



INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA
PASCUAL BRAVO®

**ACONDICIONAMIENTO DE CORTADORA OXIACETILENICA
PARA AUTOMATIZACION DE SOLDADURA MIG**

Mateo Zapata Sánchez

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Tecnólogo en Mecánica Industrial

Asesor:

Sebastián Andrés Romo Arango

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA
MEDELLÍN
2022

TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	4
2.	Identificación y descripción del problema	5
3.	Justificación	6
3.1.	Necesidad Industrial:	6
3.2.	Relevancia Académica:	6
3.3.	Beneficios Sociales y Económicos:	6
3.4.	Contribución al Desarrollo Tecnológico:	7
4.	Marco conceptual	8
4.1.	Proceso de soldadura por arco de metal protegido	8
4.2.	Proceso:	8
4.3.	Manufactura aditiva de aceros al carbono con MIG	9
4.3.1.	Proceso	10
4.4.	Soldadura de aceros al carbono con MIG:	11
4.4.1.	¿Qué es el acero al carbono?	11
4.4.2.	Tipos de acero al carbono:	11
4.4.3.	Soldadura MIG y TIG	12
4.5.	Defectos y problemas de soldadura	12
4.5.1.	Fenómenos de craqueo:	12
4.5.2.	Porosidad e inclusiones	12
4.5.3.	Cracking inducido por hidrógeno	13
4.6.	Que es el modo de corto circuito:	13
4.6.1.	Ventajas	13
4.6.2.	Desventajas	13

5.	Objetivos del trabajo de grado	14
	Objetivo general	14
	Objetivos específicos	14
6.	Metodología	16
6.1.	Materiales	16
6.1.1.	Material base	16
6.1.2.	Accesorios soldadura	16
6.1.3.	Material de aporte	16
6.2.	Sistema de desplazamiento automático	19
6.2.1.	Proceso de sistema de corte	19
6.3.	Equipo MIG	21
6.4.	Experimentos de soldadura	23
7.	Resultados	24
7.1.	Adaptación del sistema de soldadura para la realización de soldaduras semiautomatizadas	Error! Bookmark not defined.
7.1.1.	Adaptación del sistema de corte	Error! Bookmark not defined.
7.1.2.	Adaptación de la antorcha de soldadura	25
7.2.	Experimentos realizados	Error! Bookmark not defined.
8.	Bibliografía	37

1. Introducción

En la era actual de la fabricación industrial, la automatización se ha convertido en un pilar fundamental para mejorar la eficiencia, la precisión y la calidad en diversos procesos. Entre estos procesos, la soldadura emerge como un área de interés destacada, donde la aplicación de tecnologías automatizadas ha revolucionado tanto la producción en masa como la fabricación personalizada. En este contexto, la soldadura MIG (Metal Inert Gas) se erige como una técnica líder que ha experimentado una transformación significativa gracias a la automatización.

La soldadura MIG, también conocida como soldadura de arco con gas inerte metálico, se caracteriza por su versatilidad, velocidad y calidad en la unión de metales. Este proceso implica la utilización de un electrodo consumible continuo y un gas inerte que protege el baño de fusión de contaminantes atmosféricos, garantizando soldaduras limpias y fuertes. Sin embargo, la implementación manual de la soldadura MIG puede presentar limitaciones en términos de consistencia, velocidad y seguridad.

Es en este contexto donde la automatización entra en juego, ofreciendo soluciones innovadoras que optimizan el proceso de soldadura MIG en términos de precisión, repetibilidad y eficiencia. Mediante el uso de robots industriales, sistemas de visión artificial y software avanzado de control, las empresas pueden lograr una producción automatizada que garantice una calidad uniforme en cada soldadura, reduciendo los tiempos de ciclo y minimizando el riesgo de defectos.

Esta introducción ofrece un vistazo inicial a la intersección entre la automatización del proceso de soldadura y la soldadura MIG, mediante la adaptación de un equipo de soldadura MIG y una cortadora de acetileno, para la automatización del proceso y mejorar la eficiencia y resistencia de los cordones aplicados.

2. Identificación y descripción del problema

La soldadura MIG es muy común en la industria por su eficacia y flexibilidad. A pesar de ello, la soldadura manual depende en gran medida de la labor del operario, lo que puede generar disparidades en la calidad debido a aspectos como el cansancio, la destreza del operador y las diferencias en la configuración de los parámetros de soldadura.

