



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

PRUEBAS DE SOLDABILIDAD DE DIVERSOS MATERIALES
POR EL METODO DE SOLDADURA "TIG"

TRABAJO PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTA

VICTOR MANUEL LUCIANO SARABIA

ASESOR M. I. SERGIO MARTIN DURAN GUERRERO

CUAUTILAN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
 UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
 DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
 DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
 PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
 Jefa del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautilán

Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos LA TESIS:

“Pruebas de Soldabilidad de Diversos Materiales por el Método de Soldadura TIG”

Que presenta el pasante: Victor Manuel Luciano Sarabia
 Con número de cuenta: 40300438-4 para obtener el Título de: Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
 “POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”
 Cuautilán Izcalli, Méx. a 15 de Enero de 2013.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Ing. Enrique Cortes González	
VOCAL	Dra. Celina Elena Urrutia Vargas	
SECRETARIO	M.I. Sergio Martín Durán Guerrero	
1er SUPLENTE	Ing. Rogelio Xelhuanzi Parada	
2do SUPLENTE	Ing. Roberto Reyes Arce	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 120).
 UEA/tem

DEDICATORIA

A Dios

Antes que nada agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de terminar este trabajo de tesis.

A mi padre Apolinar Baudelio Luciano Pascual

Gracias por todo el apoyo que siempre me has dado, tus consejos y ejemplos de constancia, perseverancia que has infundado en nuestra familia, los llevaré siempre presente, quiero que este título profesional lo consideres también tuyo.

A mi madre María Dimas Sarabia Salgado

Por el inmenso amor que siempre me has demostrado, por los valores que han hecho que sea un hombre de bien, te dedico este trabajo de tesis.

A mi esposa **Ana Laura** y mi hijo **Luis Ángel**, son ustedes un pilar fundamental y una motivación necesaria para darme cuenta que las cosas se pueden lograr con amor, respeto y perseverancia.

A mis hermanas **Verónica, Lizbeth e Itzel**, por su profundo amor.

PRÓLOGO

El presente trabajo de tesis, abarca un tema que es fundamental en nuestra vida diaria y tal vez no lo observamos a simple vista, cuando viajamos en nuestro automóvil, un autobús, un avión, ocupamos un utensilio de cocina o consumimos un producto; prácticamente es seguro que en alguna fase de su proceso de fabricación se haya usado la soldadura, y en especial la Soldadura TIG (gas inerte de tungsteno); es por eso que el proceso TIG se puede utilizar para el soldeo de todos los materiales, incluidos el aluminio, el magnesio y los materiales sensibles a la oxidación como el titanio.

Se trata de un proceso mayoritariamente manual, pero también hay empresas que ya utilizan esta soldadura en serie. Comparado con otros procesos la soldadura TIG tiene la ventaja de tener un acabado visualmente perfecto.

El objetivo del presente trabajo es saber cómo se puede utilizar la soldadura TIG,

Este trabajo se muestra en el capítulo 1, el panorama general de los diferentes tipos de soldadura que existen, así como también una breve descripción de cada una de ellos. Por ejemplo: soldadura por arco de núcleo fundente, por arco de gas de tungsteno, de arco sumergido, soldadura a gas, soldadura oxiacetilénica, etc.

Para el capítulo 2, abarca precisamente la soldadura TIG, en el cual conoceremos como funciona este equipo, que tipo de electrodo debemos usar así como también mencionaremos sus ventajas con respecto a las otras soldaduras; también conoceremos el tipo de gas y sus válvulas, saber cual es el tipo de corriente y que parámetros debemos utilizar para realizar una adecuada soldadura.

En el capítulo 3, se explicará a fondo el funcionamiento de la maquina Syncrowave 180 SD, veremos que accesorios tiene la maquina, y su conexión adecuada, así también su operación para saber cómo se comporta la salida de corriente de la maquina mediante diversas condiciones de trabajo, como su control de amperaje y control de post flujo. También aprenderemos a seleccionar y preparar adecuadamente el electrodo de tungsteno para soldar en corriente alterna y corriente directa.

En los capítulos 4,5, y 6, se realizaron pruebas con tres diferentes tipos de materiales (Acero Inoxidable, Cobre y Bronce), aplicando las características y parámetros de soldabilidad, que fueron dados en los capítulos anteriores; conexión del equipo, calibración, soldadura de las placas muestra; realización de pruebas de soldabilidad y conclusiones finales. Dentro de estas pruebas se realizó un cuestionario final, para reforzar lo aprendido en cada capítulo.

Se espera que estos capítulos, sirvan como base para la experimentación dentro del laboratorio de manufactura.

INDICE

CAPÍTULO 1

TIPOS DE SOLDADURAS

	<i>Pág.</i>
1.1 PANORAMA GENERAL	1
1.2 PROCESOS DE SOLDADURA	2
1.2.1 Soldadura por arco	3
1.2.1.1 Soldadura manual con electrodo revestido (SMAW)	4
1.2.1.2 Soldadura de arco metálico con gas (GMAW)	4
1.2.1.3 Soldadura de arco de núcleo fundente (FCAW)	5
1.2.1.4 Soldadura de arco de gas de tungsteno (GTAW)	5
1.2.1.5 Soldadura de arco sumergido (SAW)	6
1.2.2 Soldadura a gas	6
1.2.2.1 Soldadura oxiacetilénica (OAW)	7
1.2.3 Soldadura por resistencia (RS)	8
1.2.3.1 Soldadura por puntos (RSW)	8
1.2.3.2 Soldadura de costuras (RSEW)	9
1.2.4 Soldadura por rayo de energía (LBW)	9
1.2.5 Soldadura de estado sólido (SSW)	9
1.2.6 Soldadura explosiva (EXW)	10

CAPÍTULO 2

SOLDADURA TIG

2.1 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA CON PROTECCIÓN GASEOSA (GTAW)	11
2.1.1 Soldadura de gas inerte de tungsteno (TIG)	11
2.2 VENTAJAS GLOBALES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA CON PROTECCION GASEOSA	12
2.3 PROCEDIMIENTO TIG	12
2.3.1 Campo de aplicación	12
2.3.2 Gases utilizados	12

2.3.3 Ventajas particulares del procedimiento TIG	13
2.4 EQUIPO UTILIZADO EN EL PROCEDIMIENTO TIG	13
2.4.1 El tanque de gas inerte y sus válvulas de presión	14
2.4.2 La antorcha	15
2.4.3 Electrodo de tungsteno	15
2.4.4 Elección del tipo de corriente y de su fuente de producción	16
2.4.5 Estabilizador de arco	17
2.4.6 Automatización del procedimiento TIG	18
2.4.7 Parámetros de la soldadura	19
2.5 TECNICA DE LA SOLDADURA TIG APLICADA A LOS ACEROS INOXIDABLES	20
2.5.1 Gas de protección utilizado	20
2.5.2 Elección de la corriente	20
2.5.3 Limpieza de los bordes	20
2.5.4 Metal de aportación	21
2.5.5 Protección del revés de la junta	21
2.5.6 Preparación de las juntas	21
2.6 TECNICA DE LA SOLDADURA TIG APLICADA AL COBRE	21
2.6.1 Elección de la corriente	22
2.6.2 Limpieza de los bordes	22
2.6.3 Metal de aportación	22
2.6.4 Preparación de las juntas	22
2.6.5 Ejecución de juntas	22
2.7 TECNICA DE LA SOLDADURA TIG APLICADA AL BRONCE	23
2.7.1 Elección de la corriente	23
2.7.2 Limpieza de los bordes	23
2.7.3 Metal de aportación	23
2.7.4 Preparación de las juntas	23
2.7.5 Ejecución de juntas	23

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LA SYNCROWAVE 180 SD

3.1 PARTES DEL EQUIPO	
3.1.1 Accesorios	25
3.1.2 Especificaciones	26

3.1.3 Grafica del ciclo de trabajo	26
3.1.4 Las curvas Volt Amper	27
3.1.5 Conexión para soldadura TIG	28
3.1.6 Operación	30
3.1.7 Ejemplo de control de amperaje del panel frontal para soldadura con electrodo revestido (SMAW)	32
3.1.8 Ejemplo de control de amperaje para soldadura TIG (GTAW)	33
3.1.9 Control de post flujo	33
3.1.10 Selección de las características de arranque de la soldadura TIG	35
3.1.11 Contador de ciclos	37
3.1.12 Perilla de control de balance y penetración (DIG)	38
3.2 SELECCIÓN Y PREPARACION DEL ELECTRODO DE TUNGSTENO PARA SOLDADURA DE CA Y SOLDADURA DE CD	39
3.2.1 Selección de electrodos de tungsteno	39
3.2.2 Preparación del electrodo de tungsteno para soldar	40
3.2.3 Guía para la soldadura TIG (GTAW)	42
3.2.4 Movimiento de la antorcha durante la soldadura	42
3.2.5 Posicionamiento de la antorcha para diferentes tipos de uniones	43
3.3 PRUEBA DE SOLDADURA Y SOLUCION DE PROBLEMAS EN LA SOLDADURA	44
3.3.1 Solución de problemas y su corrección	45
<u>CAPÍTULO 4</u>	
<i>PRACTICA #1 SOLDADURA TIG APLICADA AL ACERO INOXIDABLE</i>	
4.1 OBJETIVOS	48
4.2 INTRODUCCIÓN	48
4.3 MATERIAL Y EQUIPO	50
4.4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	51
4.4.1 Acondicionamiento del electrodo	51
4.4.2 Preparación de las placas de soldar	54
4.4.3 Calibración del gas a soldar	55
4.4.4 Conexión y ensamble de la maquina Syncrowave 180 SD	56
4.4.5 Encendido de la maquina	58
4.4.6 Soldadura de las piezas	59
4.4.7 Apagar el equipo de soldar	63
4.5 PRUEBA DE SOLDADURA	63

4.6 CONCLUSIONES	65
4.7 CUESTIONARIO FINAL-preguntas y respuestas	65
4.8 BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA	72

CAPÍTULO 5

PRACTICA #2 SOLDADURA TIG APLICADA AL COBRE

5.1 OBJETIVOS	74
5.2 INTRODUCCIÓN	74
5.3 MATERIAL Y EQUIPO	76
5.4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	78
5.4.1 Acondicionamiento del electrodo	78
5.4.2 Preparación de las placas a soldar	80
5.4.3 Calibración del gas a soldar	81
5.4.4 Calibración de equipo de oxiacetileno	82
5.4.5 Conexión y ensamble de la maquina Syncrowave 180 SD	84
5.4.6 Encendido de la maquina	86
5.4.7 Soldadura de las piezas	87
5.4.8 Apagar el equipo de acetileno y equipo de soldadura	92
5.5 PRUEBA DE SOLDADURA	92
5.6 CONCLUSIONES	94
5.7 CUESTIONARIO FINAL-preguntas y respuestas	94
5.8 BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA	98

CAPÍTULO 6

PRACTICA #3 SOLDADURA TIG APLICADA AL BRONCE

6.1 OBJETIVOS	100
6.2 INTRODUCCIÓN	100
6.3 MATERIAL Y EQUIPO	102
6.4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	104
6.4.1 Acondicionamiento del electrodo	104
6.4.2 Preparación de las placas a soldar	106
6.4.3 Calibración del gas a soldar	107
6.4.4 Calibración de equipo de oxiacetileno	108
6.4.5 Conexión y ensamble de la maquina SYNCROWAVE 180 SD	110
6.4.6 Encendido de la máquina	111
6.4.7 Soldadura de las piezas	113

6.4.8 Apagar el equipo de acetileno y equipo de soldadura	118
6.5 PRUEBA DE SOLDADURA	118
6.6 CONCLUSIONES	120
6.7 CUESTIONARIO FINAL- preguntas y respuestas	122
6.8 BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA	126
CONCLUSIONES FINALES	128
BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA	129

CAPITULO 1

1.1 PANORAMA GENERAL

Soldadura en ingeniería es un proceso por el cual dos o más piezas de metal se unen por la aplicación de calor, presión o una combinación de ambos, con o sin el aporte de otro metal (llamado metal de aporte), cuya temperatura de fusión es mayor a la de las piezas que se han de soldar.¹

Hasta el final del siglo XIX, el único proceso de soldadura era la soldadura de fragua, que los herreros han usado por siglos para juntar metales calentándolos y golpeándolos. La soldadura por arco y la soldadura a gas estaban entre los primeros procesos en desarrollarse tardíamente en el siglo, siguiendo poco después la soldadura por resistencia. La tecnología de la soldadura avanzó rápidamente durante el principio del siglo XX mientras que la Primera Guerra Mundial y la Segunda Guerra Mundial condujeron la demanda de métodos de juntura confiables y baratos. Después de las guerras, fueron desarrolladas varias técnicas modernas de soldadura.

En 1957, debutó el proceso de soldadura por arco con núcleo fundente, en el que el electrodo de alambre auto blindado podía ser usado con un equipo automático, resultando en velocidades de soldadura altamente incrementadas, y ése mismo año fue inventada la soldadura de arco de plasma. La soldadura por electro escoria fue introducida en 1958, y fue seguida en 1961 por la soldadura de electro gas.

Otros desarrollos recientes en la soldadura incluyen en 1958 el importante logro de la soldadura con rayo de electrones, haciendo posible la soldadura profunda y estrecha por medio de la fuente de calor concentrada. Siguiendo la invención del láser en 1960, la soldadura por rayo láser debutó varias décadas más tarde, y ha demostrado ser especialmente útil en la soldadura automatizada de alta velocidad. Sin embargo, ambos procesos continúan siendo altamente costosos debido al alto costo del equipo necesario, y esto ha limitado sus aplicaciones.

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura> (consulta: 05 jul-2012 hora 10:00 hrs)

1.2 PROCESOS DE SOLDADURA

Para proveer la energía eléctrica necesaria para los procesos de la soldadura de arco, pueden ser usadas un número diferentes de fuentes de alimentación. La clasificación más común son las fuentes de alimentación de corriente constante y las fuentes de alimentación de voltaje constante. En la soldadura de arco, la longitud del arco está directamente relacionada con el voltaje, y la cantidad de entrada de calor está relacionada con la corriente. Las fuentes de alimentación de corriente constante son usadas con más frecuencia para los procesos manuales de soldadura tales como la soldadura de arco de gas tungsteno y soldadura de arco metálico blindado, porque ellas mantienen una corriente constante incluso mientras el voltaje varía. Esto es importante en la soldadura manual, ya que puede ser difícil sostener el electrodo perfectamente estable, y como resultado, la longitud del arco y el voltaje tienden a fluctuar. Las fuentes de alimentación de voltaje constante mantienen el voltaje constante y varían la corriente, y como resultado, son usadas más a menudo para los procesos de soldadura automatizados tales como la soldadura de arco metálico con gas, soldadura por arco de núcleo fundente, y la soldadura de arco sumergido. En estos procesos, la longitud del arco es mantenida constante, puesto que cualquier fluctuación en la distancia entre material base es rápidamente rectificado por un cambio grande en la corriente. Por ejemplo, si el alambre y el material base se acercan demasiado, la corriente aumentará rápidamente, lo que a su vez causa que aumente el calor y la extremidad del alambre se funda, volviéndolo a su distancia de separación original. El tipo de corriente usado en la soldadura de arco también juega un papel importante. Los electrodos de proceso consumibles como los de la soldadura de arco de metal blindado y la soldadura de arco metálico con gas generalmente usan corriente directa, pero el electrodo puede ser cargado positiva o negativamente. En la soldadura, el ánodo cargado positivamente tendrá una concentración mayor de calor, y como resultado, cambiar la polaridad del electrodo tiene un impacto en las propiedades de la soldadura. Si el electrodo es cargado positivamente, el metal base estará más caliente, incrementando la penetración y la velocidad de la soldadura. Alternativamente, un electrodo negativamente cargado resulta en soldaduras más superficiales. Los procesos de electrodo no consumibles, tales como la soldadura de arco de gas tungsteno, pueden usar cualquier tipo de corriente directa, así como también corriente alterna. Sin embargo, con la corriente directa, debido a que el electrodo solo crea el arco y no proporciona el material de relleno, un electrodo positivamente cargado causa soldaduras superficiales, mientras que un

electrodo negativamente cargado hace soldaduras más profundas. La corriente alterna se mueve rápidamente entre estos dos, dando por resultado las soldaduras de mediana penetración. Una desventaja de la corriente alterna (CA), el hecho de que el arco debe ser reencendido después de cada paso por cero, se ha tratado con la invención de unidades de energía especiales que producen un patrón cuadrado de onda en vez del patrón normal de la onda de seno, haciendo posibles pasos a cero rápidos y minimizando los efectos del problema.

1.2.1 Soldadura por arco

Estos procesos usan una fuente de alimentación para soldadura para crear y mantener un arco eléctrico entre un electrodo y el material base para derretir los metales en el punto de la soldadura. Pueden usar tanto corriente continua (DC) como alterna (AC), y electrodos consumibles o no consumibles. A veces, la región de la soldadura es protegida por un cierto tipo de gas inerte o semi inerte, conocido como gas de protección, y el material de relleno a veces es usado también.

1.2.1.1 Soldadura manual con electrodo revestido (SMAW)

Uno de los tipos más comunes de soldadura de arco es la soldadura manual con electrodo revestido (SMAW, Shielded Metal Arc Welding), que también es conocida como soldadura manual de arco metálico (MMA) o soldadura de electrodo. La corriente eléctrica se usa para crear un arco entre el material base y la varilla de electrodo consumible, que es de acero y está cubierto con un fundente que protege el área de la soldadura contra la oxidación y la contaminación por medio de la producción del gas Bióxido de carbono (CO_2) durante el proceso de la soldadura. El núcleo en sí mismo del electrodo actúa como material de relleno, haciendo innecesario un material de relleno adicional como se observa en la figura 1.1



Figura 1.1 Soldadura con electrodo revestido

El proceso es versátil y puede realizarse con un equipo relativamente barato, haciéndolo adecuado para trabajos de taller y trabajo de campo. Un operador puede hacerse razonablemente competente con una modesta cantidad de entrenamiento y puede alcanzar la maestría con experiencia. Los tiempos de soldadura son algo lentos, puesto que los electrodos consumibles deben ser sustituidos con frecuencia y porque la escoria, el residuo del fundente, debe ser retirada después de soldar. Además, el proceso es generalmente limitado a materiales de soldadura ferrosos, aunque electrodos especializados han hecho posible la soldadura del hierro fundido, níquel, aluminio, cobre, y de otros metales.

1.2.1.2 Soldadura de arco metálico con gas (GMAW)

También conocida como soldadura de gas de metal inerte o soldadura MIG, es un proceso semiautomático o automático que usa una alimentación continua de alambre como electrodo y una mezcla de gas inerte o semi-inerte para proteger la soldadura contra la contaminación. Como con la SMAW, la habilidad razonable del operador puede ser alcanzada con entrenamiento modesto. Puesto que el electrodo es continuo, las velocidades de soldado son mayores para la GMAW que para la SMAW. También, el tamaño más pequeño del arco, comparado a los procesos de soldadura de arco metálico protegido, hace más fácil hacer las soldaduras fuera de posición (ejemplo, empalmes en lo alto, como sería soldando por debajo de una estructura).

El equipo requerido para realizar el proceso de GMAW es más complejo y costoso que el requerido para la SMAW, y requiere un procedimiento más complejo de disposición. Por lo tanto, la GMAW es menos portable y versátil, y debido al uso de un gas de blindaje separado, no es particularmente adecuado para el trabajo al aire libre. Sin embargo, debido a la velocidad media más alta en la que las soldaduras pueden ser terminadas, la GMAW es adecuada para la soldadura de producción. El proceso puede ser aplicado a una amplia variedad de metales, tanto ferrosos como no ferrosos.

1.2.1.3 Soldadura de arco de núcleo fundente (FCAW)

Un proceso relacionado, la soldadura de arco de núcleo fundente (FCAW), usa un equipo similar pero utiliza un alambre que consiste en un electrodo de acero rodeando un material de relleno en polvo. Este alambre nucleado es más costoso que el alambre sólido estándar y puede generar humos y/o escoria, pero permite incluso una velocidad más alta de soldadura y mayor penetración del metal.

1.2.1.4 Soldadura de arco de gas de tungsteno (GTAW)

La soldadura de arco de gas de tungsteno (GTAW), o la soldadura de gas inerte de tungsteno (TIG) (también a veces designada erróneamente como soldadura heliarc), es un proceso manual de soldadura que usa un electrodo de tungsteno no consumible, una mezcla de gas inerte o semi-inerte, y un material de relleno separado. Especialmente útil para soldar materiales finos, este método es caracterizado por un arco estable y una soldadura de alta calidad, pero requiere una significativa habilidad del operador y solamente puede ser lograda en velocidades relativamente bajas.

La GTAW puede ser usada en casi todos los metales soldables, aunque es aplicada más a menudo a metales de acero inoxidable y livianos. Con frecuencia es usada cuando son extremadamente importantes las soldaduras de calidad, por ejemplo en bicicletas, aviones y aplicaciones navales. Un proceso relacionado, la soldadura de arco de plasma, también usa un electrodo de tungsteno pero utiliza un gas de plasma para hacer el arco. El arco es más concentrado que el arco de la GTAW, haciendo el control transversal más crítico y así generalmente restringiendo la técnica a un proceso mecanizado. Debido a su corriente estable, el método puede ser usado en

una gama más amplia de materiales gruesos que el proceso GTAW, y además, es mucho más rápido. Puede ser aplicado a los mismos materiales que la GTAW excepto al magnesio, y la soldadura automatizada del acero inoxidable es una aplicación importante del proceso. Una variación del proceso es el corte por plasma, un eficiente proceso de corte de acero.

1.2.1.5 Soldadura de arco sumergido (SAW)

La soldadura de arco sumergido (SAW) es un método de soldadura de alta productividad en el cual el arco se pulsa bajo una capa de cubierta de flujo. Esto aumenta la calidad del arco, puesto que los contaminantes en la atmósfera son bloqueados por el flujo. La escoria que forma la soldadura generalmente sale por sí misma, y combinada con el uso de una alimentación de alambre continua, la velocidad de deposición de la soldadura es alta. Las condiciones de trabajo están muy mejoradas sobre otros procesos de soldadura de arco, puesto que el flujo oculta el arco y casi no se produce ningún humo. El proceso es usado comúnmente en la industria, especialmente para productos grandes y en la fabricación de los recipientes de presión soldados. Otros procesos de soldadura de arco incluyen la soldadura de hidrógeno atómico, la soldadura de arco de carbono, la soldadura de electroescoria, la soldadura por electrogas, y la soldadura de arco de perno.

1.2.2 Soldadura a gas

La soldadura a gas fue uno de los primeros procesos de soldadura de fusión desarrollados que demostraron ser aplicables a una extensa variedad de materiales y aleaciones. Durante muchos años fue el método más útil para soldar metales no ferrosos. Sigue siendo un proceso versátil e importante pero su uso se ha restringido ampliamente a soldadura de chapa metálica, cobre y aluminio. El equipo de soldadura a gas puede emplearse también para la soldadura fuerte, blanda y corte de acero.

Tanto el oxígeno como el gas combustible son alimentados desde cilindros, o algún suministro principal, a través de reductores de presión y a lo largo de una tubería de goma hacia un soplete. En este, el flujo de los dos gases es regulado por medio de válvulas de control, pasa a una cámara de mezcla y de ahí a una boquilla. El caudal máximo de flujo de gas es controlado por el orificio de la boquilla. Se inicia la combustión de dicha mezcla por medio de un mecanismo de ignición

(como un encendedor por fricción) y la llama resultante funde un material de aporte, (generalmente acero o aleaciones de zinc, estaño, cobre o bronce) el cual permite un enlace de aleación con la superficie a soldar y es suministrado por el operador del soplete.

1.2.2.1 Soldadura oxiacetilénica (OAW)

El proceso más común de soldadura a gas es la soldadura oxiacetilénica, también conocida como *soldadura autógena* o *soldadura oxi-combustible*. Es uno de los más viejos y más versátiles procesos de soldadura, pero en años recientes ha llegado a ser menos popular en aplicaciones industriales. Todavía es usada extensamente para soldar tuberías y tubos, como también para trabajo de reparación. El equipo es relativamente barato y simple, generalmente empleando la combustión del acetileno en oxígeno para producir una temperatura de la llama de soldadura de cerca de 3100 °C. Puesto que la llama es menos concentrada que un arco eléctrico, causa un enfriamiento más lento de la soldadura, que puede conducir a mayores tensiones residuales y distorsión de soldadura, aunque facilita la soldadura de aceros de alta aleación. Un proceso similar, generalmente llamado corte de oxicombustible, es usado para cortar los metales. Otros métodos de la soldadura a gas, tales como soldadura de acetileno C₂H₂ y aire, soldadura de hidrógeno H₂ y oxígeno O₂, y soldadura de gas a presión son muy similares, generalmente diferenciándose solamente en el tipo de gases usados. Una antorcha de agua a veces es usada para la soldadura de precisión de artículos como joyería. La soldadura a gas también es usada en la soldadura de plástico, aunque la sustancia calentada es el aire y las temperaturas son mucho más bajas, se observa un ejemplo de este tipo de soldadura, en la figura 1.2.



Figura 1.2 Soldadura a gas de una armadura de acero usando el proceso de oxiacetilénica.

1.2.3 Soldadura por resistencia (RS)

La soldadura por resistencia implica la generación de calor pasando corriente a través de la resistencia causada por el contacto entre dos o más superficies de metal. Se forman pequeños charcos de metal fundido en el área de soldadura a medida que la elevada corriente (1.000 a 100.000 Amperes) pasa a través del metal. En general, los métodos de la soldadura por resistencia son eficientes y causan poca contaminación, pero sus aplicaciones son algo limitadas y el costo del equipo puede ser alto, véase la figura 1.3.



Figura 1.3 Equipo de soldadura por resistencia

1.2.3.1 Soldadura por puntos (RSW)

La soldadura por puntos es un popular método de soldadura por resistencia usado para juntar hojas de metal solapadas de hasta 3 mm de grueso. Dos electrodos son usados simultáneamente para sujetar las hojas de metal juntas y para pasar corriente a través de las hojas. Las ventajas del método incluyen el uso eficiente de la energía, limitada deformación de la pieza de trabajo, altas velocidades de producción, fácil automatización, y el no requerimiento de materiales de relleno. La fuerza de la soldadura es perceptiblemente más baja que con otros métodos de soldadura, haciendo el proceso solamente conveniente para ciertas aplicaciones. Es usada extensivamente en la industria de automóviles. Los carros ordinarios pueden tener varios miles de puntos soldados hechos por robots industriales. Un proceso especializado, llamado soldadura de choque, puede ser utilizado para los puntos de soldadura del acero inoxidable.

1.2.3.2 Soldadura de costuras (RSEW)

Como la soldadura de punto, la soldadura de costura confía en dos electrodos para aplicar la presión y la corriente para juntar hojas de metal. Sin embargo, en vez de electrodos de punto, los electrodos con forma de rueda, ruedan a lo largo y a menudo alimentan la pieza de trabajo, haciendo posible las soldaduras continuas largas. En el pasado, este proceso fue usado en la fabricación de latas de bebidas, pero ahora sus usos son más limitados. Otros métodos de soldadura por resistencia incluyen la soldadura de destello, la soldadura de proyección y la soldadura de volcado.

1.2.4 Soldadura por rayo de energía (LBW)

Los métodos de soldadura por rayo de energía, llamados soldadura por rayo láser y soldadura con rayo de electrones, son procesos relativamente nuevos que han llegado a ser absolutamente populares en aplicaciones de alta producción. Los dos procesos son muy similares, diferenciándose más notablemente en su fuente de energía. La soldadura de rayo láser emplea un rayo láser altamente enfocado, mientras que la soldadura de rayo de electrones es hecha en un vacío y usa un haz de electrones. Ambas tienen una muy alta densidad de energía, haciendo posible la penetración de soldadura profunda y minimizando el tamaño del área de la soldadura. Ambos procesos son extremadamente rápidos, y son fáciles de automatizar, haciéndolos altamente productivos. Las desventajas primarias son sus muy altos costos de equipo (aunque éstos están disminuyendo) y una susceptibilidad al agrietamiento. Los desarrollos en esta área incluyen la soldadura de láser híbrido, que usa los principios de la soldadura de rayo láser y de la soldadura de arco para incluso mejores propiedades de soldadura.

1.2.5 Soldadura de estado sólido (SSW)

Como el primer proceso de soldadura, la soldadura de fragua, algunos métodos modernos de soldadura no implican derretimiento de los materiales que son juntados. Uno de los más populares, la soldadura ultrasónica, es usada para conectar hojas o alambres finos hechos de metal o termoplásticos, haciéndolos vibrar en alta frecuencia y bajo alta presión. El equipo y los métodos implicados son similares a los de la soldadura por resistencia, pero en vez de corriente eléctrica, la vibración proporciona la fuente de energía. Soldar metales con este proceso no

implica el derretimiento de los materiales; en su lugar, la soldadura se forma introduciendo vibraciones mecánicas horizontalmente bajo presión. Cuando se están soldando plásticos, los materiales deben tener similares temperaturas de fusión, y las vibraciones son introducidas verticalmente. La soldadura ultrasónica se usa comúnmente para hacer conexiones eléctricas de aluminio o cobre, y también es un muy común proceso de soldadura de polímeros.

1.2.6 Soldadura explosiva (EXW)

Otro proceso común, la soldadura explosiva, implica juntar materiales empujándolos juntos bajo una presión extremadamente alta. La energía del impacto plastifica los materiales, formando una soldadura, aunque solamente una limitada cantidad de calor sea generada. El proceso es usado comúnmente para materiales disímiles de soldadura, tales como la soldadura del aluminio con acero en cascos de naves o placas compuestas. Otros procesos de soldadura de estado sólido incluyen la soldadura de coextrusión, la soldadura en frío, la soldadura de difusión, la soldadura por fricción (incluyendo la soldadura por agitación), la soldadura por alta frecuencia, la soldadura por presión caliente, la soldadura por inducción, y la soldadura de rodillo².

