



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**APLICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA MIG EN LA REPARACIÓN
DE PIEZAS DE ALUMINIO EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**

Byron Oswaldo Ibarra Tepeque

Asesorado por el Ing. Luis Eduardo Coronado Noj

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**APLICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA MIG EN LA REPARACIÓN
DE PIEZAS DE ALUMINIO EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

BYRON OSWALDO IBARRA TEPEQUE
ASESORADO POR EL ING. LUIS EDUARDO CORONADO NOJ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colíndrez
EXAMINADOR	Ing. Víctor Eduardo Izquierdo Palacios
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

APLICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA MIG EN LA REPARACIÓN DE PIEZAS DE ALUMINIO EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha marzo de 2011.

Byron Oswaldo Ibarra Tepeque

Guatemala, 8 de septiembre del año 2011

Ingeniero
Julio Cesar Campos Paiz
Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Señor Director:

Por este medio me dirijo a usted. Para informarle que he llevado a cabo la revisión del trabajo de graduación, titulado "**APLICACION DEL PROCESO DE SOLDADURA MIG EN LA REPARACIÓN DE PIEZAS DE ALUMINIO EN MOTORES DE COMBUSTION INTERNA**". Presentado por el estudiante Byron Oswaldo Ibarra Tepeque con carné 1996-15583.

El trabajo se ha desarrollado de acuerdo con el programa y los objetivos iniciales planteados y considero que llena los requisitos para ser aprobado como trabajo de graduación.

Finalmente, considero importante resaltar la utilidad que el trabajo tendrá como apoyo a los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica en el curso de Procesos de Manufactura 2.

Agradeciendo la atención a la presente aprovecho la oportunidad de suscribirme a usted.

Atentamente.



Ing. Luis Eduardo Coronado Noj

Colegiado Activo No. 7455

Luis Eduardo Coronado Noj
Ingeniero Mecánico
Col. 7455

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
SCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del asesor del trabajo de graduación titulado, APLICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA MIG EN LA REPARACIÓN DE PIEZAS DE ALUMINIO EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA, del estudiante **Byron Oswaldo Ibarra Tepeque**, recomienda su aprobación.

LEER Y ENSEÑAR A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, septiembre de 2011.

/behdeí.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
SCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, al Trabajo de Graduación titulado APLICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA MIG EN LA REPARACIÓN DE PIEZAS DE ALUMINIO EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA del estudiante Byron Oswaldo Ibarra Tepeque, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, octubre de 2011

JCCP/belde



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **APLICACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA MIG EN LA REPARACIÓN DE PIEZAS DE ALUMINIO EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA**, presentado por el estudiante universitario **Byron Oswaldo Ibarra Tepeque**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, octubre de 2010

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por permitirme cumplir este sueño.
La Virgen María	Por interceder por mí.
Mis padres	Porque este logro es fruto de su esfuerzo.
Mis hermanas	Por su amor y apoyo.
Mis abuelas	Por su preocupación constante en mi bienestar.
Mi esposa e hijos	Por su paciencia y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por su amor y misericordia infinita.
La Virgen María	Por interceder por mí.
Mis padres	Oswaldo Ibarra Xoy y Zoila Amparo de Ibarra, por todo su esfuerzo y ejemplo.
Mis hermanas	Evelyn Elizabeth y Brenda Maribel, por su apoyo y cariño.
Mis abuelas	Ángela Álvarez y Angelina Xoy, por su amor, apoyo y consejos.
Mi esposa	Ángela, por su paciencia.
Mis hijos	Pablo Josué y Stephanie Gabriela por su amor.
Mi suegro	German Matias (q.e.p.d.), por su apoyo y afecto.
Ing. Luis Eduardo Coronado Noj	Por su asesoramiento y orientación.

Ing. Carlos Chicol

Por estar siempre dispuesto a brindarme su ayuda.

Ing. Oscar Méndez Recinos

Por su apoyar y animar mi superación.

Ing. Juan Carlos Quiñonez L.

Por su colaboración y orientación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ASPECTOS GENERALES	1
1.1. Descripción del proceso MIG/MAG	1
1.1.1. Proceso MIG/MAG semiautomático	1
1.1.2. Proceso MIG/MAG automático.....	2
1.1.3. Proceso MIG/MAG robotizado	2
1.2. Parámetros a considerar en el proceso MIG/MAG.	2
1.2.1. Polaridad.....	3
1.2.2. Voltaje del arco	4
1.2.3. Velocidad de alimentación del hilo	5
1.2.4. Naturaleza del gas	5
1.2.4.1. Argón	6
1.3. Subcapítulo de primera categoría.....	6
1.3.1. Transferencia por cortocircuito.....	6
1.3.2. Transferencia globular	7
1.3.3. Transferencia por pulverización axial.....	8
1.3.4. Transferencia por arco pulsado.....	9
1.4. Otro proceso empleado para la soldadura de aluminio.....	10
1.4.1. Soldadura Tig.....	10

1.4.1.1.	Descripción del proceso	10
1.4.1.2.	Características y ventajas del proceso TIG.....	11
1.4.1.3.	Equipo empleado en la soldadura TIG.....	12
1.4.1.4.	Electrodos para sistema TIG	13
2.	MATERIAL DE APORTE.....	15
2.1.	Hilos o alambres de soldadura	15
2.2.	Características del electrodo	16
2.2.1.	Electrodo continuo sólido.....	16
2.2.2.	Tubulares.....	17
2.3.	Propiedades del material de aporte en proceso MIG	18
2.4.	Acabados superficiales.....	20
2.5.	Pre calentamiento.....	21
2.6.	Transferencia axial o <i>spray</i>	21
2.7.	Normas que regulan la soldadura MIG/MAG.....	24
3.	DESCRIPCIÓN DEL AREA DE APLICACIÓN	25
3.1.	Motor de combustión interna	25
3.1.1.	Aluminio.....	25
3.2.	Culata	26
3.3.	Corrosión.....	27
3.4.	Erosión por cavitación y picaduras.	27
3.5.	Relación inapropiada de acidez/alcalinidad.....	29
3.6.	Reparación de culata de aluminio	29
4.	FACTORES DE RIESGO.....	33
4.1.	Normas de seguridad	33

4.1.1.	Seguridad industrial	33
4.2.	Equipo de protección personal.....	34
4.2.1.	Protección de la vista	36
4.2.2.	Respiradores.....	37
4.2.3.	Partículas suspendidas en el ambiente.....	38
4.3.	Regulaciones ambientales	38
4.3.1.	Relación salud-trabajo	38
4.3.1.1.	Agente.....	39
4.3.1.2.	Huésped.....	39
4.3.1.3.	Ambiente.....	39
4.4.	Riesgos a la salud.....	40
4.4.1.	Riesgo ocupacional.....	40
4.4.2.	Enfermedad ocupacional	42
4.4.3.	Fatiga laboral	42
4.4.4.	Influencias de la exposición al ruido.....	42
5.	MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	45
5.1.	Listado de partes del equipo de soldadura MIG/MAG	45
5.1.1.	Transformador.....	46
5.1.2.	Rectificador	47
5.1.3.	Inductancia.....	48
5.1.4.	Unidad alimentadora de hilo	48
5.1.5.	Circuito de gas protector	50
5.1.6.	Antorcha de soldadura	52
5.1.7.	Control electrónico	53
5.1.8.	Circuito opcional de refrigeración.....	54
5.1.9.	Factor de marcha	55
5.2.	Especificaciones técnicas del fabricante.....	55
5.2.1.	Instalación y servicio técnico del equipo	55

5.2.1.1.	Circuitos con corriente eléctrica.....	56
5.2.1.2.	Línea a tierra.....	56
5.2.1.3.	Cambio de polaridad.....	57
5.2.1.4.	Cambio del rango de amperaje.....	58
5.2.1.5.	Circuito de soldadura.....	59
5.3.	Servicio que requiere el equipo de soldadura MIG/MAG.....	59
5.3.1.	Mantenimiento preventivo.....	59
5.3.2.	Mantenimiento de rutina.....	60
5.3.3.	Mantenimiento diario.....	61
5.3.4.	Mantenimiento a largo plazo.....	61
CONCLUSIONES.....		63
RECOMENDACIONES.....		65
BIBLIOGRAFÍA.....		67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Elementos que intervienen en el proceso MIG/MAG.....	1
2.	Terminología utilizada en el proceso MIG	4
3.	Forma del cordón en función del tipo de gas	6
4.	Soldadura por sistema TIG	10
5.	Diagrama esquemático del equipo TIG.....	12
6.	Clasificación de los electrodos para soldadura GMAW	16
7.	Rellenado de las fisuras a través de transferencia axial	21
8.	Problemas y soluciones en la soldadura MIG/MAG.....	22
9.	Problemas y soluciones a defectos en soldadura MIG	23
10.	Ubicación de culata en motor de combustión interna	26
11.	Grieta en cámara de agua en culata de aluminio	30
12.	Cordón de soldadura con poco residuo de escoria.....	31
13.	Culata de aluminio reparada mediante el proceso MIG.....	31
14.	Riesgo de incendio	33
15.	Guantes de cuero para protección personal.....	36
16.	Equipo de soldadura MIG/MAG	45
17.	Transformador de núcleo de chapas	46
18.	Unidad alimentadora de alambre	49
19.	Ubicación del cilindro del gas protector	51
20.	Antorcha o pistola usada en el proceso MIG	52
21.	Ubicación de la tarjeta del circuito electrónico	54
22.	Colocación de la línea a tierra	57

TABLAS

I. Gases recomendados para la soldadura de aluminio.....	5
II. Composición química del alambre para soldadura MIG/MAG	19
III. Propiedades del electrodo para soldadura de aluminio	19
IV. Propiedades mecánicas del alambre para soldadura MIG	20
V. Normas y análisis químico para el material depositado.....	24
VI. Especificaciones técnicas de máquina soldadora.....	58

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Al	Aluminio
A	Amperaje
Ar	Argón
bar	Barómetro
Db	Decibel
°C	Grados Centígrados
PSI	Lb/pulg ²
N	Newton
mm	Milímetros
O2	Oxígeno
V	Voltaje

GLOSARIO

Anodizado	Capa de protección artificial que se genera sobre el aluminio mediante el oxido protector, consiguiendo mayor resistencia y durabilidad.
AWS	" <i>American Welding Society</i> ". Sociedad Americana de Soldadura, encargada de normar y estandarizar los métodos de soldadura y aleaciones del material de aporte.
Calidad	Cualidad de los objetos o productos que se aplican para comparar uno con otro, siempre y cuando cumplan con las necesidades y características para lo cual fueron creadas.
Carrete	Dispositivo que se usa para contener el alambre continuo para soldar, fabricado específicamente para este fin.
Cordón de soldadura	Depósito de metal de aporte hecho mediante una sola pasada.
Cornisa	Soldadura que se realiza mediante técnicas de soldadura horizontal, pero la superficie está en posición vertical.

Corrosión	Alteración de la superficie de un metal, que es sometido a agentes extraños como lejías y ácidos, entre otros.
Desenergizar	Liberar de cualquier conexión eléctrica o carga eléctrica.
DIN	Instituto alemán de normalización.
Dureza	Capacidad de un cuerpo de oponerse a la ralladura o a la deformación plástica.
Electroválvula	Válvula electromecánica diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto por medio de impulsos eléctricos.
Escoria	Capa protectora que deja el revestimiento de un electrodo después de una soldadura, dependiendo de qué proceso de soldadura se utilice.
Gas activo	Gas que interviene en el proceso de soldadura de forma termodinámica, devolviendo en la base del arco energía en forma de calor.
Gas inerte	Son todos aquellos que por su naturaleza no son inflamables.

Mantenimiento	Combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en un estado en el que puede realizar las funciones designadas.
Pistola de soldar	Instrumento que guía el electrodo, conduce electricidad y libera el gas protector durante el proceso de soldadura MIG/MAG; presenta un mango que permite manipularle.
Proyección	Rayo que se genera en el momento que hace contacto el electrodo con el material base, al realizar una soldadura por arco.
Reglaje	Reajuste de las piezas de un mecanismo para mantenerlo en perfectas condiciones.
Soldabilidad	Capacidad de un metal para aceptar que se le una por soldadura a otros metales, bajo condiciones específicas.

RESUMEN

En las diversas ramas de la industria automotriz guatemalteca se realizan procesos que involucran el uso de soldadura de partes tanto para la producción, reparación o mantenimiento de carrocerías y motores.

En el presente trabajo de graduación se muestra una alternativa en el proceso de soldar partes hechas en aluminio, como el uso de un electrodo consumible y continuo que ofrece un cordón de soldadura más limpio y penetrante, que garantiza obtener más beneficios que otras técnicas de soldadura, permitiendo alcanzar alta resistencia a los esfuerzos que serán sometidas las partes unidas.

Por otra parte, debido a que el electrodo es continuo, esto hace que los procesos de soldadura no se vean interrumpidos, lo que permite obtener mayor eficiencia en procesos en que el tiempo y la calidad de soldadura son cruciales. Incluso para los expertos en la soldadura de aceros, el soldeo de las aleaciones de aluminio puede presentar un verdadero desafío.

La mayor conductividad térmica y el menor punto de fusión de las aleaciones de aluminio pueden fácilmente producir perforaciones, a menos que los soldadores sigan los procedimientos prescritos.

OBJETIVOS

General

Analizar la aplicación del proceso de soldadura MIG en la reparación de piezas de aluminio, en motores de combustión interna.