El foco principal de esta investigación es la carencia de independencia en los procesos de soldadura MIG, lo cual puede provocar irregularidades en la calidad del producto final y una utilización ineficiente de los recursos humanos. La soldadura manual también conlleva riesgos en entornos laborales desafiantes, como altas temperaturas o espacios reducidos.

La necesidad de una solución surge de la aspiración por mejorar la calidad y uniformidad de las soldaduras, así como de optimizar los recursos humanos y materiales. La adopción de un sistema de soldadura autónomo podría afrontar estos problemas al eliminar la influencia humana y permitir la producción continua y uniforme de soldaduras de alta calidad.

No obstante, para implementar con éxito la soldadura autónoma, se requiere resolver varios desafíos técnicos, tales como el diseño e integración de sistemas de automatización, la optimización de los parámetros de soldadura y la validación de la calidad de las soldaduras producidas de manera autónoma en comparación con las realizadas manualmente.

En síntesis, el desafío central radica en la mejora de la eficiencia, calidad y seguridad en los procesos de soldadura MIG mediante la adopción de sistemas de soldadura autónomos. Esta investigación busca desarrollar y evaluar una solución que aborde estos desafíos y sienta las bases para futuras mejoras en la industria de la soldadura.

3. Justificación

La soldadura MIG es un proceso fundamental en numerosas industrias, desde la fabricación de automóviles hasta la construcción de estructuras metálicas. Sin embargo, la dependencia de la soldadura manual puede conducir a inconsistencias en la calidad, riesgos para la seguridad y una utilización subóptima de los recursos humanos.

La automatización de los procesos de soldadura MIG representa una solución prometedora para abordar estos desafíos al eliminar la variabilidad humana y mejorar la eficiencia y la calidad del proceso. Esta tesis se justifica por las siguientes razones:

3.1. Necesidad Industrial:

La implementación de sistemas de soldadura autónomos tiene el potencial de mejorar la eficiencia y la calidad del producto final en diversas industrias.

La demanda de soluciones automatizadas en la soldadura está en aumento debido a la búsqueda de procesos más eficientes y seguros.

3.2. Relevancia Académica:

La investigación en sistemas de soldadura autónomos contribuirá al avance del conocimiento en el campo de la ingeniería de fabricación y la automatización industrial.

La optimización de parámetros de soldadura y la comparación entre soldaduras autónomas y manuales proporcionarán información valiosa para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas.

3.3. Beneficios Sociales y Económicos:

La implementación exitosa de sistemas de soldadura autónomos puede mejorar la seguridad en el lugar de trabajo al reducir la exposición del personal a entornos peligrosos.

La mejora en la calidad de las soldaduras puede conducir a una mayor durabilidad y confiabilidad de los productos, lo que beneficia tanto a los fabricantes como a los consumidores.

3.4. Contribución al Desarrollo Tecnológico:

El desarrollo de sistemas de soldadura autónomos representa un paso hacia la adopción de tecnologías avanzadas en la fabricación, como la robótica y la inteligencia artificial.

La investigación en este campo puede abrir nuevas oportunidades para la aplicación de la automatización en otros procesos industriales.

En resumen, esta tesis aborda un problema relevante y actual en la industria de la soldadura, ofreciendo una oportunidad para desarrollar soluciones innovadoras que beneficien tanto a la industria como a la sociedad en general. Su realización contribuirá al avance del conocimiento y al desarrollo de tecnologías que impulsen la eficiencia, la calidad y la seguridad en los procesos de fabricación.

4. Marco conceptual

4.1. Proceso de soldadura por arco de metal protegido

La soldadura *MIG/MAG* (*Metal Inert Gas* o *Metal Active Gas*, dependiendo del gas que se inyecte también denominada *GMAW* (*Gas Metal Arc Welding* o «soldadura a gas y arco metálico») es un proceso de soldadura por arco bajo gas protector con electrodo consumible. El arco se produce mediante un electrodo formado por un hilo continuo y las piezas a unir, quedando este protegido de la atmósfera circundante por un gas inerte (soldadura MIG) o por un gas activo (soldadura MAG). Es un soldeo por fusión por arco que utiliza un alambre electrodo macizo, en el cual el arco y el baño de soldadura se protegen de la atmósfera por medio de gas suministrado por una fuente externa. Este proceso se utiliza generalmente para unir piezas de acero inoxidable o aleaciones de aluminio. Se debe utilizar un tipo de gas de protección apropiado en función del metal que se vaya a soldar.) (Codinter, 2024)

4.2. Proceso:

La soldadura MIG es una técnica versátil adecuada para componentes de sección gruesa y delgada. Durante el proceso, un arco eléctrico funde la superficie de los materiales base (materiales o piezas de trabajo que van a soldar) para formar un baño de fusión que luego se enfría para formar una unión fuerte y unir los metales.