² http://www.dirind.com/dim/monografia.php?cla_id=80 (consulta: 03-jul-2012 hora 8:20 hrs)

CAPITULO 2

2.1 PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA CON PROTECCIÓN GASEOSA (GTAW)

2.1.1 Soldadura de gas inerte de tungsteno (TIG)

En este procedimiento el arco se establece entre una varilla o electrodo de tungsteno refractario, es decir, no fusible en las temperaturas usuales y la pieza de soldadura. La sigla TIG, universalmente adoptada, se explica por la denominación Americana “Tungsten Inert Gas”. El procedimiento se ejecuta sin metal de aportación como se aprecia en la figura 2.1, o con un metal de aportación independiente del circuito eléctrico ver figura 2.2

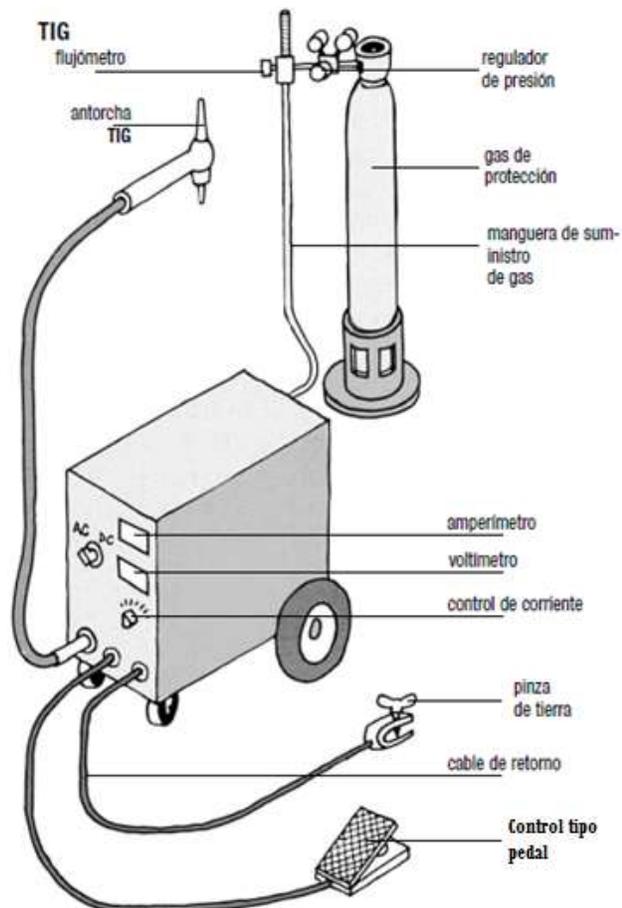


Figura 2.1 Equipo de soldadura TIG

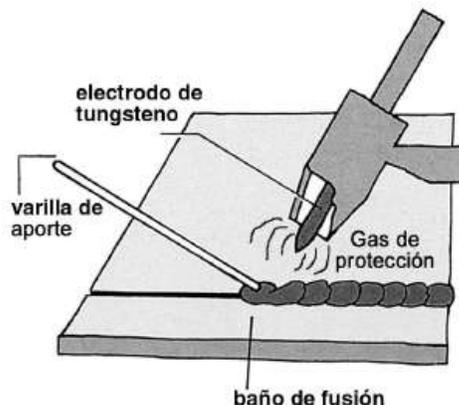


Figura 2.2 Soldadura con metal de aporte

2.2 VENTAJAS GLOBALES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA CON PROTECCIÓN GASEOSA

Los procedimientos TIG presentan, con relación a la soldadura manual con electrodos revestidos, tres ventajas principales, basadas en la ausencia de fundente sólido y, por consiguiente, de escoria:

- El baño de fusión es claramente visible, lo que beneficia su comportamiento y mejora el control de la penetración.
- La operación de eliminación de la escoria resulta ahora innecesaria, con lo que se obtiene una ganancia de tiempo considerable.
- La supresión de esta operación discontinua permite y facilita la automatización de este procedimiento.

2.3 PROCEDIMIENTO TIG

2.3.1 Campo de aplicación

Aunque este procedimiento haya sido aplicado a numerosos metales, se aplica preferentemente al aluminio y sus aleaciones, a los aceros inoxidable austeníticos, al níquel y sus aleaciones, al cobre (Cu) y al titanio (Ti).

2.3.2 Gases utilizados

Estos gases son esencialmente el argón (Ar) (sobre todo en el continente europeo), el helio (He) y sus mezclas, pues todo gas no inerte contaminaría el electrodo de tungsteno.

La labor de estos gases consiste en formar alrededor del arco una envoltura protectora continua que impida el acceso del aire al baño de fusión, así como la acción nociva del oxígeno y del nitrógeno que constituyen ese aire. Además, los gases inertes son insolubles en los metales en fusión, no pudiendo, por consiguiente, ser retenidos en los cordones de soldadura en forma de gases disueltos y originar burbujas y picaduras al producirse el enfriamiento.

2.3.3 Ventajas particulares del procedimiento TIG

La principal ventaja del procedimiento TIG consiste en la independencia que existe entre la aportación del calor y la del metal, ya que permite soldar sin aportación de metal, que es el caso de la soldadura de chapas delgadas, o con aportación de él. Es parecido solamente en la forma de operar en comparación de la soldadura con soplete.

2.4 EQUIPO UTILIZADO EN EL PROCEDIMIENTO TIG

El equipo básico necesario para ejecutar este tipo de soldadura está conformado por las siguientes partes, que también se pueden observar en la figura 2.3.

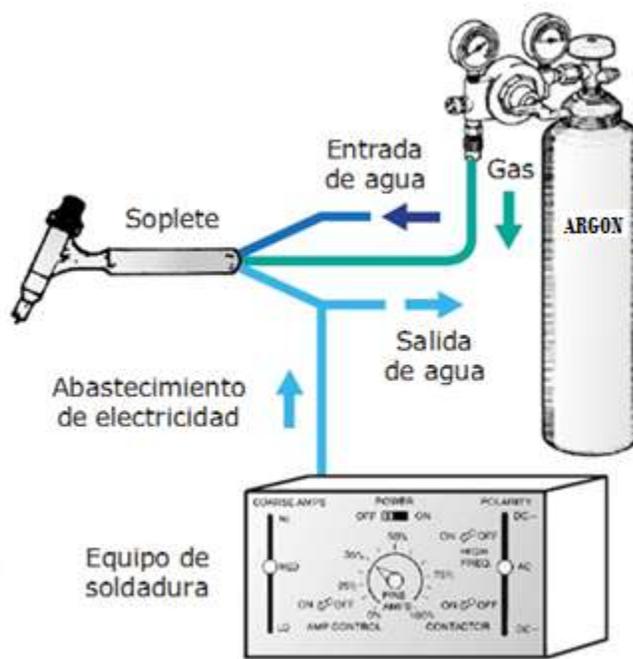


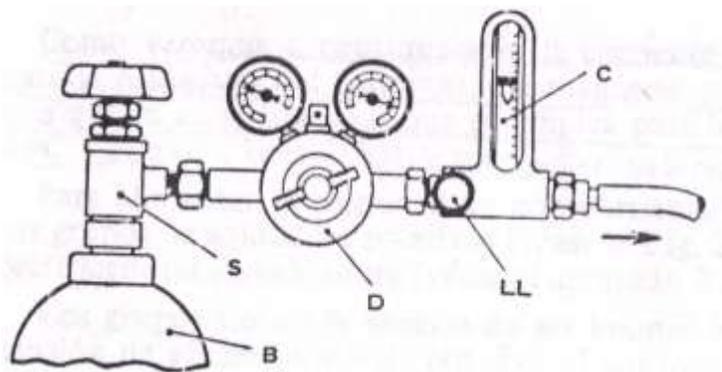
Figura 2.3 Equipos utilizados para la soldadura TIG

- 1.-Equipo de soldadura por arco con sus respectivos cables.
- 2.-Tanque de gas inerte (en este caso Argón-Ar), mediante un sistema de mangueras y reguladores de presión.
- 3.-Equipo regulador de presión (manómetros).
- 4.-Soplete para la soldadura TIG, puede poseer un interruptor de control por el cual se comanda el suministro del gas inerte.³

2.4.1 El tanque de gas inerte y sus válvulas de presión

Los gases como argón o helio se suministran en botellas de acero análogas a las utilizadas para el oxígeno, en las cuales pueden comprimirse a $2,000 \text{ N/cm}^2$, que equivalen a 200 bars. Estos gases, el principal de los cuales es el argón, deben estar rigurosamente secos (sin humedad). Se recomienda no vaciar nunca enteramente las botellas para evitar la entrada de aire, que podría resultar perjudicial para la pureza del gas almacenado, al efectuarse la recarga siguiente. Una botella contiene, según su formato, de 8,000 a 10,000 litros de gas.

En la parte superior de la botella se dispone de una válvula de mariposa, que se puede apreciar en la figura 2.4 letra D, que permite regular la presión de salida del gas y mantenerla constante, el cual está provisto a su vez de dos aparatos de control: un manómetro, que indica la presión existente en la botella, y un contador, que puede ser de cuadrante o de flotador y que sirve para controlar el volumen del gas de salida. Esta graduado en litros por minuto.



B- Botella, S-Salida del gas, D-Válvula Mariposa, Ll-Llave de paso, C-Flujo metro.

Figura 2.4 Tanque de gas y sus válvulas

³ Rivas Arias, José María (pág. 197 a 207) Soldadura eléctrica y sistema TIG y MAG, Madrid: Paraninfo, 1983

2.4.2 La antorcha

La antorcha sirve para manipular el electrodo de tungsteno y para llevar hasta este la corriente eléctrica y el gas protector. A modo de ejemplo, se observa en la figura 2.5, el corte transversal de la antorcha y empuñadura con refrigeración natural.

Para cada tipo de antorcha, el constructor indica, con un factor de marcha dado, la corriente máxima que no puede ser rebasada sin riesgo de dañar la antorcha.

El cable de soldadura, los tubos flexibles para el argón y, si llega el caso, para el agua, van encerrados en una envoltura flexible de plástico, con objeto de protegerlos y evitar su dispersión.

Las boquillas de salida del gas, de diferentes diámetros, según el caudal de gas, suelen ser de cerámica, de aluminio o incluso de cobre cromado, para las grandes intensidades.

2.4.3 Electrodo de tungsteno

Cada antorcha suele entregarse con un juego de electrodos, cuyo diámetro varia de 1 a 6,4 mm, según la intensidad deseable. Son de tungsteno toriado, es decir, conteniendo pequeñas cantidades de torio y oxido de torio (cebado del arco más fácil con corriente continua, densidad de corriente admisible más elevada, menor desgaste, pero precio más elevado). Con objeto de asegurar una buena penetración, se recomienda cortar los electrodos en punta, lo que permite evitar la turbulencia del arco como se aprecia en la figura 2.6.

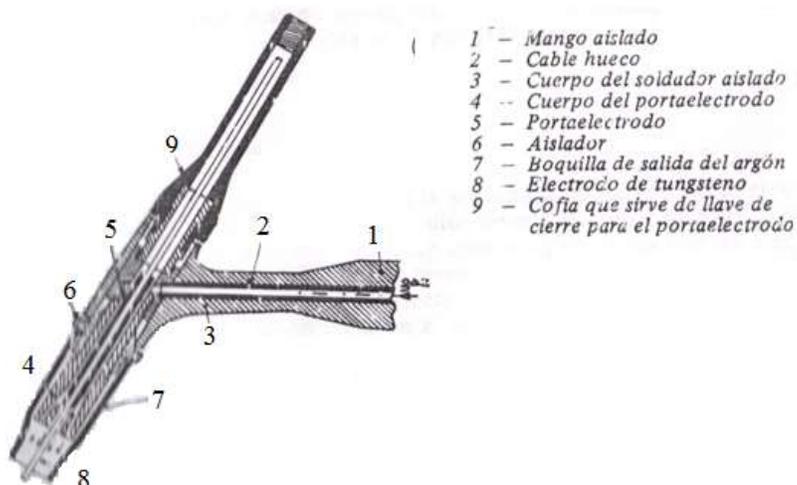


Figura 2.5 Antorcha TIG

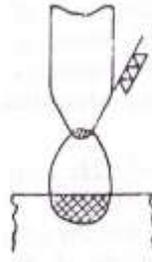


Figura 2.6 Acabado de la punta del electrodo

2.4.4 Elección del tipo de corriente y de su fuente de producción

Como veremos a continuación, la corriente alterna es indispensable para la soldadura del aluminio, del magnesio y de sus aleaciones, mientras que la corriente continua se emplea para los demás materiales citados como aceros inoxidables austénicos níquel y sus aleaciones, al cobre y titanio.

Para alimentar la antorcha con corriente continua se puede utilizar grupos de soldadura rotativos, o transformadores rectificadores de soldadura como se observa en la figura 2.7

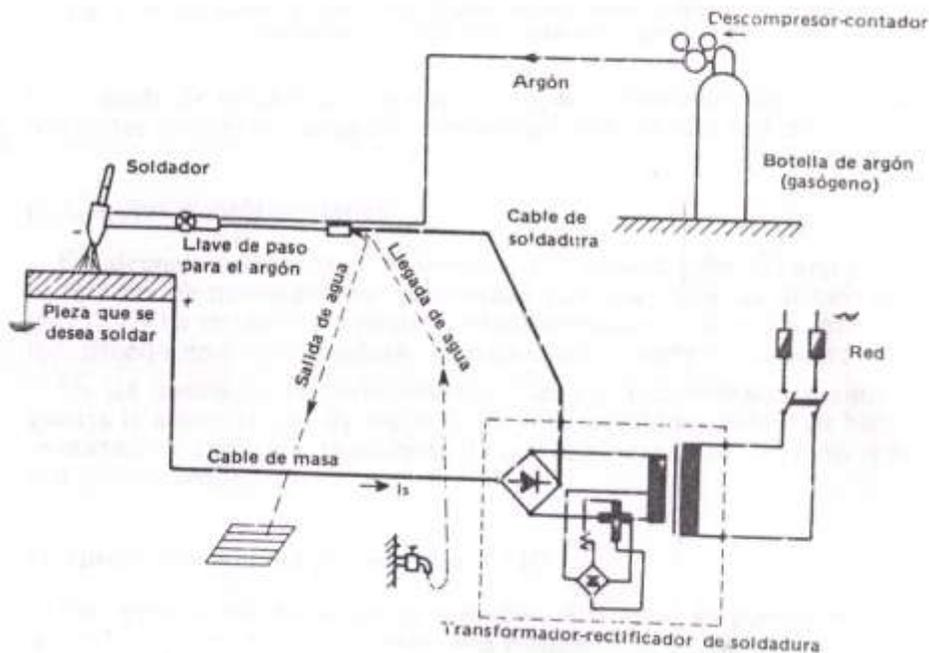


Figura 2.7 Instalación de soldadura TIG con transformador-rectificador de soldadura.

Los grupos tienen la ventaja de ser insensibles a las variaciones de la tensión de alimentación de red. Por el contrario, son ruidosos y su corriente de soldadura no alcanza su valor normal al ponerse en marcha, sino cuando el grupo ha alcanzado su temperatura de régimen.

Los transformadores rectificadores presentan el inconveniente de ser muy sensibles a las variaciones de la tensión de red, pero esto puede corregirse utilizando un estabilizador de tensión. Por el contrario son silenciosos. La figura 2.7 representa esquemáticamente la instalación de soldadura TIG con transformador-rectificador para soldadura con corriente continua y electrodo al polo.

Si se trata de aparatos normalmente previstos para la soldadura por arco con electrodos revestidos, es preciso observar que la tensión del arco en la soldadura con argón solo es la mitad aproximadamente de la tensión normal en carga; la corriente de soldadura real es, por esta causa, ± 5 % más elevada que la corriente regulada, y hay que tener en cuenta finalmente, de no rebasarse la corriente máxima indicada en el aparato.

Cuando la aplicación requiere el empleo de corriente alterna se utilizan transformadores de soldadura. A causa de la baja tensión del arco cuando se emplea la soldadura con argón, hay que limitar la corriente de soldadura al 70% del valor máximo autorizado.

2.4.5 Estabilizador de arco

En general, el cebado del arco en la soldadura con argón no se efectúa, como en la soldadura con electrodos revestidos, por contacto de la punta del electrodo con la pieza. Este contacto, en el caso de un electrodo de tungsteno, tendría como consecuencia la contaminación del metal soldado y hasta el mismo electrodo. La presencia de tungsteno en la soldadura, particularmente en el caso del aluminio y sus aleaciones, ejercería una influencia desastrosa sobre la resistencia a la corrosión de la junta efectuada.

Por este motivo se incorpora a la instalación de soldadura, siempre que se efectúa con corriente alterna, y a veces también cuando se utiliza la corriente continua, un estabilizador de arco. Este puede ser un generador de alta frecuencia o un generador de pulsos de tensión, este último solamente en el caso de la soldadura con corriente alterna.

La figura 2.8 representa esquemáticamente una instalación de soldadura TIG, en la que se utiliza corriente alterna, provista de un estabilizador de arco. Este va siempre conectado a la fase de la red que alimenta la corriente de soldadura, con objeto de que la sincronización de ambas corrientes asegure un decapado conveniente del baño de fusión.

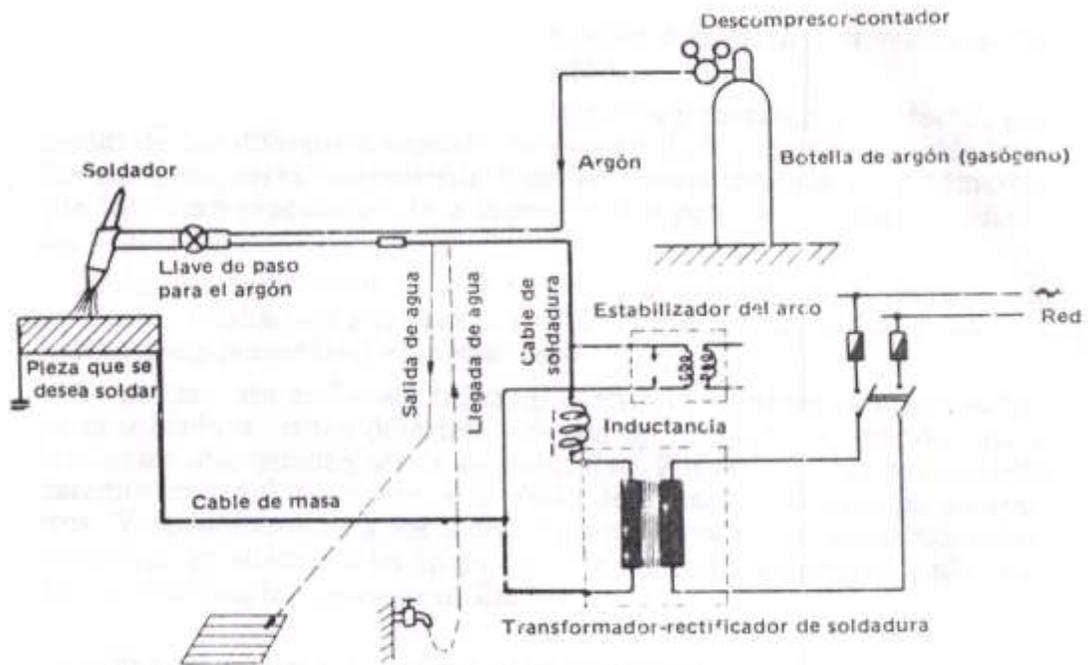


Figura 2.8 Representación esquemática de una instalación de Soldadura TIG

2.4.6 Automatización del procedimiento TIG

Este proceso se presta muy bien a la automatización, pudiendo incluso llegar a una programación completa, realizada por medio de dispositivos electrónicos de alta precisión. La antorcha en lugar de ser dirigida con la mano, va entonces fija a un carrito, provisto de una cremallera regulable, cuyo avance es accionado por un motor eléctrico. Cuando se trata de una soldadura con metal de aporte, el dispositivo sirve también para regular el devanado del hilo de este metal, mientras que en algunas máquinas muy perfeccionadas, un conjunto electrónico obliga a la antorcha a seguir un trazado rigurosamente paralelo a la junta. Los defectos de forma o de posición de las piezas quedan así compensados automáticamente, asegurándose asimismo la constancia de la longitud del arco y de la penetración.

2.4.7 Parámetros de la soldadura

El soldador mecánico depende de gran medida de los aparatos de que dispone y por ende, su margen de maniobrabilidad es mucho más reducido que el del soldador manual. Es por eso que debemos de tener una clara visión de los factores que ejercen influencia en la ejecución de su trabajo, a los cuales se les asigna como su nombre bien dice. “Parámetros de soldadura”

Estos no son otra cosa que las diferentes características, generalmente medidas, cuyo conjunto permite definir las condiciones de ejecución de una soldadura. De los cuales se pueden derivar:

Parámetros geométricos: estos son el modo de preparación de los bordes que son los que se van a soldar, a la posición en la cual debe ejecutarse el proceso de soldadura como de forma horizontal, en cornisa, etc. También interfiere el diámetro de los electrodos y los hilos.

Parámetros eléctricos: estos se refieren a la elección de corriente puede ser corriente continua o corriente alterna, a la polaridad del electrodo en el caso de corriente continua, a la intensidad de la corriente, a la tensión en vacío, a la tensión del arco, a la impedancia, a la longitud del arco, etc.

Parámetros mecánicos: comprenden la velocidad de avance relativo de la empuñadura con relación a la pieza y la velocidad de devanado del hilo metal de aportación.

La regulación de los parámetros eléctricos y mecánicos se efectúa por medio de los diferentes órganos de mando de la máquina de soldadura.

Sin embargo, sería conveniente tener en cuenta también los parámetros que interesan especialmente a la protección gaseosa, a composición del gas y su caudal⁴.

2.5 TECNICA DE LA SOLDADURA TIG APLICADA A LOS ACEROS INOXIDABLES

El proceso TIG (Tungsten Inert Gas) se usa ampliamente y es muy adecuado para soldar acero inoxidable. Un gas inerte (normalmente argón) se usa para proteger del aire al metal fundido de la soldadura. Si se necesita, se agrega metal de aporte en forma de alambre dentro del arco, bien manual o automáticamente.

⁴ Mórela: Sola Pere (pág. 20 a 21) Soldadura Industrial clases y aplicaciones Barcelona: Marcombo Boixare, 1992

El proceso se ilustra en la Figura 2.9. Mediante el proceso TIG se puede soldar materiales tan finos como algunas centésimas hasta espesores grandes, pero normalmente se usa hasta 1/4" (6.4 mm).

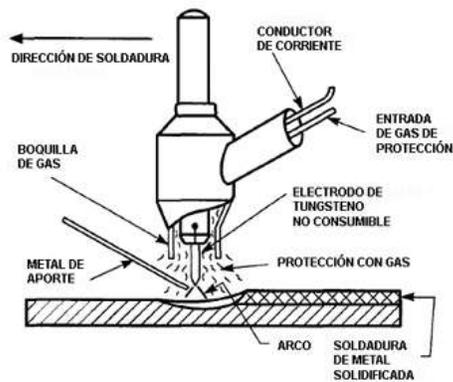


Figura 2.9 Figura que muestra la soldadura TIG aplicada al acero inoxidable.

Algunas ventajas de este proceso de soldadura en acero inoxidable incluyen:

- No hay escoria que eliminar, lo cual minimiza las tareas de limpieza posterior.
- Es un proceso de soldadura que se puede utilizar en todas posiciones, lo cual lo hace especialmente apto para la soldadura de cañerías.
- No hay salpicaduras de soldadura que limpiar.
- Prácticamente no hay una variación en la composición química de la aleación del metal de base durante la soldadura.

2.5.1 Gas de protección utilizado

El argón puro tiene un empleo generalizado en Europa, aunque se utilizan también mezclas de argón-helio en la soldadura automática. Finalmente, se recomiendan mezclas de argón con una proporción del 5% al 20% de hidrogeno para la soldadura automática de piezas de poco espesor y para las pasadas de fondo, pues permiten acelerar la velocidad de soldadura aproximadamente en un 10%.

2.5.2 Elección de la corriente

Debe utilizarse siempre corriente continua, con polaridad directa, es decir, con el electrodo conectado al polo negativo. El aparato más frecuentemente empleado es el transformador-rectificador.

2.5.3 Limpieza de los bordes

Las hojas de acero inoxidable están cubiertas a veces con papel o plástico, debiendo ser retiradas cuidadosamente de estos revestimientos, sometiéndolas luego a un activo cepillado de los bordes, operación que debe llevarse a cabo con cepillo de alambres de acero inoxidable para evitar contaminación por las partículas de hierro o por el óxido. El metal de aportación también debe tener su superficie perfectamente limpia.

2.5.4 Metal de aportación

En principio, debe tener la misma composición que las piezas que se van a soldar.

2.5.5 Protección del revés de la junta

El revés de la junta no queda protegido por el argón y presenta tendencia a adquirir un aspecto rocoso debido a la oxidación. Para evitar este inconveniente hay que efectuar la operación de soldadura en un soporte de cobre o proteger al revés de la misma una mezcla gaseosa reductora, lo que resulta particularmente fácil cuando se trata de tuberías, en cuyo interior se hace circular la citada mezcla. Esta última puede estar constituida por un 80% de nitrógeno y un 20% de hidrogeno.

Cuando se trata de espesores pequeños, de 0.5 a 2mm, se utiliza preferentemente una mezcla de un 85% de argón y un 15% de hidrogeno.

2.5.6 Preparación de las juntas

Para la soldadura a tope y de modo general los bordes se dejan rectos y sin separación hasta un espesor de 2 a 3 mm. Cuando el espesor es de 4 a 8 mm se achaflanar a 90°, dejando un estrechamiento de 2 mm, igualmente sin separación de los bordes.

2.6 TECNICA DE LA SOLDADURA TIG APLICADA AL COBRE

El procedimiento TIG se adapta perfectamente a soldadura del cobre y de sus principales aleaciones: latón, bronce, aleaciones cobre-níquel, cobre-aluminio, cobre-silicio y cobre-berilio.

La soldadura del cobre utilizando la técnica TIG se desarrolla actualmente en detrimento de la soldadura oxiacetilénica, pues su aprendizaje es mucho más fácil.

Normalmente se utiliza la corriente continua con polaridad directa.

Para la soldadura de cobre y de sus aleaciones, hay que asegurarse de que existe una buena ventilación en la zona de trabajo. Los humos derivados de la soldadura de estos materiales son de una gran toxicidad, por lo que resulta imprescindible un buen sistema de ventilación.

2.6.1 Elección de la corriente

Corriente continua con polaridad directa (electrodo al polo negativo).

2.6.2 Limpieza de los bordes

Un simple cepillado suele ser suficiente.

2.6.3 Metal de aportación

Se utiliza el cobre puro.

2.6.4 Preparación de las juntas

Hasta 4mm de espesor los bordes se dejaran rectos y sin separación salvo 1 mm para las chapas de 4mm.

De 4 a 8 mm, si se opera como se indica en la ejecución de juntas, los bordes se dejan igualmente rectos y se separan aproximadamente la mitad del espesor.

2.6.5 Ejecución de juntas

Hasta un espesor de 4 mm se recomienda operar por soldadura vertical ascendente. La empuñadura se dirige hacia arriba, inclinada 45 grados respecto a la vertical y manteniendo la varilla de aportación de metal encima de ella inclinada 20 grados. Esta varilla, así como el revés de la junta, se untan con fundente decapante, como el que se utiliza en la soldadura oxiacetilénica del cobre.

Si el espesor es de 4 a 8 mm y se puede disponer de un equipo de dos soldadores entrenados para este fin, es interesante proceder también por soldadura ascendente simultánea en ambas caras. La varilla de metal de aportación debe untarse con fundente, como indicamos antes.

2.7 TÉCNICA DE LA SOLDADURA TIG APLICADA AL BRONCE

La soldadura de bronce utilizando la técnica TIG es muy similar a la del cobre, esto debido a que el bronce es una aleación del mismo cobre.

Los auténticos bronce son aleaciones de cobre (Cu) y de estaño (Sn), con contenidos que varían del 2% al 20% de estaño (Sn). Los bronce contienen frecuentemente otros elementos, tales como fósforo (P), zinc (Zn), níquel (Ni), plomo (Pb).

2.7.1 Elección de la corriente

Corriente continua con polaridad directa (electrodo al polo negativo).

2.7.2 Limpieza de los bordes

Un simple cepillado suele ser suficiente.

2.7.3 Metal de aportación

Se utiliza el cobre puro.

2.7.3 Preparación de las juntas

Hasta 4mm de espesor los bordes se dejaran rectos y sin separación salvo 1 mm para las chapas de 4mm.

De 4 a 8 mm, si se opera como se indica en la ejecución de juntas, los bordes se dejan igualmente rectos y se separan aproximadamente la mitad del espesor.

2.7.4 Ejecución de juntas

Hasta un espesor de 4 mm se recomienda operar por soldadura vertical ascendente. La empuñadura se dirige hacia arriba, inclinada 45 grados respecto a la vertical y manteniendo la varilla de aportación de metal encima de ella inclinada 20 grados. Esta varilla, así como el revés de la junta, se untan con fundente decapante, como el que se utiliza en la soldadura oxiacetilénica del cobre (Cu).

Si el espesor es de 4 a 8 mm y se puede disponer de un equipo de dos soldadores entrenados para este fin, es interesante proceder también por soldadura ascendente simultánea en ambas caras. La varilla de metal de aportación debe untarse con fundente, como indicamos antes^{5,6}.