Específicos

1. Describir las ventajas y beneficios que presenta el uso de electrodo continuo protegido por gas, en la reparación de piezas de aluminio.
2. Proponer una alternativa eficiente en el proceso de soldadura de piezas de aluminio, para lograr un cordón más limpio.
3. Verificar los beneficios del uso del electrodo continuo protegido por gas, en el proceso de soldadura MIG/MAG, en la reparación de piezas de aluminio en motores de combustión interna.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se describe la aplicación del proceso de soldadura MIG/MAG en piezas de aluminio de motores de combustión interna. En el primer capítulo se tratan generalidades del proceso de soldadura MIG/MAG, mencionando los aspectos a considerarse, cuando se aplican en el material aluminio.

En el segundo capítulo, se describe el material de aporte, dando a conocer sus características y propiedades, las cuales son determinantes a la hora de escoger el electrodo que se va a emplear. También se menciona un proceso de soldadura alternativo y eficiente para este tipo de material como el proceso de soldadura TIG.

En el tercer capítulo, se describe la parte de aluminio del motor de combustión interna que más se repara en el mercado guatemalteco la culata, y se tratan los factores que la deterioran.

En el cuarto capítulo, se hace énfasis en la seguridad del personal que realiza los trabajos de soldadura y se describen las normas y el equipo que debe utilizarse para preservar la salud a corto y largo plazo.

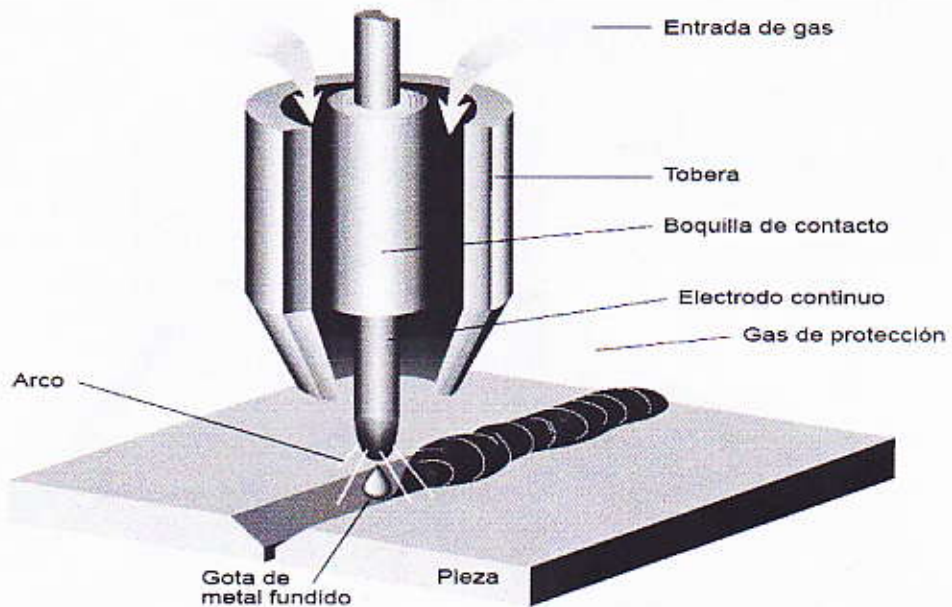
En el quinto y último capítulo, se describen con más detalle las partes que componen el equipo de soldadura MIG/MAG, así como sus características técnicas y el mantenimiento que requiere para su óptimo funcionamiento.

1. ASPECTOS GENERALES

1.1. Descripción del proceso de soldadura MIG/MAG

La soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible es un proceso en el que el arco se establece entre un electrodo de hilo continuo y la pieza a soldar, estando protegido de la atmósfera circundante por un gas inerte (proceso MIG) o por un gas activo (proceso MAG).

Figura 1. Elementos que intervienen en el proceso MIG/MAG



Fuente: SUNARC. Principios de soldadura MIG/MAG. p. 3.

1.1.1. Proceso MIG/MAG semiautomático

La tensión de arco, la velocidad de alimentación del hilo, la intensidad de soldadura y el caudal de gas, se regulan previamente. El avance de la antorcha de soldadura se realiza manualmente.

1.1.2. Proceso MIG/MAG automático

Todos los parámetros, incluso la velocidad de soldadura, se regulan previamente, y su aplicación en el proceso es de forma automática.

1.1.3. Proceso MIG/MAG robotizado

Todos los parámetros de soldeo, así como las coordenadas de localización de la junta a soldar, se programan mediante una unidad específica para este fin. La soldadura la efectúa un robot al ejecutar esta programación.

Este tipo de soldadura se utiliza principalmente para soldar aceros de bajo y medio contenido de carbono, así como para acero inoxidable, aluminio y otros metales no férricos y tratamientos de recargue.

Produce soldaduras de gran calidad en artículos para la industria del automóvil, calderería y recipientes a presión o estructura metálica en general, construcción de buques y un gran número de otras aplicaciones, que día a día van en aumento.

1.2. Parámetros a considerar en el proceso MIG/MAG

El comportamiento del arco, la forma de transferencia del metal a través de este, la penetración y la forma del cordón, son aspectos que están condicionados por la conjunción de una serie de parámetros entre los que destacan los que a continuación se describen.

1.2.1. Polaridad

Afecta a la forma de transferencia, penetración y velocidad de fusión del hilo. Normalmente se trabaja con polaridad inversa o positiva es decir, la pieza al negativo y el alambre de soldadura al positivo. En este punto, es interesante comentar el hecho de que los electrones viajan del polo negativo al positivo; es este último el que se calienta más, concretamente, un 65% más que el negativo. Esta condición podría ser particularmente útil para aquellos trabajos donde se requiera un mayor aporte térmico en la pieza que en el hilo de soldadura, lo que se conseguiría empleando la polaridad directa o negativa.

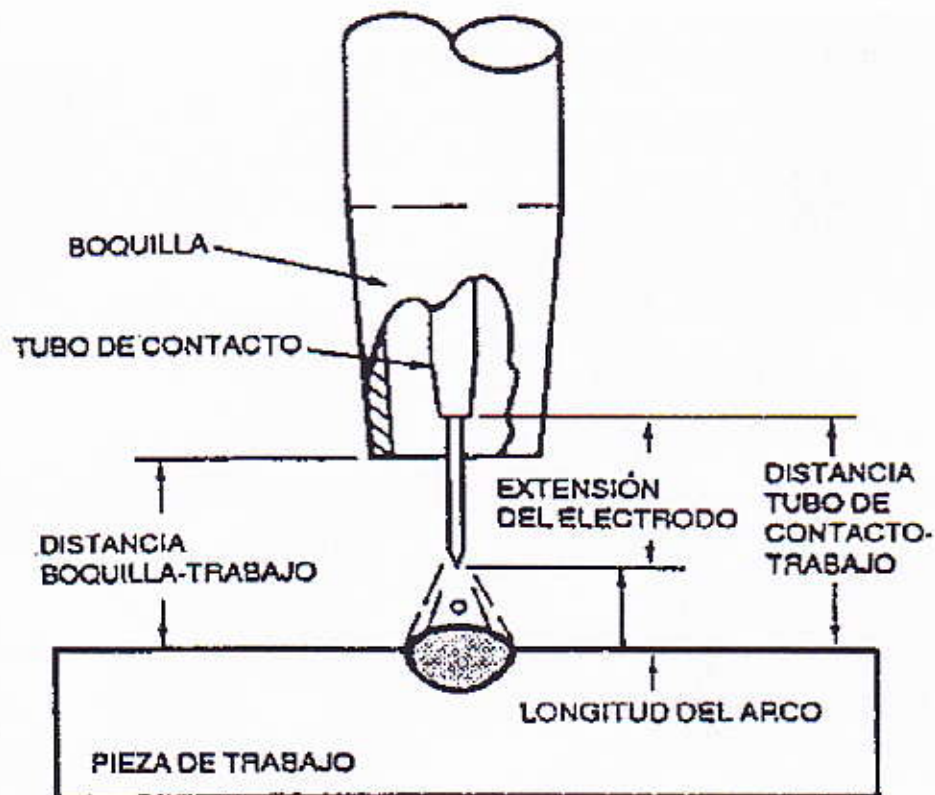
Del mismo modo y debido a la circulación de electrones del polo negativo al positivo, se origina una propiedad especialmente importante: el arco muestra afinidad por dispersar las películas de óxido y otros materiales refractarios en el polo negativo.

Así, pues, en todos aquellos casos de soldadura de metales que forman óxidos refractarios, se hace imprescindible la conexión de la polaridad inversa o positiva (negativo en la pieza), con la finalidad de aprovechar precisamente la acción limpiadora del arco.

1.2.2. Voltaje del arco

Depende de la longitud de arco así como de otras variables, tales como composición y dimensión del alambre, gas de protección y técnica de soldadura. Con algunas consideraciones se podría decir que expresa en forma aproximada la longitud física del arco. Si todas las variables se mantienen constantes, el voltaje del arco se relaciona directamente con la longitud del arco.

Figura 2. Terminología utilizada en el proceso MIG



Fuente: Cuaderno GMAW. p. 4.

1.2.3. Velocidad de alimentación del hilo

En esta técnica no se regula previamente la intensidad de soldadura, sino que es el ajuste de la velocidad de alimentación del hilo el que provoca la variación de la intensidad, gracias al fenómeno de la autorregulación.

1.2.4. Naturaleza del gas

La función primaria del gas de protección es impedir que la atmosfera entre en contacto con el metal de soldadura fundido.

Presenta una notable influencia sobre la forma de transferencia del metal, penetración, aspecto del cordón y proyecciones. En la siguiente figura se muestran las formas de los cordones y las penetraciones típicas de este proceso, en función del tipo de gas.

Tabla I. Gases recomendados para la soldadura de aluminio

Material	Modo de transferencia	Posición	Espesor (mm)	
			<5	>5
Aluminio y sus aleaciones	Spray	Todas	Ar	Ar 75%He-25% Ar
	Spray Pulsado	Todas	Ar	Ar 75%He-25% Ar

Fuente: Cuaderno de soldadura GMAW. p. 22.

1.2.4.1. Argón

Es un gas inerte, que produce un fácil encendido de arco; promueve con facilidad la obtención de transferencia tipo *spray* y se usa como base de mezclas.

Figura 3. Forma del cordón en función del tipo de gas



Fuente: Oerlikon. Manual de soldadura MIG/MAG. p. 51.

1.3. Transferencia del metal

Existen distintas formas de transferencia del metal en el arco, dependientes todas ellas de los valores de los parámetros de tensión e intensidad. Se detallan en los apartados siguientes.

1.3.1. Transferencia por cortocircuito

En esta forma de transferencia, el hilo se funde formando una gota que se va alargando hasta el momento en que toca el metal de base, y a causa de la tensión superficial, se corta la unión con el hilo.

En el momento de establecer contacto con el metal de base se produce un cortocircuito, aumenta en gran medida la intensidad y como consecuencia, las fuerzas axiales rompen el cuello de la gota y simultáneamente se reanuda el arco.

Para que un arco se comporte de esta forma, deben cumplirse una serie de condiciones:

- Utilización de polaridad inversa o positiva
- Tensión y densidad de corriente bajas
- Gas de protección CO₂ o mezclas de argón/CO₂

Con este tipo de arco se sueldan piezas de reducidos espesores, porque la energía aportada es pequeña en relación con otro tipo de transferencias. Es ideal para soldaduras en vertical, en cornisa y bajo techo, porque el baño de fusión es reducido y fácil de controlar.

1.3.2. Transferencia globular

Cuando se opera con este tipo de arco, el hilo se va fundiendo por su extremo a través de gotas gruesas de un diámetro hasta tres veces mayor que el del electrodo. Al mismo tiempo, se observa cómo las gotas a punto de desprenderse, van oscilando de un lado hacia otro. Como puede deducirse, la transferencia del metal es dificultosa; por tanto el arco se vuelve inestable y de poca penetración, y se producen numerosas proyecciones.

Se trata de un método que no se utiliza en la práctica, pero que puede aparecer cuando se efectúa el reglaje de un equipo de soldadura.

El arco suele comportarse de esta forma cuando hay valores grandes de tensión y bajos de intensidad, o también cuando se utiliza polaridad directa o negativa.

1.3.3. Transferencia por pulverización axial

En este caso, la transferencia se realiza en forma de gotas muy finas que se depositan sobre el metal base de forma ininterrumpida, similar a una pulverización por *spray*; de ahí que se conozca también este método como Arco *spray*.

Se caracteriza por un cono de proyección muy luminoso y un zumbido característico.

Para que un arco se comporte de esta manera, es necesario que:

- Se utilice polaridad inversa o positiva
- El gas de protección sea argón o mezcla de argón con algo de O₂
- Exista una tensión de arco relativamente elevada

El efecto de la utilización de la polaridad positiva se traduce en una enérgica acción limpiadora sobre el baño de fusión, que resulta particularmente útil en la soldadura de metales que producen óxidos pesados y difíciles de reducir, como el aluminio o el magnesio.

La penetración que se consigue es buena, por lo que se recomienda para soldar piezas de grueso espesor. Como inconveniente, cabe destacar que el baño de fusión resulta relativamente grande y fluido, por lo que no se controla con facilidad en posiciones difíciles.

1.3.4. Transferencia por arco pulsado

En este tipo de transferencia, se combina la superposición de dos corrientes, una ininterrumpida y de débil intensidad (llamada de base) cuyo objetivo es proporcionar al hilo la energía calorífica para mantener el arco encendido, y otra constituida por una sucesión de pulsaciones a una determinada frecuencia. Cada pulsación eleva la intensidad a un valor suficiente que hace fundir una gota del mismo diámetro que el del hilo que se está utilizando. Esta gota se desprende antes de que el extremo del hilo llegue a hacer contacto con el metal base, como consecuencia de las fuerzas internas que actúan. De esta manera, se eliminan 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 utilizando MIG/MAG convencional, lo que repercute en una menor deformación de la pieza.