Durante la soldadura, el soldador suministra continuamente un electrodo de alambre calentado consumible y gas de protección a través de un soplete de soldadura. Para llevar a cabo el proceso de soldadura, el alambre del electrodo se carga positivamente y se conecta a una fuente de alimentación eléctrica para suministrar un voltaje constante. También puede utilizar un sistema de corriente continua y corriente alterna.

Para iniciar el proceso de soldadura, el electrodo de alambre se pone en contacto con el área de las piezas de trabajo donde se va a realizar la soldadura. Esto genera un arco eléctrico entre la punta del electrodo y la superficie metálica. El calor del arco eléctrico funde tanto la superficie metálica como el electrodo de alambre para formar un baño de fusión. El baño de fusión se enfría para formar una unión de soldadura fuerte. Se suministra un gas de protección que sale por la boquilla del soplete de soldadura, junto con el electrodo, para proteger el baño de fusión de la humedad y los contaminantes presentes en el aire. La selección del gas de protección depende del metal que se va a soldar y de la aplicación. Durante el proceso de soldadura, el soldador va moviendo el soplete de soldar a lo largo de la línea de unión del área de soldadura.

El electrodo de alambre puede ser sólido o tubular con un diámetro que oscila entre 0,6 mm y 1,6 mm. Sirve como fuente de calor (a través de un arco eléctrico en la punta de contacto) y como metal de relleno para la unión por soldadura. El alambre se funde y se utiliza en el proceso de soldadura como electrodo consumible. Durante la soldadura, se suministra alambre a través de la punta de contacto del soplete (tubo de contacto de cobre) que conduce la corriente de soldadura al electrodo de alambre. (Arco, s.f.)

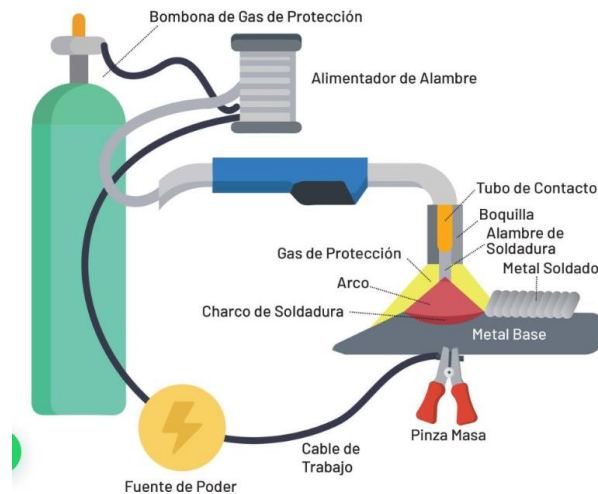


Figura 1. Esquema de un equipo de soldadura MIG. Fuente:

Que variables tiene el proceso:

Tenemos 3 variables principales las cuales son las que nos ayudan a automatizar este proceso de soldadura MIG.

La implementación de la cortadora oxiacetilénica. La cual nos va brindar la posibilidad de regular una velocidad de avance, regular una altura entre el material base y el material de aporte y lo más importante la sujeción de la pistola de aporte del material gracias a un mecanismo (rotula) que se mostrara en la Figura 5.

4.3. Manufactura aditiva de aceros al carbono con MIG

Mediante un proceso de deposición MIG/MAG se establece un arco eléctrico entre el electrodo, que tiene forma de hilo continuo, y la pieza a generar. En este proceso la protección del arco como del deposito de metal se lleva a cabo mediante un gas, que puede ser activo (MAG) o inerte (MIG).