⁵ Fernando Flores Guillermo, Soldadura y Metalurgia, México: Continental, 1970

⁶ Seferian, Daniel Las soldaduras: Técnicas control, soldabilidad de los metales, Bilbao, urno 1965

CAPÍTULO 3

3.1 PARTES DEL EQUIPO

En este capítulo se explican las partes que nos ayudan a la conexión de la maquina SYNCROWAVE 180 SD, mismas que se muestran en la figura 3.1

3.1.1 Accesorios

La numeración de estos accesorios tiene una ubicación asignada a la máquina y su nombre se describe a continuación:

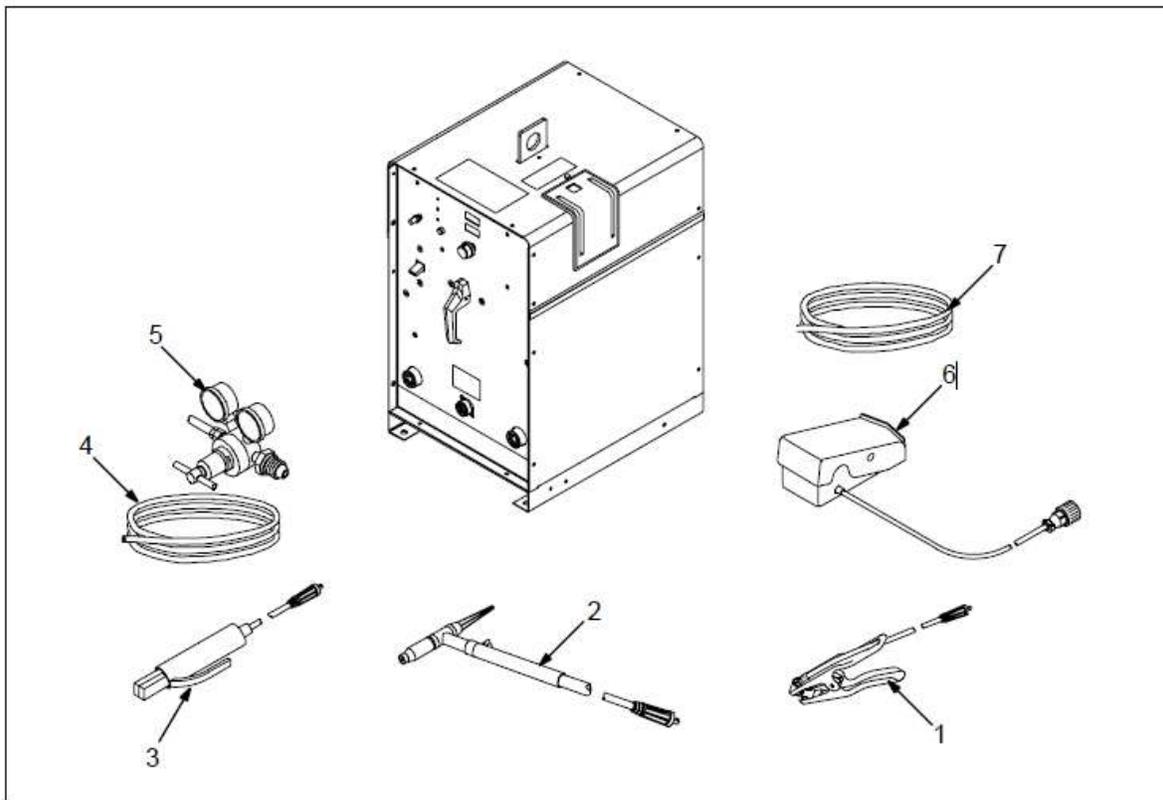


Figura 3.1 Accesorios incluidos en la maquina SYNCROWAVE 180 SD

- 1.- Cable de tierra de 3.7 m (12 pies) con pinza y conector rápido.
2. Antorcha modelo DB1712RDI de 150 Amperes con cable de 3.7 m (12 pies).
- 3.-Porta electrodo con conector rápido.
- 4.-Manguera para gas.
- 5.-Regulador de Gas.

6.-Control tipo pedal modelo RFCS-14 con cable de 6m (20 pies).

7.-Cable extra de 2.4m (8 pies) sin conector.

3.1.2 Especificaciones

En la tabla 3.1 se pueden observar, las capacidades y características técnicas de la maquina:

En esta tabla identificaremos el modo de corriente en el que estemos trabajando ya sea alterna o directa, así como también la cantidad de corriente que aplicamos en un ciclo de trabajo del 40% que es similar a 4 minutos de uso continuo de la máquina, también observamos los KVA y KW, que genera la máquina y el rango de amperaje que consume.

Modo	Porcentaje de salida es del 40% del ciclo de trabajo	Porcentaje de entrada, 60 Hz, una fase	KVA	KW	Rango de amperaje soldando	Max. Voltaje circuito abierto
CD-TIG	150 Amperes a 16 Volts	230 V-45 A-(2)*	10.2-(0.50)*	4.3-(0.3)*	10-180	80
CD-STICK	150 Amperes a 26 Volts	230 V-47 A-(2)*	10.8-(0.50)*	5.8-(0.3)*	10-180	80
CA TIG	150 Amperes a 16 Volts	230 V-54 A-(2)*	12.3-(0.50)*	4.5-(0.3)*	10-180	80
AC ELEC. ELECTRICO	150 Amperes a 26 Volts	230 V-54 A-(2)*	12.4-(0.50)*	6-(0.3)*	10-180	80

*Estando en reposo

Tabla 3.1 Capacidades y características técnicas de la máquina.

3.1.3 Grafica del ciclo de trabajo

En la figura 3.2 se muestra el porcentaje de un ciclo de trabajo normal de 10 minutos que la unidad puede soldar a la intensidad nominal de carga sin riesgo de sobrecalentamiento.

El exceder el ciclo de trabajo puede dañar la unidad.

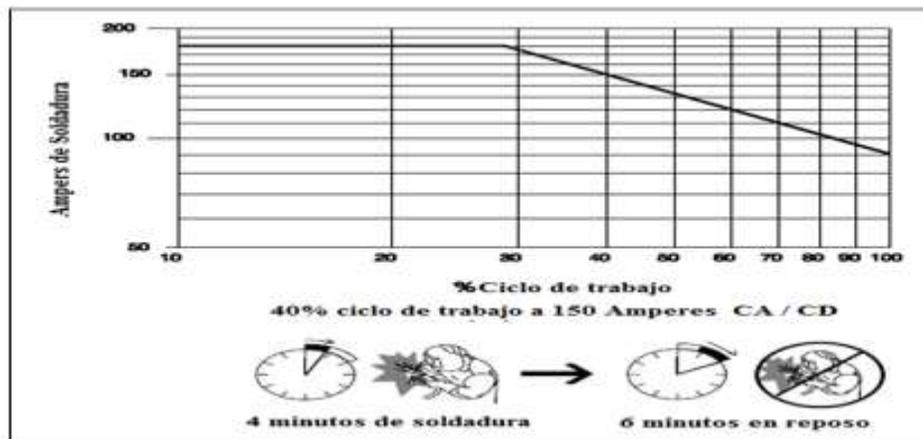


Figura 3.2 Grafica del ciclo de trabajo.

3.1.4 Las curvas Volt-Amper

En la gráfica 3.3 se muestra el comportamiento de la corriente y del voltaje, en función de la corriente alterna o corriente directa y en función del tipo de soldadura.

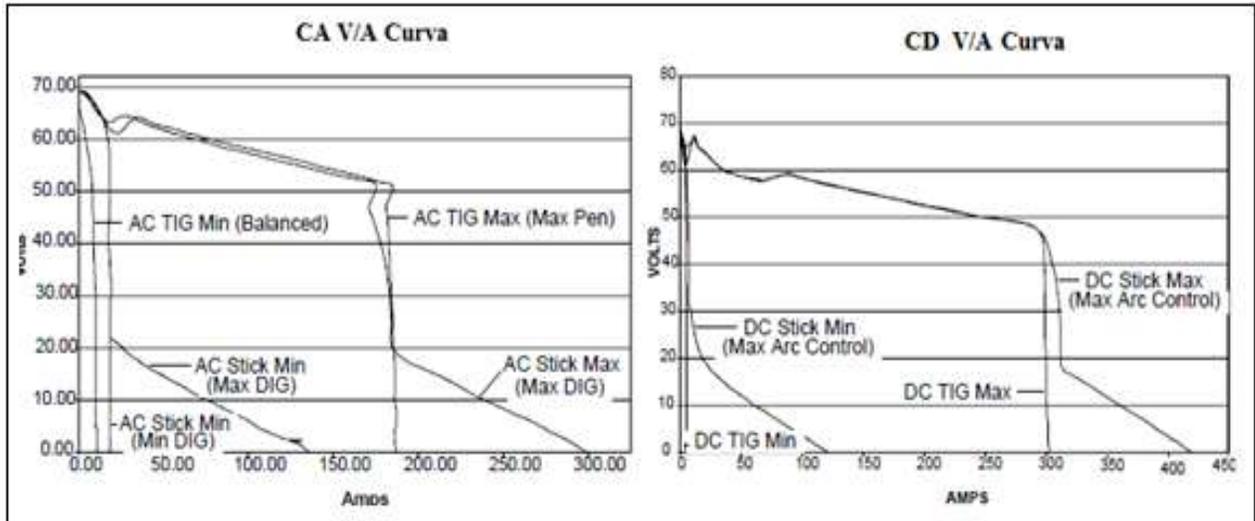


Tabla 3.2 Graficas Volt-Ampers

3.1.5 Conexión para soldadura TIG

La figura 3.3 se observa una conexión en modo TIG.

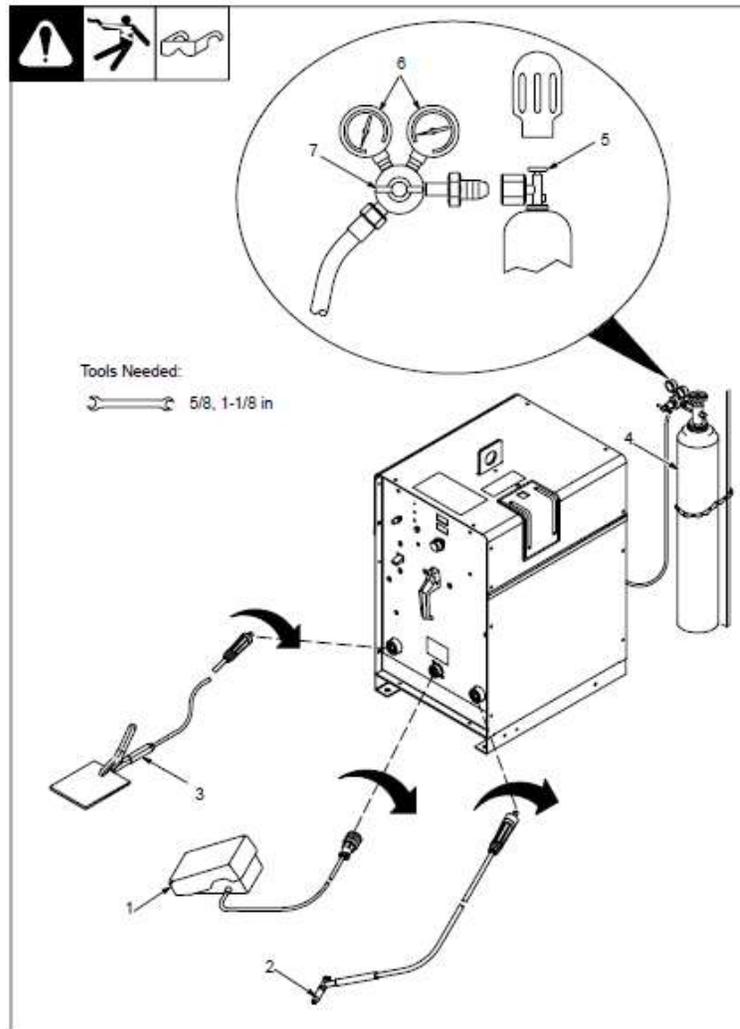


Figura 3.3 Conexiones modo TIG.

A continuación se detalla el procedimiento para conectar los accesorios:

Desconectar la corriente antes de realizar cualquier conexión.

- 1.-conectar el Control de tipo pedal. (También se puede utilizar otro dispositivo de control).
- 2.- conectar conexión para la antorcha
- 3.- conectar Pinza de conexión a tierra.

Revisar que los tres elementos anteriores estén bien conectados a los receptáculos.

4.-conectar el cilindro (tanque de gas argón).

Asegurar el cilindro con cadena si se va a transportar, o si está instalado en el lugar adecuado.

5.-Válvula del cilindro

Abrir la válvula ligeramente para que el flujo del gas quite la suciedad de esta. Posteriormente cierre la válvula.

6.- Regulador / Medidor de flujo

Instale de manera que la cara este vertical.

7.- Ajustar el flujo.

Para el caudal la salida será de 20 CFH (pies cúbicos por hora) a lo que es similar a 9,4 litros por minuto.

NOTA: A la hora de activar el pedal, iniciara un pre flujo a los 0.2 segundos.

Aplicación del pre flujo: El pre flujo se utiliza para limpiar el área de soldadura, así como ayudar a un arco consistente. Este está pre ajustado y no se puede cambiar. Un post flujo se requiere, para enfriar el electrodo de tungsteno y la soldadura, así como para prevenir la contaminación de estos. Este post flujo, se puede variar.

La sección 3.1.10, nos da más información para el post flujo.

3.1.6 Operación

En esta sección se da una explicación de cada una de las perillas, botones e interruptores frontales de la máquina.

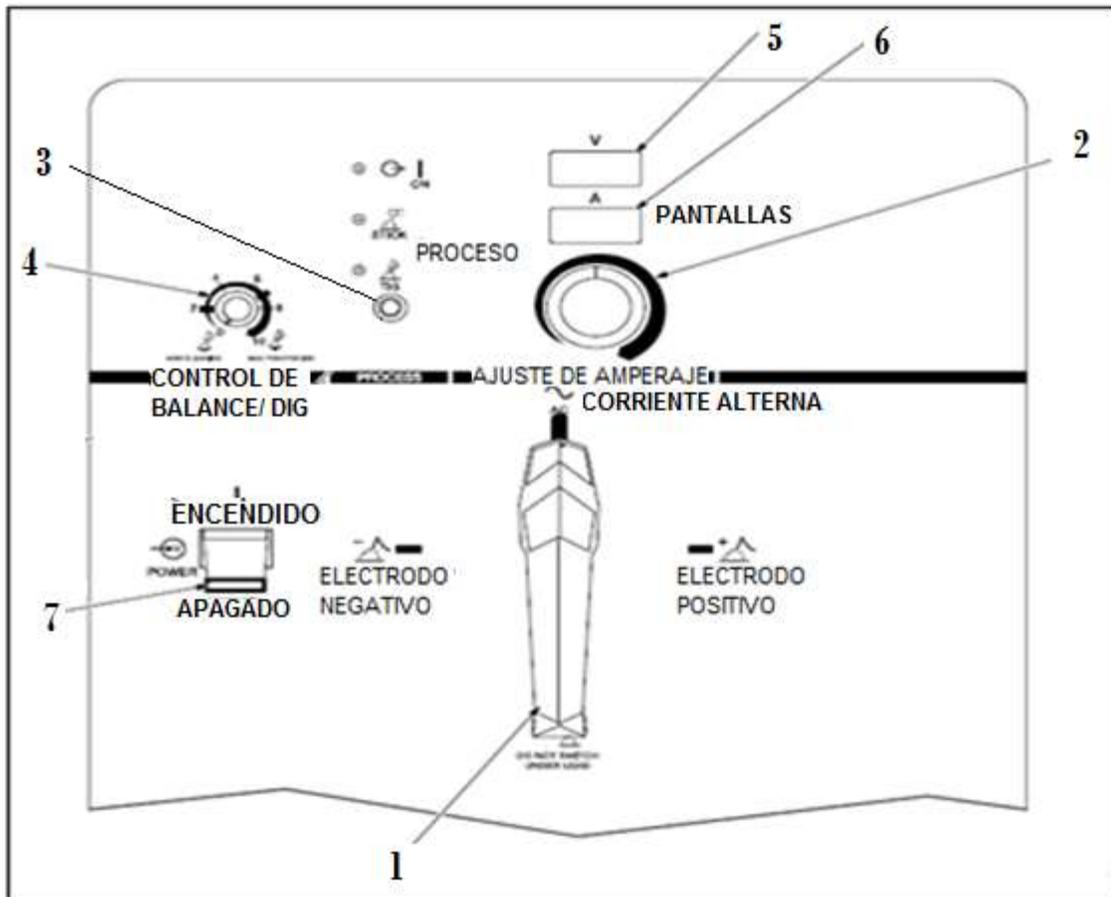


Figura 3.4 Controles principales de la Máquina

Botones de control:

1.-Palanca de selección de salida.

Sirve para seleccionar la salida Corriente Directa con Electrodo Negativo (DCEN), Corriente Directa con Electrodo Positivo (CDEP) y Salida de Corriente Alterna (CA).

Nota:

- no utilice el equipo en áreas húmedas, en áreas cerradas o si hay peligro de caída, use corriente alterna solo si el proceso de soldadura lo requiere.
- No cambie la posición de la palanca de selección de salida, mientras este soldando.

2.-Perilla de ajuste de amperaje

Cuando utilice soldadura con electrodo revestido (SMAW) utilice este botón, para ajustar el amperaje necesario.

En soldadura TIG, utilice este botón como un valor máximo de corriente que se podrá utilizar, mientras utiliza el control de pedal. Para un mejor entendimiento, revise la sección 3.1.9.

3.-Botón de Proceso de soldadura

Presione el botón para seleccionar el tipo de soldadura indicado, ya sea soldadura Stick (SMAW) o soldadura TIG.

En la posición de electrodo revestido, la salida de soldadura estará encendida o apagada cuando el interruptor de energía este en la misma posición.

En la posición de TIG, el control de pedal estará encendido de acuerdo a la limitante del control de amperaje.

El indicador LED de color azul, indicara cuando la maquina está encendida y el proceso seleccionado.

4.-Perilla de control de balance y penetración (DIG).

Sirve para controlar la penetración y limpieza en la soldadura, se utiliza cuando se trabaja con corriente alterna.

De este control se hablara más en la sección 3.1.13 Perilla de control de balance y penetración (DIG).

5.-Pantalla de Volts (Medidor de voltaje)

El Voltmetro muestra la tensión generada en las terminales de salida cuando estamos soldando. (con una precisión de 0,1 V).

NOTA: Los medidores son de auto-calibración. No hay ajuste disponible

6.- Pantalla de Amperes (Medidor de corriente)

El amperímetro muestra el amperaje generado en las terminales de salida cuando estamos soldando.

7.-Interruptor de alimentación (encendido y apagado)

El interruptor sirve para encender y apagar la unidad.

3.1.8 Ejemplo de Control de amperaje del panel frontal para soldadura con electrodo revestido (SMAW)

Esta sección muestra los pasos para ajustar la máquina y realizar una soldadura con arco eléctrico Stick (SMAW).

La figura 3.6, muestra los pasos a realizar para un ajuste con electrodo revestido.

Se elige primero el botón de proceso de soldadura, después elegimos la palanca de selección de salida con el tipo de polaridad que queramos trabajar, en este ejemplo se realiza la opción Corriente Directa Electrodo Positivo (CDEP), por último se ajusta el amperaje necesario con la perilla de ajuste de amperaje.

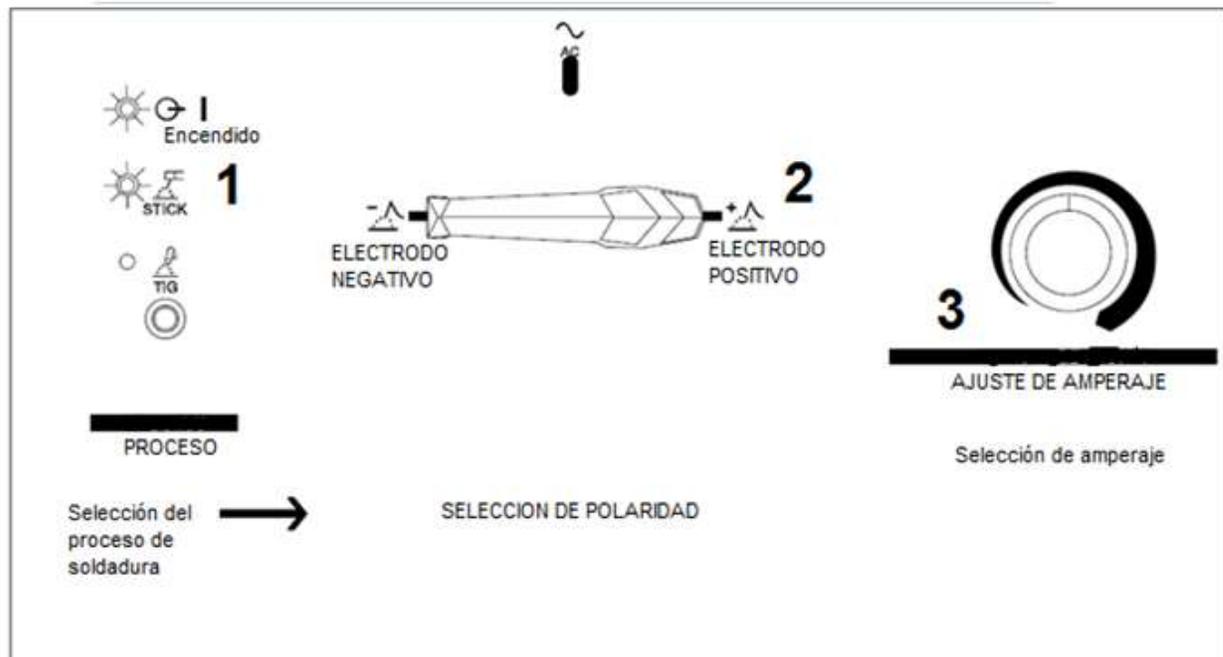


Figura 3.6 Pasos a seguir para soldadura con electrodo revestido

3.1.9 Ejemplo de Control de amperaje para Soldadura TIG (GTAW)

Esta sección muestra los pasos para ajustar la máquina, para hacer una soldadura TIG (GTAW).

La figura 3.7, muestra los pasos a realizar para un ajuste con soldadura TIG

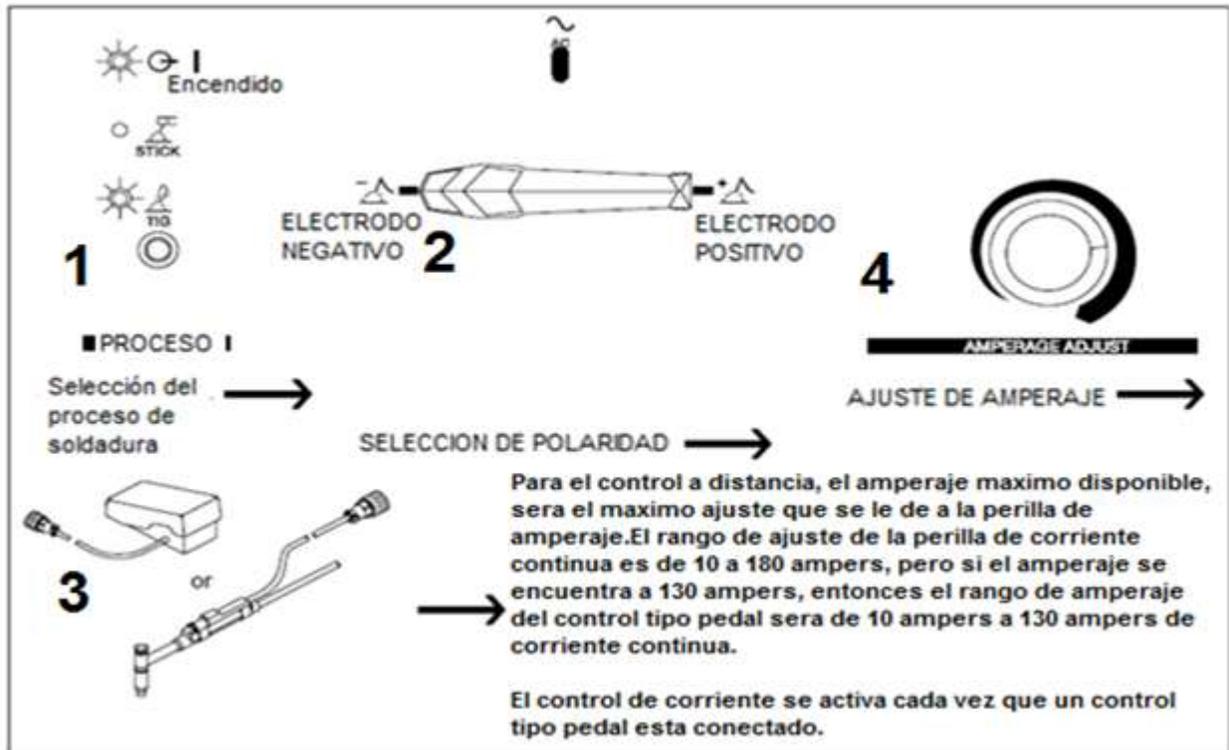


Figura 3.7 Muestra los pasos a realizar para un ajuste con soldadura TIG

Se elige primero el botón de proceso de soldadura TIG, después elegimos la palanca de selección de salida, en este ejemplo con el tipo de polaridad corriente directa con electrodo negativo (CDEP), se conecta el control tipo pedal y por último, se ajusta el amperaje necesario con la perilla de ajuste de amperaje.

3.1.10 Control de Pos flujo

El control de post-flujo, es la característica que tiene la SYNCROWAVE 180 SD, para mandar un flujo de gas Argón, posterior al cordón que se solda, es decir es el flujo de gas posterior que se envía cada que se termina un cordón de soldadura y sirve para eliminar algún tipo de impurezas en la soldadura ver Figura 3.8.

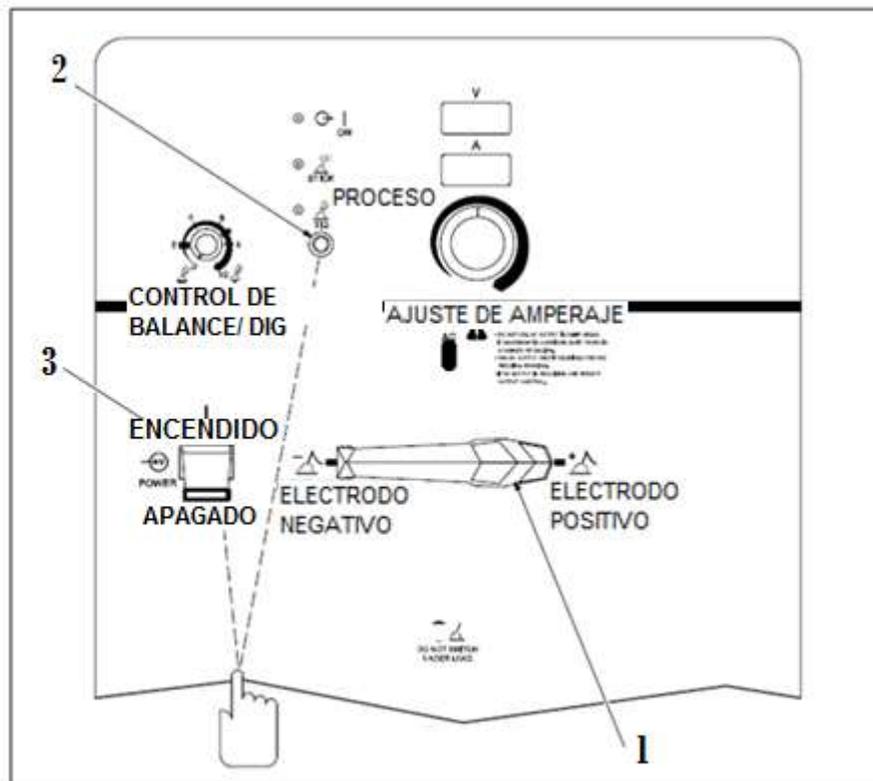


Figura 3.8 Figura que muestra la programación de Pos-flujo

Para saber más sobre como programar el Pos flujo, pongamos atención a la siguiente descripción:

- 1.-Poner la palanca de selección de salida en la posición de Corriente Directa Electrodo Positivo
- 2.-El botón de proceso de soldadura debemos pulsarlo en la característica TIG.
- 3.-Posteriormente debemos apagar la máquina, mediante el interruptor de alimentación. Validando que el equipo ya este apagado, lo siguiente que haremos, será pulsar el botón del proceso de soldadura en la posición que habíamos elegido anteriormente que es TIG.

Se enciende el equipo, esperamos 7 segundos, se observa que en la pantalla de la Maquina, aparece el número 12, este número significa el valor en segundos del post flujo, este valor está predeterminado de fábrica, se puede cambiar el tiempo desde 5 segundos hasta 18 segundos.

Para cambiar el tiempo de pos flujo, presionaremos el botón del proceso de soldadura hasta el tiempo deseado.

Presione el control tipo pedal o apague la máquina, para guardar los cambios.

Es importante establecer el tiempo suficiente para permitir que fluya el gas hasta que el charco de tungsteno y de soldadura se haya enfriado. El tiempo de pos flujo no cambia si la salida se cambia de DC a la CA, o de AC a DC.

Nota:

El Pos flujo es necesario para enfriar el tungsteno y la soldadura, así como también evita la contaminación. Incremente el tiempo de pos flujo si el tungsteno o la soldadura tiene apariencia oscura (aproximadamente 1 segundo por cada 10 Amperes de corriente de soldadura).

