de soldadura están básicamente divididos en gases inertes, gases reactivos y mezclas de gases. Los gases inertes más comunes son el argón, helio, para los gases reactivos los más comunes son el oxígeno y el nitrógeno. En los gases mezclados el más popular es el Dióxido de carbono.

La principal finalidad de los gases de protección en los procesos de soldadura es la de crear un ambiente de protección al medio ambiente del arco de soldadura y poder tener un efecto de unión del metal base con la soldadura y obteniendo una buena sanidad en la soldadura,

También incrementa la productividad en los procesos de soldadura al crear depósitos de soldadura más rápidos, buena limpieza, y mayor calidad en las uniones soldadas.

Definitivamente, el gas de protección que nos da los mejores resultados en el proceso de soldadura es el argón considerado el gas estrella, mas sin embargo, es necesario hacer una mezcla para lograr mejorar las propiedades de la soldadura, esta mezcla está formada por argón principalmente, dióxido de carbono en menor proporción y oxígeno en más pequeña proporción. Esta mezcla nos da una mejor calidad de la soldadura, penetración, limpieza y aumenta la productividad, al poder hacer a mayor velocidad el depósito de soldadura y con la generación más limitada de humos, el soldador puede mantenerse más tiempo haciendo soldaduras sin tener que parar como con el dióxido de carbono que genera mas humos que el Ar. El bajo calor de entrada que requiere el Ar contribuye a que el soldador pueda soportar más tiempo aplicando la soldadura sin tener que parar por la alta radiación de calor generado por otros gases como el dióxido de carbono.

Por lo tanto, es muy importante tener en cuenta todos los aspectos que contribuyen en el uso de gases de protección para poder escoger el más adecuado.

CAPÍTULO 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Los gases de protección para los procesos de soldadura no se deben escoger sólo por su costo, sino por la utilidad que nos pueden dar y por todos los beneficios en el proceso de soldadura. Hay que tomar en cuenta que los gases de protección que nos ofrece el mercado cuentan con amplias características que nos pueden hacer los procesos de soldadura más eficientes, con mayor limpieza, mejorar la penetración, estabilidad del arco, incrementar el depósito de soldadura, la generación de humos, el calor de entrada requerido para cada mezcla, entre otras características.

2.- Es necesario definir qué es lo que queremos lograr en nuestro proceso de soldadura para seleccionar el gas o la mezcla de gases a utilizar como protección. Es importante considerar el tipo de acero a soldar y sus espesores para asegurar que la mezcla de gas de protección se la adecuada para la unión por soldadura de estos materiales.

3.- El costo del gas se releva a segundo término considerando que podemos ser más eficientes en los procesos de soldadura considerando la mezcla de gases ideal para nuestro proceso. Se ha comprobado en diversos estudios como el que mostramos en el Capítulo 6 que el costo de los gases no es tan relevante cuando comparamos que podemos elevar la productividad de los procesos que realmente van a tener impactos significativos en el costo de la manufactura de la soldadura.

4.- El tener la mezcla adecuada de gases ayuda a los soldadores y a la empresa; ya que los soldadores tendrán un mejor ambiente de trabajo con menos humos, menos retrabajo por limpieza, y menos retrabajo por mala soldadura. Así la empresa obtendrá mayor productividad.

5.- En Terex de México se tiene la mezcla adecuada para soldar los aceros A36, A633, A514, Weldox 120, Hardox 400 ya que se usa la mezcla ternaria de 90 % Ar, 8 % CO₂ y 2 % de Oxígeno, la cual es adecuada para la transferencia tipo spray que genera bajo volumen de humos y deja buena limpieza en la soldadura por el bajo chisporroteo.

Recomendaciones

Después del análisis de la información podemos hacer las siguientes recomendaciones:

Para poder escoger el gas o la mezcla de gases adecuada para nuestro proceso hay que definir las características de la soldadura que queremos lograr. Características como profundidad de la penetración, limpieza en la soldadura, tasa de depósito de soldadura, características del metal base, aleación, espesores, entre más información logremos analizar nos dará la oportunidad de escoger el gas o la mezcla de gases idónea para nuestro proceso. No sólo debemos considerar el costo como la única característica para escoger los gases de protección, sino que hay que ser más inteligentes y considerar lo eficiente que podemos convertir los procesos de soldadura que, por ende, nos bajará el costo de producción al tener que re trabajar menos, al lograr terminar nuestros procesos en menor tiempo y, ante todo, mejor calidad de la soldadura que es lo que el cliente desea y está pagando por ello.