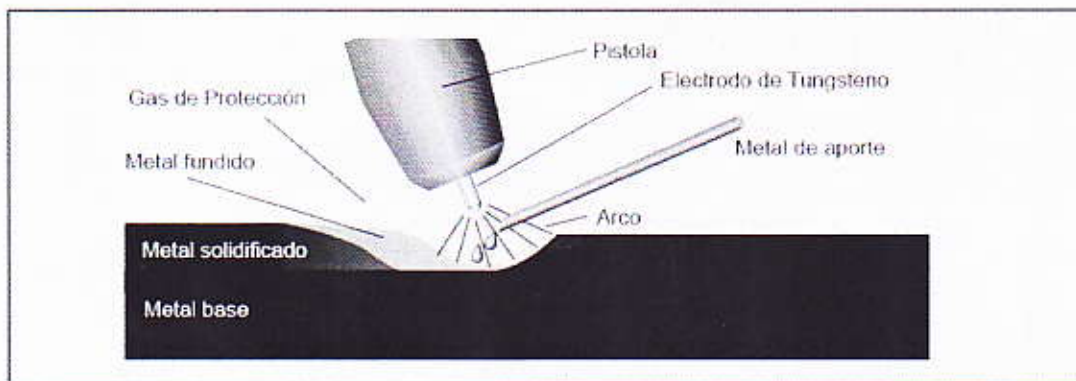
1.4. Otro proceso empleado para la soldadura de aluminio

1.4.1. Soldadura TIG

1.4.1.1. Descripción del proceso

Actualmente, las exigencias tecnológicas en cuanto a calidad y confiabilidad de las uniones soldadas, obligan a adoptar nuevos sistemas, destacándose entre ellos la soldadura al arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (TIG).

Figura 4. Soldadura por sistema TIG



Fuente: Indura. Manual de soldadura. p. 86.

El sistema TIG es un sistema de soldadura al arco con protección gaseosa, que utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar, donde puede o no utilizarse metal de aporte.

Se utiliza un gas de protección cuyo objetivo es desplazar el aire, para eliminar la posibilidad de contaminación de la soldadura por el oxígeno y nitrógeno presentes en la atmosfera.

Como gas protector se puede emplear argón o helio, o una mezcla de ambos. La característica más importante que ofrece este sistema es entregar alta calidad de soldadura en todos los metales, incluyendo aquellos difíciles de soldar, como también para soldar metales de espesores delgados y depositar cordones de raíz en unión de cañerías.

Las soldaduras hechas con sistema TIG son más fuertes, más resistentes a la corrosión y más dúctiles que las realizadas con electrodos convencionales. Cuando se necesita alta calidad y mayores requerimientos de terminación, se hace necesario utilizar el sistema TIG para lograr soldaduras homogéneas, de buena apariencia y con un acabado completamente liso.

1.4.1.2. Características y ventajas del proceso TIG

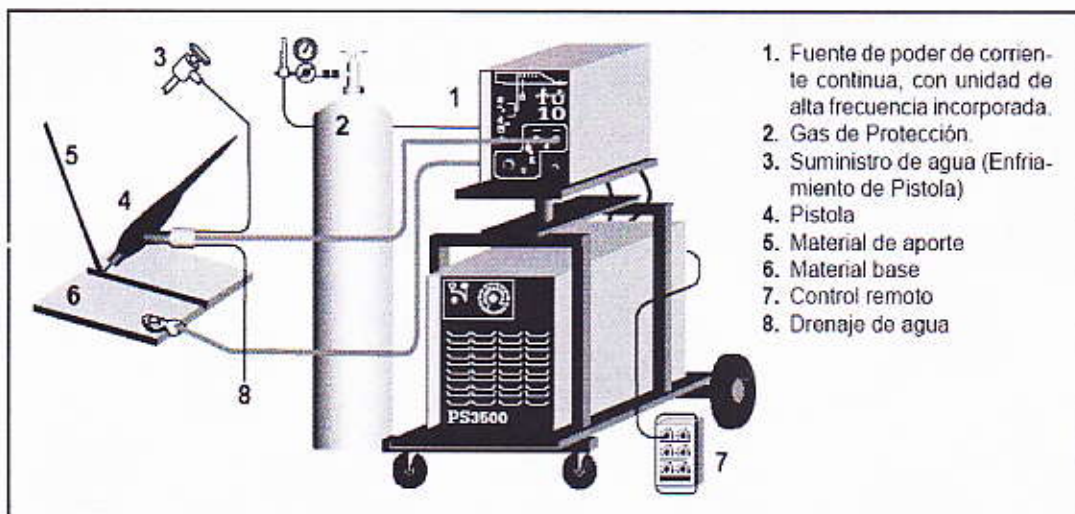
- No se requiere de fundente
- No hay salpicadura
- No hay chispas
- No hay emanaciones, al no circular metal de aporte a través del arco
- Brinda soldaduras de alta calidad en todas las posiciones
- El área de soldadura es claramente visible
- El sistema puede ser automatizado
- Puede ser controlando mecánicamente con pistola

1.4.1.3. Equipo empleado en la soldadura TIG

El equipo para sistema TIG consta básicamente de:

- Fuente de poder
- Unidad de alta frecuencia
- Pistola
- Suministro gas de protección
- Suministro agua de enfriamiento

Figura 5. Diagrama esquemático del equipo TIG



Fuente: Indura. Manual de soldadura. p. 87.

La pistola asegura el electrodo de tungsteno que conduce la corriente, el cual está rodeado por una boquilla de cerámica que hace fluir concéntricamente el gas protector.

La pistola normalmente se refrigera por aire. Para intensidades de corriente superiores a 200 amperios se utiliza refrigeración por agua, para evitar el recalentamiento del mango.

1.4.1.4. Electrodo para sistema TIG

Los electrodos para sistema TIG, están fabricados con tungsteno o aleaciones de tungsteno, lo que los hace prácticamente no consumibles, ya que su punto de fusión es sobre los 3.800° C.

Su identificación se realiza por el color de su extremo:

- Diámetros más utilizados: 1.6 mm (1/16"), 2.4 mm (3/32"), 3.2 mm (1/8")
- Largos estándar: 3" y 7"
- La adición de 2% de torio permite una mayor capacidad de corriente
- Mejor iniciación y estabilidad del arco

2. MATERIAL DE APORTE

2.1. Hilos o alambres de soldadura

En la soldadura MIG/MAG, el electrodo consiste en un hilo macizo o tubular continuo de diámetro que oscila entre 0,8 y 1,6 mm. Los diámetros comerciales son 0,8; 1,0; 1,2; y 1,6 mm, aunque no es extraño encontrarse en grandes empresas con el empleo de diámetros diferentes a estos, y que han sido fabricados a requerimiento expreso. En ciertos casos de soldeo con fuerte intensidad, se emplea hilo de 2,4 mm de diámetro.

Debido a la potencia relativamente elevada, empleada en la soldadura bajo gas protector, la penetración del material en el metal de base es también alta. La penetración está pues, en relación directa con el espesor del material de base y con el diámetro del hilo utilizado.

El efecto de la elección de un diámetro de hilo muy grande, es decir, que exija para su fusión una potencia también elevada, producirá una penetración excesivamente grande, y por esta causa se puede llegar a atravesar o perforar la pieza a soldar. Por el contrario, un hilo de diámetro demasiado pequeño, que no admite más que una potencia limitada, dará una penetración poco profunda, y en muchos casos una resistencia mecánica insuficiente. Se presenta arrollado por capas en bobinas de diversos tamaños. El hilo suele estar recubierto de cobre para favorecer el contacto eléctrico con la boquilla, disminuir rozamientos y protegerlo de la oxidación.

Figura 6. Clasificación de los electrodos para soldadura GMAW



Fuente: AWS. Manual de soldadura. p. 17.

2.2. Características del electrodo

El electrodo que se utiliza para este proceso es de diámetro muy pequeño. Son comunes los diámetros 0.9 y 1.6 mm. (0.035 a 0.062 pulg.) pero pueden usarse electrodos con diámetro tan pequeño como 0.5 mm. (0.020 pulg.), y tan grande como 3.2 mm. (1/8 pulg.); como los diámetros de electrodo son pequeños y las corrientes relativamente altas, las velocidades de alimentación de alambre también son altas y van desde 40 a 340 mm/s. (100 a 800 pulg./min.) para la mayor parte de los metales, con excepción del magnesio, con el que se pueden requerir velocidades hasta de 590 mm/s. (1400 pulg./min.)

2.2.1. Electrodo continuo sólido

El electrodo continuo sólido normalmente está recubierto con cobre, para prevenir que se oxide y así mejorar la transmisión de la corriente de soldar de la punta de contacto al alambre.

Este electrodo, en combinación con el gas protector, producirá la química del depósito, lo que determina las propiedades físicas y químicas resultantes en la soldadura. Las especificaciones de la Sociedad Americana de Soldadura "*American Welding Society, AWS*" han sido establecidas para los metales de aporte de uso común.

Como metal depositado, es resistente a la corrosión y ataque de agua de mar. Recomendable para piezas que trabajan sujetas simultáneamente al ataque de agua marina, cavitación y erosión. Presenta buenas propiedades frente al desgaste, fricción metal-metal.

En general, la composición del hilo macizo suele ser similar a la del material base; no obstante, para su elección, debe tenerse en cuenta la naturaleza del gas protector, por lo que se debe seleccionar la pareja hilo-gas. Por ejemplo, cuando se suelda con CO₂, existe el riesgo de formación de poros. Con el fin de evitarlos, conviene que el hilo posea una cierta cantidad de elementos desoxidantes, como el silicio y el manganeso, que reaccionan con el oxígeno procedente de la disociación del CO₂ y producen óxido de silicio y óxido de manganeso, que se eliminan en forma de escoria muy ligera.

2.2.2. Tubulares

Se le denomina electrodo tubular al material de aporte que posee un núcleo de polvo metálico que incluye pequeñas cantidades de compuestos estabilizadores del arco. Estos electrodos continuos tubulares, producen un arco estable y tienen eficiencias de deposición, similares a las de los alambres sólidos.

Los hilos tubulares van rellenos normalmente con un polvo metálico o con flux, o incluso con ambos.

El relleno con polvo metálico, aparte de que puede aportar algún elemento de aleación, mejora el rendimiento gravimétrico del hilo.

2.3. Propiedades del material de aporte en proceso MIG/MAG

Los materiales de aporte son propiamente los electrodos, varillas, alambres, flujos, etc. que constituyen el metal de aportación en la soldadura.

La composición del alambre macizo para soldadura por arco metálico a gas, debe seleccionarse de acuerdo con el metal a soldar, la variación dentro del proceso MIG/MAG y la atmósfera de protección.

El alambre macizo de aluminio puro, para la soldadura MIG es ideal para soldar en toda posición, recomendable para anodizar; mientras que el alambre para la soldadura por proceso MIG de aluminios al Mg y aleaciones, son sometidos a grandes esfuerzos mecánicos.

Se recomienda precalentar las piezas a 150 °C en un ancho de 15 mm. Este alambre ofrece buena resistencia a la corrosión y al ataque por agua de mar y es recomendable para anodizar.

Tabla II. Composición química del alambre para soldadura MIG/MAG

Elemento	EN 440			DIN 8559			AWS A5.18		
	G2Si	G3Si	G4Si	SG1	SG2	SG3	ER70S-3	ER70S-4	ER70S-6
%									
C	0.06-0.14	0.06-0.14	0.06-0.14	0.06-0.12	0.06-0.13	0.06-0.13	0.06-0.15	0.07-0.15	0.06-0.15
Si	0.50-0.80	0.70-1.00	0.80-1.20	0.50-0.70	0.70-1.00	0.80-1.20	0.45-0.75	0.65-0.85	0.80-1.15
Mn	0.90-1.30	1.30-1.60	1.60-1.90	1.00-1.30	1.30-1.60	1.60-1.90	0.90-1.40	1.00-1.50	1.40-1.85
P	<=0.025	<=0.025	<=0.025	<=0.025	<=0.025	<=0.025	<=0.025	<=0.025	<=0.025
S	<=0.025	<=0.025	<=0.025	<=0.025	<=0.025	<=0.025	<=0.035	<=0.035	<=0.035
Cu	<=0.35	<=0.35	<=0.35	<=0.30	<=0.30	<=0.30	<=0.50	<=0.50	<=0.50
Ni	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15			
Cr	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15			
Mo	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15			
V	<=0.03	<=0.03	<=0.03	<=0.03	<=0.03	<=0.03			
Al	<=0.02	<=0.02	<=0.02	<=0.02	<=0.02	<=0.02			
Ti+Zr	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15	<=0.15			

Fuente: Manual técnico de alambre para soldar MIG/MAG. p. 8.

Tabla III. Propiedades del electrodo para soldadura de aluminio

Resistencia a la Tracción	Límite Elástico	Dureza	Elongación (l=5d)
150 - 200 N/mm ²	90 - 100 N/mm ²	40 - 55 HB	15 - 25%

Fuente: Oerlikon. Manual de soldadura. p. 119.

Al usar alambre de aluminio al 5% de silicio para la soldadura por proceso MIG de aluminio fundido y aleaciones hasta con 7% de silicio, se recomienda precalentar las piezas a 150 °C en un ancho de 15 mm; estas cambian de color con el anodizado.