3.1.11. Selección de las características de arranque de la soldadura TIG

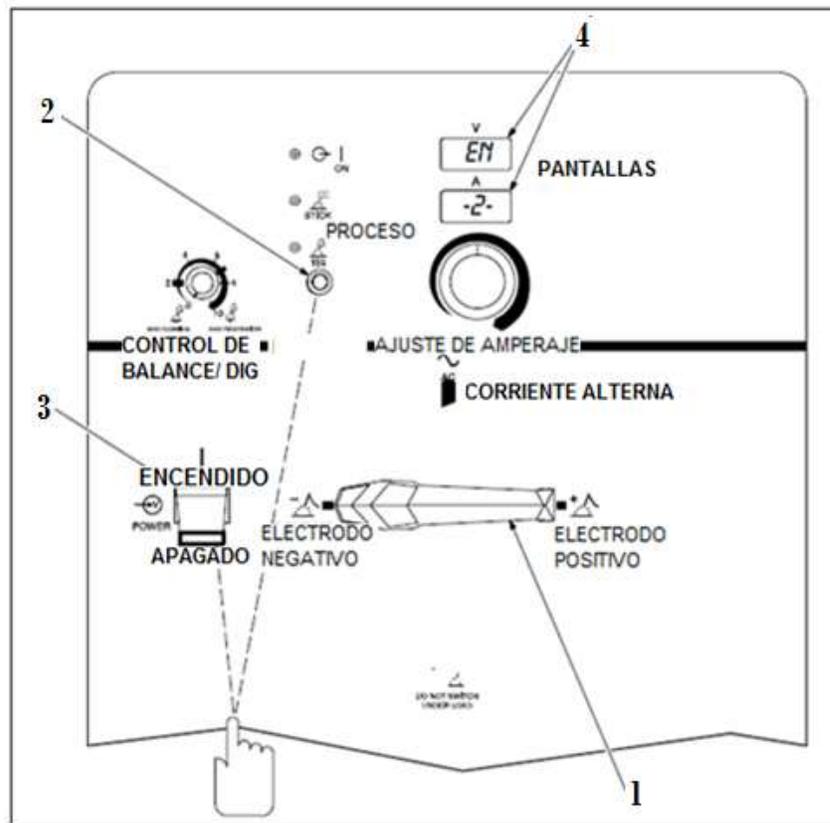


Figura 3.9 Parámetros a seguir para soldar con TIG.

Para realizar este cambio en las características de la soldadura se utiliza el siguiente procedimiento:

- 1.- Palanca de selección de salida.
- 2.- Botón de Proceso de soldadura
- 3.- El Interruptor de energía.
- 4.-Pantallas

Para seleccionar o cambiar las características de inicio de soldadura TIG, realizamos el siguiente procedimiento:

Apagamos la máquina, coloque el interruptor de posición de salida en la posición deseada (es decir, en cada posición corriente directa electrodo negativo (CDEN), corriente alterna (CA) o corriente directa electrodo positivo CDEP). Apriete y mantenga el botón de proceso de soldadura y encienda la máquina, mantenga el botón aproximadamente 7 segundos o hasta que la versión del software aparezca.

La pantalla mostrara [AC][2] o [E][2], dependiendo de la posición de la palanca de selección de salida.

Ahora presionamos el botón de proceso de soldadura nuevamente para ir pasando a través de la elección de las tres características de inicio:

La pantalla que registra el amperaje, mostrara la elección 1= inicio/arranque suave, 2= medio/arranque normal, 3= alto/arranque rápido.

Por último apagamos la máquina para guardar la configuración.

Aplicación:

Seleccione 1 (inicio / arranque suave) - cuando se solda a amperajes bajos en material de espesor delgado.

Seleccione 2 (medio / arranque normal) - por defecto este ajuste es de fábrica y es usado para la mayoría de aplicaciones de soldadura.

Seleccione 3 (alto / arranque rápido) - cuando se solda con amperajes altos o con materiales de espesor grueso y electrodo de tungsteno de gran diámetro.

3.1.12 Contador de ciclos.

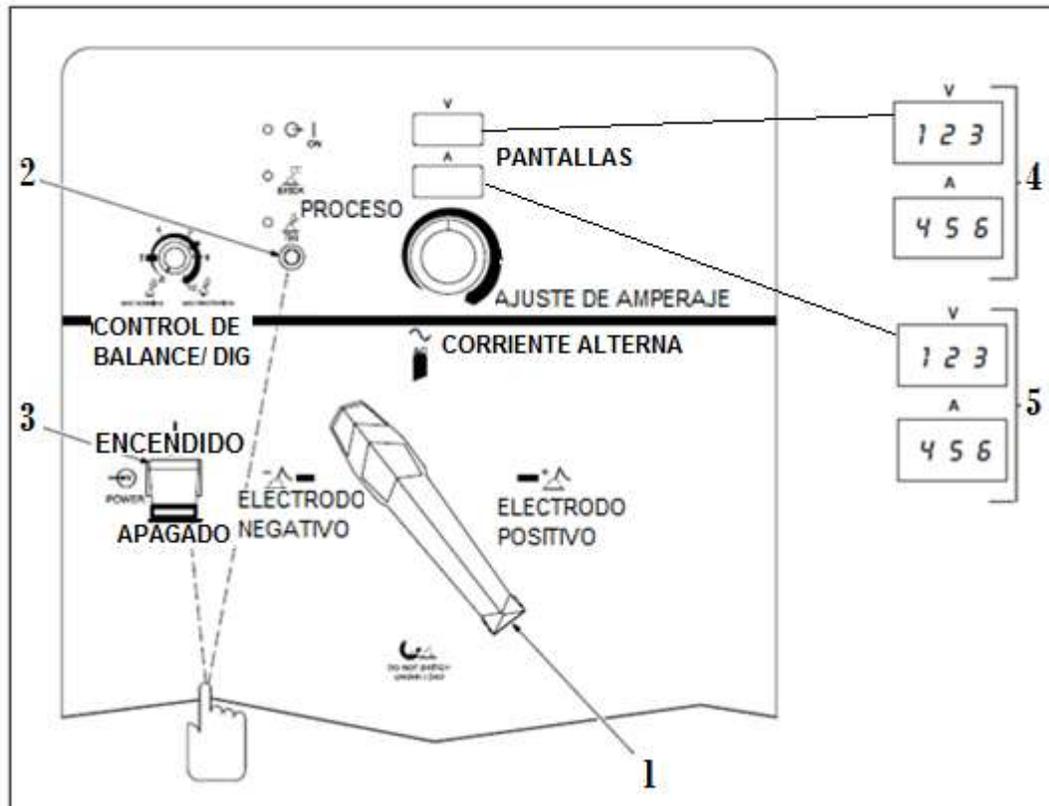


Figura 3.10 Identificación del contador de ciclos de trabajo

Controles a utilizar

- 1.-palanca de selección de salida
- 2.-Botón de proceso soldadura
- 3.-Interruptor de alimentación
- 4.-Pantalla de contador de tiempo
- 5.-Pantalla de contador de ciclos

Para leer el contador de tiempo o contador de ciclos, coloque la palanca de selección de salida entre (CA) y corriente directa electrodo negativo (CDEN), entonces apague la máquina.

A continuación, encendemos la máquina.

Las horas y los minutos son mostrados en la pantalla de voltaje y amperaje para los primeros cinco segundos, y son leídos como horas y minutos. Estos se leen, como se marca en la figura 3.10 #4

Los ciclos se despliegan en la pantalla de amperaje para los siguientes cinco segundos, y se leen tal como se marca en la figura 3.10 #5

3.1.13 Perilla de control de balance y penetración (DIG).

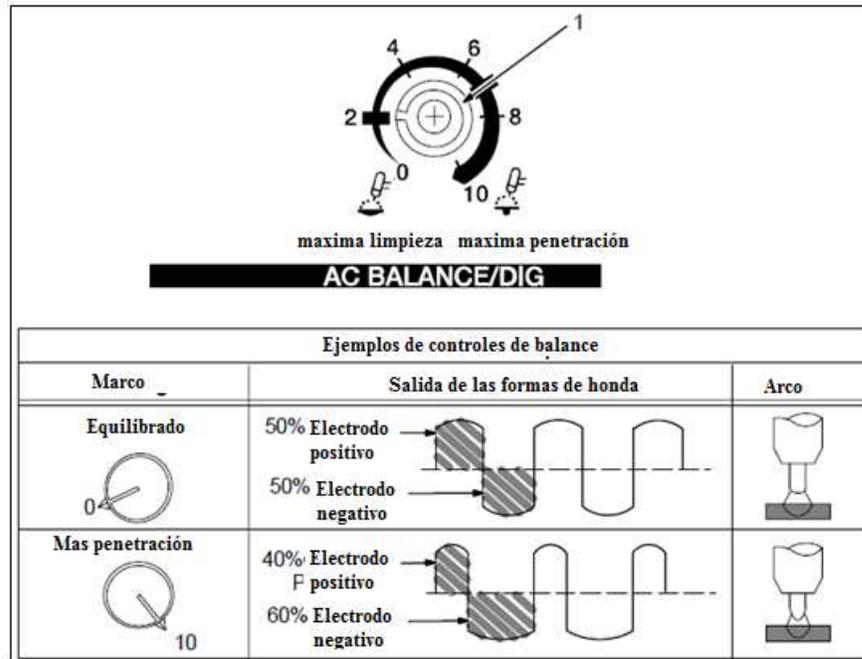


Figura 3.11 Control de balance y penetración

El control de balance

El control cambia la onda cuadrada de salida de corriente alterna (CA). Rote el control hacia 10 para proporcionar mayor penetración, rote el control hacia 0 para proporcionar mayor acción de limpieza a la pieza de trabajo.

Cuando el control está en la posición balanceada (valor 7), la forma de la onda proporciona igual penetración y acción de limpieza.

Aplicación:

Cuando solda en materiales que forman óxido tales como aluminio o magnesio, el exceso de limpieza no es necesario. Para producir una buena soldadura, solo una mínima cantidad, aproximadamente unas diez centésimas de pulgada (0.10) o 2.5 mm de zona a lo largo de la soldadura requiere acción de balanceo.

Ponga el control en el parámetro 7 y ajuste como sea necesario, la configuración en juntas, variables del proceso, y el espesor del óxido puede afectar los ajustes.

NOTA: la rectificación del arco puede ocurrir cuando se solda en alto amperaje y / o durante la soldadura con gas helio. Si esta condición ocurre, incrementa el control del balance hacia una máxima penetración, esto puede ayudar a reestabilizar el arco.

3.2 SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DEL ELECTRODO DE TUNGSTENO PARA SOLDADURA DE CORRIENTE ALTERNA O SOLDADURA DE CORRIENTE DIRECTA.

3.2.1 Selección de electrodos de tungsteno

La Tabla 4.3, muestra la selección de electrodos de tungsteno recomendados por la AWS (* Usaremos la corriente de soldadura en (CD) en vez de salida de soldadura de (CA), ya que se obtiene una soldadura de mayor calidad.)

Diametro del electrodo	Rango de Amperaje - • Tipo de gas - Polaridad			
	CD- Argón - Electrodo Negativo / polaridad directa	CD - Argón - Electrodo positivo / polaridad inversa	CA- Argon	CA-Argon onda balanceada
Tungsteno de aleacion. 2%de cerio (banda naranja), 1.5% de lantano(banda gris) o 2%de torio (banda roia)				
.010"	Hasta 25	*	Hasta 20	Hasta 15
.020"	15-40	*	15-35	5-20
.040"	25-85	*	20-80	20-60
1/16"	50-160	10-20	50-150	60-120
3/32"	135-235	15-30	130-250	100-180
1/8"	250-400	25-40	225-360	160-250
5/32"	400-500	40-55	300-450	200-320
3/16"	500-750	55-80	400-500	290-390
1/4"	750-1000	80-125	600-800	340-525
Tungsteno puro (banda verde)				
.010"	Hasta 15	*	Hasta 15	Hasta 10
.020"	5-20	*	5-20	10-20
.040"	15-80	*	10-60	20-30
1/16"	70-150	10-20	50-100	30-80
3/32"	125-225	15-30	100-160	60-130

1/8"	225-360	25-40	150-210	100-180
5/32"	360-450	40-55	200-275	160-240
3/16"	450-720	55-80	250-350	190-300
1/4"	720-950	80-125	325-450	250-400
Tungsteno con aleacion de circonio (banda cafe).				
.010"	*	*	Hasta 20	Hasta 15
.020"	*	*	15-35	5-20
.040"	*	*	20-80	20-60
1/16"	*	*	50-150	60-120
3/32"	*	*	130-250	100-180
1/8"	*	*	225-360	160-250
5/32"	*	*	300-450	200-320
3/16"	*	*	400-550	290-390
1/4"	*	*	600-800	340-525

Los rangos de flujo de gas de proteccion tipico de argon, son de 15 a 35 pies cubicos por hora. *no se recomienda Las cifras que figuran son una guia de las recomendaciones de la American Welding Society (AWS) y los fabricantes de electrodos.

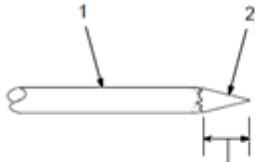
Tabla 4.3 Tabla para selección de electrodos de tungsteno

3.2.2 Preparación del electrodo de tungsteno para soldar



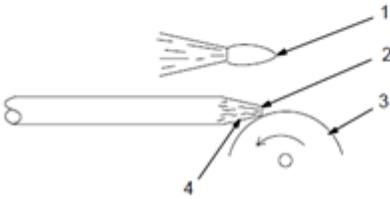
▲ El afilado del electrodo de tungsteno produce polvo y chispas que pueden causar daños e iniciar incendios, use un lugar abierto en el afilado, o use un respirador apropiado (en este caso de ventilacion forzada). Lea la ficha MSDS (para informacion de seguridad). Considere usar tungsteno conteniendo cerio, lantano o itrio en vez de torio. El polvo del afilado de electrodos toriados contiene material radiactivo de bajo nivel. Deseche apropiadamente el polvo del afilado de una forma segura para el ambiente. Use una proteccion apropiada, para manos, cuerpo y cara, mantenga los materiales flamables lejos.

A. Preparacion de tungsteno para CD electrodo negativo (CDEX) de soldadura o sodando con Corriente Alterna



De 2 a 2/1 veces el diametro del electrodo

1 Electrodo de tungsteno
2 Punta
Afile el electrodo con piedra fina o rueda abrasiva dura antes de soldar.
No use la piedra para otros trabajos o donde el tungsteno pueda contaminarse cuasando baja calidad de la soldadura



Preparacion ideal de tungsteno - Arco estable

1 Arco estable
2 Punta plana
El diametro de esta punta plana determina la capacidad de amperaje.
3 Rueda de afilado
La rueda de afilado, debe ser para afilado de tungsteno unicamente.
4 Desbaste recto

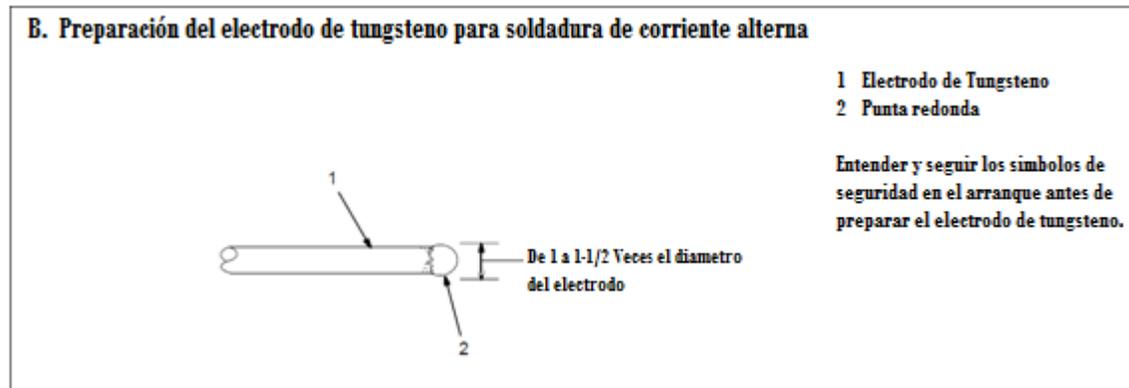
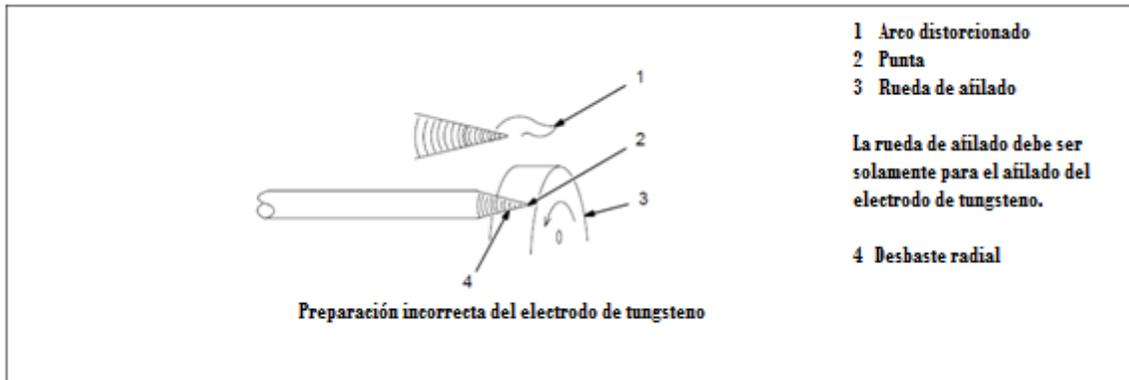


Figura 3.12 A Y B, Figura que muestra como afilar correctamente el electrodo para soldar.

Leer, analizar y seguir los símbolos de seguridad al inicio de la siguiente sección, después de preparar el electrodo de tungsteno.

3.2.3 Guía para la soldadura TIG (GTAW)

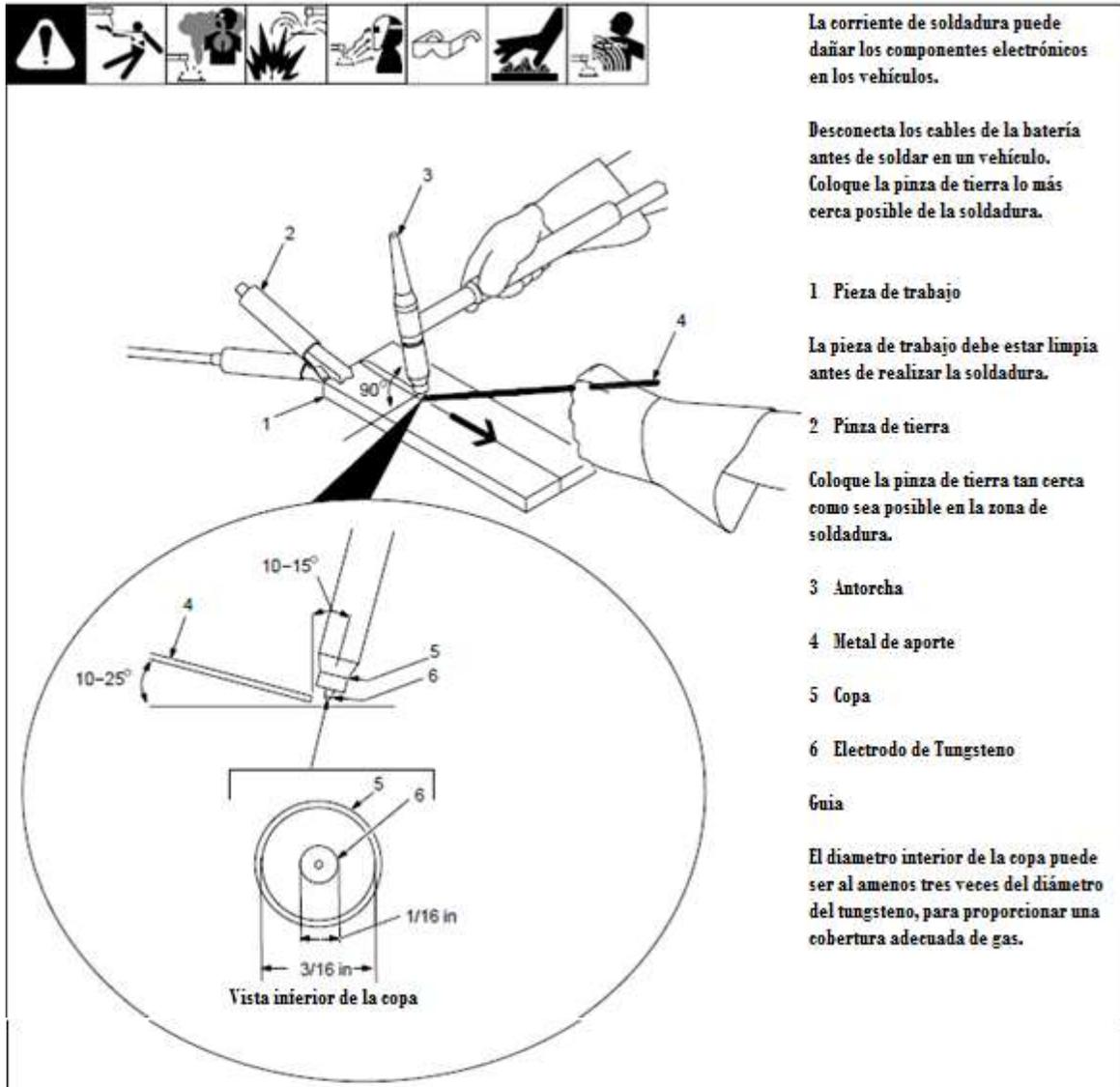


Figura 3.13 Pasos a considerar para lograr una soldadura adecuada.

3.2.4 Movimiento de la antorcha durante la soldadura.

Para tener mejor conocimiento sobre cómo empezar a soldar, veamos la siguiente figura 3.14, esta nos dará un mejor panorama sobre cómo usar adecuadamente la antorcha.

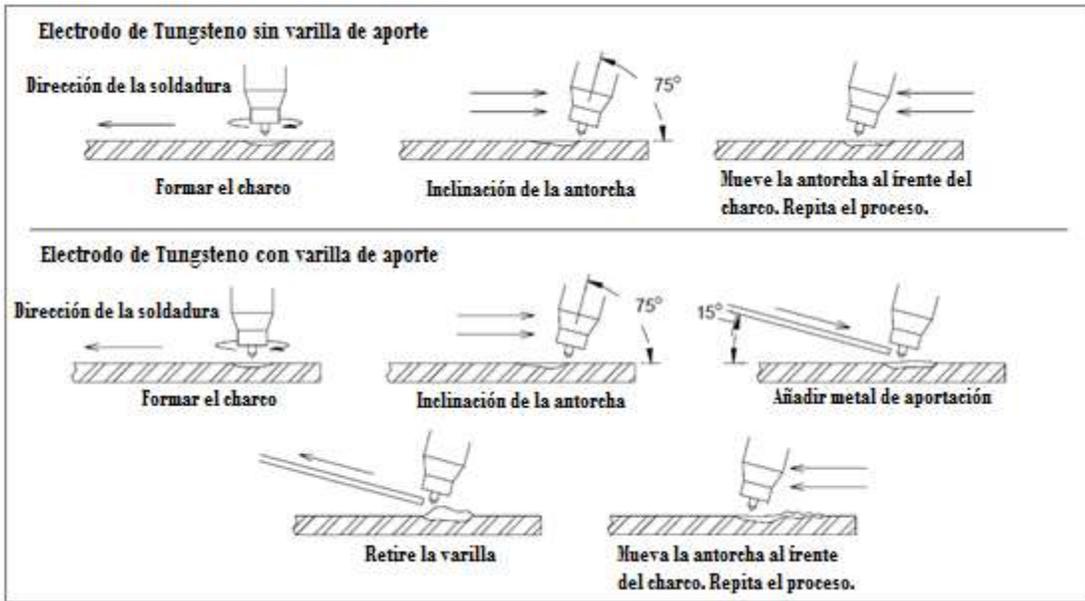
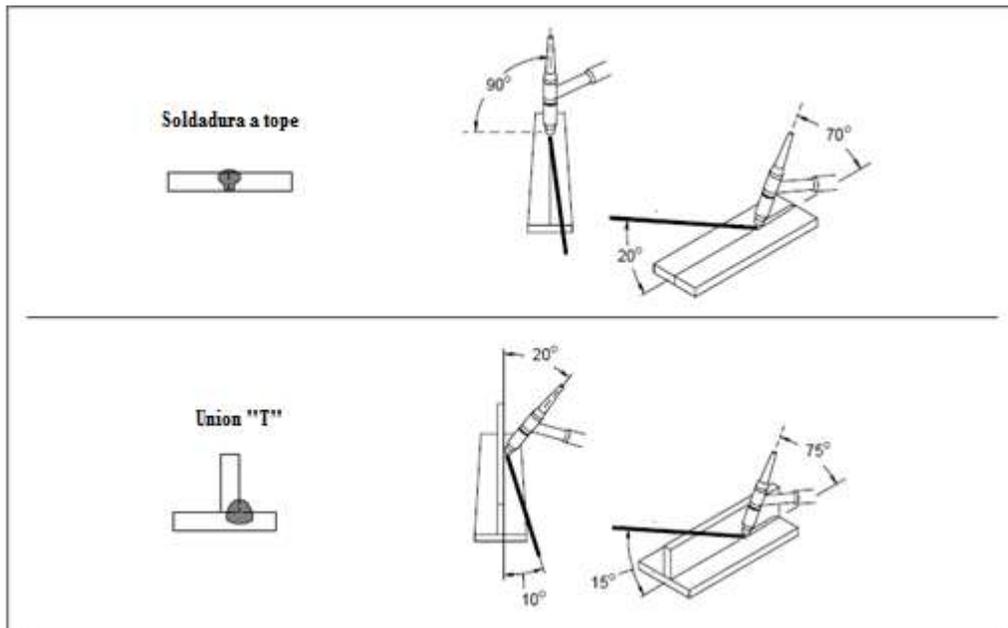


Figura 3.14 Posición y dirección de la antorcha con y sin material de aporte

3.2.5 Posicionamiento de la antorcha para diferentes tipos de uniones.

Las siguientes figura 3.15, muestra cuatro tipos de uniones que podemos hacer junto con la antorcha y el material de aporte, también muestra los grados de inclinación para cada una de estas uniones en particular.



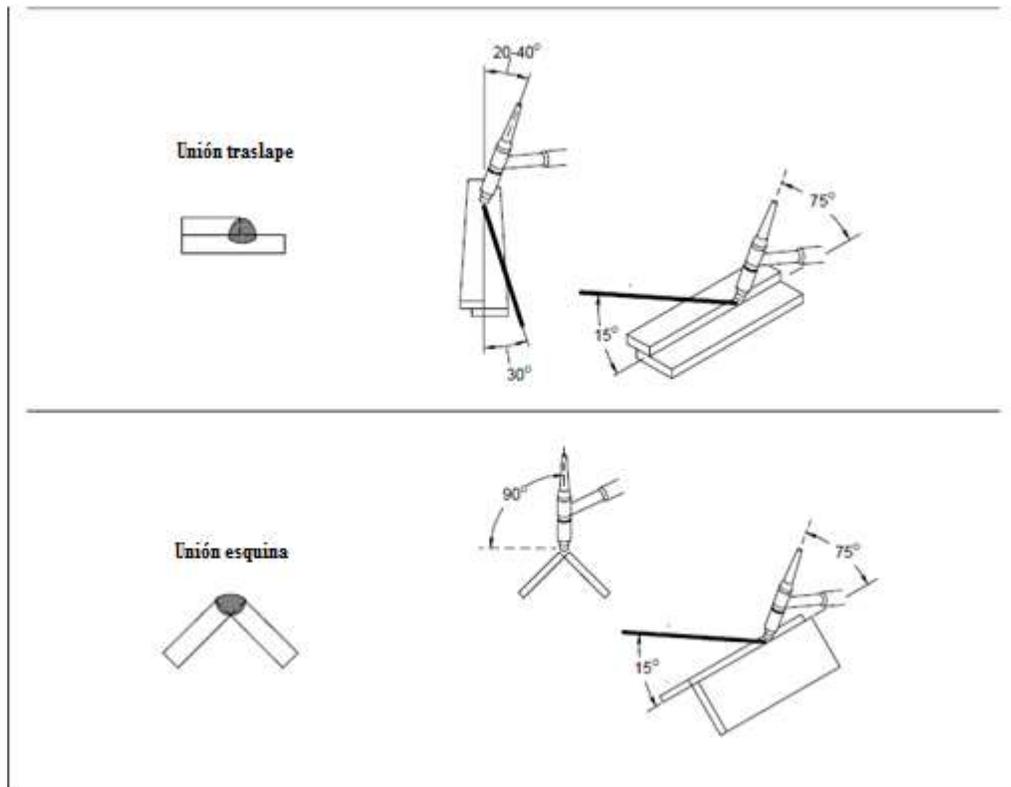


Figura 3.15 Diferentes tipos de uniones para soldadura TIG.

3.3 Prueba de soldadura y solución de problemas en la soldadura

La figura 3.16 muestra la prueba que debemos de realizar a las piezas terminadas de soldar; en este caso tenemos dos tipos de placas que fueron soldadas: soldadura a tope y las otras placas están soldadas en soldadura en T. Para saber si tenemos una buena soldadura, esta prueba nos puede ayudar bastante.

Observemos bien las distancia que debemos tomar para realizar la prueba en el primer caso será de $\frac{1}{4}$ de pulgada de la tenaza de un tornillo de banco y debemos dejar una distancia aproximada de 2 a 3 pulgadas respectivamente.