El proceso MIG/MAG ofrece ventajas respecto al procedimiento de electrodo revestido. Entre ellas cabe resaltar la mayor productividad que se obtiene, debido a que se eliminan los tiempos muertos empleados en reponer los electrodos consumidos. Se estima que para

el procedimiento usando electrodo revestido, el hecho de desechar la última parte del electrodo antes de reponerlo por otro, más el consiguiente proceso de establecimiento (cebado) del arco, hace que solo el 65% del material sea depositado, el resto son pérdidas. Sin embargo, el empleo de hilo continuo en forma de bobina, tanto del tipo sólidos como tubulares, como material de aportación para el procedimiento MIG/MAG aumenta el porcentaje de eficiencia hasta el 80-90% además, al disminuir el número de paradas se reduce las veces del corte y posterior cebado del arco, por lo que se generan menos discontinuidades en el depósito como son los famosos “cráteres” logrando así piezas de mayor calidad en el proceso de MA.

4.3.1. Proceso

En este procedimiento se establece el arco eléctrico entre el electrodo consumible protegido y la pieza a generar. La protección del proceso recae sobre un gas, que puede ser inerte, o sea que no participa en la reacción de la del depósito, dando lugar al llamado procedimiento de deposición MIG, o por el contrario el gas utilizado es activo, que participa de forma activa en la deposición, dando lugar al llamado procedimiento MAG (Metal Active Ga).

El empleo del procedimiento MIG- MAG se hace cada vez más frecuente el sector industrial, debido a su alta productividad y facilidad de automatización, como es el caso de la MA. La flexibilidad es otro aspecto importante que hace que este procedimiento sea muy empleado, dado que permite realizar la deposición de aceros de baja aleación, acero inoxidable, aluminio y cobre, en espesores a partir de los 0,5 mm y en todas las posiciones.

La protección por gas garantiza un depósito continuo y uniforme, además de libre de impurezas y escorias. En adición que el proceso MIG/MAG es un método limpio y compatible con todas las medidas de protección para el medio ambiente.

A continuación, se define los parámetros que caracterizan a este tipo de procedimiento, y también podremos observar un esquema de este.

- Fuente de calor: por arco eléctrico.
- Tipo de electrodo: consumible.
- Tipo de protección: por gas inerte (MIG) por gas activo (MAG).
- Material de aportación: externa mediante el mismo electrodo que se va consumiendo.
- Aplicaciones: El procedimiento MAG se aplica a los aceros, mientras que el procedimiento MIG para el resto de los metales. (Quesada, 2023)

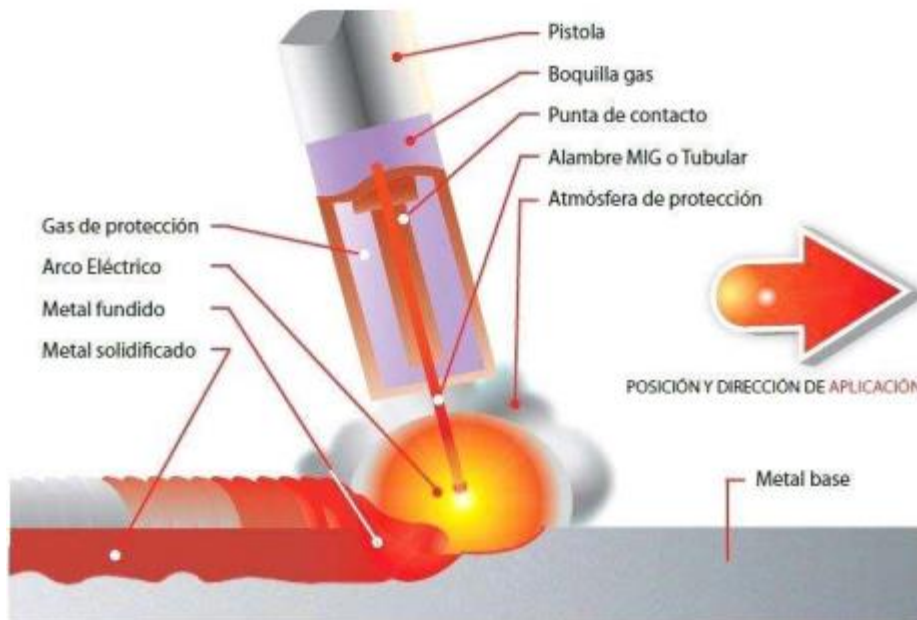


Figura 2 Esquema de procedimiento

4.4. Soldadura de aceros al carbono con MIG:

La soldadura de acero al carbono es un método rentable favorecido por su durabilidad en la construcción de edificios, puentes y tuberías. Varias técnicas, incluidas MIG, TIG y soldadura con electrodo, ofrecen beneficios particulares para aplicaciones de acero al carbono, influenciados por la experiencia del soldador.