Tabla IV. **Propiedades mecánicas del alambre para soldadura MIG**

Resistencia a la Tracción (N/mm ²)	Elongación (l=5d) (%)	Intervalo fusión (°C)	Límite de fluencia (N/mm ²)	Conductividad eléctrica (Sm/mm ²)
69 - 88	35 - 42	658	39 - 59	34 - 36
215 - 255	17 - 25	575 - 630	> 100	-
118 - 147	10 - 17	573 - 625	> 49	21
> 167	4 - 8	573 - 585	> 78	21

Fuente: Oerlikon. Manual de soldadura. p. 265.

2.4. Acabados superficiales

El acabado superficial es el reflejo de la calidad del cordón de soldadura, es decir que cumple con los requisitos correspondientes al equipo y estructura, a la que pertenece con el costo mínimo. Estos requisitos están vinculados en general a un código o norma técnica. Toda soldadura tiene discontinuidad, la cual depende de la pérdida de homogeneidad del material.

Los procedimientos de soldadura y soldadores deben calificarse, porque solo de esta forma se puede comprobar que las uniones poseen la resistencia y ductilidad adecuadas, que el metal base ha fundido adecuadamente y que no hay defectos de acuerdo con las normas establecidas.

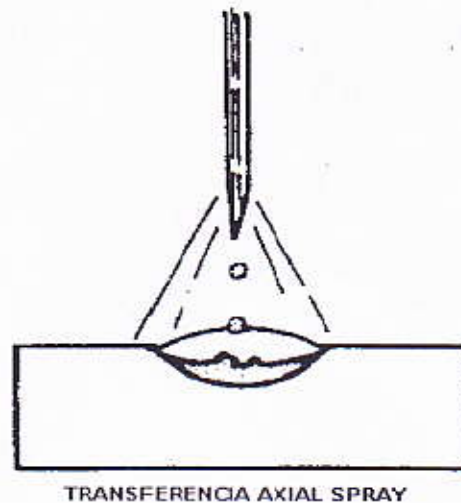
2.5. Pre calentamiento

Para evitar fallos de fusión y porosidad, se recomienda un pre calentamiento, que dependerá del tipo de material y de su grosor. La temperatura de la pieza a soldar deberá ser siempre mayor que la de su entorno.

2.6. Transferencia *spray* o axial

Se aplica este tipo de transferencia para el rellenado de las grietas provocadas por cavitación. Es posible lograr dicha transferencia con mezclas ricas en argón. Para ello se necesita utilizar polaridad positiva y un nivel de corriente por encima de la corriente de transición. Por debajo de este nivel se tiene la transferencia globular.

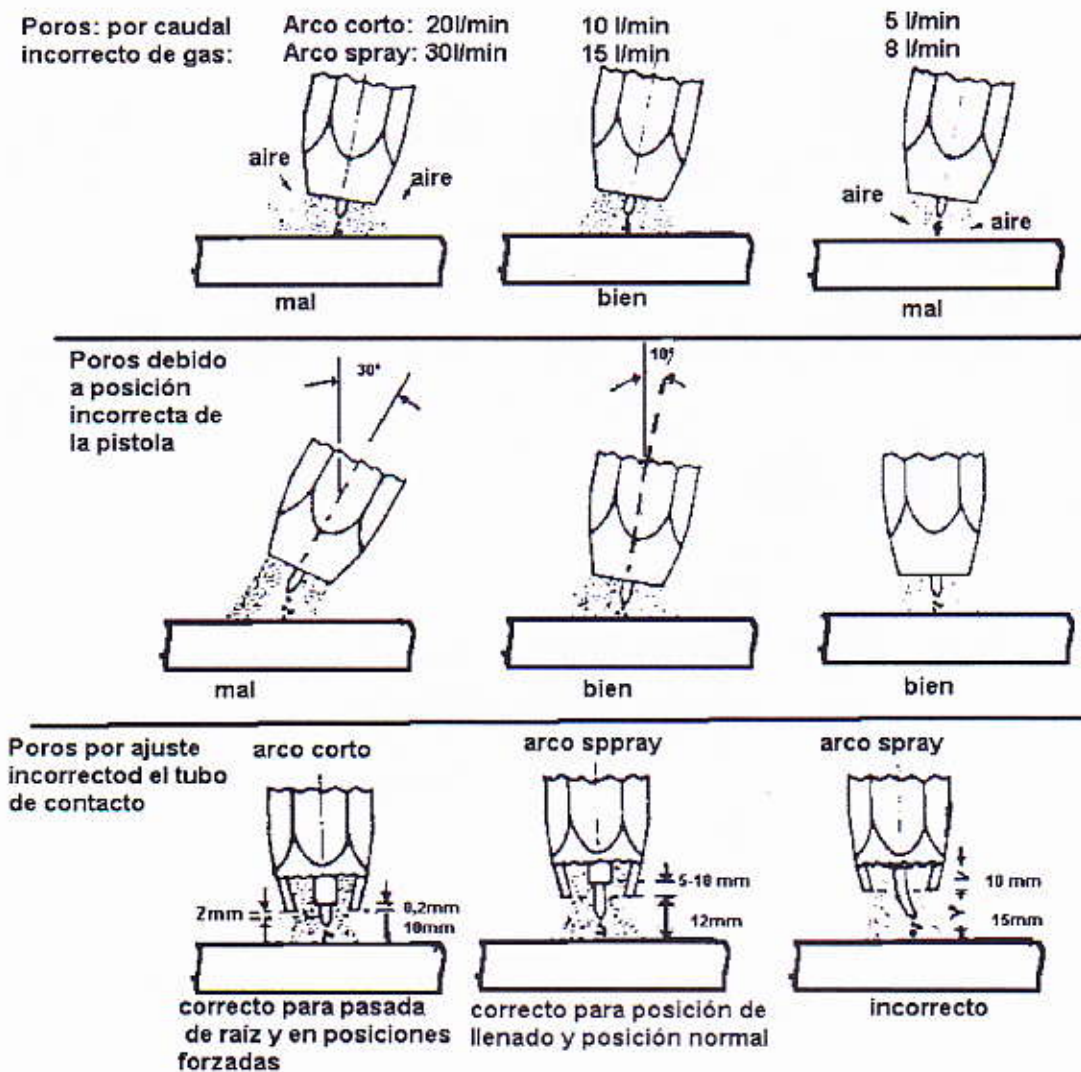
Figura 7. Rellenado de fisuras a través de transferencia axial o *espray*



Fuente: Cuaderno SMAW, p. 10.

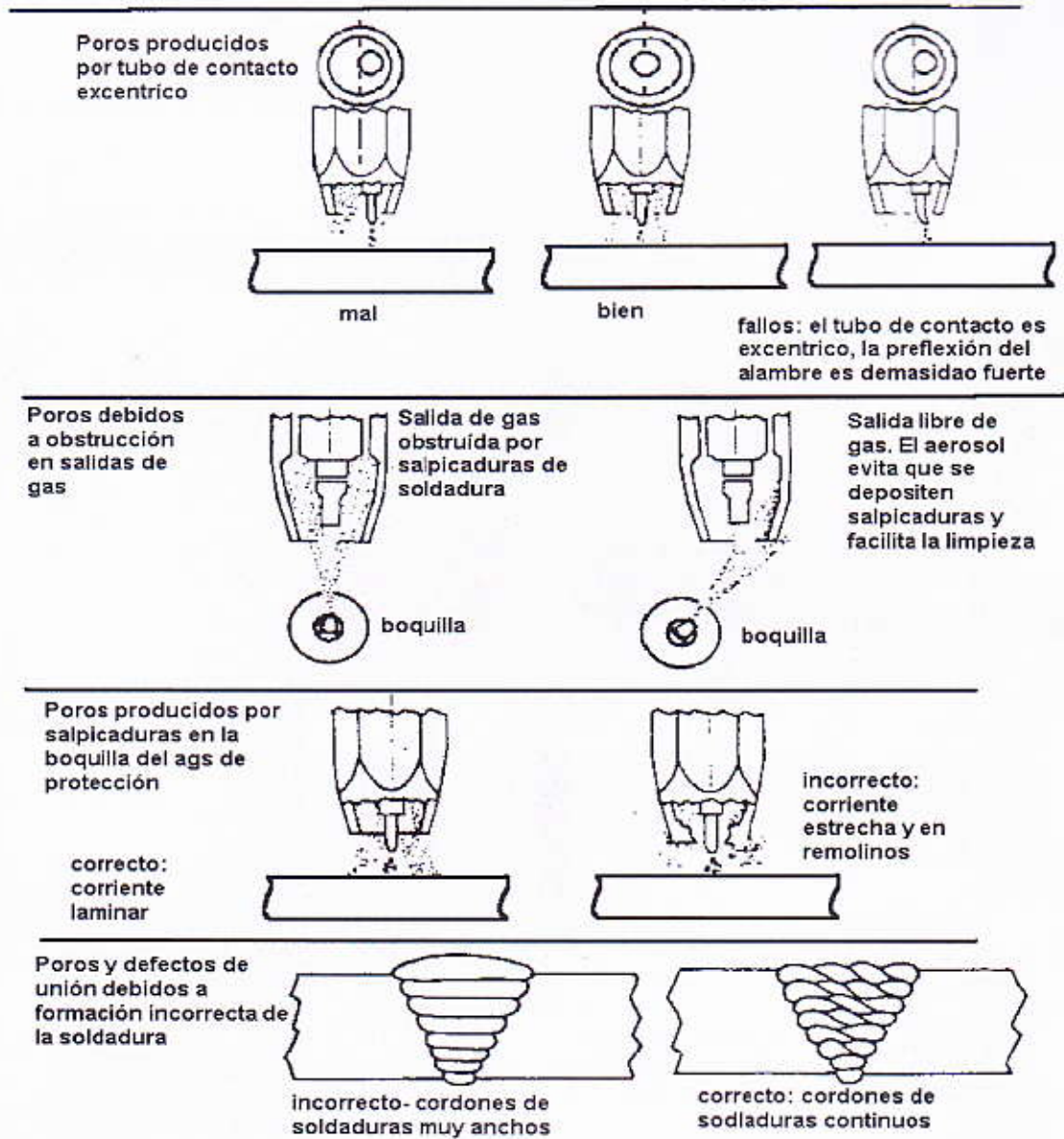
La corriente de transición depende de la tensión superficial del metal líquido; es inversamente proporcional al diámetro del electrodo y en menor grado de la extensión.

Figura 8. Problemas y soluciones en la soldadura MIG/MAG



Fuente: Cuaderno GMAW. p. 32.

Figura 9. Problemas y soluciones a defectos de soldadura MIG



Fuente: Cuaderno GMAW. p. 33.

2.7. Normas que regulan la soldadura MIG/MAG

Técnicamente sería muy confuso y muchas veces imposible seleccionar el material de aporte entre la gran variedad de marcas y tipos adecuados para cada trabajo, proceso de soldadura y metal base, si no existieran adecuados sistemas de normalización para estos materiales.

La norma técnica de mayor difusión y de empleo más generalizado es la establecida por la *American Welding Society* - AWS (Sociedad Americana de Soldadura), con la que normalmente una marca en cada país establece las respectivas equivalencias de sus productos. Esta norma servirá de guía para un estudio esquemático, de los materiales de aporte en los procesos de soldadura de mayor empleo en el país.

Una información detallada, puede obtenerse por la AWS, Serie A5.X, que hasta 1993 contaba con 22 especificaciones de materiales de aporte para soldadura.

Tabla V. Normas y análisis químico para el material depositado

Norma		Análisis químico del metal depositado (%)								
		Fe	Mg	Si	Cu	Zn	Ti	Mn	Cr	Al
AWS A5.10-92	DIN 1732									
ER 1100	5G-Al 99.8	<0.4		<0.3	0.02	0.06	0.1-0.2			Resto
ER 5356	5G-Al Mg 5		4.5-5.6				0.05-0.15	0.1-0.5	<0.3	Resto
ER 4043	5G-Al Si 5			4.5-5.5						Resto
ER 4047	5G-Al Si 12	<0.5	0.2-0.5	11-13.5	<0.03		<0.15	0.01-0.4		Resto

Fuente: Oerlikon. Manual de soldadura. p. 265.

3. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE APLICACIÓN

3.1. Motor de combustión interna

Es una máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química producida por un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. Se utilizan motores de combustión interna de dos tipos: el motor cíclico Otto y el Diesel. El motor cíclico Otto, cuyo nombre proviene del técnico alemán que lo inventó, Nikolaus August Otto, es el motor convencional de gasolina que se emplea en automoción y aeronáutica.

El motor diesel, llamado así en honor al ingeniero alemán Rudolf Diesel, funciona con un principio diferente y suele consumir gasóleo. Se emplea en instalaciones generadoras de electricidad, en sistemas de propulsión naval, en camiones, autobuses y algunos automóviles. Tanto los motores Otto como los Diesel, se fabrican en modelos de dos y cuatro tiempos.