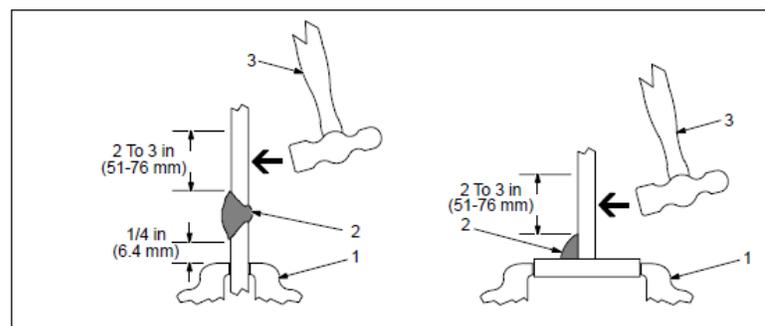


Figura 3.16 Prueba de soldadura

Lista de las herramientas a usar:

- 1.-Tornillo de banco
- 2.-Unión de soldadura
- 3.-Martillo

Golpee la unión de soldadura en la dirección indicada.

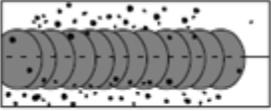
Una buena soldadura se inclina pero no se rompe.

3.3.1 Solución de problemas y su corrección

Porosidad

		<p>Porosidad - Pequeñas cavidades o agujeros resultantes de bolsas de gas en el metal de soldadura.</p>
Posibles Causas	Acciones correctivas	
Longitud de arco demasiado largo	Reducir la longitud del arco	
Electrodo humedo	Usar electrodos secos	
Pieza de trabajo sucia	Retire toda la grasa, aceite, oxido, humedad, pintura, recubrimientos, escoria y la suciedad de la superficie de la pieza de trabajo antes de soldar.	

Salpicadura excesiva

		<p>Exceso de salpicaduras - Estas se deben a la diispersión de partículas de metal fundido que se enfríen formando solidos, cerca del cordón de soldadura.</p>
Posibles Causas	Acciones correctivas	
Amperage muy alto de electrodos	Disminuir amperage o seleccionar electrodos mas grandes	
Longitud de arco demasiado largo o voltaje alto	Reducir la longitud del arco o el voltaje	

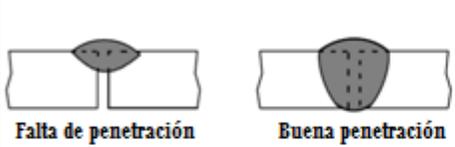
Fusión incompleta



Fusión incompleta - El metal de soldadura no se fusiona completamente con el metal base o un cordón de soldadura anterior

Posibles causas	Acciones Correctivas
Insuficiente aporte de calor	Aumente el amperaje. Seleccione un electrodo más grande e incremente el amperaje
Inadecuada técnica de soldadura	Colocar el cordón en una ubicación apropiada durante la soldadura
	Ajustar el ángulo de trabajo o ampliar la ranura para acceder mas a fondo durante la soldadura
	Momentaneamente mantenga el arco en las paredes laterales del surco de la pieza cuando se utiliza la tecnica de cordón tejido.
	Mantenga el arco en el borde delantero del charco de soldadura
Pieza de trabajo sucia	Retire toda la grasa, aceite, humedad, moho, pintura, recubrimientos, escoria y la suciedad de la superficie de trabajo antes de realizar la soldadura.

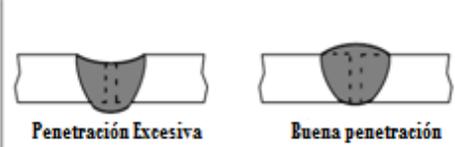
Falta de penetración



Falta de penetración - Es la fusión incompleta entre el metal y el metal base.

Posibles Causas	Acciones correctivas
Inadecuada preparacion de la junta	El material es de mucho espesor, la preparación de la union con el diseño debe facilitar el acceso a la parte inferior de la ranura.
Inadecuada tecnica de la soldadura	Mantenga el arco en el borde delantero del charco de soldadura.
Insuficiente aporte de calor	Aumente el amperaje. Selecciones electrodos mas grandes e incremente el amperaje.
	Reducir la velocidad de desplazamiento.

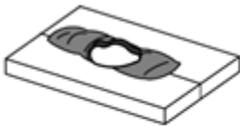
Penetración excesiva



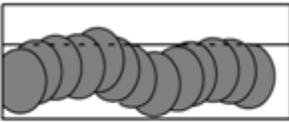
Penetración excesiva - Es la fusión del metal de soldadura a través del metal base, pero colgando de la soldadura.

Posibles causas	Acción correctiva
Excesiva entrada de calor	Seleccionar un menor amperaje. Usar electrodos mas pequeños.
	Aumento o mantener la velocidad de desplazamiento constante.

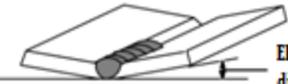
Perforación

		<p>Perforación - El metal de soldadura se fundió completamente con el metal base, resultando un agujero no hay metal.</p>
Posibles causas	Acciones correctivas	
Entrada de calor excesivo	Seleccionar un menor amperaje. Usar electrodos mas pequeños.	
	Aumente o mantenga la velocidad de desplazamiento de manera constante.	

Ondulación del cordón

		<p>Ondulación del cordón - Es el metal de soldadura que no es paralelo y no cubre el empalme por el metal base.</p>
Posibles causas	Acciones correctivas	
Mano temblorosa	Use las dos manos, practique la técnica.	

Distorsión.

		<p>Distorsión - Es la concentración del metal de soldadura durante el proceso, que fuerza al metal base a moverse.</p>
<p>El metal base se mueve en la dirección del cordón de soldadura.</p>		
Posibles causas	Acciones correctivas	
Excesiva entrada de calor	Uso de retención (pinzas) para mantener el metal base en posición.	
	Hacer puntos de soldadura a lo largo de la pieza antes de iniciar la operación de soldadura.	
	Seleccionar un menor amperaje para el electrodo.	
	Aumentar la velocidad de desplazamiento	
	Soldar en segmentos pequeños y permitir el enfriamiento entre las soldaduras.	

7 8 9

⁷ Owner’s manual – SYNCROWAVE 180 SD-MILLER-Processes TIG (GTAW) Welding. March 2003

⁸ www.infra.com.mx (consulta: 10-oct-2012 hora: 14:40 hrs)

⁹ www.soldadurasmiller.com (consulta: 22-nov-2012 hora 22:10 hrs)

CAPÍTULO 4

PRACTICA # 1 SOLDADURA TIG APLICADA AL ACERO INOXIDABLE

4.1 OBJETIVOS:

Aprender a soldar acero inoxidable mediante el método de soldadura TIG.

Conocer las características y parámetros de soldabilidad del acero inoxidable, como: la elección del tipo de corriente, amperaje, preparación de las juntas, limpieza de los bordes, acondicionamiento del electrodo, encendido de la máquina, calibración de gas y prueba de soldadura.

4.2 INTRODUCCIÓN:

El procedimiento de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo no consumible, también llamado TIG (Tungsten Inert Gas), utiliza como fuente de energía el arco eléctrico que salta entre un electrodo no consumible y la pieza a soldar, mientras un gas inerte protege el baño de fusión. El material de aportación, cuando es necesario, se aplica a través de varillas como en la soldadura oxiacetilénica.

En la figura 4.1 se muestran los elementos más importantes que intervienen en el proceso.

Algunas de sus principales características son:

- Se puede automatizar el proceso para algunas fabricaciones en serie.
- Su aplicación manual exige una gran habilidad por parte del soldador.
- Puede emplearse en todo tipo de uniones o posiciones y en los materiales más diversos: Aceros al carbono, inoxidables, metales no féreos.

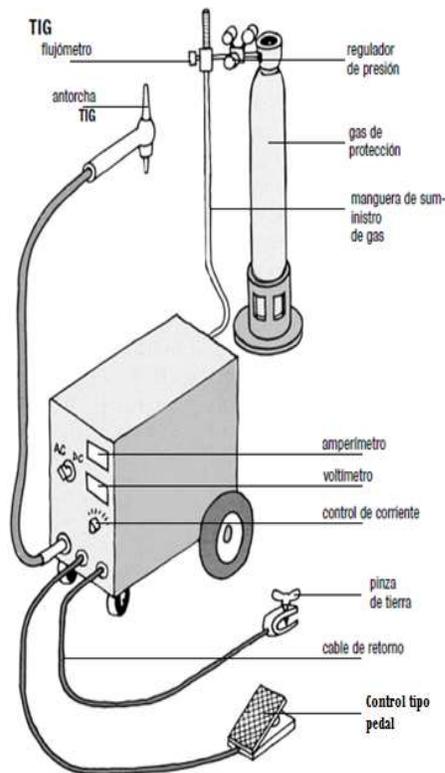


Figura 4.1 Equipo de soldadura TIG

Las soldaduras por sistema TIG son más resistentes, dúctiles y seguras contra la corrosión que las realizadas por los sistemas usuales. Al no ser necesario utilizar decapantes para ningún tipo de material, se evitan las inclusiones de estos y el consecuente peligro de corrosiones en esta zona, así como el trabajo de eliminarlos. Todo el proceso se realiza sin proyecciones, chispas, escoria o humos. Puede emplearse para soldar prácticamente todos los metales que se utilizan en la industria:

- Todos los metales ligeros: aluminio, magnesio y sus aleaciones.
- Todos los aceros inoxidables (cromo, níquel y sus aleaciones).
- Cobre y sus aleaciones.
- Plata y oro.
- Materiales raros (titanio).
- Fundiciones.
- Aceros al carbono.

Al soldar es indispensable evitar que el viento afecte el proceso. Debe ser un trabajo regular y la longitud del arco debe mantenerse constante, es muy importante que el extremo de la varilla de aporte no se salga en ningún momento de la protección del flujo de gas ya que, este extremo se oxidaría y se producirían inevitablemente inclusiones de óxido en el baño. Después de la ejecución de la soldadura, la junta debe limpiarse. Un martilleo en caliente es susceptible de mejorar ligeramente la resistencia mecánica de la junta¹⁰.

4.3 MATERIAL Y EQUIPO:

- Careta electrónica
- Guantes de carnaza
- Peto de carnaza
- Placa de acero inoxidable
- Desengrasante
- Cepillo de cerdas metálicas
- Sierra cinta (para cortar las muestras)
- Máquina de soldar TIG con aditamentos (pinza para tierra y cable con conector rápido, antorcha y cable con conector rápido, control de pie y cable con conector rápido).
- Electrodo de Tungsteno con 2% de torio (banda roja).
- Martillo
- Tornillo de banco
- Vernier (pie de rey)
- Tanque de gas argón puro con manómetros previamente instalado a la maquina Syncrowave 180 SD

Estos elementos, se pueden apreciar en la figura 4.2

¹⁰ Galvery Marlow, Guía de soldadura para el técnico profesional (pág.1 a pág.29), Noriega Limusa 2007



Figura 4.2 Elementos para soldadura TIG.

4.4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

4.4.1 Acondicionamiento del electrodo

Tomando en cuenta que la elección del electrodo, el tipo de corriente y amperaje dependen del material que se va a soldar, para este caso el electrodo adecuado para el espesor de las placas de acero inoxidable (6 mm), será de un diámetro de 3/32", para usar un rango de amperaje entre 135 a 235 amperes y electrodo negativo con polaridad directa.

Tomamos y nos colocamos los guantes de carnaza, peto y lentes de seguridad, tomamos el electrodo y lo llevamos al disco abrasivo para afilarlo. Observe Figura 4.3



Figura 4.3 Disco abrasivo para desgaste de metales.

El método para desbastar se muestra en la Figura 4.4, en el cual se indica la forma en que se debe de hacer el desbaste.

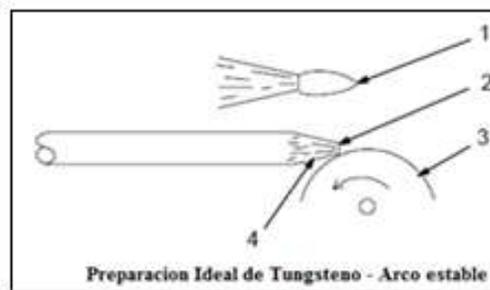


Figura 4.4 Preparación ideal del electrodo de tungsteno

El cono que se desbasta tendrá $2 \frac{1}{2}$ veces el diámetro del electrodo. El electrodo tiene un diámetro de $\frac{3}{32}$ plg y esto equivale a 6 mm, como se observa en la figura 4.5.

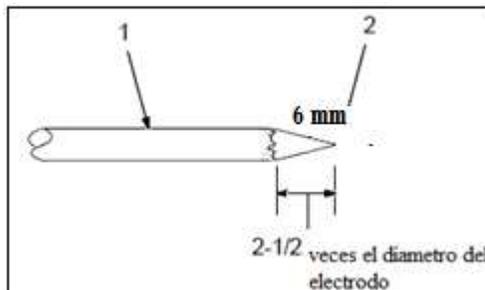


Figura 4.5 Electrodo con desbaste en forma cónica

Ya teniendo el electrodo afilado se debe de colocar en la antorcha observar figura 4.6



Figura 4.6 La antorcha de soldadura

Para colocar el electrodo en la posición adecuada tomaremos la antorcha por el mango como se observa en la Figura 4.7

Aflojar la tapa posterior #1, sacar el electrodo anterior y colocar el nuevo afilado. Cuidar que el electrodo quede perfectamente colocado dentro de la prensa # 3 y que sobresalga de la boquilla de cerámica #5.

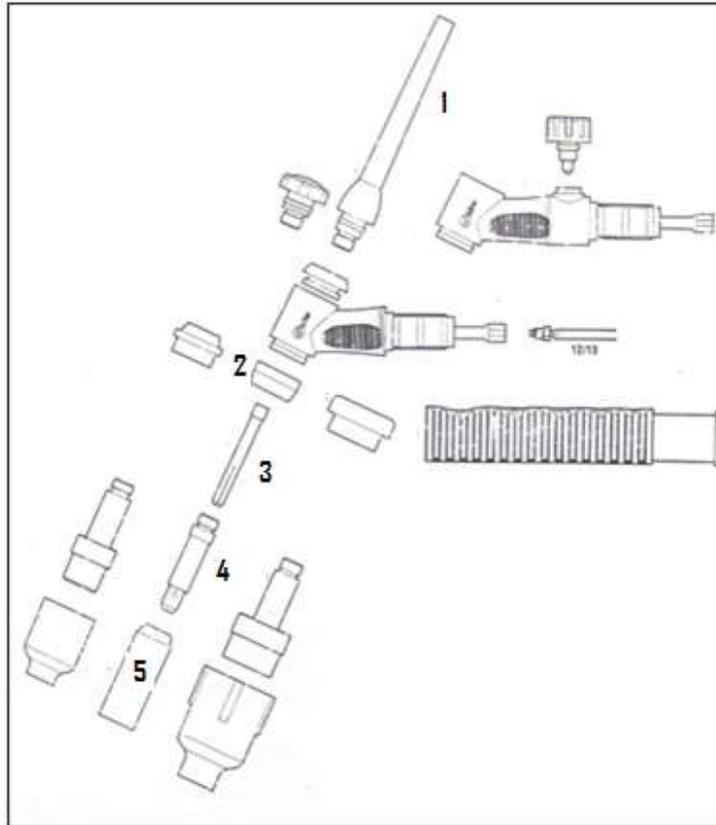


Figura 4.7 Partes y accesorios de la antorcha

4.4.2 Preparación de las placas de soldar

El siguiente paso es cortar las placas de acero inoxidable observar la Figura 4.8, para hacer nuestras muestras, para el corte y limpieza, no debemos olvidar el equipo de seguridad como goggles, guantes de carnaza y peto.

En dado caso que el material venga forrado con papel o plástico, debemos de eliminarlo antes de hacer cualquier otro trabajo.



Figura 4.8 Muestra de acero inoxidable sin cortar

Medimos y cortamos el material cuidando que sean por partes iguales y en número par, ya cortadas eliminar rebabas y hacer la limpieza.



Figura 4.9 Muestras cortadas.

4.4.3 Calibración del gas a soldar

Hacemos la verificación del tanque de gas de protección, debemos verificar que el tanque se encuentre en buenas condiciones y observar que la válvula del tanque no esté rota o esté abierta, los manómetros no estén golpeados o rotos y la manguera que va del tanque a la maquina no esté machucada o rota, como se observa en la Figura 4.10



Figura 4.10 Tanque de gas argón

Nos colocamos frente a los manómetros y abrir la valvula del tanque de gas, girando dos vueltas completas de forma lenta en sentido antihorario, el manometro de alta presion nos indicara la presion total del tanque (esta presion varia dependiendo del llenado de gas), como se observa en la Figura 4.11

Posteriormente se abre la valvula de mariposa lentamente en sentido de las manecillas del reloj, para calibrar la salida del gas para la antorcha, calibrandolo a $20 \frac{ft^3}{min}$ que es equivalente a $566 \frac{lbs}{min}$.



Figura 4.11 Calibrando los manómetros de gas argón

4.4.4 Conexión y ensamble de la maquina Syncrowave 180 SD

La figura 4.12 muestra la maquina SYNCROWAVE, sin cables.



Figura 4.12 Vista frontal de la Syncrowave 180 SD

Antes de hacer cualquier conexión debemos de verificar que el interruptor general este en posición off y que la maquina este apagada. Figura 4.13



Figura 4.13 Interruptor general de alimentación



Figura 4.14 Conexión de aditamentos a la maquina SYNCROWAVE 180 SD

Tomando estas consideraciones de seguridad, lo que haremos será colocar los elementos de la Syncrowave 180 SD, cable de tierra con pinza y conector rápido, control tipo pedal con cable y porta electrodo con conector rápido, como lo muestra la figura 4.14

4.4.5 Encendido de la máquina

Antes de realizar cualquier soldadura, se colocan los parámetros iniciales de la maquina Syncrowave 180 SD, Para encender el equipo TIG, nos dirigimos al interruptor general y encendemos, observar la Figura 4.15



Figura 4.15 Encendiendo el interruptor general.

Ahora encendemos la maquina Syncrowave 180 SD. Suba el interruptor de encendido, colocado del lado izquierdo, como se observa en la Figura 4.16



Figura 4.16 Encendiendo la planta de soldar

Colocarnos frente de la maquina, se elige primero el botón de proceso de soldadura TIG, después elegimos la palanca de selección de salida, con el tipo de polaridad corriente directa con electrodo negativo (CDEP), se ajusta el amperaje necesario con la perilla de ajuste de amperaje y se guardan los cambios presionando el control tipo pedal, como lo muestra la Figura 4.17

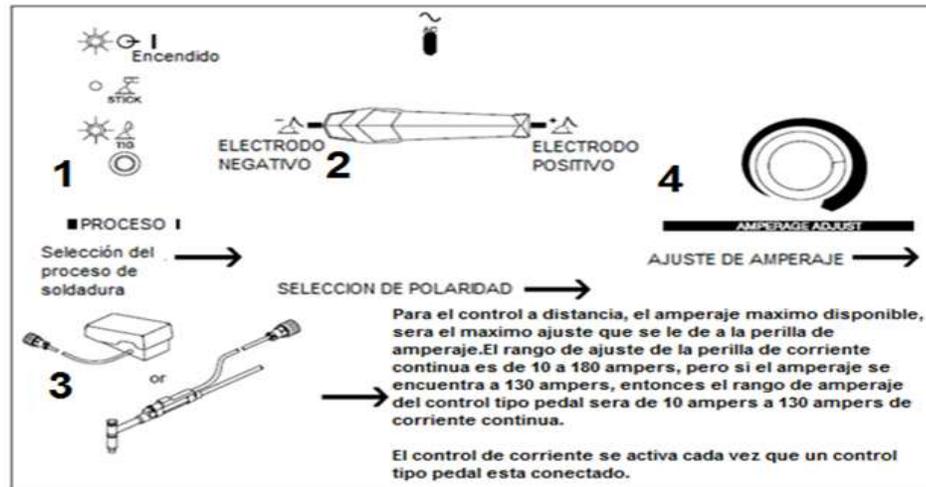


Figura 4.17 Pasos a realizar para un ajuste con soldadura TIG

4.4.6 Soldadura de las piezas

Colocar en la mesa de trabajo dos piezas como las de la Figura 4.18, de manera que se encuentren alineadas para soldar a tope.

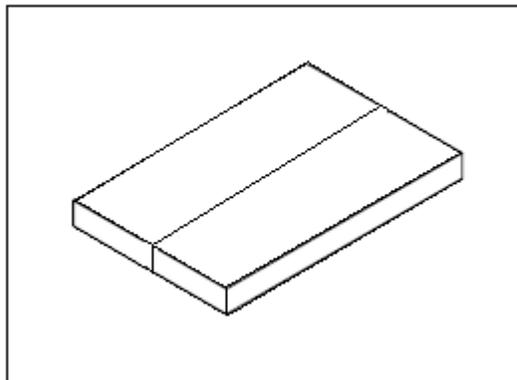


Figura 4.18 Muestra de dos placas a tope

Colocar la pinza de tierra lo más cerca como sea posible de las piezas de trabajo. Si no es posible colocarlo en el metal base, colocarlo en la mesa de trabajo.

En la Figura 4.19 se muestra de manera técnica algunos tipos de cordones que se pueden hacer.

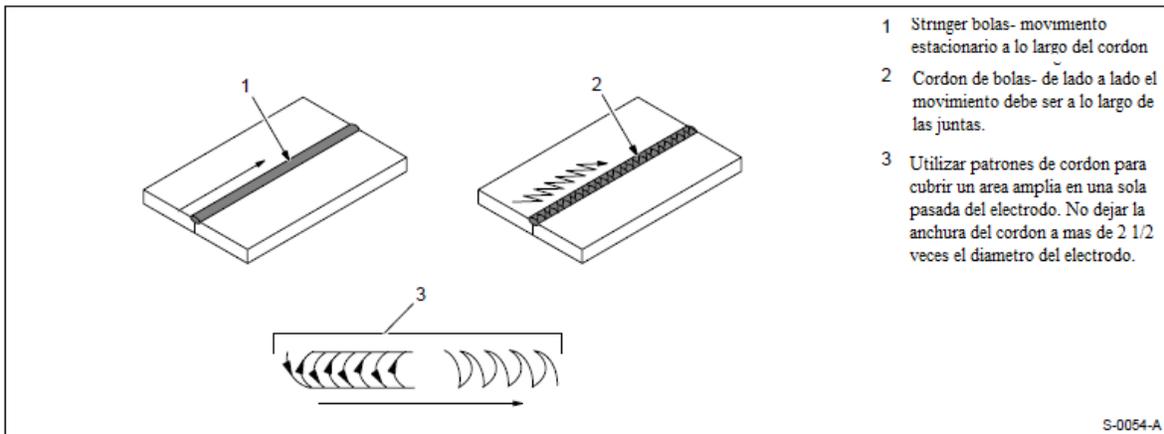


Figura 4.19 Principales cordones para soldar

El cordón de bolas es lo más indicado para realizar las muestras de soldadura.

Se toma la antorcha TIG, se acerca a las placas aproximadamente a una distancia de 2 a 5 mm aproximadamente y dar un ángulo de 10° a 30°, observar las Figuras 4.20 y Figuras 4.21 , teniendo ya estos parámetros, pisar el control tipo pedal para que se genere el arco eléctrico. Tenemos que considerar que para la primera muestra, el ajuste se hará de tal forma que se aplique el menor amperaje posible, después incrementarlo para las muestras restantes, esto se lograra variando el amperaje por medio de la perilla de ajuste.

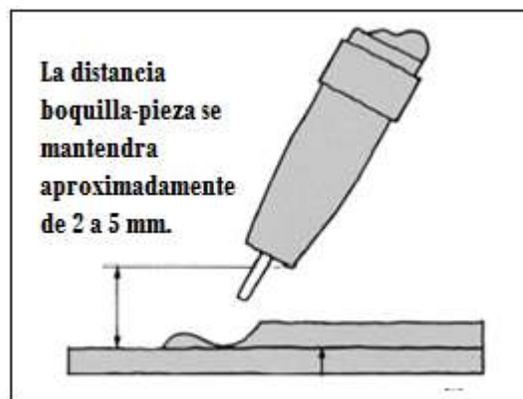


Figura 4.20 Distancia entre boquilla y pieza para soldar

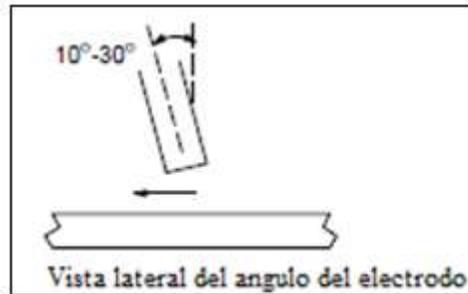


Figura 4.21 Ángulo para realizar la soldadura

Mantenga el electrodo en esa posición, hasta que se forme una gota de material fundido, ya que encuentre la gota, haga una serie de pequeños círculos para puntear las muestras ver Figura 4.22

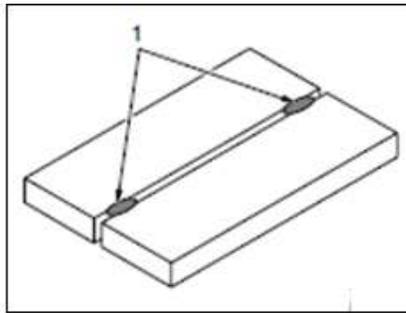


Figura 4.22 Muestra los dos puntos de soldadura

Repetir el proceso, siguiendo ahora una dirección de derecha a izquierda o de izquierda a derecha, para realizar el cordón de las placas a tope.

Se harán los mismos pasos, cambiando el amperaje en cada una de las placas a soldar. La Figura 4.22 y Figura 4.23 muestra el momento en que se están soldando las placas,



Figura 4.22 Soldando las placas de acero inoxidable



Figura 4.23 Terminando de soldar las placas

Las muestras soldadas se pondrán en la mesa de trabajo para su análisis, observar la Figura 4.24



Figura 4.24 Piezas finalmente soldadas.

Despues de soldar las placas, se obtienen los datos siguientes, estos se muestran en la tabla 1.

Muestra #	Tipo de Material	Espesor	Amperaje(I)
1	Acero Inoxidable	6.1 mm	100
2	Acero Inoxidable	6.1 mm	150
3	Acero Inoxidable	6.1 mm	180

Tabla 1 Resultados obtenidos de las placas soldadas.

4.4.7 Apagar el equipo de soldar

Primero cerraremos la válvula del tanque del cilindro de argón, después pisar el control tipo pedal para purgar el gas de la línea, aflojar el tornillo de regulación, girándolo en sentido contrario al de las manecillas del reloj.

Apagamos la maquina Syncrowave 180 SD, des energizamos el interruptor general, quitamos los aditamentos de la máquina y por último se retira el electrodo de la antorcha.

4.5 PRUEBA DE SOLDADURA

Se debe hacer una prueba a las placas para verificar que se realizó una buena soldadura como se muestra en la Figura 4.25 y Figura 4.26

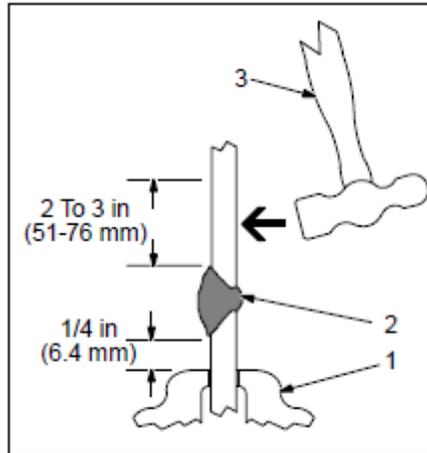


Figura 4.25 Prueba de resistividad de la soldadura

Para lo cual se debe de contar con:

1.-Tornillo de banco

2.-La placa debidamente soldada

3.-Martillo

Una buena soldadura puede doblarse pero no se rompe. La prueba debe de hacerse tal y como se muestra, con el cordón del lado contrario de donde se golpeará con el martillo y tomando una distancia de $\frac{1}{4}$ pulg, que será de la tenaza del banco al cordón de soldadura y de la parte superior al cordón, la distancia que se tomara será de 2 a 3 pulg.



Figura 4.26 Realizando la prueba de resistencia de la soldadura

4.6 CONCLUSIONES:

Observar que la muestra soldada a tope # 1, con un amperaje de 100 amperes, muestra un cordón uniforme que no presenta porosidad, no presenta deformación en las piezas, tampoco una separación que cause alguna anomalía en el cordón, lo que si se percibe es una falta de penetración en el cordón, ya que al realizar la prueba de resistividad, tuvo una pequeña desviación, debido al impacto con el martillo.

La muestra soldada a tope # 2 que uso un amperaje de 150 amperes, tiene un cordón más grueso de soldadura, no presenta porosidad, tiene buena penetración, se percibe una ligera separación de placas, debido a que la velocidad del cordón vario al finalizarlo. Al realizar la prueba de resistividad de la soldadura, no tuvo deformación, ni dobles, ni grietas en la muestra.

La muestra soldada a tope # 3, con un amperaje de 180 amperes, el cordón que se obtuvo es similar al de la muestra # 2, no presenta porosidad, al principio el cordón tiene buena penetración, pero debido a que hubo una mayor entrada de calor, provocando al final un cordón con una penetración excesiva. Al realizar la prueba de resistividad de la soldadura, no tuvo deformación, ni dobles, ni grietas.

Ya teniendo analizadas las tres muestras, es fácil decir que la muestra soldada a tope # 2, presenta mejores características de soldadura, en comparación con la muestra # 1 y # 3.

4.7 CUESTIONARIO FINAL /Preguntas

A.- Menciona tres ventajas importantes del proceso de soldadura TIG en comparación de otros procesos de soldadura.