En Terex de México se recomienda, de acuerdo al estudio del estado del arte, el uso de una mezcla ternaria con alto porcentaje de Argón, un porcentaje menor al 25% de Co_2 y un % menor del 5% de Oxígeno para mejorar la penetración.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) American Welding Society, (1996) Welding Handbook 8^a ed., volume 2
- (2) Kou, S. (2003). Welding Metallurgy. 2^a ed. Eds. Wiley – Interscience.
Publicado por John Wiley and sons. Inc., New Jersey, USA.
- (3) Praxair (1998). Shielding Gases Selection Manual.
- (4) www.aws.com, [En línea] [consultado, Agosto 2009]
- (5) Compressed Gas Association [En línea] [consultado, Agosto 2009]
- (6) www.thefabricator.com [En línea] [consultado, Septiembre 2009]
- (7) Vedia, L .A., Svoboda, H. G. (2004.) Introducción a la metalurgia de la soldadura.[En línea Soldadura. org. ar] [Agosto, 2009]
- (8) Antonini, J. M. Santamaria, A. B. Jenkins, N. T. Albin, E. Lucchini, R. 2006,
Fate of manganese associated with the inhalation of welding fumes,
Neurotoxicology, Journal 27 (3) 304 – 310.
- (9) www.cdc.gov. NIOSH (National Institute of Safety and Health) Welding and
Manganese potential Neurologic Effects.[En línea] [consultado, Agosto,
2009]

- (10) www.msha.gov. Mine Safety and Health Administration (MSHA)[En línea]
[consultado, Agosto, 2009]
- (11) American Welding Society. (2005) Safety in Elding, Cutting and Allied Processes. Florida, USA. (ANSI) Z49
- (12) Irving, B. (1999) Shielding Gases are the Innovations in Welding. Welding Journal Volume 78.
- (13) Mayra, M. Edwards, G.R. and Liu, S. (2004), An investigation on the effects of gases in GTAW welding of a wrought AZ80, Welding Jurnal 83(7): 203-212.
- (14) Kang, B.Y., Yarlagadda K. D. V. Prasad, y Kim, W.G. (2004), The effects of altérnate supply of shielding gases in aluminium GMAW (International Conference on Advanced Manufacturing Technologies). Kuala Lumpur. Malassia.
- (15) Salter, G.R., y Dye, S.A. (1971), Selecting gas mixtures for GMAW. Metal Construction and British Welding Journal 230 - 233.
- (16) Kennedy, C. R. (1970) Gas Mixture in Welding Australian Welding Journal: 230 – 233.
- (17) Young, H. (2006) Improve GMAW and GTAW with Alternating Shield Gases. Welding Journal (February 2006) 41 - 43.

LISTA DE FIGURAS.

- 1.- Figura 1 Diagrama del equipo para el proceso GMAW
- 2.- Figura 2 Viaje de las descargas negativas en un circuito hacia el polo positivo.
- 3.- Figura 3 Conexión de corriente directa electrodo negativo (DCEN).
- 4.- Figura 4 Conexión de corriente directa electrodo positivo (DCEP).
- 5.- Figura 5 Perfil de penetración del Argón profundo y estrecho.
- 6.- Figura 6 Perfil de penetración del helio es mas ancho pero menos profundo que el del argón.
- 7.- Figura 7 Perfil de penetración del CO₂ es ancho y profundo.
- 8.- Figura 8 Perfil de penetración de la combinación de Argón / CO₂
- 9.- Figura 9 Perfil de penetración de Argón / O₂ es de mayor profundidad y no tan ancho como el perfil de Argón / CO₂.
- 10.- Figura 10 Transferencia globular.
- 11.- Figura 11 Transferencia corto circuito.
- 12.- Figura 12 Transferencia tipo spray.

- 13.- Figura 13 Transferencia por arco pulsado.
- 14.- Figura 14 Fotografía mostrando una fractura en la soldadura.
- 15.- Figura 15 Respirador aprobado para actividades de soldadura
- 16.- Figura 16 Variación de la presión del arco y la corriente (alternando Ar y He)
- 17.- Figura 17 Presión del arco contra el tiempo y comportamiento del charco de soldadura.
- 18.- Figura 18 Comparación de la porosidad con los diferentes tipos de gases de protección.
- 19.- Figura 19 Comparación de perfil de soldadura con diferentes tipos de gases de protección.
- 20.- Figura 20 Variación de la velocidad del depósito de soldadura utilizando GTAW en diferentes tipos de gases de protección.
- 21.- Figura 21 Variación en la cara de soldadura y longitud en el uso de diferentes gases de protección en el proceso de GTAW.
- 22.- Figura 22 Comparación de la distorsión angular en el proceso GTAW con diferentes combinaciones de gases de protección.
- 23.- Figura 23 Comparación de la distorsión angular en el proceso GTAW con diferentes gases combinaciones de gases de protección.

LISTA DE TABLAS

1.- Tabla 1 El fabricante tiene una variedad de gases de protección a considerar para soldar con arco.

2.- Tabla 2 Diferentes combinaciones de procesos de soldadura y materiales que requieren diferentes combinaciones de gases de protección en la soldadura.