4.4.1. ¿Qué es el acero al carbono?

El acero al carbono es un tipo de acero que se compone principalmente de carbono y hierro. El contenido de carbono del acero al carbono varía del 0,05% al 2,1% en peso, según el grado. El acero al carbono es uno de los materiales más utilizados en la industria manufacturera debido a su resistencia, durabilidad y asequibilidad.

4.4.2. Tipos de acero al carbono:

Hay tres tipos principales de acero al carbono: acero con bajo contenido de carbono, acero con medio carbono y acero con alto contenido de carbono. El acero con bajo contenido de carbono contiene menos del 0,3% de carbono, el acero con medio carbono contiene entre

0,3% y 0,6% de carbono y el acero con alto contenido de carbono contiene más del 0,6% de carbono.

4.4.3. Soldadura MIG y TIG

La soldadura MIG y TIG son dos técnicas de soldadura comunes utilizadas para soldar acero al carbono. La soldadura MIG utiliza un electrodo de alambre para proporcionar metal de aportación a la soldadura. El alambre se alimenta a través de una soldadora MIG Arc Captain y se funde mediante un arco eléctrico. La soldadura TIG utiliza un electrodo de tungsteno para proporcionar calor y un metal de aportación independiente a la soldadura. La soldadura TIG es una técnica de soldadura más precisa y se utiliza a menudo para materiales más delgados. (as

4.5. Defectos y problemas de soldadura

4.5.1. Fenómenos de craqueo:

Soldar acero al carbono puede resultar complicado debido a la aparición de diversos fenómenos de agrietamiento. El agrietamiento por solidificación, también conocido como agrietamiento en caliente, es un problema común que ocurre durante el enfriamiento del metal de soldadura. Este tipo de craqueo puede atribuirse al alto contenido de azufre y fósforo en el metal base o material de aportación. El craqueo en frío, por otro lado, se produce debido a la presencia de hidrógeno en el metal de soldadura. Este tipo de agrietamiento generalmente ocurre después de que la soldadura se ha enfriado y se puede prevenir precalentando el metal base y usando material de relleno con bajo contenido de hidrógeno.

4.5.2. Porosidad e inclusiones

La porosidad y las inclusiones también son defectos de soldadura comunes que ocurren durante la soldadura de acero al carbono. La porosidad es la presencia de pequeñas cavidades o huecos en el metal de soldadura causados por el atrapamiento de gas durante la solidificación. Esto se puede evitar asegurando una protección adecuada con gas durante la soldadura y utilizando metal base limpio. Las inclusiones, por otro lado, son sustancias no metálicas que se incorporan al metal de soldadura. Esto puede deberse a la presencia de suciedad o aceite en el metal base o el material de relleno.

4.5.3. Cracking inducido por hidrógeno

El agrietamiento inducido por hidrógeno (HIC) es un tipo de agrietamiento que ocurre en la zona afectada por el calor (HAZ) del metal de soldadura debido a la presencia de hidrógeno. Este tipo de agrietamiento se puede prevenir utilizando material de relleno con bajo contenido de hidrógeno, precalentando el metal base y controlando los parámetros de soldadura.

En conclusión, soldar acero al carbono puede ser un desafío debido a la aparición de diversos defectos y problemas de soldadura. Sin embargo, si se comprenden las causas de estos defectos y se toman las medidas adecuadas para prevenirlos, se pueden lograr soldaduras de alta calidad. (Arccaptain, 2023)

4.6. Que es el modo de corto circuito:

Este modo de transferencia de metal consiste en crear un cortocircuito eléctrico tan pronto como el electrodo hace contacto con la pieza de trabajo. Este cortocircuito ocurre alrededor de 100-200 veces por segundo. El gas de protección a utilizar suele ser una mezcla de Argón (75%) y CO₂ (25%). Los cables con núcleo de metal se pueden usar con el modo de transferencia de cortocircuito. Se requiere una distancia más corta entre la punta de contacto y la pieza de trabajo (CTTWD).

4.6.1. Ventajas

Este modo de transferencia de metal es fácil de manejar para los operadores y es una opción cuando se sueldan materiales más delgados. Además, se puede utilizar para soldar en todas las posiciones. Como se produce menos calor, se reduce la distorsión de la pieza de trabajo.