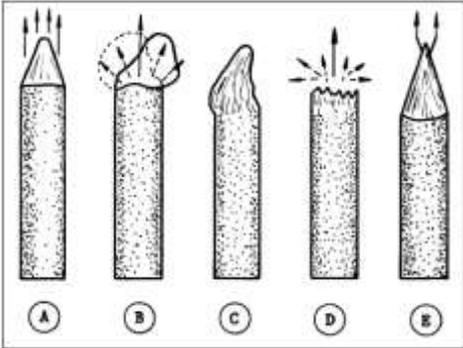
B.- Además del gas inerte “Argón”, ¿que otros tipos de gases se utilizan para este proceso y cuáles sus desventajas al usarse?

C.- ¿Por qué en la soldadura TIG se emplean electrodos de Tungsteno?

D.- Menciona la tabla de codificación de electrodos para soldadura TIG y descríbela

E.- ¿Por qué es indispensable saber afilar el electrodo de tungsteno?

F.- De estos 5 electrodos toriados, describe de qué forma soldara cada uno de ellos e indica ¿cuál de estos es la forma correcta para soldar con corriente continua?



G.- Menciona ¿Por qué? es importante preparar las juntas antes de soldar

H.- ¿Cómo formamos el charco de soldadura? Describir el proceso

I.- ¿Qué pasa si no usamos la intensidad de corriente adecuada, en la soldadura de tungsteno?

J.- ¿Para qué sirve el tiempo de pos flujo en el proceso de soldadura?

Respuestas

A.- Menciona tres ventajas importantes del proceso de soldadura TIG en comparación de otros procesos de soldadura.

- 1.-Que el proceso no provoca escoria, humos o chispas al realizar los cordones de soldadura, en comparación con la soldadura de arco eléctrico.
- 2.- Puede emplearse en todo tipo de uniones o posiciones y en los materiales más diversos: Aceros al carbono, aceros inoxidables, metales no férricos,...etc.
- 3.-Se puede automatizar el proceso para algunas fabricaciones en serie.

4.- Las soldaduras por sistema TIG son más resistentes, dúctiles y seguras contra la corrosión que las realizadas por los sistemas usuales.

B.- Además del gas inerte “Argón”, ¿que otros tipos de gases se utilizan para este proceso y cuáles sus desventajas al usarse?

En un principio se empleó helio como único y exclusivo gas de protección, ya que Estados Unidos tiene yacimientos naturales de este gas.

Pronto se observó que el argón ofrece mayores prestaciones: en efecto, la densidad del helio es diez veces inferior que la del argón, por lo que asegurará una protección inferior, ya que el argón tendrá tendencia a descender sobre el baño de fusión.

El nitrógeno no puede emplearse como gas inerte, ya que, aunque lo es a temperatura normal, a la del arco eléctrico se disocia, por ser un gas diatómico, y se combina con el metal de soldadura, produciendo nitruros. Como salvedad está el cobre, donde el nitrógeno no forma nitruros. En este tipo de soldadura, se utiliza nitrógeno solo o combinado con argón al 50%.

C.- ¿Por qué en la soldadura TIG se emplean electrodos de Tungsteno?

Por definición, los electrodos utilizados en soldadura al arco con electrodo refractario son infusibles. Se impone, pues, la utilización de un metal con un punto de fusión muy elevado, capaz de soportar temperaturas del orden de los 4000° C que aparecen en el arco. Por otra parte, la naturaleza, el diámetro y la limpieza del electrodo y la naturaleza de la corriente utilizada, tienen una gran influencia sobre la calidad del trabajo y la estabilidad del arco. El tungsteno responde perfectamente a la exigencia de soportar temperaturas elevadas, a la vez que tiene la ventaja de poseer una emisión termoiónica importante. Por este motivo, todos los electrodos que se utilizan son de tungsteno. Se puede incluso reforzar la emisión electrónica de los electrodos añadiendo al tungsteno óxidos de torio, de circonio, de lantano o de cerio en cantidades que van del 0,15 al 4,2% según los electrodos y el elemento a adicionar.

D.- Menciona la tabla de codificación de electrodos para soldadura TIG y descríbela

La norma internacional ISO 6848 dispone una codificación alfanumérica en la que:

- La primera letra caracteriza el componente principal.
- La segunda letra caracteriza la adición del óxido:
 - * P → Tungsteno puro
 - * T → Torio
 - * Z → Circonio
 - * L → Lantano
 - * C → Cerio
- Después sigue un número que corresponde al porcentaje de adición multiplicado por diez. Así, por ejemplo, WP caracteriza a un electrodo de tungsteno puro, mientras que WT 20 corresponde a un electrodo de tungsteno con un 2% de torio.

Cada tipo de electrodo definido por la norma, viene indicado por un anillo de color según se indica a continuación:

CODIGO	COLOR
WP	VERDE
WT4	AZUL
WT10	AMARILLO
WT20	ROJO
WT30	VIOLETA
WT40	NARANJA
WZ3	MARRON
WZ8	BLANCO
WL10	NEGRO
WC20	GRIS

NOTA: Los electrodos compuestos tienen indicados un segundo anillo de color rosa.

E.- ¿Por qué es indispensable saber afilar el electrodo de tungsteno?

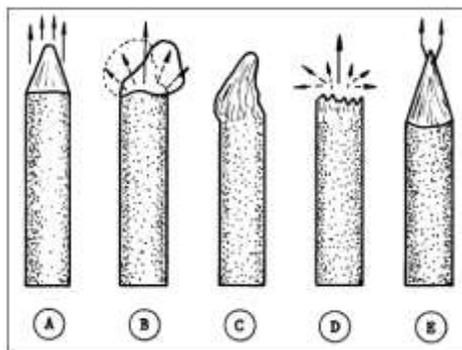
La punta del electrodo juega un papel importante sobre la estabilidad del arco y la penetración de la soldadura.

En corriente alterna, el extremo de un electrodo debe ser hemisférico; en el caso de que se forme una gota, es porque la densidad de corriente límite ha sido sobrepasada. Empleando tungsteno

toriado, raramente se llega a obtener una forma hemisférica, y si la densidad de corriente es excesiva, el extremo se convierte en irregular.

En corriente continua, los electrodos deben ser puntiagudos, sobre todo si la densidad de corriente es débil; cuanto más agudo es el ángulo, más grande es la penetración. La altura de la punta debe ser en principio 1,5 veces el diámetro del electrodo. Esta forma cónica se obtiene por amoladura, pero la forma de la punta se hace libremente bajo la acción del arco. Puede darse el caso de que la superficie del cono de un electrodo en tungsteno toriado esté insuficientemente pulida, lo que provoca inestabilidad de arco; en ese caso, basta con aumentar la intensidad de la corriente durante un corto instante para obtener una superficie perfectamente lisa.

F.- De estos 5 electrodos toriados, describe de qué forma soldara cada uno de ellos e indica ¿cuál de estos es la forma correcta para soldar con corriente continua?



En el caso de la figura A, el electrodo está bien afilado y sano, ha sido utilizado en corriente continua en condiciones de intensidad normales. El afilado en cono sin punta permite tener un arco puntual estable, bien centrado. En la figura B, la punta del electrodo se ha fundido bajo la acción de una intensidad demasiado elevada. La punta se ha deformado y el arco está vagabundo y mal dirigido, ya que la bola de metal oscila durante la soldadura, que se convierte difícil o imposible. En la figura C, el electrodo se ha utilizado sin protección gaseosa, pudiera ser por corte del caudal demasiado pronto. El electrodo se ha contaminado, por lo que se impone restablecer su estado o cambiarlo. En la figura D, se han soldado aleaciones ligeras con un electrodo toriado y una intensidad demasiado baja, de manera que la bola en el extremo del electrodo no se ha formado. Es preciso aumentar la intensidad, o el arco será errático. En la figura E, el electrodo se ha afilado con demasiada punta; sucederá un desgaste rápido, puesto que la

punta debe soportar intensidades de corriente demasiado elevadas, con lo que se fundirá y habrá inclusiones de tungsteno en la soldadura.

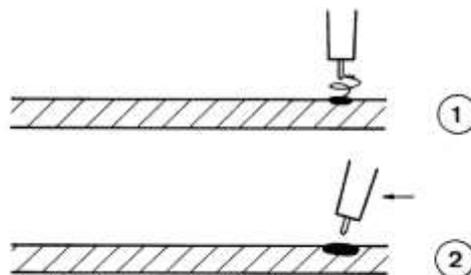
De los cinco casos el electrodo correcto, para soldar con corriente continua es el inciso A

G.- Menciona ¿Por qué? es importante preparar las juntas antes de soldar

Para que una soldadura TIG sea regular y compacta, es necesario que los bordes hayan sido preparados con meticulosidad. Si, por ejemplo, están oxidados es preciso mediante algún método mecánico eliminar este óxido. Las piezas deben estar perfectamente exentas de partículas grasas: para ello, será preciso proceder a un desgrasado y posteriormente a un decapado mecánico. En este caso, los bordes se presentan en la posición que deben ocupar en soldadura e inmovilizados bien por puenteo o por otros métodos. El puenteo se efectúa bajo argón a una intensidad relativamente baja, teniendo la precaución de dejar siempre enfriar el punto de soldadura con flujo de gas protector después de la extinción del arco y poniendo en acción la protección al revés si hay lugar. La separación entre piezas debe ser muy regular, lo que se obtiene utilizando dispositivos de posicionamiento. La forma de los chaflanes y la separación entre piezas varía según la naturaleza del metal a ensamblar y de su espesor.

H.- ¿Cómo formamos el charco de soldadura? Describir el proceso

Para generar el charco de soldadura, debemos de colocar el electrodo aproximadamente a una distancia de 2 A 5 mm de la pieza a soldar, tomando en cuenta un ángulo de 10° a 30° , generamos el arco desde el mando remoto del pedal de la SYNCROWAVE 180 SD, se mantiene sobre la pieza hasta la aparición de un punto brillante o gota, indicando que el metal de la pieza ha llegado a su punto de fusión. Se aumenta de tamaño este punto brillante describiendo pequeños círculos con la antorcha. Entonces empieza el desplazamiento de derecha a izquierda o viceversa a la velocidad de avance conveniente dependiendo de cómo se acomode la persona que esta soldando.



I.- ¿Qué pasa si no usamos la intensidad de corriente adecuada, en la soldadura de tungsteno?

Si la intensidad es demasiado baja, el arco es errático e inestable y existe el riesgo de tener proyecciones de tungsteno. El empleo de una intensidad elevada permite obtener un arco perfectamente estable y una mejor concentración del calor, pero este valor está limitado. En efecto, si la intensidad es demasiado elevada, se produce un calentamiento excesivo y una fusión de la extremidad del electrodo: partes de tungsteno caen sobre el baño de fusión y el arco se convierte errático e inestable. El valor de la intensidad de corriente de soldadura está limitado por las condiciones de utilización y el ángulo de afilado del electrodo a una influencia sobre la corriente límite. Para un diámetro dado, un ángulo de afilado más obtuso es recomendado para fuertes intensidades.

J.- ¿Para qué sirve el tiempo de pos flujo en el proceso de soldadura?

Es el tiempo que transcurre desde que se ha extinguido el arco hasta que deja de fluir gas, muy recomendable para proteger la zona de soldadura hasta que su temperatura descienda por debajo de valores menos peligrosos.

4.7 BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA .

1.-Rivas Arias, José María (pág. 197 a 207)

Soldadura eléctrica y sistema TIG y MAG

Madrid: Paraninfo, 1983

2.-Mórela: Sola Pere (pág. 20 a 21)

Soldadura Industrial clases y aplicaciones

Barcelona: Marcombo

Boixare, 1992

3.-Fernando Flores Guillermo

Soldadura y Metalurgia

México: continental, 1970

4.-Seferian, Daniel 1908-1859

Las soldaduras: Técnicas control, soldabilidad de los metales

Bilbao, urno 1965

5.-Henry Horwits, P.E. (pág. 391 a pág. 396)

Soldadura aplicaciones y práctica Alfaomega 1990

6.-Galvery Marlow

Guía de soldadura para el técnico profesional (pág.1 a pág.29)

Noriega limusa 2007

7.-Owner's manual – SYNCROWAVE 180 SD-MILLER-Processes TIG (GTAW) Welding.
March 2003

8.-Manual de soldadura (Welding Handbook), Vol. 2 Novena edición (Mayo 2009).

CIBERGRAFIA

7.-www.infra.com.mx (consulta: 10-oct-2012 hora: 14:40 hrs)

8.-www.soldadurasmiller.com (consulta: 22-nov-2012 hora 22:10 hrs)

9.-<http://es.scribd.com/doc/7973328/Introduccion-Soldadura-Tig> (consulta: 24.agos-2012 hora 11:45 hrs)

10.-http://www.dirind.com/dim/monografia.php?cla_id=80 (consulta: 03-jul-2012 hora 8:20 hrs)

11.-<http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura> (consulta: 05 jul-2012 hora 10:00 hrs)

CAPÍTULO 5

PRACTICA # 2 SOLDADURA TIG APLICADA AL COBRE

5.1 Objetivos:

Aprender a soldar cobre mediante el método de soldadura TIG.

Conocer las características y parámetros de soldabilidad del cobre, como: la elección del tipo de corriente, amperaje, preparación de las juntas, limpieza de los bordes, acondicionamiento del electrodo, encendido de la máquina, calibración de gas, precalentamiento de las piezas y prueba de soldadura.

5.2 Introducción:

El procedimiento de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo no consumible, También llamado TIG (Tungsten Inert Gas), utiliza como fuente de energía el arco eléctrico que salta entre un electrodo no consumible y la pieza a soldar, mientras un gas inerte protege el baño de fusión. El material de aportación, cuando es necesario, se aplica a través de varillas como en la soldadura oxiacetilénica.

En la figura 5.1 se muestran los elementos más importantes que intervienen en el proceso.

Algunas de sus principales características son:

- Se puede automatizar el proceso para algunas fabricaciones en serie.
- Su aplicación manual exige una gran habilidad por parte del soldador.
- Puede emplearse en todo tipo de uniones o posiciones y en los materiales más diversos: Aceros al carbono, inoxidable, metales ferrosos

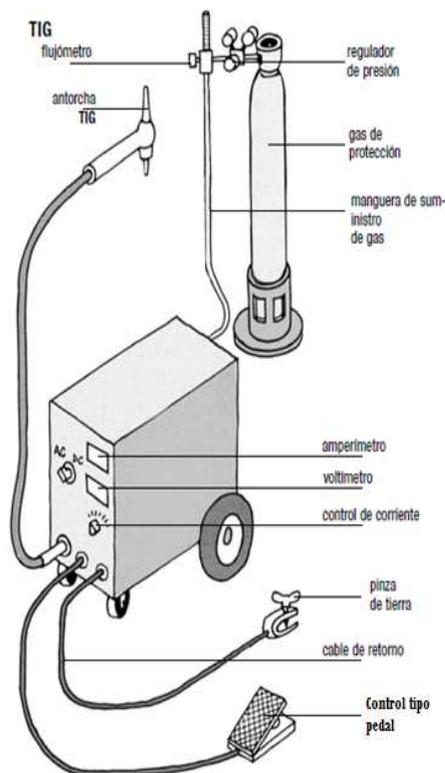


Figura 5.1 Equipo de soldadura TIG

Las soldaduras por sistema TIG son más resistentes, dúctiles y seguras contra la corrosión que las realizadas por los sistemas usuales. Al no ser necesario utilizar decapantes para ningún tipo de material, se evitan las inclusiones de estos y el consecuente peligro de corrosiones en esta zona, así como el trabajo de eliminarlos. Todo el proceso se realiza sin proyecciones, chispas, escoria o humos. Puede emplearse para soldar prácticamente todos los metales que se utilizan en la industria:

- Todos los metales ligeros: aluminio, magnesio y sus aleaciones.
- Todos los aceros inoxidables (cromo, níquel y sus aleaciones).
- Cobre y sus aleaciones.
- Plata y oro.
- Materiales raros (titanio).
- Fundiciones.
- Aceros al carbono.

Al soldar es indispensable evitar que el viento afecte el proceso. Debe ser un trabajo regular y la longitud del arco debe mantenerse constante, es muy importante que el extremo de la varilla de

aporte no se salga en ningún momento de la protección del flujo de gas ya que, este extremo se oxidaría y se producirían inevitablemente inclusiones de óxido en el baño. Después de la ejecución de la soldadura, la junta debe limpiarse. Un martilleo en caliente es susceptible de mejorar ligeramente la resistencia mecánica de la junta¹¹.

5.3 MATERIAL Y EQUIPO:

- Careta electrónica
- Lentes de seguridad
- Guantes de carnaza
- Peto de carnaza
- Placa de cobre
- Desengrasante
- Cepillo de cerdas metálicas
- Sierra cinta (para cortar las muestras)
- Máquina de soldar TIG con aditamentos (pinza para tierra y cable con conector rápido, antorcha y cable con conector rápido, control tipo pedal con conector rápido).
- Electrodo de Tungsteno con 2% de torio (banda roja).
- Martillo
- Tornillo de banco
- Vernier (pie de rey)
- Lentes para oxicorte
- Boquilla para soldadura
- Chispero
- Pirómetro o termómetro digital
- Tanque de gas argón puro con manómetros previamente instalado a la maquina Syncrowave 180 SD.

Estos elementos, se pueden apreciar en la figura 5.2

¹¹ Galvery Marlow, Guía de soldadura para el técnico profesional (pág.1 a pág.29), Noriega Limusa 2007



Figura 5.2 Elementos para soldadura TIG y equipo de oxiacetileno

5.4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

5.4.1 Acondicionamiento del electrodo

Tomando en cuenta que la elección del electrodo, el tipo de corriente y amperaje dependen del material que se va a soldar, para este caso el electrodo adecuado para el espesor de la placas de acero inoxidable (6 mm), será de un diámetro de 3/32", para usar un rango de amperaje entre 135 a 235 amperes y electrodo negativo con polaridad directa.

Tomamos y nos colocamos los guantes de carnaza, peto y lentes de seguridad, tomamos el electrodo y lo llevamos al disco abrasivo para afilarlo. Figura 5.3



Figura 5.3 Disco abrasivo para desgaste de metales.

El método para desbastar se muestra en la Figura 5.4, en el cual se indica la forma en que se debe de hacer el desbaste.

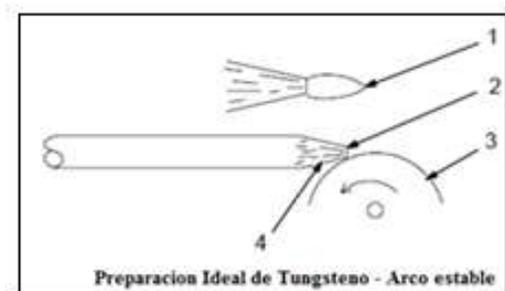


Figura 5.4 Preparación ideal del electrodo de tungsteno

El cono que desbasta tendrá 2 ½ veces el diámetro del electrodo. El electrodo tiene un diámetro de 3/32 plg y esto equivale a 6 mm, como se observa en la figura 5.5

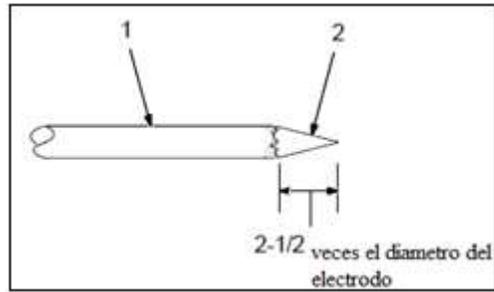


Figura 5.5 Electrodo con desbaste en forma cónica

Ya teniendo el electrodo afilado se debe de colocar en la antorcha observar Figura 5.6



Figura 5.6 La antorcha de soldadura

Para colocar el electrodo en la posición adecuada tomaremos la antorcha por el mango. Figura 5.7

Aflojar la tapa posterior # 1, sacar el electrodo anterior y colocar el nuevo afilado. Cuidar que el electrodo quede perfectamente colocado dentro de la prensa # 3 y que sobresalga de la boquilla de cerámica # 5.

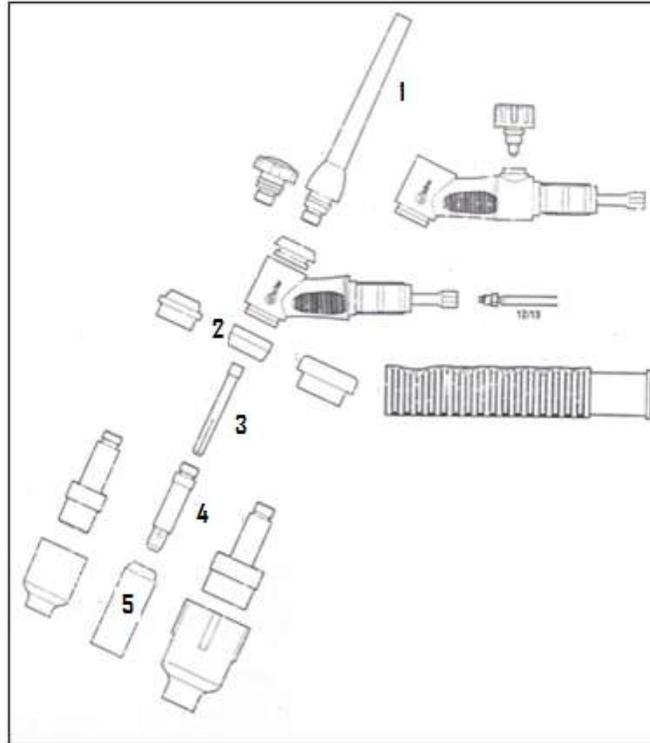


Figura 5.7 Partes y accesorios de la antorcha

5.4.2 Preparación de las placas a soldar

El siguiente paso es cortar las placas de cobre, para hacer nuestras muestras, para el corte y limpieza, no debemos olvidar el equipo de seguridad como goggles, guantes de carnaza y peto.

En caso que el material venga forrado con papel o plástico, debemos de eliminarlo antes de hacer cualquier otro trabajo. Figura 5.8



Figura 5.8 Muestra de cobre sin cortar

Medimos y cortamos el material cuidando que sean por partes iguales y en número par, ya cortadas eliminar rebabas y hacer la limpieza. Figura 5.9



Figura 5.9 Muestras cortadas

5.4.3 Calibración del gas a soldar

Hacemos la verificación del tanque de gas de protección, debemos verificar que el tanque se encuentre en buenas condiciones y observar que la válvula del tanque no esté rota o esté abierta, los manómetros no estén golpeados o rotos y la manguera que va del tanque a la máquina no esté machucada o rota. Figura 5.10



Figura 5.10 Tanque de gas argón

Nos colocamos frente a los manómetros y abrimos la valvula del tanque de gas, girando dos vueltas completas de forma lenta en sentido antihorario, el manometro de alta presion nos indicara la presion total del tanque (esta presion varia dependiendo del llenado de gas). Figura 5.11

Posteriormente se abre la valvula de mariposa lentamente en sentido de las manecillas del reloj, para calibrar la salida del gas para la antorcha, calibrandolo a $20 \frac{ft^3}{min}$ que es equivalente a $566 \frac{lbs}{min}$.



Figura 5.11 Calibrando los manómetros de gas argón

5.4.4 Calibración de equipo de oxiacetileno (C₂H₂)

Ahora hacemos la calibración del equipo de oxicorte, que se usara para preparar las placas por medio de un precalentamiento, verificar que los tanques se encuentren en buenas condiciones y observar que las válvulas, al igual que los manómetros, no estén golpeados, machucados o rotos, también que las mangueras que van del tanque a la boquilla no estén rotas o machucadas. Figura 5.12

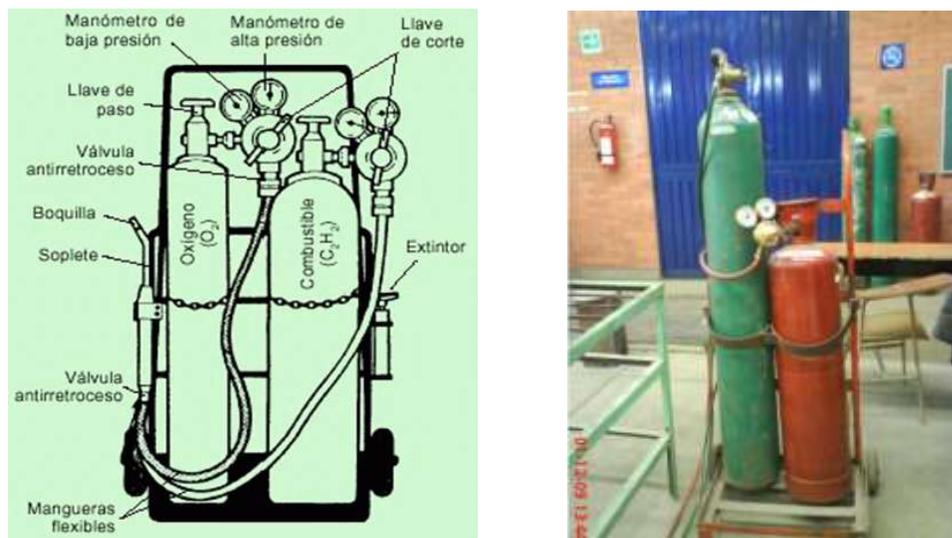


Figura 5.12 Equipo de Oxiacetileno

Nos colocamos frente a los manómetros del tanque de oxígeno, abrimos la valvula del tanque, girando $\frac{3}{4}$ de vuelta de forma lenta en sentido antihorario, el manometro de alta presion nos indicara la presion total del tanque. Figura 5.13



Figura 5.13 Manómetros del tanque de oxígeno

Abrir la valvula de mariposa lentamente en sentido de las manecillas del reloj, para calibrar la salida de oxigeno hacia el soplete Figura 5.14, calibrandolo a $2.5 \frac{kg}{cm^2}$ (250kpa o 40 PSI).

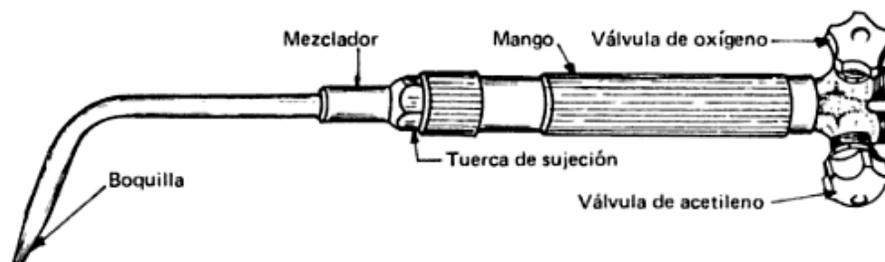


Figura 5.14 Partes principales del soplete de oxiacetileno

Ahora nos colocamos frente a los manómetros del tanque de gas acetileno y abrir la valvula media vuelta de forma lenta en sentido antihorario, el manometro de alta presion nos indicará la presion total del tanque. Figura 5.15



Figura 5.15 Calibrando los manómetros de gas acetileno

Ahora abrir la valvula de mariposa lentamente en sentido de la manecillas del reloj, para calibrar la salida del gas acetileno, calibrandolo a una presion de $0.2 \frac{kg}{cm^2}$ (3 PSI).^{12,13}

5.4.5 Conexión y ensamble de la maquina Syncrowave 180 SD

La figura 5.16 muestra la maquina Syncrowave, sin cables.



Figura 5.16 Vista frontal de la Syncrowave 180 SD

¹² Henry Horwits, P.E. (pág. 391 a pág. 396) Soldadura aplicaciones y práctica Alfaomega 1990

¹³ Galvery Marlow. Guía de soldadura para el técnico profesional (pág.1 a pág.29) Noriega limusa 2007

Antes de hacer cualquier conexión debemos de verificar que el interruptor general este en posición off y que la maquina este apagada. Figura 5.17



Figura 5.17 Interruptor general de alimentación



Figura 5.18 Conexión de aditamentos a la maquina SYNCROWAVE 180 SD

Tomando estas consideraciones de seguridad, lo que haremos será colocar los elementos de la Syncrowave 180 SD, cable de tierra con pinza y conector rápido, control tipo pedal con cable y porta electrodo con conector rápido figura 5.18

5.4.6 Encendido de la maquina

Antes de realizar cualquier soldadura, se colocan los parámetros iniciales de la maquina Syncrowave 180 SD, Para encender el equipo TIG, nos dirigimos al interruptor general y encendemos. Figura 5.19



Figura 5.19 Encendiendo el interruptor general.