3.1.1. Aluminio

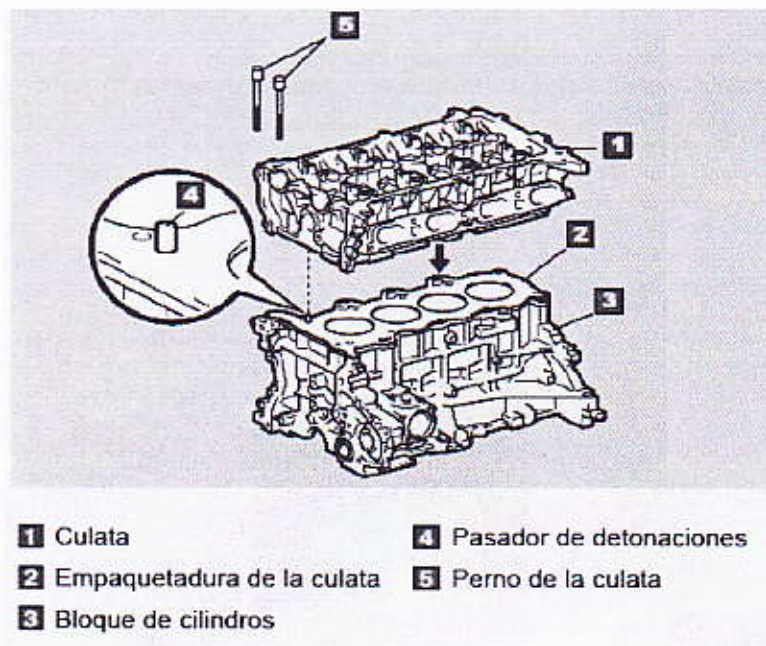
Es un material metálico no ferroso de color blanco plateado, posee una baja densidad de 2.7 gramos/cm^3 en estado puro, con buenas propiedades eléctricas y de conducción de calor. Además, puede mencionarse que es muy dúctil y en aleación posee buenas propiedades mecánicas. Su punto de fusión es $660 \text{ }^\circ\text{C}$ y tiene un punto de ebullición de $2450 \text{ }^\circ\text{C}$.

El aluminio se obtiene de un mineral llamado bauxita. Las aleaciones de aluminio pueden ser usadas en forja o en fundición.

3.2. Culata

Parte del motor cierra los cilindros por su lado superior y en correspondencia con la cual suelen ir colocadas las válvulas de admisión y de escape. La forma y características de la culata siempre han ido ligadas a la evolución de los motores y han venido condicionadas por el tipo de distribución y la forma de la cámara de combustión. En ella vienen conductos de refrigeración y lubricación, para absorber el calor de la combustión y lubricar los elementos móviles.

Figura 10. Ubicación de la culata en motor de combustión interna



Fuente: Toyota. Manual de servicio. p. 8.

Las culatas se construyen tanto de hierro fundido, como de aleación de aluminio. En los motores más modernos se prefieren generalmente las aleaciones ligeras, debido a la notable ventaja en términos de reducción de peso y a las inmejorables características de fusibilidad y disipación del calor. Los soportes de la distribución se obtienen mediante fusión a presión, que permite realizar piezas con acabados óptimos y paredes delgadas. La parte inferior de la culata se realiza mediante colada en coquilla o, algunas veces, en arena.

3.3. Corrosión

La corrosión es una acción química o electroquímica que, con el tiempo desgasta las superficies metálicas de un sistema de enfriamiento. En algunos casos, la corrosión puede llegar a destruir el motor. Todos los componentes del sistema de enfriamiento requieren protección contra la corrosión. Se utilizan aditivos refrigerantes suplementarios para proteger las superficies metálicas. Los aditivos cubren estas superficies y neutralizan la contaminación que se produce en el refrigerante.

Entre los tipos de corrosión figuran: erosión por cavitación y picaduras, por herrumbre, relación inapropiada de acidez/alcalinidad y corrosión galvánica y electrolítica.

3.4. Erosión por cavitación y picaduras

El flujo de electricidad en un punto determinado causa picaduras. Las picaduras dañan los componentes más que ningún otro tipo de corrosión.

Cuando las picaduras se van haciendo profundas durante un período prolongado, no hay ninguna manera práctica de detenerlas antes de que den lugar a perforaciones.

La erosión es una combinación de acción mecánica y química o electroquímica que produce corrosión. La cavitación es un tipo particular de corrosión por erosión y es, frecuentemente, la causa de picaduras en las paredes de los cilindros.

La cavitación de la pared del cilindro se produce cuando burbujas de aire en la superficie del mismo le quitan la película protectora de óxido. Cuando explota la mezcla de combustible en la cámara de combustión, la pared del cilindro se flexiona y vibra, lo cual produce burbujas de aire en el refrigerante. La concentración de burbujas aumenta cuando la presión está baja en el sistema de enfriamiento o cuando este tiene fugas. Además, al aumentar las vibraciones, se aumenta también la cantidad de burbujas de aire en el refrigerante.

Con el tiempo, una picadura se puede volver lo suficientemente profunda como para perforar la pared del cilindro y permitir fugas de refrigerante dentro del mismo. Estas fugas contaminan el aceite lubricante.

Los aditivos refrigerantes suplementarios cubren las superficies metálicas y controlan la erosión por cavitación y las picaduras. Si esta condición persiste, se pueden producir picaduras; para evitarlas, debe mantenerse limpio el sistema de enfriamiento y reponerse regularmente los aditivos refrigerantes.

3.5. Relación inapropiada de acidez/alcalinidad

El contenido de acidez y alcalinidad de una mezcla de refrigerante se mide según su nivel de pH. El nivel pH, que puede variar entre 1 y 14, indica el grado de acidez o alcalinidad y el grado de corrosividad del refrigerante.

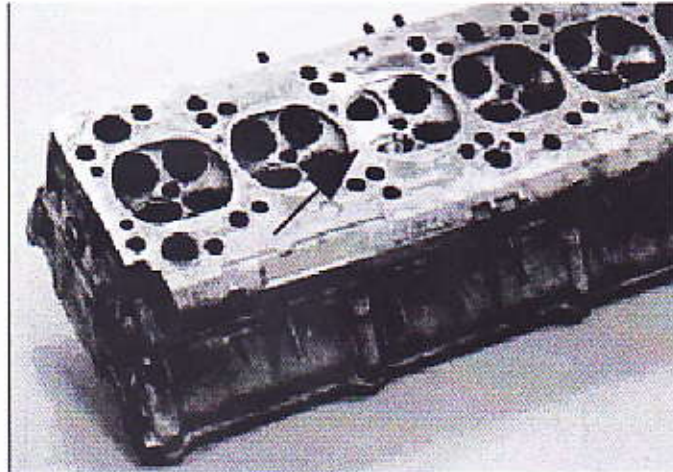
Para lograr los mejores resultados, el nivel del sistema debe mantenerse entre 8,5 y 10,5. Cuando el nivel de pH supera a 11, el refrigerante ataca al aluminio.

3.6. Reparación de culata de aluminio

El recalentamiento, el enfriamiento excesivo, las picaduras, la erosión por cavitación, el atascamiento de pistones y el taponamiento del radiador, dañan la culata del motor de combustión interna. Si la culata presenta grietas o picaduras estas pueden ser rellenadas con soldadura a través del proceso MIG.

Para realizar dicho proceso se debe desmotar la culata del motor. Una vez desmontada la culata y perfectamente limpia, se debe comprobar que no presente ninguna rotura interior. Esto se realiza con una máquina que tiene un recipiente con el que se puede, por inmersión, calentar la culata a temperatura de trabajo; entonces por el único conducto de agua que no se tapa, se le insufla aire a presión y se detecta cualquier fisura.

Figura 11. Grieta en culata de aluminio



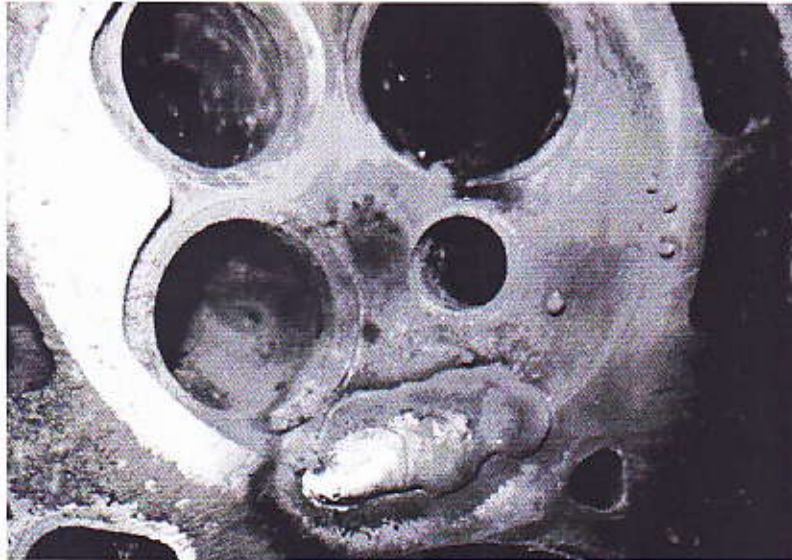
Fuente: fotografía tomada en Reconstructora de Motores El Esfuerzo.

El aluminio debe ser limpiado minuciosamente antes de ser soldado, para que la calidad y facilidad del procedimiento sea óptimo. Dicha limpieza puede hacerse a través de medios químicos, como el uso de percloroetileno para desengrasar la pieza y limpiarse superficialmente con alcohol o con acetona.

La limpieza mecánica puede realizarse con cepillo de acero inoxidable, manual o rotatorio, con una lima o lija.

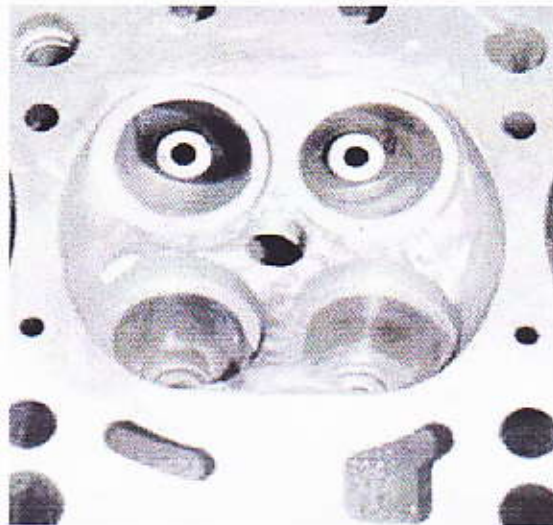
Se aplica la transferencia axial para rellenar grietas o picaduras, precalentando previamente la parte que se va a soldar.

Figura 12. **Cordón de soldadura con poco residuo de escoria**



Fuente: fotografía tomada en Reconstructora de Motores El Esfuerzo.

Figura 13. **Culata de aluminio reparada mediante el proceso MIG**



Fuente: fotografía tomada en Reconstructora de Motores El Esfuerzo.

4. FACTORES DE RIESGO

4.1. Normas de seguridad

4.1.1. Seguridad industrial

Se considera como un conjunto de conocimientos científicos de aplicación tecnológica que tiene por objeto evitar accidentes en el trabajo. La Organización Mundial para la Salud (OMS), establece secciones específicas sobre la salud ocupacional, y específicamente, sobre la seguridad industrial, la higiene industrial y el medio ambiente laboral; para su mejor ejecución, tiene una entidad específica que es la Organización Panamericana de la Salud (OPS) que en Guatemala tiene injerencia, ya que el Estado respeta tratados internacionales firmados, aún sobre su Constitución Política.

Figura 14. Riesgo de incendio



Fuente: Indura. Manual de soldadura. p. 6.

Toda empresa debe disponer de un programa de seguridad industrial en donde se jerarquice la importancia de todas las áreas, realizando una investigación previa, para delimitar las de mayor número de riesgos ocurridos y las que tengan tendencia de riesgos potenciales, en el orden señalado por la investigación previa, para lo cual se deben recomendar y aplicar las medidas correctivas necesarias, para vigilar la ejecución de las mismas; por lo tanto se debe elaborar un informe de cada una de las fases.

Una vez que se diseñe y establezca el programa interno, deberá revisarse con periodicidad. El mismo programa deberá señalar cuándo se evaluará y la manera de efectuar los ajustes necesarios.

4.2. Equipo de protección personal

Nuestra sociedad se preocupa cada día más por temas de salud, ya que la ciencia puede explicar cada vez con más claridad la causa y el efecto de las enfermedades y las dolencias; las condiciones que anteriormente eran consideradas como aceptables (es decir la fiebre por inhalar humos de metales, ceguera por arco, entre otras), ahora se estudian y son cuestionadas por numerosos soldadores.

Esta nueva generación ha agradecido muy favorablemente las caretas con filtros autooscurecibles y la protección total del rostro, además saben de sobra que un sistema y equipo de protección personal respiratorio, elimina la necesidad de respirar con más fuerza para poder obtener más oxígeno, ya que el respirador proporciona siempre aire filtrado.

Por lo tanto, se gasta menos energía al respirar y esta puede emplearse en el desempeño de la soldadura; incluso muchas horas después del trabajo.

El rostro y el sistema respiratorio son por naturaleza órganos vulnerables, especialmente en el duro y exigente mundo del soldeo eléctrico por arco.

Cuando se trata de los ojos, las segundas oportunidades no existen; numerosos procesos de corte y soldadura emiten radiaciones luminosas peligrosas, la dolencia ocular más común derivada de la radiación UVA/IR, se refiere a las quemaduras de la retina y la córnea, por la exposición prolongada a radiaciones térmicas; estos daños causados por luz de alta intensidad pueden evitarse si se utiliza la protección adecuada del modo correcto.