Ahora encendemos la maquina Syncrowave 180 SD. Suba el interruptor de encendido, colocado del lado izquierdo Figura 5.20

Colocarnos frente de la máquina, se elige primero el botón de proceso de soldadura TIG, después elegimos la palanca de selección de salida, con el tipo de polaridad corriente directa con electrodo negativo (CDEP), se ajusta el amperaje necesario con la perilla de ajuste de amperaje y se guardan los cambios presionando el control tipo pedal. Figura 5.21



Figura 5.20 Encendiendo la planta de soldar

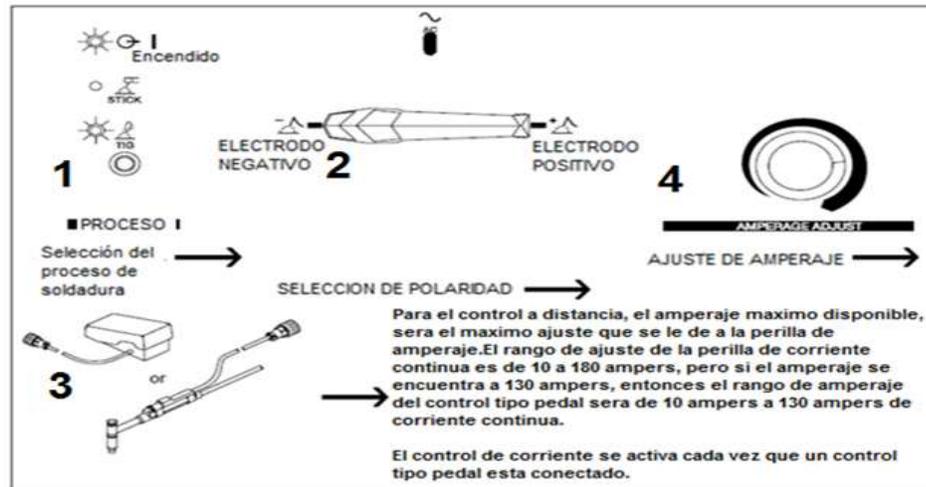


Figura 5.21 Pasos a realizar para un ajuste con soldadura TIG

5.4.7 Soldadura de las piezas

Colocar en la mesa de trabajo dos piezas, de manera que se encuentren alineadas para soldar a tope Figura 5.22

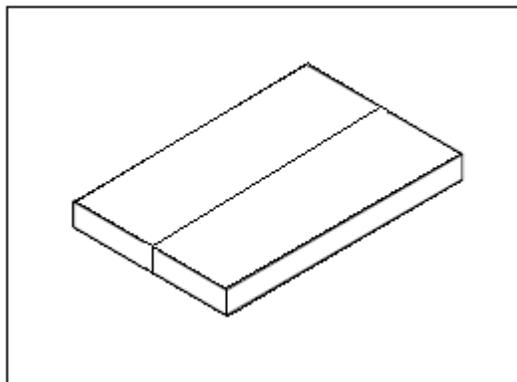


Figura 5.22 Muestra de dos placas a tope

Ahora debemos encender el equipo de acetileno:

Tomamos el soplete. Tiene dos valvulas: una para suministrar oxígeno y otra para acetileno como se muestra en la figura 5.23

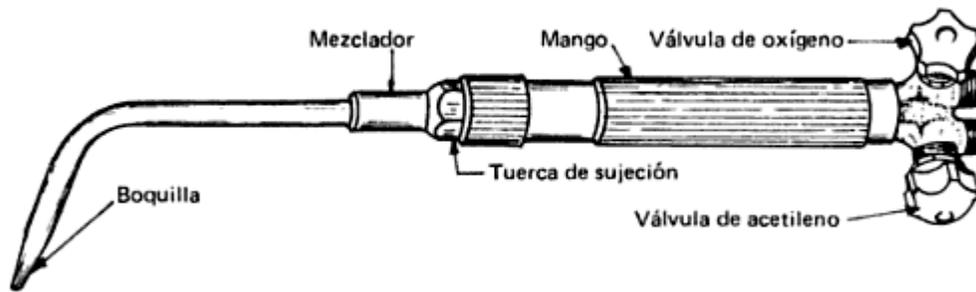


Figura 5.23 Vista clasica de un soplete para equipo de acetileno

Abrir la valvula de acetileno 1/16 de vuelta, con el encendedor de chispa, encender el gas que sale de la boquilla, esta flama es de color naranja, la flama se ve de forma similar a la figura 5.24



Figura 5.24 Flama de acetileno

Ahora abrir la valvula del acetileno hasta que la flama deje de humear y se aleje de la boquilla aproximadamente 1/16 plg. Cerrar gradualmente la valvula hasta que la flama vuelva a tocar la punta de la boquilla. Figura 5.25



Figura 5.25 Flama carburizante o con exceso de acetileno

Abrir lentamente la valvula de oxígeno hasta que el color de flama sea color purpura y comience a formarse un cono blanco en su interior, si se suministra más oxígeno el cono interno sera mucho mas liso y adquiere un contorno bien definido. Ahora la flama se volvera neutra Figura 5.26

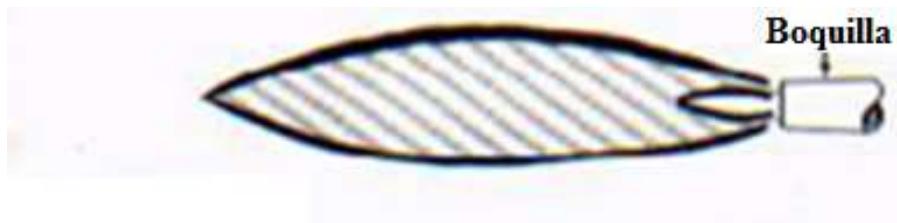


Figura 5.26 Flama neutra

Acercar la boquilla a las placas alineadas para calentar de manera uniforme, con el pirómetro medimos el incremento de la temperatura y retiramos la flama cuando tengamos 300°C , en las placas.¹⁴ Figura 5.27



Figura 5.27 Tomando lecturas de temperatura

Se toma la antorcha TIG, se acerca a las placas aproximadamente a una distancia de 2 a 5 mm aproximadamente y dar un ángulo de 10° a 30° Figura 5.28 y Figura 5.29 , teniendo ya estos parámetros, pisar el control tipo pedal para que se genere el arco eléctrico. Tenemos que considerar que para la primera muestra, el ajuste se hará de tal forma que se aplique el menor amperaje posible, después irlo incrementando para las muestras restantes, esto se lograra variando el amperaje por medio de la perilla de ajuste.

¹⁴ Henry Horwits, P.E. Soldadura aplicaciones y práctica (pág. 396) Alfaomega 1990



Figura 5.28 Distancia entre boquilla y pieza para soldar

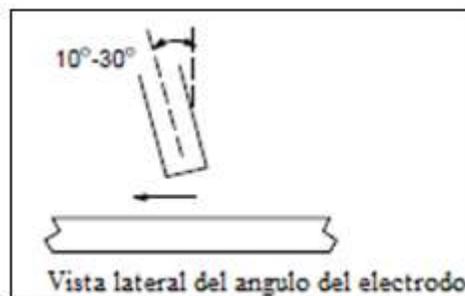


Figura 5.29 Ángulo para realizar la soldadura

Mantenga el electrodo en esa posición, hasta que se forme una gota de material fundido, ya que encuentre la gota, haga una serie de pequeños círculos para puntear las muestras Figura 5.30

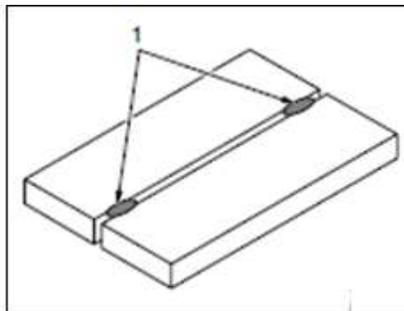


Figura 5.30 Figura de dos placas soldadas a tope con dos puntos de soldadura

Repetir el proceso, siguiendo ahora una dirección de derecha a izquierda o de izquierda a derecha, para realizar el cordón de las placas a tope.

Se harán los mismos pasos, cambiando el amperaje en cada una de las placas a soldar. La Figura 5.31 y Figura 5.32 muestran el momento en que se están soldando las placas,



Figura 5.31 Soldando las placas de cobre



Figura 5.32 Terminando de soldar las placas

Las muestras soldadas se pondrán en la mesa de trabajo para su análisis. Figura 5.33



Figura 5.33 Piezas finalmente soldadas.

Después de soldar las placas se obtienen los datos siguientes, como se muestra en la tabla 2

Muestra #	Tipo de Material	Temperatura inicial	Temperatura final	Espesor	Amperaje(I)
1	Cobre	300°C	400°C	6 mm	160
2	Cobre	310°C	400°C	6 mm	180
3	Cobre	340°C	520°C	6 mm	180

Tabla 2. Resultados de las placas soldadas

5.4.8 Apagar el equipo de acetileno y equipo de soldadura

Primero apagar el equipo de acetileno:

Cerrar la válvula de acetileno del soplete, inmediatamente cerraremos la válvula de oxígeno del soplete, ahora cerramos la válvula del cilindro de acetileno y del oxígeno.

Abrir la válvula de acetileno del soplete, para liberar la presión, aflojamos el tornillo de mariposa del regulador de acetileno girándolo en sentido contrario al de las manecillas del reloj y cerramos la válvula de acetileno del soplete. Se hace el mismo procedimiento para el tanque de oxígeno.

Apagando el equipo TIG

Primero cerraremos la válvula del cilindro de argón, después pisar el interruptor de pie, para purgar el gas de la línea, aflojar el tornillo de regulación, girándolo en sentido contrario al de las manecillas del reloj.

Apagamos la maquina Syncrowave 180 SD, desenergizamos el interruptor general, quitamos los aditamentos de la máquina y por último se retira el electrodo de la antorcha.

5.5 PRUEBA DE SOLDADURA

Se debe hacer una prueba a las placas para verificar que se realizó una buena soldadura como se muestra en la Figura 5.34 y Figura 5.35

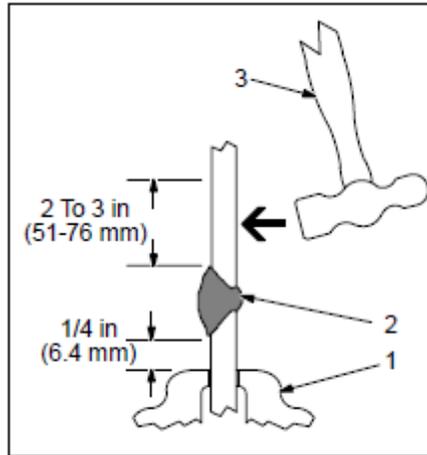


Figura 5.34 Prueba de resistividad de la soldadura

Para lo cual debemos contar con:

- 1.-Tornillo de banco
- 2.-La placa debidamente soldada
- 3.-Martillo

Una buena soldadura puede doblarse pero no se rompe. La prueba debe de hacerse tal y como se muestra, con el cordón del lado contrario de donde se golpeará con el martillo y tomando una distancia de $\frac{1}{4}$ plg, que será de la tenaza del banco al cordón de soldadura y de la parte superior al cordón; la distancia que se tomara será de 2 a 3 plg.



Figura 5.35 Realizando la prueba de resistencia de la soldadura

5.6 CONCLUSIONES

Observar que la muestra soldada a tope # 1, que se realizó a una temperatura de 300 °C y un amperaje de 160 amperes, muestra un cordón uniforme, aunque no penetra del todo, no presenta porosidad, no hay deformacion en la placas, en la prueba de resistividad, no tuvo una desviación al impacto del martillo.

La muestra soldada a tope # 2 que se realizó a una temperatura de 310 °C y un amperaje de 180 amperes, presenta un cordón mucho mas grueso, uniforme y tiene una mayor penetración, no presenta porosidad, ni deformacion al realizar la prueba de resistividad.

Para la muestra soldada a tope # 3, que se soldó a una temperatura inicial de 340 °C y un amperaje de 180 amperes, muestra un cordón ligeramente mas grueso que el de la muestra # 2, el cordón no presenta porosidad, es uniforme, tiene buena penetración, al presentar la prueba de resistividad no sufre deformación alguna.

Observamos que las tres muestras tienen soldaduras muy similares, debido a que resulto mas fácil soldar estas placas por el precalentamiento que se realizó, aunque dependerá bastante del espesor del material, para determinar hasta que punto debemos de calentar la placas.

5.7 CUESTIONARIO FINAL-Preguntas

A.- ¿Por qué debemos de dar un precalentamiento al cobre con el equipo de oxiacetileno, en comparacion con otros materiales?

B.- ¿Por qué se utilizó un electrodo de torio en lugar de elegir otro?

C.- Al soldar explique que es la penetración excesiva y por qué resulta este tipo de penetración en la soldadura.

D.- Explique ¿por qué en algunos casos hay penetración insuficiente de la soldadura?

E.- Diga cuál es la característica principal de porosidad en la soldadura

F.- ¿Por qué hay inclusiones de tungsteno en la soldadura?

G.- ¿Por qué en ocasiones hay un desgaste prematuro en el electrodo de tungsteno?

H.- ¿Por qué se provoca una distorsión en la soldadura?

I.-¿A qué se debe que a pesar de tener todos los parámetros de soldabilidad adecuados, no se forma un óptimo cordón?

Respuestas

A.- ¿Por qué debemos de dar un precalentamiento al cobre con el equipo de oxiacetileno, en comparacion con otros materiales?

Por que es uno de los metales de mayor conductividad calorifica, requiera de una mayor concentracion de calor para acercarse a su punto de fusion que es de 1083°C

B.- ¿Por qué se utilizó un electrodo de torio en lugar de elegir otro?

La adición de Torio aumenta la capacidad de corriente del electrodo, así como su poder de emisión electrónica. Además, mantiene más frío el extremo del electrodo; facilita el cebado del arco; permite mantener un arco más estable y disminuye el riesgo de contaminación del electrodo ante un eventual contacto con la pieza.

C.- Al soldar explique que es la penetración excesiva y por que resulta este tipo de penetración en la soldadura.

Se caracteriza por exceso de material de soldadura respecto a la cantidad requerida para rellenar la junta, este problema puede ser causado por el uso de una regulación de corriente muy alta. La soldadura se vuelve ancha y plana con pequeñas socavaduras a lo largo del contorno del cordón de soldadura. También, la penetración excesiva puede ser el resultado de un avance demasiado lento, en ambas situaciones, se consume mucho más metal de aportación de lo que se requeriría normalmente.

D.- Explique ¿por qué en algunos casos hay penetración insuficiente de la soldadura?

Se produce cuando la corriente de soldadura está regulada demasiado baja. El cordón de soldadura es angosto y convexo, con muy poco o ningún refuerzo de raíz. El avance demasiado rápido también puede producir penetración insuficiente. En ambos casos puede ocurrir la fusión incompleta a lo largo del contorno de la soldadura.

E.- Diga cuál es la característica principal de porosidad en la soldadura

Las bolsas de gas que se quedan retenidas en la soldadura o abiertas a la superficie se llaman porosidad. Es un problema que generalmente ocurre debido a la protección inapropiada del baño de soldadura, causado por un bajo caudal de gas protector o el uso de gas protector contaminado o incorrecto. En otros casos, este defecto puede deberse al amperaje y velocidad de avance excesivo o metales base contaminados.

F.- ¿Por qué hay inclusiones de tungsteno en la soldadura?

A veces, las partículas de tungsteno quedan retenidas en el depósito de soldadura, éstas se producen al tocar el electrodo contra el depósito de soldadura o varilla de metal de aporte. Por esta razón es necesario limpiar muy bien esta parte y volver a darle forma si se contamina. Las inclusiones también pueden resultar del amperaje excesivo o del ajuste de alta frecuencia y son las causantes de fisuras y agrietamientos.

G.- ¿Por qué en ocasiones hay un desgaste prematuro en el electrodo de tungsteno?

Es prioritario tener cuidado con el deterioro del electrodo que además de ser costoso, afecta la calidad del cordón. Aunque parezca que no se produce ninguna combinación electroquímica entre electrodo y baño, se pueden producir inclusiones de tungsteno en el baño, lo que es causa de múltiples problemas. Por supuesto, debe tenerse en cuenta que el electrodo nunca debe tocar el baño, especialmente en materiales que se combinan fácilmente con el tungsteno, como todos los metales ligeros. El cobre y el acero son, en este sentido, menos sensibles, y pueden cebar el arco tocando el electrodo con la pieza, siempre y cuando no se toque directamente el baño.

H.- ¿Por qué se provoca una distorsión en la soldadura?

La distorsión es una contracción del metal soldado durante la soldadura, de modo que las fuerzas del metal base tiendan a moverse en sentido del cordón de la soldadura. Las posibles causas son; entrada de calor excesivo, una posible solución es colocar pinzas para impedir que se muevan las

placas durante la soldadura o realizar puntos de soldadura a la largo de la pieza antes de realizar los cordones de soldadura.

I.-¿A qué se debe que a pesar de tener todos los parámetros de soldabilidad adecuados, no se forma un óptimo cordón?

Puede deberse a que el electrodo de soldadura no es paralelo, y no cubre el empalme que debe cubrir con el metal base.

Otra característica es que el soldador tiene mano temblorosa y recordemos que los cordones se perfeccionan con la práctica.

5.8 BIBLIOGRAFIA Y CIBERGRAFIA.

1.-Rivas Arias, José María (pág. 197 a 207)

Soldadura eléctrica y sistema TIG y MAG

Madrid: Paraninfo, 1983

2.-Mórela: Sola Pere (pág. 20 a 21)

Soldadura Industrial clases y aplicaciones

Barcelona: Marcombo

Boixare, 1992

3.-Fernando Flores Guillermo

Soldadura y Metalurgia

México: continental, 1970

4.-Seferian, Daniel 1908-1859

Las soldaduras: Técnicas control, soldabilidad de los metales

Bilbao, urno 1965

5.-Henry Horwits, P.E.

Soldadura aplicaciones y práctica (pág. 391 a pág. 396)

Alfaomega 1990

6.-Galvery Marlow

Guía de soldadura para el técnico profesional (pág.1 a pág.29)

Noriega limusa 2007

7.-Owner's manual – **SYNCROWAVE 180 SD-MILLER**-Processes TIG (GTAW) Welding. March 2003

8.-Manual de soldadura (**Welding Handbook**), Vol. 2 Novena edición (Mayo 2009).

CIBERGRAFIA

7.-www.infra.com.mx (consulta: 10-oct-2012 hora: 14:40 hrs)

8.-www.soldadurasmiller.com (consulta: 22-nov-2012 hora 22:10 hrs)

9.-<http://es.scribd.com/doc/7973328/Introduccion-Soldadura-Tig> (consulta: 24.agos-2012 hora 11:45 hrs)

10.-http://www.dirind.com/dim/monografia.php?cla_id=80 (consulta: 03-jul-2012 hora 8:20 hrs)

11.-<http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura> (consulta: 05 jul-2012 hora 10:00 hrs)

CAPÍTULO 6

PRACTICA # 3 SOLDADURA TIG APLICADA AL BRONCE

6.1 OJETIVOS:

Aprender a soldar cobre mediante el método de soldadura TIG.

Conocer las características y parámetros de soldabilidad del cobre, como lo es, la elección del tipo de corriente, amperaje, preparación de las juntas, limpieza de los bordes, acondicionamiento del electrodo, encendido de la máquina, calibración de gas, precalentamiento de las piezas y prueba de soldadura.

6.2 INTRODUCCIÓN:

El procedimiento de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo no consumible, También llamado TIG (Tungsten Inert Gas), utiliza como fuente de energía el arco eléctrico que salta entre un electrodo no consumible y la pieza a soldar, mientras un gas inerte protege el baño de fusión. El material de aportación, cuando es necesario, se aplica a través de varillas como en la soldadura oxiacetilénica.

En la figura 6.1 se muestran los elementos más importantes que intervienen en el proceso.

Algunas de sus principales características son:

- Se puede automatizar el proceso para algunas fabricaciones en serie.
- Su aplicación manual exige una gran habilidad por parte del soldador.
- Puede emplearse en todo tipo de uniones o posiciones y en los materiales más diversos: Aceros al carbono, inoxidable, metales no féreos.

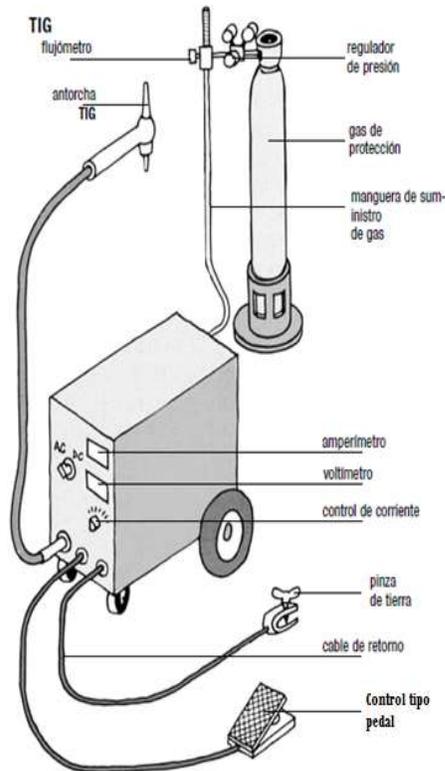


Figura 6.1 Equipo de soldadura TIG

Las soldaduras por sistema TIG son más resistentes, dúctiles y seguras contra la corrosión que las realizadas por los sistemas usuales. Al no ser necesario utilizar decapantes para ningún tipo de material, se evitan las inclusiones de estos y el consecuente peligro de corrosiones en esta zona, así como el trabajo de eliminarlos. Todo el proceso se realiza sin proyecciones, chispas, escoria o humos. Puede emplearse para soldar prácticamente todos los metales que se utilizan en la industria:

- Todos los metales ligeros: aluminio, magnesio y sus aleaciones,...
- Todos los aceros inoxidables (cromo, níquel,... y sus aleaciones).
- Cobre y sus aleaciones.
- Plata y oro.
- Materiales raros (titanio).
- Fundiciones.
- Aceros al carbono.

Al soldar es indispensable evitar que el viento afecte el proceso. Debe ser un trabajo regular y la longitud del arco debe mantenerse constante, es muy importante que el extremo de la varilla de aporte no se salga en ningún momento de la protección del flujo de gas ya que, este extremo se oxidaría y se producirían inevitablemente inclusiones de óxido en el baño. Después de la ejecución de la soldadura, la junta debe limpiarse. Un martilleo en caliente es susceptible de mejorar ligeramente la resistencia mecánica de la junta.

6.3 MATERIAL Y EQUIPO:

- Careta electrónica
- Lentes de seguridad
- Guantes de carnaza
- Peto de carnaza
- Placa de bronce
- Desengrasante
- Cepillo de cerdas metálicas
- Sierra cinta (para cortar las muestras)
- Máquina de soldar TIG con aditamentos (pinza para tierra y cable con conector rápido, antorcha y cable con conector rápido, control tipo pedal con conector rápido).
- Electrodo de Tungsteno con 2% de torio (banda roja).
- Martillo
- Tornillo de banco
- Vernier (pie de rey)
- Lentes para oxicorte
- Boquilla para calentar
- Chispero
- Pirómetro o termómetro digital.
- Tanque de gas argón puro con manómetros previamente instalado a la maquina Syncrowave 180 SD.

Estos elementos, se pueden apreciar en la Figura 6.2

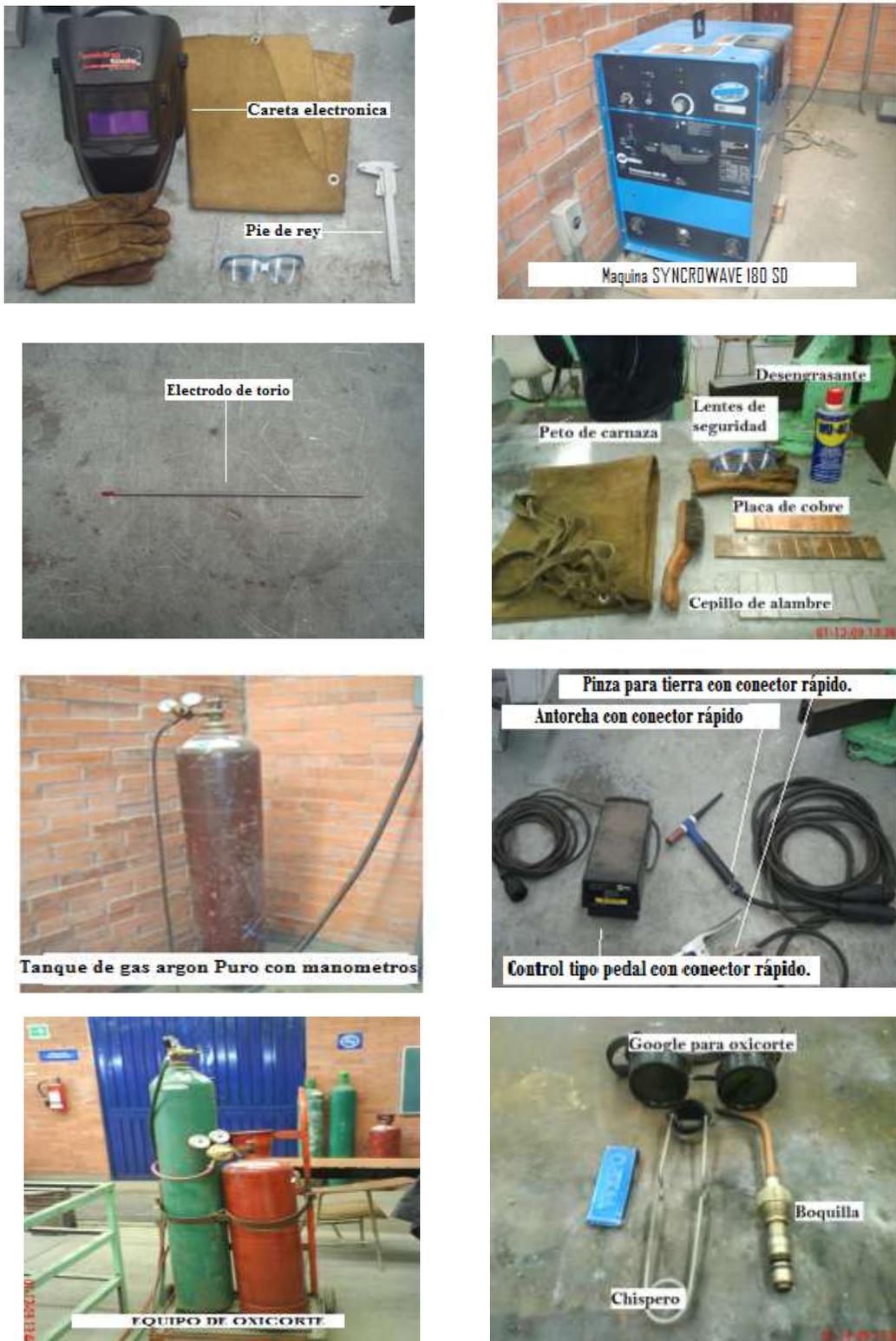


Figura 4.3.1 Equipo necesario para realizar la practica

6.4 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

6.4.1 Acondicionamiento del electrodo

Tomando en cuenta que la elección del electrodo, el tipo de corriente y amperaje dependen del material que se va a soldar, para este caso el electrodo adecuado para el espesor de la placas de acero inoxidable (6 mm), será de un diámetro de 3/32", para usar un rango de amperaje entre 135 a 235 amperes y electrodo negativo con polaridad directa.

Tomamos y nos colocamos los guantes de carnaza, peto y lentes de seguridad, tomamos el electrodo y lo llevamos al disco abrasivo para afilarlo. Figura 6.3



Figura 6.3 Disco abrasivo para desgaste de metales.

El método para devastar se muestra en la figura 6.4, en el cual se indica la forma en que se debe de hacer el desbaste.

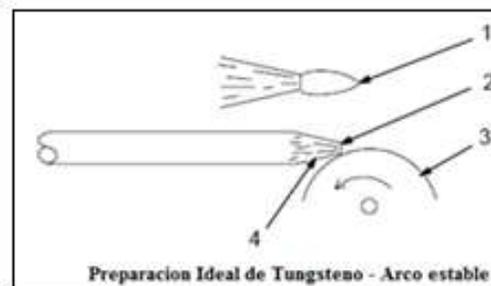


Figura 6.4 Preparación ideal del electrodo de tungsteno

El cono que se desbasta tendrá 2 ½ veces el diámetro del electrodo. El electrodo tiene un diámetro de 3/32 plg y esto equivale a 6 mm, como se observa en la figura 6.5

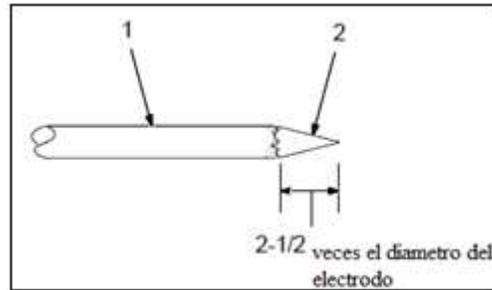


Figura 6.5 Electrodo devastado en forma cónica

Ya teniendo el electrodo afilado se debe de colocar en la antorcha observar Figura 6.6



Figura 6.6 Se observa la antorcha del equipo

Para colocar el electrodo en la posición adecuada tomaremos la antorcha por el mango. Figura 6.7

Aflojar la tapa posterior # 1, sacar el electrodo anterior y colocar el nuevo afilado. Cuidar que el electrodo quede perfectamente colocado dentro de la prensa # 3 y que sobresalga de la boquilla de cerámica # 5.

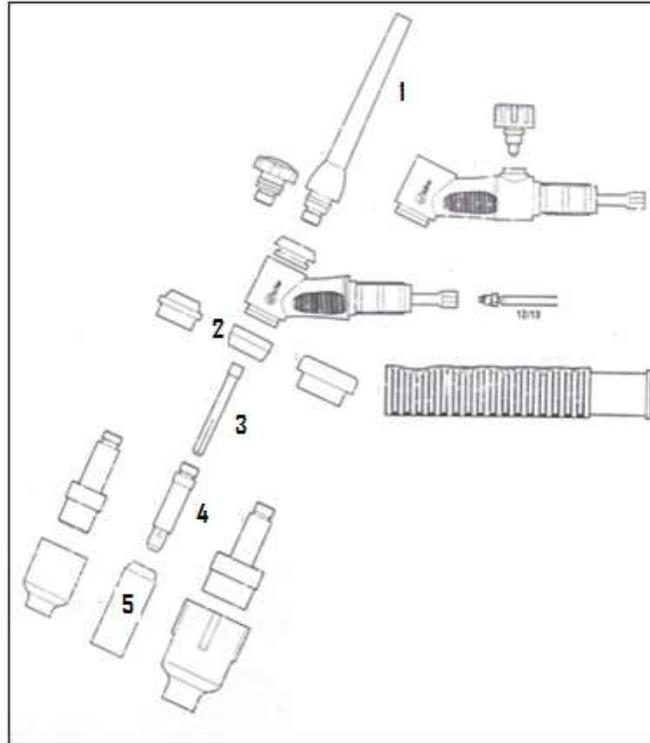


Figura 6.7 Partes y accesorios de la antorcha

Ahora ya tenemos la antorcha armada con su respectivo electrodo. Seguimos con la preparación de las placas de cobre.

6.4.2 Preparación de las placas a soldar

El siguiente paso es cortar las placas de cobre, para hacer nuestras muestras, para el corte y limpieza, no debemos olvidar el equipo de seguridad como goggles, guantes de carnaza y peto.

En caso que el material venga forrado con papel o plástico, debemos de eliminarlo antes de hacer cualquier otro trabajo. Figura 6.8



Figura 6.8 Muestra de bronce sin cortar

Medimos y cortamos el material cuidando que sean por partes iguales y en número par, ya cortadas eliminar rebabas y hacer la limpieza Figura 6.9



Figura 6.9 Muestras cortadas

6.4.3 Calibración del gas a soldar

Hacemos la verificación del tanque de gas de protección, debemos verificar que el tanque se encuentre en buenas condiciones y observar que la válvula del tanque no esté rota o esté abierta, los manómetros no estén golpeados o rotos y la manguera que va del tanque a la maquina no esté machucada o rota. Figura 6.10



Figura 6.10 Tanque de gas argón

Nos colocamos frente a los manómetros y abrimos la valvula del tanque de gas, girando dos vueltas completas de forma lenta en sentido antihorario, el manometro de alta presion nos indicara la presion total del tanque (esta presion varia dependiendo del llenado de gas). Figura 6.11

Posteriormente se abre la valvula de mariposa lentamente en sentido de las manecillas del reloj, para calibrar la salida del gas para la antorcha, calibrandolo a $20 \frac{ft^3}{min}$ que es equivalente a $566 \frac{lbs}{min}$.



Figura 6.11 Calibrando los manómetros de gas argón

6.4.4 Calibración de equipo de oxiacetileno

Ahora hacemos la calibración del equipo de oxicorte, que se usara para preparar las placas por medio de un precalentamiento, verificar que los tanques se encuentren en buenas condiciones y observar que las válvulas, al igual que los manómetros, no estén golpeados, machucados o rotos, también que las mangueras que van del tanque a la boquilla no estén rotas o machucadas. Figura 6.12

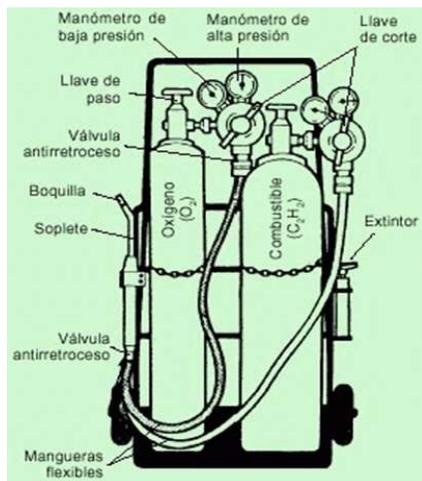


Figura 6.12 Equipo de Oxiacetileno

Nos colocamos frente a los manómetros del tanque de oxígeno, abrimos la válvula del tanque, girando $\frac{3}{4}$ de vuelta de forma lenta en sentido antihorario, el manómetro de alta presión nos indicara la presión total del tanque. Figura 6.13



Figura 6.13 Manómetros del tanque de oxígeno

Abrir la válvula de mariposa lentamente en sentido de las manecillas del reloj, para calibrar la salida de oxígeno hacia el soplete Figura 6.14, calibrándolo a $2.5 \frac{kg}{cm^2}$ (250kpa o 40 PSI).

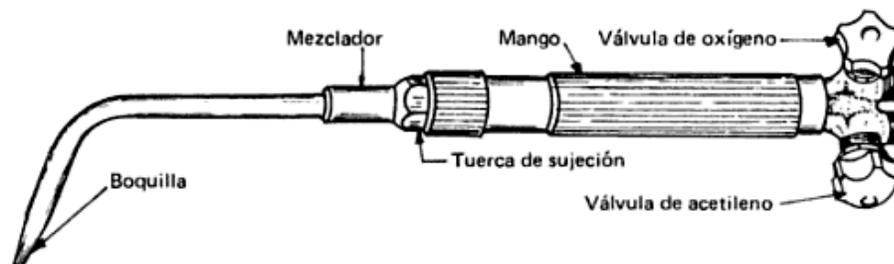


Figura 6.14 Partes principales del soplete de oxiacetileno

Ahora nos colocamos frente a los manómetros del tanque de gas acetileno y abrir la válvula media vuelta de forma lenta en sentido antihorario, el manómetro de alta presión nos indicara la presión total del tanque. Figura 6.15



Figura 6.15 Calibrando los manómetros de gas acetileno

Ahora abrir la valvula de mariposa lentamente en sentido de la manecillas del reloj, para calibrar la salida del gas acetileno, calibrandolo a una presion de $0.2 \frac{kg}{cm^2}$ (3 PSI).^{15, 16}

6.4.5 Conexión y ensamble de la maquina Syncrowave 180 SD

La figura 6.16 muestra la maquina SYNCROWAVE, sin cables.



Figura 6.16 Vista frontal de la Syncrowave 180 SD

¹⁵ Henry Horwits, P.E. (pág. 391 a pág. 396) Soldadura aplicaciones y práctica Alfaomega 1990

¹⁶ Galvery Marlow. Guía de soldadura para el técnico profesional (pág.1 a pág.29) Noriega limusa 2007

Antes de hacer cualquier conexión debemos de verificar que el interruptor general este en posición off y que la maquina este apagada. Figura 6.17



Figura 6.17 Interruptor general de alimentación



Figura 6.18 Conexión de aditamentos a la maquina SYNCROWAVE 180 SD

Tomando estas consideraciones de seguridad, lo que haremos será colocar los elementos de la Syncrowave 180 SD, cable de tierra con pinza y conector rápido, control tipo pedal con cable y porta electrodo con conector rápido figura 6.18

6.4.6 Encendido de la máquina

Antes de realizar cualquier soldadura, se colocan los parámetros iniciales de la maquina Syncrowave 180 SD, Para encender el equipo TIG, nos dirigimos al interruptor general y encendemos. Figura 6.19



Figura 6.19 Encendiendo el interruptor general.

Ahora encendemos la maquina Syncrowave 180 SD. Suba el interruptor de encendido, colocado del lado izquierdo Figura 6.20

Colocarnos frente de la maquina, se elige primero el botón de proceso de soldadura TIG, después elegimos la palanca de selección de salida, con el tipo de polaridad corriente directa con electrodo negativo (CDEP), se ajusta el amperaje necesario con la perilla de ajuste de amperaje y se guardan los cambios presionando el control tipo pedal. Figura 6.21



Figura 5.20 Encendiendo la planta de soldar

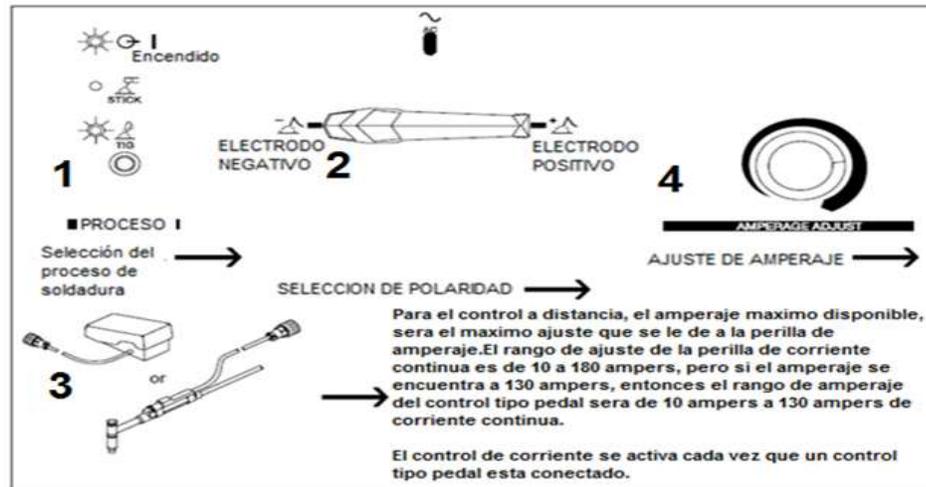


Figura 6.21 Pasos a realizar para un ajuste con soldadura TIG

6.4.7 Soldadura de las piezas

Colocar en la mesa de trabajo dos piezas, de manera que se encuentren alineadas para soldar a tope Figura 6.22

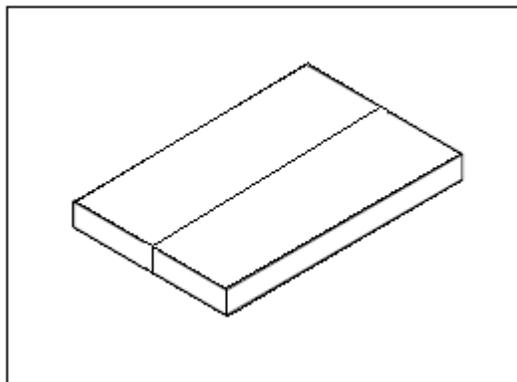


Figura 6.22 Muestra de dos placas a tope

Ahora debemos encender el equipo de acetileno:

Tomamos el soplete. Tiene dos valvulas: una para suministrar oxígeno y otra para acetileno como se muestra en la figura 6.23

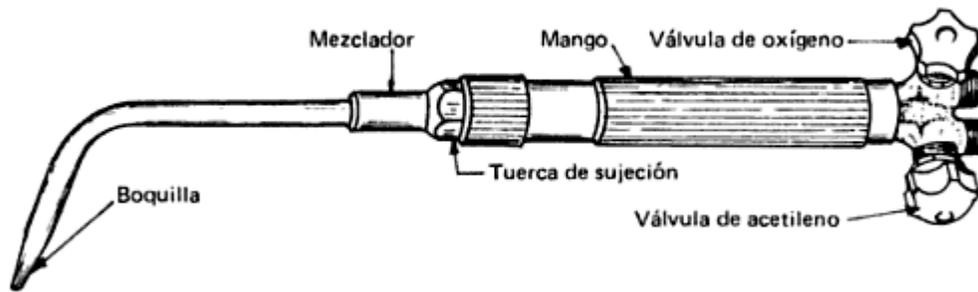


Figura 6.23 Vista clasica de un soplete para equipo de acetileno

Abrir la valvula de acetileno 1/16 de vuelta, con el encendedor de chispa, encender el gas que sale de la boquilla, esta flama es de color naranja, la flama se ve de forma similar a la figura 6.24



Figura 6.24 Flama de acetileno

Ahora abrir la valvula del acetileno hasta que la flama deje de humear y se aleje de la boquilla aproximadamente 1/16 plg. Cerrar gradualmente la valvula hasta que la flama vuelva a tocar la punta de la boquilla. Figura 6.25



Figura 6.25 Flama carburizante o con exceso de acetileno

Abrir lentamente la valvula de oxigeno hasta que el color de flama sea color purpura y comience a formarse un cono blanco en su interior, Si se suministra mas oxigeno el cono interno sera mucho mas liso y adquiere un contorno bien definido. Ahora la flama se volvera neutra Figura 6.26

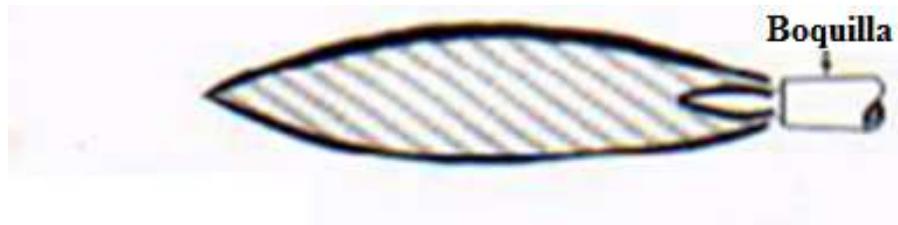


Figura 6.26 Flama neutra

Acercar la boquilla a las placas alineadas para calentar de manera uniforme, con el pirómetro medimos el incremento de la temperatura y retiramos la flama cuando tengamos 300°C , en las placas¹⁷. Figura 6.27



Figura 6.27 Tomando lecturas de temperatura

Se toma la antorcha TIG, se acerca a las placas aproximadamente a una distancia de 2 a 5 mm aproximadamente y dar un ángulo de 10° a 30° Figura 5.28 y Figura 5.29 , teniendo ya estos parámetros, pisar el control tipo pedal para que se genere el arco eléctrico. Tenemos que considerar que para la primera muestra, el ajuste se hará de tal forma que se aplique el menor amperaje posible, después irlo incrementando para las muestras restantes, esto se lograra variando el amperaje por medio de la perilla de ajuste.

¹⁷ Henry Horwits, P.E. Soldadura aplicaciones y práctica (pág. 396) Alfaomega 1990

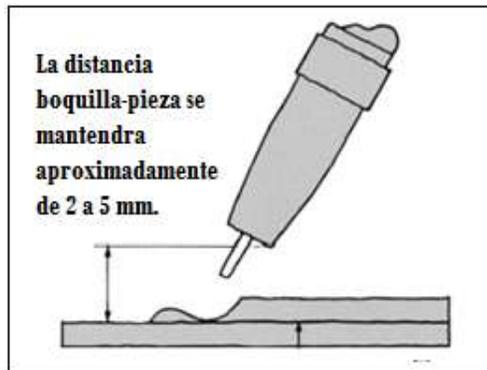


Figura 6.28 Distancia entre boquilla y pieza para soldar

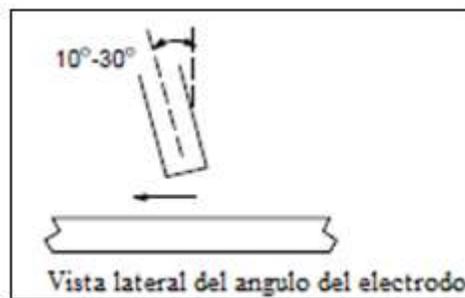


Figura 6.29 Ángulo para realizar la soldadura

Mantenga el electrodo en esa posición, hasta que se forme una gota de material fundido, ya que encuentre la gota, haga una serie de pequeños círculos para puntear las muestras Figura 6.30

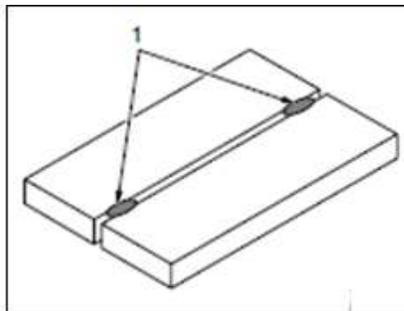


Figura 6.30 Figura de dos placas soldadas a tope con dos puntos de soldadura

Repetir el proceso, siguiendo ahora una dirección de derecha a izquierda o de izquierda a derecha, para realizar el cordón de las placas a tope.

Se harán los mismos pasos, cambiando el amperaje en cada una de las placas a soldar. La Figura 6.31 y Figura 6.32 muestran el momento en que se están soldando las placas,



Figura 6.31 Soldando las placas de cobre



Figura 6.32 Terminando de soldar las placas

Las muestras soldadas se pondrán en la mesa de trabajo para su análisis. Figura 6.33

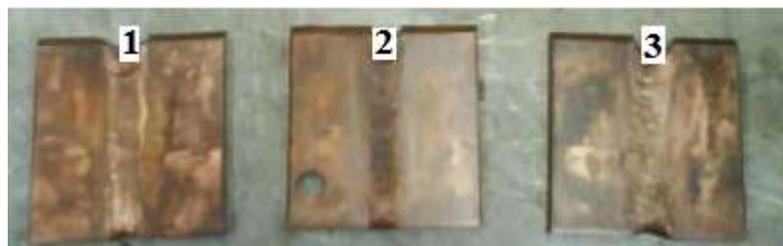


Figura 6.33 Piezas finalmente soldadas.

Despues de soldar las placas, se obtienen los datos siguientes, que se muestran en la tabla 3

Muestra #	Tipo de Material	Temperatura inicial	Temperatura final	Espesor	Amperaje(I)
1	Bronce	300°C	320°C	6 mm	160
2	Bronce	320°C	380°C	6 mm	170
3	Bronce	340°C	400°C	6 mm	180

Tabla 3. Resultados de las placas soldadas

6.4.8 Apagar el equipo de acetileno y equipo de soldadura

Primero apagar el equipo de acetileno:

Cerrar la válvula de acetileno del soplete, inmediatamente cerraremos la válvula de oxígeno del soplete, ahora cerramos la válvula del cilindro de acetileno y del oxígeno.

Abrir la válvula de acetileno del soplete, para liberar la presión, aflojamos el tornillo de mariposa del regulador de acetileno girándolo en sentido contrario al de las manecillas del reloj y cerramos la válvula de acetileno del soplete. Se hace el mismo procedimiento para el tanque de oxígeno.

Apagando el equipo TIG

Primero cerraremos la válvula del cilindro de argón, después pisar el interruptor de pie, para purgar el gas de la línea, aflojar el tornillo de regulación, girándolo en sentido contrario al de las manecillas del reloj.

Apagamos la maquina Syncrowave 180 SD, des energizamos el interruptor general, quitamos los aditamentos de la máquina y por último se retira el electrodo de la antorcha.

6.5 PRUEBA DE SOLDADURA

Se debe hacer una prueba a las placas para verificar que se realizó una buena soldadura como se muestra en la Figura 6.34 y Figura 6.35

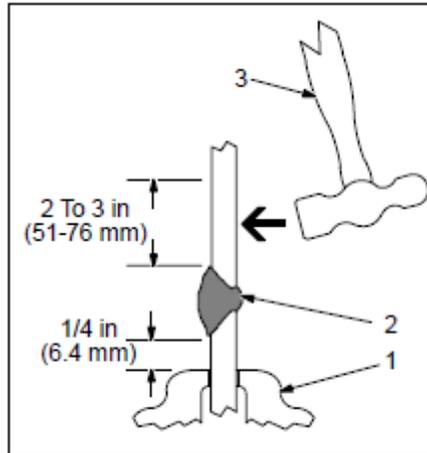


Figura 6.34 Prueba de resistividad de la soldadura

Para lo cual debemos contar con:

- 1.-Tornillo de banco
- 2.-La placa debidamente soldada
- 3.-Martillo

Una buena soldadura puede doblarse pero no se rompe. La prueba debe de hacerse tal y como se muestra, con el cordón del lado contrario de donde se golpeará con el martillo y tomando una distancia de $\frac{1}{4}$ pulg, que será de la tenaza del banco al cordón de soldadura y de la parte superior al cordón; la distancia que se tomara será de 2 a 3 pulg.



Figura 6.35 Realizando la prueba de resistencia de la soldadura

6.6 CONCLUSIONES



Para la muestra soldada a tope #1, que se realiza con una temperatura de 300 °C y un amperaje de 160 amperes, se observa un cordón de buena apariencia y uniforme, la penetración es buena, no presenta deformación ni porosidad, no se observa deformidad en las placas y al realizarse la prueba de resistividad no presenta desviación al impacto del martillo.

La muestra soldada a tope # 2, que se realizó a una temperatura de 320 °C y un amperaje de 170 amperes, se observa un cordón de buena apariencia, uniforme, buena penetración, no presenta porosidad, al realizar la prueba de resistividad no presenta deformación.

Para el caso de la muestra soldada a tope # 3, que se soldó a una temperatura inicial de 340 °C y un amperaje de 180 amperes, muestra un cordón más grueso, muestra una penetración excesiva, no presenta porosidad, al presentar la prueba de resistividad no sufre deformación alguna.

Observamos que las dos primeras muestras tienen soldaduras muy similares, en comparación de la soldadura a tope # 3, que aparentemente se realizó con un precalentamiento mucho mayor y un amperaje mal alto, obteniendo con esto una soldadura excesiva, lo recomendable para la muestra #3, será no precalentar en exceso el material, para evitar tener calor excesivo a la hora de soldar.

6.7 CUESTIONARIO FINAL-Preguntas

A.- Además de la soldadura a tope, mencione otros tipos de soldaduras que se pueden realizar por medio de la soldadura Tig

B.- Además del gas argon que otros gases pueden usarse para este tipo de soldadura

C.- Explique cuál es la diferencia de usar corriente continua con polaridad directa y corriente continua con polaridad inversa

D.- Comente cuando se debe utilizar la corriente alterna y mencione sus características principales

E.- ¿En el equipo de acetileno por qué se debe usar una flama neutra y no otro tipo de flama?

F.- ¿Cuál es la parte más caliente de una flama neutral?

G.- ¿Cuál es el propósito de los reguladores de presión?

H.- ¿Por qué es importante purgar por separado cada manguera de gas y no simultáneamente?

Respuestas

A.- Además de la soldadura a tope, mencione otros tipos de soldaduras que se pueden realizar por medio de la soldadura Tig

La union T, la union a traslape, La union en esquina, la union en bisel, la union en V, la union en J, la union en U, la union en doble bisel, filete doble, la union en surco.

B.- Además del gas argon que otros gases pueden usarse para este tipo de soldadura

CO₂, Argon mas CO₂, Argón mezclado con pequeñas cantidades de otros gases (CO₂, O₂, He, H₂) y Helio.

C.- Explique cuál es la diferencia de usar corriente continua con polaridad directa y corriente continua con polaridad inversa

Al utilizar corriente continua, con polaridad directa, se tiene menor calentamiento en la pieza de trabajo y uno mayor en el electrodo. • *Corriente Continua, Polaridad Inversa:* En la polaridad inversa, el electrodo se encuentra a potencial positivo respecto a la pieza, conectada ésta al polo negativo, lo que quiere decir que la relación de corriente es mayor en la pieza de trabajo, la pieza se calienta el 30 por ciento y el electrodo un 70 por ciento; las intensidades oscilan entre 5 y 60 Amperios. Por lo que en este método, deben considerarse dos consecuencias importantes: el baño de fusión es mayor pero la penetración es poca y ancha y, se produce un efecto de descontaminación, ya que los electrones que salen de la pieza, rompen la película de óxidos y acorralan las impurezas a un lado. En la práctica, el método de la polaridad inversa no tiene mucha aplicación; sólo en casos excepcionales para soldar chapas muy finas de magnesio, en las que no se requiere de altas temperaturas.

D.- Comente cuando se debe utilizar la corriente alterna y mencione sus características principales

Se diferencia de la directa por el cambio constante de polaridad que efectúa por cada ciclo de tiempo. La característica principal es que durante un periodo de tiempo, un polo es negativo y el

otro positivo, mientras que en el instante siguiente las polaridades se invierten tantas veces como ciclos por segundo o hertz posea esa corriente. Sin embargo, aunque se produzca un constante cambio de polaridad, la corriente siempre fluirá del polo negativo al positivo.

El método de corriente alterna es especialmente útil para materiales de espesores delgados. La corriente alterna provee un calor uniforme que reduce la posibilidad de perforación por fusión o la producción de agujeros en la soldadura; también reduce el riesgo de curvatura común en los metales delgados. Por los lapsos del nivel de corriente en que ocurre el derretimiento y fusión del metal de soldadura, éste tiene la posibilidad de solidificarse. En el caso específico del aluminio es recomendable utilizar la corriente alterna.

E.- ¿En el equipo de acetileno por qué se debe usar una flama neutra y no otro tipo de flama?

Por ejemplo si tomáramos de referencia una flama oxidante contiene más oxígeno que puede quemar, el oxígeno no utilizado se combina con el carbono procedente del metal a calentar y se convierte en dióxido de carbono, como resultado de esto el material sufre de disminución de resistencia mecánica y aumenta su fragilidad.

En el caso de la flama carburante contiene más acetileno del que se puede quemar el carbono no quemado del acetileno se añade al charco de soldadura, provocando la aparición de burbujas de gas en la soldadura, Cuando la soldadura se solidifica, estas burbujas provocan porosidad.

F.- ¿Cuál es la parte más caliente de una flama neutra?

La parte más caliente de la flama se encuentra un poco más adelante del cono interior.

El cono interior es la zona donde se quema la mezcla óptima de oxígeno y acetileno.

G.- ¿Cuál es el propósito de los reguladores de presión?

Los reguladores de presión la alta presión a la que vienen envasados los gases y realizan el cambio de entregarlos a baja presión que requiere el soplete para funcionar correctamente, además la presión en el cilindro cae a medida que se consume el gas, el regulador permite

mantener la presión constante requerida por el soplete, incluso si la presión en el interior del cilindro cae demasiado.

H.- ¿Por qué es importante purgar por separado cada manguera de gas y no simultáneamente?

Deben prevenirse todas las posibilidades de que los gases entren en la manguera o al regulador equivocado, ya que esto podría ocasionar una explosión.

¿Cuál es el código de solo de las mangueras para gas?

Las mangueras del equipo para soldar o cortar con acetileno, argón y oxígeno tienen el siguiente código de color: roja para el acetileno, verde o negro para el oxígeno y naranja para el argón.

6.8 BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA

1.-Rivas Arias, José María (pág. 197 a 207)

Soldadura eléctrica y sistema TIG y MAG

Madrid: Paraninfo, 1983

2.-Mórela: Sola Pere (pág. 20 a 21)

Soldadura Industrial clases y aplicaciones

Barcelona: Marcombo

Boixare, 1992

3.-Fernando Flores Guillermo

Soldadura y Metalurgia

México: continental, 1970

4.-Seferian, Daniel 1908-1859

Las soldaduras: Técnicas control, soldabilidad de los metales

Bilbao, urno 1965

5.-Henry Horwits, P.E.

Soldadura aplicaciones y práctica (pág. 391 a pág. 396)

Alfaomega 1990

6.-Galvery Marlow

Guía de soldadura para el técnico profesional (pág.1 a pág.29)

Noriega limusa 2007

7.-Owner´s manual – **SYNCROWAVE 180 SD-MILLER**-Processes TIG (GTAW) Welding.
March 2003

8.-Manual de soldadura (**Welding Handbook**), Vol. 2 Novena edición (Mayo 2009).

CIBERGRAFIA

7.-www.infra.com.mx (consulta: 10-oct-2012 hora: 14:40 hrs)

8.-www.soldadurasmiller.com (consulta: 22-nov-2012 hora 22:10 hrs)

9.-<http://es.scribd.com/doc/7973328/Introduccion-Soldadura-Tig> (consulta: 24.agos-2012 hora 11:45 hrs)

10.-http://www.dirind.com/dim/monografia.php?cla_id=80 (consulta: 03-jul-2012 hora 8:20 hrs)

11.-<http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura> (consulta: 05 jul-2012 hora 10:00 hrs)

CONCLUSIONES FINALES

De acuerdo a lo realizado en el presente trabajo, el manejo con la maquina Syncrowave 180 SD, se puede saber que la maquina es adecuada para soldar placas de diversos materiales, siendo esto una gran ventaja, ya que no solo nos podemos enfocar a soldar acero inoxidable, cobre, bronce, si no que podemos experimentar con muchos más materiales y hacer mas trabajos de este tipo.

El presente trabajo sustenta el conocimiento que puede llevar a la industria y capacitar a gente que aun no conoce este método de soldadura TIG.

Se aprendió cuáles son sus parámetros de uso, también se aprendió a preparar un electrodo de tungsteno para obtener una buena soldadura, aprendimos a conectar cada componente del equipo TIG, calibramos los manómetros de gas argón, de oxigeno y de acetileno.

Se soldaron las piezas conforme a las técnicas descritas y se llego a la conclusión de que las tres muestras analizadas fueron exitosas, debido a que se realizaron las pruebas de soldadura lo mejor adecuado a la teoría que se estudio en los tres primeros capítulos de este trabajo.

Podemos decir que sería mucho mejor realizar una prueba de forma macroscópica, en las placas previamente soldadas, para asegurarnos si tenemos una buena soldadura

El trabajo cumple con los requerimientos básicos, para aprender a soldar TIG y técnicamente describir en que se fundamenta este proceso y llevarlo a la práctica si así se requiera.

En la industria alimenticia se usa mucho este tipo de soldadura, por su estética y por la limpieza con que se sueldan los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

1.-Rivas Arias, José María (pág. 197 a 207)

Soldadura eléctrica y sistema TIG y MAG

Madrid: Paraninfo, 1983

2.-Mórela: Sola Pere (pág. 20 a 21)

Soldadura Industrial clases y aplicaciones

Barcelona: Marcombo

Boixare, 1992

3.-Fernando Flores Guillermo

Soldadura y Metalurgia

México: continental, 1970

4.-Seferian, Daniel 1908-1859

Las soldaduras: Técnicas control, soldabilidad de los metales

Bilbao, urno 1965

5.-Henry Horwits, P.E.

Soldadura aplicaciones y práctica (pág. 391 a pág. 396)

Alfaomega 1990

6.-Galvery Marlow

Guía de soldadura para el técnico profesional (pág.1 a pág.29)

Noriega limusa 2007

7.-Owner´s manual – **SYNCROWAVE 180 SD-MILLER**-Processes TIG (GTAW) Welding.
March 2003

8.-Manual de soldadura (**Welding Handbook**), Vol. 2 Novena edición (Mayo 2009).

CIBERGRAFIA

7.-www.infra.com.mx (consulta: 10-oct-2012 hora: 14:40 hrs)

8.-www.soldadurasmiller.com (consulta: 22-nov-2012 hora 22:10 hrs)

- 9.-<http://es.scribd.com/doc/7973328/Introduccion-Soldadura-Tig> (consulta: 24.agos-2012 hora 11:45 hrs)
- 10.-http://www.dirind.com/dim/monografia.php?cla_id=80 (consulta: 03-jul-2012 hora 8:20 hrs)
- 11.-<http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura> (consulta: 05 jul-2012 hora 10:00 hrs)