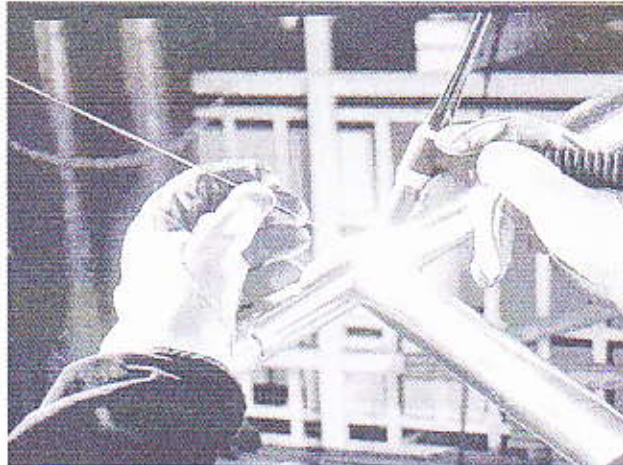
Al realizar una soldadura eléctrica al arco, se debe tener cuidado con ciertas partes conductoras de energía que están al descubierto; el operador debe tener presente y observar con especial cuidado las reglas de seguridad, con el fin de contar con la máxima protección personal y también proteger a las otras personas que trabajan alrededor; en la mayor parte de los casos, la seguridad es una cuestión de sentido común, los accidentes pueden evitarse si se cumplen las reglas que a continuación se describen:

Siempre utilizar todo el equipo de protección necesario para el tipo de soldadura a realizar; el cual consiste en:

- Careta para soldar
- Guantes de cuero
- Gabacha o delantal de cuero
- Polainas de cuero

- Zapatos de seguridad
- Gorro

Figura 15. **Guantes de cuero para protección personal**



Fuente: Manual de soldadura MIG. p. 9.

4.2.1. Protección de la vista

Es un asunto tan importante que merece consideración aparte; el arco eléctrico que se utiliza como fuente calorífica y cuya temperatura alcanza los 4,000 °C, desprende radiaciones visibles y no visibles, dentro de estas últimas se tienen las de efecto más nocivo como los rayos ultravioleta e infrarrojos.

El tipo de quemadura que el arco produce en los ojos no es permanente, aunque sí es extremadamente doloroso su efecto; es como tener arena caliente en los ojos.

Para evitar dicho efecto, debe utilizarse un lente protector (vidrio inactínico) que se ajuste bien, y para su protección debe mantener sobre este, un vidrio transparente, que debe ser sustituido inmediatamente en caso de deteriorarse, con el fin de asegurar una completa protección; el lente protector debe poseer la densidad adecuada al proceso de soldadura e intensidad de corriente que se esté utilizando.

4.2.2. Respiradores

Es importante utilizar los respiradores con filtro que ayuden a que no se empañe la pantalla de la careta para soldar y que cumplan con el objetivo, para evitar una futura enfermedad profesional por la vía respiratoria.

Debe tenerse cuidado con las partículas que tienen menos de 10 micras, porque son las que generalmente, por su tamaño, son difíciles de detener; a menos que se utilice el respirador correcto. Para formarse una idea, un cabello tiene alrededor de 40 a 70 micras de diámetro; las partículas que tienen 2 micras se encuentran en productos como el cemento, la cal, la harina, entre otros.

El humo de soldadura tiene alrededor de 0.001 micra de tamaño, por lo tanto se tiene que usar respiradores que contengan en los filtros, sacarina y *vitrex*; esto según la OSHA.

Los filtros de los respiradores están llenos de partículas positivas y negativas, teniendo cargas electrostáticas que retienen todo tipo de partículas que por ahí atraviesen, según el tamaño para el cual fue diseñado.

El arco de soldadura puede formar ozono y óxidos nitrosos traídos del aire. La soldadura MIG produce la mayor cantidad de ozono, especialmente cuando se suelda aluminio. Estos vapores irritan los ojos, la nariz, la garganta, y los pulmones se dañan. Los óxidos nitrosos pueden producir líquido en los pulmones.

4.2.3. Partículas suspendidas en el ambiente

Esta situación se da por el uso continuo de pulidoras (amoladoras), cortadoras de disco, esmeriles, entre otros. Estas pueden provocar en el usuario una infección en las vías respiratorias, que dependiendo de la exposición, con el tiempo puede llegar a ser una enfermedad crónica en el operario.

4.3. Regulaciones ambientales

4.3.1. Relación salud – trabajo

Esto no es más que las condiciones del medio ambiente laboral en donde se deben analizar los siguientes aspectos: luz, ruido, calor, productos químicos, ventilación, virus y otros.

Existen factores que actúan sobre el trabajador, deteriorando su salud, en donde se relacionan tres elementos importantes:

4.3.1.1. Agente

Es el medio o la causa directa e inmediata de la enfermedad o accidente, que por sus características se dividen en:

- Físicos: temperatura, humedad, ruido e iluminación
- Químicos: nieblas, polvo, gases y vapores
- Biológicos: virus, bacterias y hongos
- Psicosociales: deshumanización, salario e inadaptación
- Carga física: jornada, sobreesfuerzos, posturas y descansos

4.3.1.2. Huésped

Es el trabajador sobre el que actúa el agente, produciendo daños ocupacionales. No todas las personas reaccionan de la misma manera ante un determinado agente.

4.3.1.3. Ambiente

Es el lugar de trabajo más las condiciones: hay calor o frío, mucho ruido, poca o mucha luz, humo, maquinaria en buen o mal estado, mala relación entre trabajadores, organización del trabajo, etc.

4.4. Riesgos a la salud

4.4.1. Riesgo ocupacional

Muchos trabajadores consideran que el trabajo de soldadura es un trabajo sucio, caluroso y potencialmente peligroso. Los supervisores de los trabajos de soldadura se ven en la obligación de controlar continuamente el entorno de trabajo.

Los daños provocados por humos de soldadura son insidiosos hasta que se encuentra la protección facial y ocular adecuada; los trabajadores pueden verse expuestos a dolores de cabeza, irritaciones de garganta y fatiga general que solo parece disminuir durante las vacaciones. Todos los humos derivados de soldadura contienen partículas contaminantes; a menudo las enfermedades provocadas por estos humos tardan semanas, meses e incluso años en aparecer.

Seleccionar el tipo de protección adecuada es una tarea muy importante, por la variedad de riesgos que pueden encontrarse en el lugar de trabajo, las normas para la protección de los trabajadores en el lugar de trabajo son muy similares en casi todos los países; sin embargo es muy importante ser consciente de las diferencias específicas que existen en cada país.

Deberá consultarse siempre a especialistas en higiene industrial, sobre los estándares de seguridad locales, aplicables según la región del país.

Los síntomas inmediatos causados por la exposición a humos de soldadura son:

- Irritación ocular cutánea
- Náuseas
- Dolor de cabeza
- Mareos
- Fiebre

También se causan daños crónicos afectando los siguientes miembros:

- Pulmones y tracto respiratorio (incluye cáncer de pulmón)
- Sistema nervioso central (enfermedad de Parkinson, entre otras)

Los soldadores corren un 40% más de riesgo que otros grupos profesionales, en verse afectados por cáncer de pulmón, debido a su entorno de trabajo.

Es amenaza potencial a la salud del trabajador por desarmonía entre actividad y condiciones de trabajo, que pueden materializarse y actualizarse en daños ocupacionales como los siguientes:

- Accidente de trabajo
- Enfermedades del trabajo: profesional y ocupacional
- Fatiga laboral
- Envejecimiento prematuro

Por su relevancia, se tratarán los daños ocupacionales con mayor incidencia en nuestros países, por lo tanto se obviarán algunos de ellos.

4.4.2. Enfermedad ocupacional

Está relacionada directamente con la profesión y su causa se encuentra en cualquier lugar del ambiente, afectando a cualquier trabajador, independientemente del oficio que realice. Por ejemplo: en el caso de una fundidora de plomo, una secretaria adquiere el saturnismo como enfermedad ocupacional.

4.4.3. Fatiga laboral

Alteración psicossomática producida por la no adaptación de los medios y elementos del trabajo a la condición humana. Aquí se aplica ergonomía para enmendar este daño ocupacional.

4.4.4. Influencias de la exposición al ruido

El ruido causa un aumento de la carga mental en el trabajador; al realizar un análisis de la conducta humana en situaciones de sobrecarga mental puede demostrarse que esto lleva a la persona a ignorar información o ciertas demandas de función que deba desempeñar, quedando con cierta susceptibilidad del trabajador (menor al estándar permitido) que genera:

- Perturbaciones emocionales y mentales
- Dolores de cabeza
- Problemas de digestión
- Mayor cansancio
- Falta de satisfacción
- Aumento de índice de ausentismo

Las influencias causadas por el ruido son variadas, pero todas se encuadran en las dos siguientes:

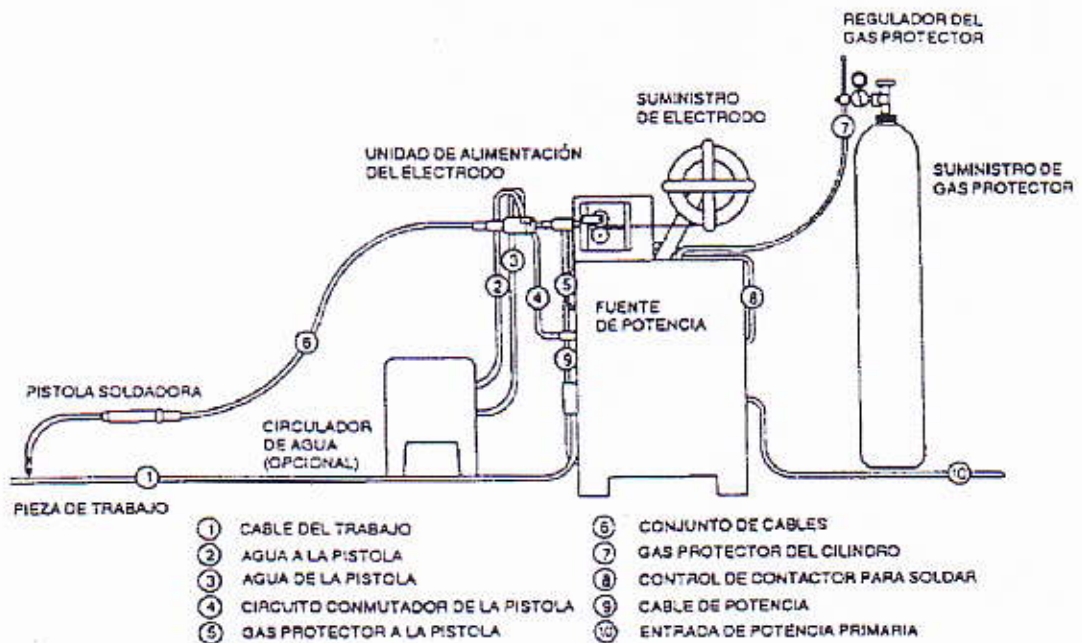
- Afecta la capacidad de audición
- Puede causar morbilidad física y emocional

5. MANUAL DE OPERACIÓN Y DE MANTENIMIENTO

5.1. Listado de partes del equipo de soldadura MIG/MAG

Se indican a continuación los elementos más importantes que forman parte de un equipo de soldadura MIG/MAG.

Figura 16. Equipo de soldadura MIG/MAG



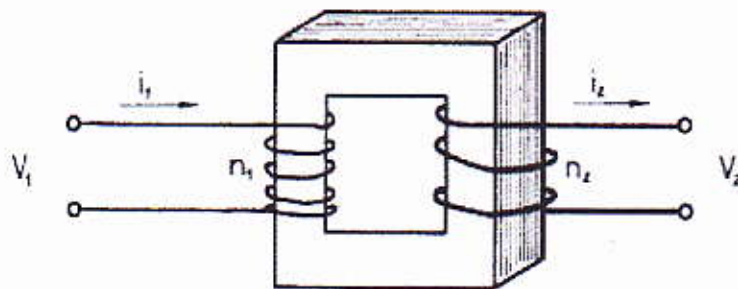
Fuente: Cuaderno GMAW. p. 3.

5.1.1. Transformador

El transformador es el elemento encargado de reducir la tensión alterna proveniente de red en otra que la haga apta para la soldadura; siguiendo una serie de condiciones eléctricas que se detallarán en apartados sucesivos.

Fundamentalmente, un transformador consta de un núcleo formado por chapas magnéticas apiladas, en cuyas columnas se devanan dos bobinas. La primera de ellas, que va a constituir el circuito primario, consta de un número de espiras superior a la segunda, además, de sección inferior a esta. La segunda, por consiguiente, que constituye el circuito secundario, tendrá menos espiras y de mayor sección.

Figura 17. Transformador de núcleo de chapas magnéticas



Fuente: Sunarc. Manual de soldadura MIG. p. 9

Conviene tener en cuenta que si el transformador es trifásico, son tres los pares de bobinas que se hallarán presentes.

El principio de funcionamiento es el siguiente: cuando circula una corriente alterna por el circuito primario, se forma un flujo magnético que circula por el interior del núcleo formado por chapas magnéticas, con el objetivo de favorecer precisamente este flujo.

El flujo magnético, a su vez, induce en el circuito secundario una tensión que es proporcional a la tensión aplicada al primario, con un coeficiente de proporcionalidad, dado por el cociente entre el número de espiras secundarias y el de espiras primarias.

Donde:

- V_1 : tensión aplicada al primario
- V_2 : tensión inducida en el secundario
- N_1 : número de espiras primarias
- N_2 : número de espiras secundarias

Es interesante tener en cuenta que los detalles de construcción de los transformadores pueden influir en gran medida sobre las características de soldadura.

5.1.2. Rectificador

La misión de un rectificador es la de convertir la tensión alterna en continua, imprescindible para poder soldar en proceso MIG/MAG.

Está constituido por un número variable de semiconductores de potencia, concretamente de diodos de silicio soportados en aletas de aluminio, con el fin de aumentar su refrigeración.

5.1.3. Inductancia

La inductancia tiene como objeto el alisamiento de la corriente de soldadura, lo que da como resultado una disminución de las proyecciones, o, lo que es lo mismo, una mayor estabilidad en la soldadura.

Debido a que la inductancia limita el crecimiento brusco de la intensidad, cada vez que se produce un cortocircuito durante el cebado del arco, y puesto que el hilo está frío, puede darse el caso de que la intensidad no sea suficiente para aportar la energía necesaria para fundir el hilo, lo que repercutiría en un deficiente cebado. Es por esto que si el equipo de soldadura consta de una inductancia de valor inductivo elevado, estará dotado también de algún sistema que elimine este efecto durante el instante inicial.

Fundamentalmente, la inductancia está formada por un núcleo en el que están arrolladas algunas espiras por las que circulará la corriente de soldadura.

5.1.4. Unidad alimentadora de hilo

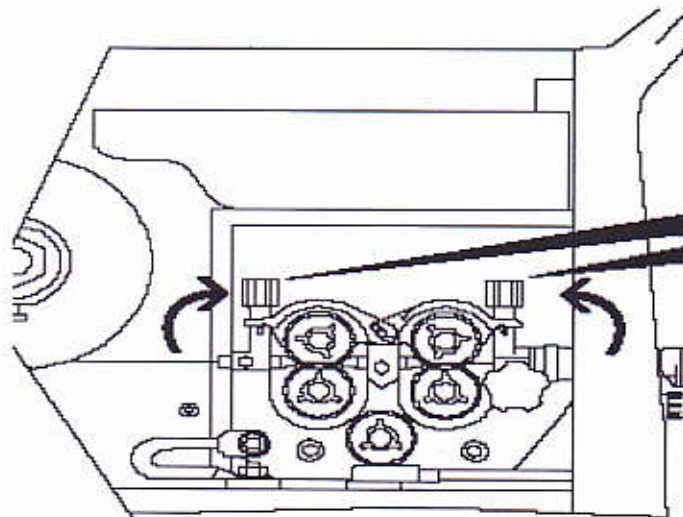
Su misión consiste en proporcionar al hilo de soldadura la velocidad constante que precisa mediante un motor, generalmente, de corriente continua.

La velocidad puede ser regulada por el operario mediante un botón accesible al exterior, desde valores que van de 0 a 25 m/min. En la mayoría de los equipos, la regulación de velocidad se consigue a través de un control electrónico.

El sistema de arrastre está formado por uno o dos rodillos de arrastre que trabajan contra otros rodillos de presión. Los rodillos de arrastre pueden estar moleteados o ranurados. Los moleteados facilitan el arrastre en gran medida, pero presentan el inconveniente de que arrancan al hilo partículas de cobre de su capa exterior, lo que puede provocar defectos de alimentación.

El cuidado y mantenimiento de los rodillos es muy importante, ya que determina la uniformidad de la velocidad de alimentación del hilo, y esta velocidad, controla a su vez, la corriente de soldadura.

Figura 18. **Unidad alimentadora de alambre**



Fuente: Miller. Manual técnico. p. 11.

El rodillo de presión debe estar ajustado correctamente, ya que una presión excesiva podría producir deformaciones en el hilo, con las

consiguientes dificultades en su alimentación y deslizamiento a través del tubo de contacto.

Una presión insuficiente originaría deslizamiento de los rodillos, lo que provocaría irregularidades en la velocidad de alimentación y, por tanto, fluctuaciones de corriente.

5.1.5. Circuito de gas protector

El gas protector circula desde el cilindro a la zona de soldadura, a través de un conducto de gas y la propia antorcha de soldadura.

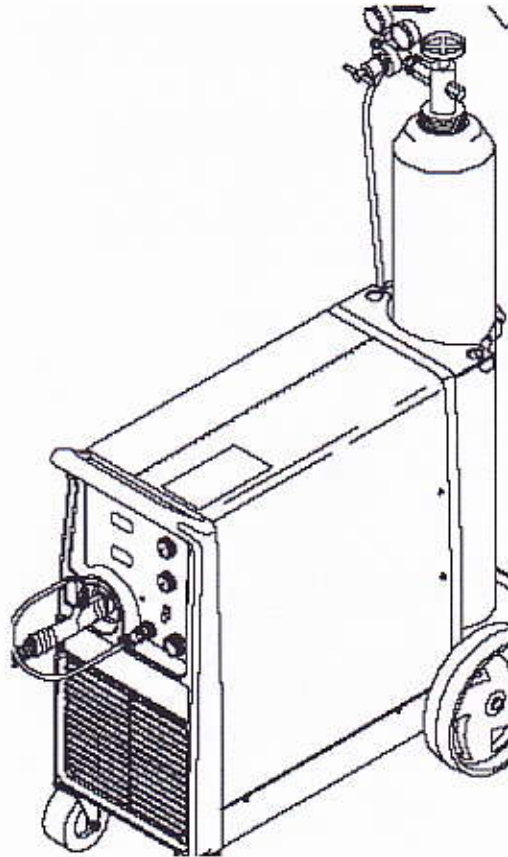
A la salida de la botella debe incorporarse un manorreductor caudalímetro que permita la regulación de gas, para suministrar en todo momento el caudal adecuado a las condiciones de soldadura y a la vez, proporcionar una lectura directa de la presión del gas en la botella y del caudal que se está utilizando en la soldadura.

Una electroválvula accionada por un control electrónico, abre o cierra el paso del gas en el momento adecuado.

Según las condiciones de trabajo o exposición del mismo a corrientes de aire, deberá regularse la soldadura con un mayor o menor caudal de gas.

Igualmente, debe tenerse en cuenta que cuanto mayor es la distancia entre antorcha y metal base, mayor deberá ser el caudal para garantizar la protección suficiente.

Figura 19. Ubicación del cilindro de gas protector



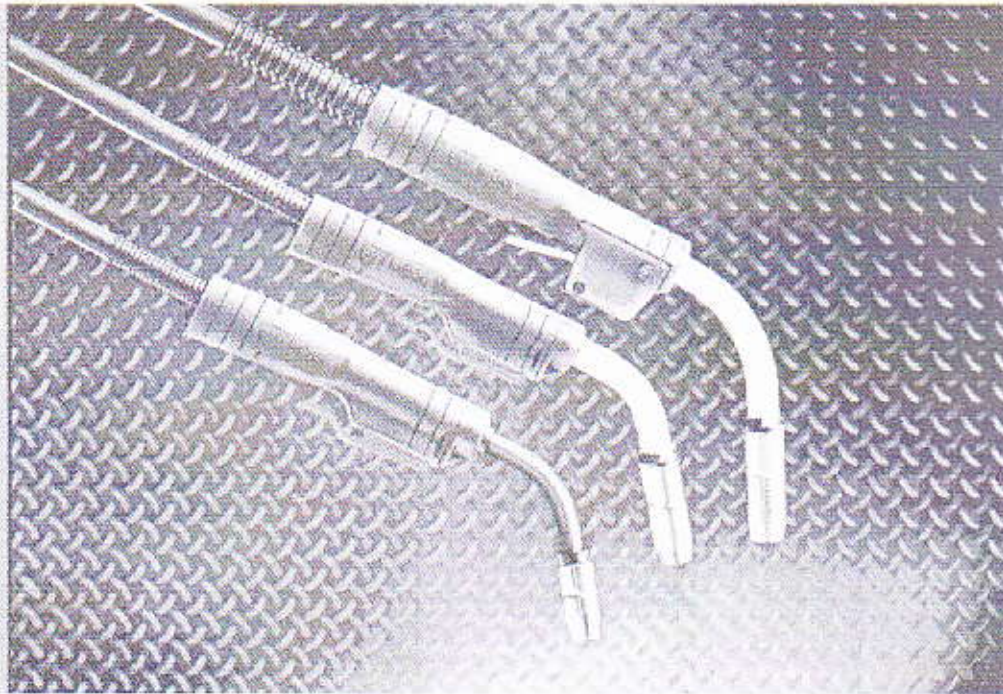
Fuente: Miller. Manual técnico. p. 8.

Cuando se utilicen gases con mezcla de argón, deben evitarse los caudales de gas elevados, puesto que de otra forma se corre el peligro de porosidad, provocado por turbulencias en el propio gas. Como norma general, debe utilizarse un caudal en litros/minuto igual a diez veces el diámetro del hilo.

5.1.6. Antorcha de soldadura

La antorcha de soldadura, y el conjunto de cables que a ella van unidos, conducen el hilo, la corriente de soldadura y el gas de protección a la zona del arco.

Figura 20. Antorcha o pistola usada en el proceso MIG



Fuente: Miller. Manual técnico. p. 11

Para corrientes elevadas, generalmente superiores a 300 amperios, se utilizan antorchas refrigeradas por agua, y, por tanto, deben ir conectadas además a un sistema de refrigeración adicional.

Todo este conjunto de conductos forma la manguera de la antorcha, y va protegida por un tubo de goma. La pistola de la antorcha va provista de un pulsador, para el mando a distancia del equipo.

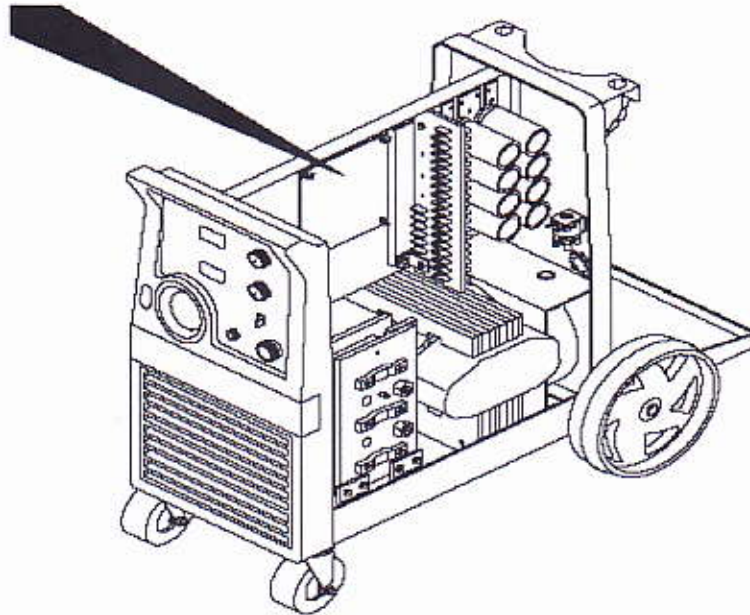
En la punta de la pistola van acopladas una buza exterior que canaliza el gas a la zona de soldadura y una boquilla interior, denominada tubo de contacto, que proporciona el necesario contacto eléctrico a la punta del alambre, para realizar el arco de soldadura.

El soldador guía el arco y controla la soldadura desde la empuñadura de la pistola. La distancia entre la punta final del tubo de contacto y el extremo del hilo es controlada por el operario, ya que depende de la mayor o menor altura con que lleva la pistola; pero la longitud del arco propiamente dicha se controla automáticamente mediante la tensión a que está regulada la máquina y la velocidad del hilo.

5.1.7. Control y circuito electrónico

Cada vez son más los equipos que incorporan la tecnología de estado sólido para el control de velocidad y la secuencia de la máquina. Presentan la gran ventaja de garantizar una vida útil del equipo, prácticamente ilimitada, en comparación con los elementos electromecánicos que por su constitución sufren de un gran desgaste.

Figura 21. Ubicación de la tarjeta del circuito electrónico



Fuente: Miller Manual técnico p. 26

5.1.8. Circuito de refrigeración (opcional)

El circuito de refrigeración (cuando el equipo dispone de él), tiene como misión refrigerar la antorcha de soldadura.

Suele estar formado por un circuito cerrado de agua, parte del cual es la propia antorcha de soldadura. El agua es impulsada hasta la pistola por una electrobomba. A través del otro conducto de la antorcha, el agua retorna a un radiador, cuyo objeto es disipar la energía calorífica que el agua ha absorbido durante el recorrido por la antorcha. A la salida del radiador, el agua se almacena en un depósito, del cual se nutre la electrobomba.

5.1.9. Factor de marcha

Todo equipo está diseñado para suministrar una intensidad nominal de soldadura en forma continua. En el ensayo de calentamiento, la temperatura que alcanzan los distintos componentes del equipo debe estabilizarse al cabo de un tiempo de funcionamiento a la intensidad nominal, puesto que de lo contrario, los aislamientos o los semiconductores pueden presentar deterioros irreversibles.

Sin embargo, en soldadura, a excepción de instalaciones robotizadas, no es posible trabajar de forma continuada, ya que existen tiempos de preparación, cambios de hilo, y de botellas de gas, descanso del operario, etc. Es por ello, que cuando se habla de equipos de soldadura, es preciso especificar lo que se denomina factor de marcha.

Se llama factor de marcha al cociente entre el tiempo de soldadura y el tiempo total de duración del trabajo. En los tiempos de parada del equipo, tiene lugar su enfriamiento, lo que permite que la temperatura se establezca dentro de una pequeña gama de valores, siempre inferior a la temperatura límite en el interior del equipo.

5.2. Especificaciones técnicas del fabricante

5.2.1. Instalación y servicio técnico del equipo

Antes de usar la máquina de soldar al arco, debe guardarse ciertas precauciones, conocer su operación y manejo, como también los accesorios y

herramientas adecuadas. Para ejecutar el trabajo con facilidad y seguridad, debe observarse ciertas reglas.

5.2.1.1. Circuitos con corriente eléctrica

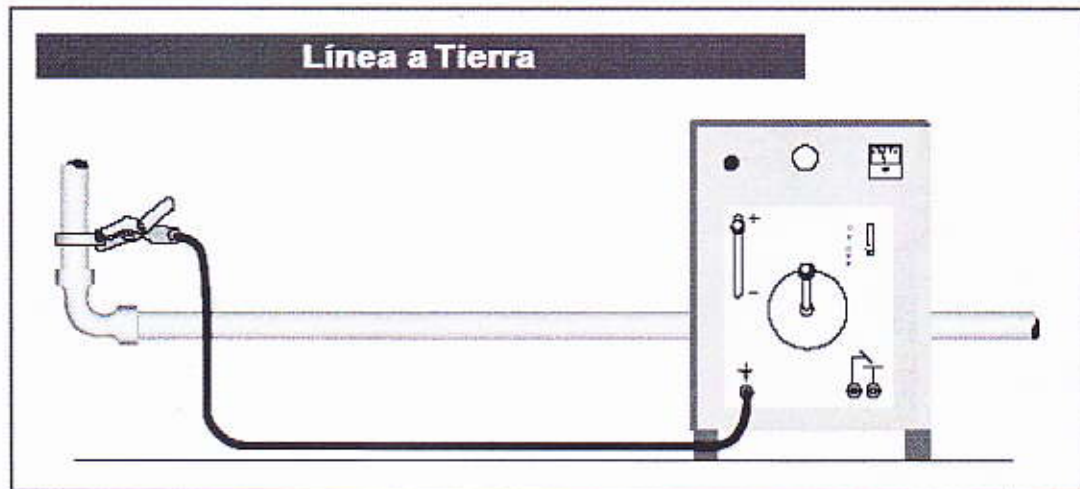
En la mayoría de los talleres, el voltaje usado es 220 ó 380 volts. El operador debe tener en cuenta el hecho que estos son voltajes altos, capaces de inferir graves lesiones. Por ello es muy importante que ningún trabajo se haga en los cables, interruptores, controles, etc., antes de haber comprobado que la máquina ha sido desconectada de la energía, abriendo el interruptor para desenergizar el circuito. Cualquier inspección en la máquina debe ser hecha cuando el circuito ha sido desenergizado.

5.2.1.2. Línea a tierra

Todo circuito eléctrico debe tener una línea a tierra para evitar que la posible formación de corrientes parásitas produzca un choque eléctrico al operador, cuando este, por ejemplo, llegue a poner una mano en la carcasa de la máquina. Nunca operar una máquina que no tenga su línea a tierra.

En la figura 22, se muestra un modelo de circuito a tierra.

Figura 22. Colocación de línea a tierra



Fuente: Indura. Manual de soldadura. p. 5.

5.2.1.3. Cambio de polaridad

El cambio de polaridad se realiza para cambiar el polo del electrodo de positivo (polaridad invertida) a negativo (polaridad directa). No debe cambiarse el selector de polaridad si la máquina está operando, ya que al hacerlo saltará el arco eléctrico en los contactos del interruptor, destruyéndolos.

Si una máquina soldadora no tiene selector de polaridad, deben cambiarse las terminales, cuidando que estas no estén energizadas.

5.2.1.4. Cambio del rango de amperaje

En las máquinas que tienen 2 o más escalas de amperaje no es recomendable efectuar cambios de rango cuando se está soldando; esto puede producir daños en las tarjetas de control, u otros componentes tales como tiristores, diodos, transistores, etc.

Tabla VI. Especificaciones técnicas de máquina soldadora

ENTRADA			
Tensión de alimentación 230 / 400V ± 10% Trifásica	Potencia de Entrada a Salida Nominal 200C: 7.5 kVA @ 35% Factor Marcha 250C: 10.8 kVA @ 35% Factor Marcha 300C: 14.4 kVA @ 35% Factor Marcha		Frecuencia 50 Hertz (Hz)
SALIDA NOMINAL A 40°C			
Factor marcha (Basado en un periodo de 10 min.)	Corriente de Salida		Tensión de Soldadura
200C:	35%	200A	24.0 Vdc
	60%	150A	21.5 Vdc
	100%	115A	19.7 Vdc
250C:	35%	250A	26.5 Vdc
	60%	190A	23.5 Vdc
	100%	145A	21.2 Vdc
300C:	35%	300A	29.0 Vdc
	60%	225A	25.2 Vdc
	100%	175A	22.7 Vdc
CORRIENTE DE SALIDA			
Rango de Corriente de salida		Tensión en Vacío Máxima	
200C:	25A - 200A	200C:	37 Vdc
250C:	25A - 250A	250C:	41 Vdc
300C:	30A - 300A	300C:	43 Vdc
SECCIÓN DE CABLE Y TAMAÑO DE FUSIBLE RECOMENDADO			
Fusible o Disyuntor		Cable de red	
200C:	25A Retardado (230V entrada) 16A Retardado (400V entrada)	200C:	4 Conductores, 2.5mm ²
250C:	32A Retardado (230V entrada) 16A Retardado (400V entrada)	250C:	4 Conductores, 4mm ²
300C:	40A Retardado (230V entrada) 25A Retardado (400V entrada)	300C:	4 Conductores, 4mm ²
DIMENSIONES			
Alto	Ancho	Fondo	Peso
815 mm	460 mm	925 mm	200C: 84 Kg
			250C: 94 Kg
			300C: 96 Kg
Temperatura de Trabajo -10°C a +40°C		Temperatura de Almacenamiento -25°C a +55°C	

Fuente: Lincoln Electric, Manual Técnico. p. 29.

En máquinas tipo clavijeros no se debe cambiar el amperaje cuando el equipo está soldando, ya que se producen serios daños en los contactos eléctricos, causados por la aparición de un arco eléctrico al interrumpir la corriente.

5.2.1.5. Circuito de soldadura

Cuando no está en uso el equipo, la antorcha, nunca debe ser dejada encima de la mesa o en contacto con cualquier otro objeto que tenga una línea directa a la superficie donde se suelda.

5.3. Servicio que requiere el equipo de soldadura MIG/MAG

5.3.1. Mantenimiento preventivo

La creciente competencia y la demanda por parte de los clientes de una entrega oportuna de productos de alta calidad han obligado a los fabricantes a adoptar la automatización, esto ha dado lugar a inversiones muy grandes en equipos como el soldador Orbital MIG; para alcanzar tasas de rendimiento de la inversión, el equipo tiene que ser confiable y capaz de mantenerse en este estado sin que se den paros de trabajo y reparaciones costosas.

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantienen en un estado en el que puede realizar las funciones designadas; es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa.

Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan como resultado una variabilidad excesiva en el producto, y en consecuencia, ocasionan una producción defectuosa.

Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo de soldadura MIG debe operar dentro de las especificaciones, las cuales pueden alcanzarse mediante acciones oportunas de mantenimiento.

El mantenimiento preventivo es cualquier mantenimiento planeado que se lleva a cabo para hacer frente a fallas potenciales, puede realizarse con base en el uso o las condiciones del equipo. El mantenimiento preventivo con base en el uso o en el tiempo, se lleva a cabo de acuerdo con las horas de funcionamiento o un calendario establecido y requiere un alto nivel de planeación.

5.3.2. Mantenimiento de rutina

El soldador MIG requiere relativamente poco mantenimiento preventivo; este se lleva a cabo con base en las condiciones conocidas del equipo, las que se determinan vigilando los parámetros clave, cuyos valores se ven afectados por la condición de este; a esta estrategia también se le conoce como mantenimiento predictivo.

Las rutinas específicas que se realizan son conocidas, así como sus frecuencias; para la determinación de la frecuencia, generalmente se necesitan conocimientos acerca de la distribución de las fallas o la confiabilidad del equipo.

5.3.3. Mantenimiento diario

El mantenimiento diario consiste principalmente en mantener al soldador MIG limpio y protegido; este sistema ha sido diseñado para funcionar en ambientes industriales en donde hay mucho polvo, pero como es un instrumento con piezas de precisión, al igual que la mayoría de los instrumentos, durará más si se le da el cuidado necesario.

El soldador MIG debe limpiarse después de cada uso, especialmente las piezas móviles como el brazo soldador y la cabeza deslizante; es aconsejable lubricar estas piezas con un lubricante seco y con un paño, de tal manera que no exista exceso de lubricante, para evitar que estos atrapen polvo y ocasionen fallos en la máquina.

Si el soldador MIG permanece montado, debe limpiarse frecuentemente y cubrirse cuando no esté en uso.

5.3.4. Mantenimiento a largo plazo

El mantenimiento a largo plazo consiste en la limpieza o sustitución de los revestimientos y en la inspección de los cables de control para comprobar que no estén gastados.

Debe inspeccionarse periódicamente la pistola y los extremos de las extensiones en los lugares de unión, para comprobar que no haya abolladuras y protuberancias; estas piezas deben encajar bien para que no haya escape de gas.

Si se tiene problemas para insertar el conducto en el alimentador de alambre o el soldador MIG, puede deberse a que los anillos están resacos o desgastados; si están desgastados, pueden sustituirse; es aconsejable aplicar una pequeña cantidad de grasa para anillos, para que se mantengan lubricados como desde su adquisición.

Los revestimientos del soldador MIG y de las piezas relacionadas, rara vez deben ser reemplazados; si se observa que los revestimientos están causando problemas, en general la causa real es que el alambre ha quedado atrapado en una punta de contacto caliente; sin embargo, en algunos casos, es necesario reemplazar el revestimiento.

CONCLUSIONES

1. Debido a que algunas culatas son fabricadas en aluminio, y que éstas cuentan con un gran espesor, se convierten en las únicas piezas en los motores de combustión interna que son reparadas con el proceso de soldadura MIG/MAG
2. Para lograr un cordón de soldadura más limpio y de mejor calidad, se pueden emplear los procesos MIG/MAG y TIG. Su uso en la industria guatemalteca es efectivo para reparar piezas de mayor espesor.
3. La calidad de la soldadura en el proceso MIG/MAG depende del tipo de electrodo utilizado, basándose en las normas establecidas, el tipo de gas empleado y las condiciones del metal base.
4. La resistencia a la tracción, ductilidad y resistencia a la corrosión de los depósitos, supera a las del propio metal base; lo que hace que el electrodo continuo sólido para aluminio del proceso MIG/MAG, sea especialmente recomendado para soldar planchas y piezas fundidas de gran espesor como las culatas.
5. En áreas de difícil acceso no es posible utilizarse el proceso MIG porque la antorcha debe estar cerca del punto que se desea soldar; para asegurar una buena protección tanto del metal base como del metal aporte, a través del gas argón.

6. El proceso MIG no es aconsejable aplicarlo en zonas donde las condiciones ambientales son adversas; tales como alta velocidad del viento, temperatura ambiente baja o lluvia intensa.

RECOMENDACIONES

1. Revisar que las instalaciones donde se realizan los trabajos de recuperación de piezas metálicas cumplan con normas de seguridad e higiene industrial y garanticen el bienestar del personal, así como el poder realizar un trabajo de la más alta calidad.
2. Se debe velar porque se le proporcione el equipo de protección personal a los técnicos que operan las máquinas soldadoras, realizando los trabajos de reparación y recuperación de piezas en aluminio, sin importar el proceso que practique.
3. Es necesario actualizar los equipos y procesos dentro de la industria guatemalteca en busca de obtener mejores resultados, al prestar los servicios de mantenimiento y reparación.
4. Es conveniente programar las rutinas de mantenimiento a intervalos de tiempo, según lo amerite la máquina soldadora, de acuerdo con las cantidades de horas trabajadas.
5. Capacitar a los operadores de la máquina soldadora MIG en conocimientos básicos de electricidad y de criterios técnicos de este proceso de soldadura.
6. Evitar el uso del proceso de soldadura MIG en piezas donde el punto que se va a soldar sea de difícil acceso para la antorcha; más bien se recomienda en estos casos el uso del proceso TIG.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RIVAS, Roberto A. *Principio básicos de solidificación y mecanismos de cierre durante los ensayos de fluidez*. Escuela de Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2011. 136 p.
2. HERNANDEZ SAMPIERI, Roberto. *Metodología de la investigación*, 5a ed. México: McGraw-Hill, 2008. 175 p.
3. HORWITZ, Henry. *Enciclopedia de la soldadura*. 3a ed. México: Alfaomega, 1990. 776 p.
4. Indura. *Catálogos informativos de soldadura industrial*. Argentina: Indura, 2010. 325 p.
5. JACKSON, W. M. *Normas de seguridad e higiene industrial*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2002. 256 p.
6. Lincoln Electric. *Manual del operador*. Estados Unidos: Lincoln Electric, 2004. 32 p.
7. MILLER. *Manual del operador*. Estados Unidos: Miller Electric, 2004. 64p.
8. OBERT, Edward F. *Motores de combustión interna*. 21a ed. México: Continental, 1995. 366 p.

9. O'BRIEN, R. L. *Manual de soldadura AWS*. 8a ed. México: Prentice-Hall, 2002. 252 p.
10. Oerlikon. *Manual de soldadura*. Perú: Oerlikon, 2003. 299 p.
11. SALAZAR, Mónica. *Cuaderno GMAW*. Argentina: Universidad Nacional de Comahue, 2002. 35 p.
12. Sunarc. *Manual de soldadura*. España: Sunarc, 2007. 82 p.
13. Toyota. *Manual de servicio*. Japón: Toyota, 2007. 82 p.