4.6.2. Desventajas

Este modo de transferencia requiere parámetros más bajos de alimentación de alambre y voltaje, lo que reduce la velocidad y las tasas de deposición. Cuando se utiliza para materiales más gruesos, debido a los parámetros reducidos, puede resultar en una menor penetración y mayor salpicadura, lo que aumenta el tiempo de limpieza. (asteco, 2022)

5. Objetivos

5.1. Objetivo general

Adaptar un equipo de soldadura tipo MIG para producir soldaduras de manera autónoma y evaluar las ventanas óptimas de parámetros de soldadura, comparándola con soldaduras obtenidas manualmente.

5.2. Objetivos específicos

5.2.1. *Objetivo específico 1: Desarrollo del sistema de automatización para el equipo de soldadura MIG:*

- Investigar y seleccionar los componentes necesarios para la automatización del equipo de soldadura MIG.
- Diseñar e implementar el sistema de control que permita el funcionamiento autónomo del equipo de soldadura.
- Realizar pruebas y ajustes para asegurar la precisión y fiabilidad del sistema automatizado.

5.2.2. *Objetivo específico 2: Optimización de parámetros de soldadura autónoma:*

- Identificar los parámetros de soldadura clave, como la corriente, voltaje, velocidad de alimentación del alambre, entre otros.
- Diseñar un experimento factorial para evaluar el efecto de diferentes combinaciones de parámetros en la calidad de la soldadura.

5.2.3. *Objetivo específico 3: Comparación de soldaduras autónomas y manuales:*

- Realizar una serie de pruebas de soldadura utilizando el equipo automatizado y soldadura manual bajo condiciones controladas.

- Evaluar y comparar la calidad de las soldaduras obtenidas mediante criterios como la resistencia mecánica, integridad estructural y apariencia superficial.
- Analizar y discutir las ventajas y limitaciones de cada método de soldadura, así como su aplicabilidad en diferentes escenarios industriales.

6. Metodología

6.1. Materiales

6.1.1. Material base

Se tienen 4 placas de Acero A-36, de un espesor de 9mm, un largo de 131,4mm y un ancho de 75,9mm. Las cuales fueron pulidas como se puede observar (figura 1) para realizar las diferentes pruebas.



figura 3 Talas de acero A36

6.1.1. Material de aporte

En la soldadura GMAW (Gas Metal Arc Welding) para acero al carbono, el material de aporte más comúnmente utilizado es el alambre sólido de acero al carbono. Este alambre está diseñado específicamente para fundirse y mezclarse con el metal base durante el proceso de soldadura.

El alambre sólido de acero al carbono está disponible en una variedad de diámetros para adaptarse a diferentes espesores de material y aplicaciones de soldadura. Este alambre suele estar recubierto con un flux para proteger el metal fundido de la contaminación atmosférica y proporcionar propiedades de soldadura más estables.

El proceso GMAW también puede utilizar alambres tubulares rellenos de flujo, que contienen un núcleo de metal tubular relleno de materiales de aleación y flux. Estos alambres pueden ofrecer ventajas específicas en términos de deposición de metal, velocidad de soldadura y propiedades mecánicas, dependiendo de la aplicación específica.

Cabe resaltar que para las pruebas realizadas en esta investigación se utilizó un alambre de diámetro 0.9mm.

(International, 2017)

6.1.2. Accesorios soldadura

Para la soldadura MIG con gas, los gases inertes más utilizados para proteger el metal fundido durante la transferencia del hilo al charco son el argón y el helio.

En la soldadura MAG, los gases reactivos se combinan con el metal fundido en el baño de fusión. El O₂, un oxidante, se utiliza en una mezcla con argón para dar estabilidad al arco y un buen aspecto del cordón. El H₂ se utiliza en mezclas con argón cuando se desea una alta conductividad térmica y una mayor velocidad. El CO₂ mezclado con Argón proporciona una mayor flexibilidad para trabajar con los diferentes tipos de transferencia.

La elección del tipo de gas repercute en la productividad y la calidad de la soldadura. Para estar seguro de elegir el gas adecuado, hay que tener en cuenta varios aspectos:

- Material de aporte
- Espesor del material
- Forma de la junta
- Tipo de transferencia
- Posición de soldadura
- Estado del material a soldar
- Tipo de penetración
- Aspecto deseado del cordón
- Intensidad de la corriente

- Velocidad de la soldadura
- Posición de la tocha
- Diámetro del electrodo

En procesos industriales, se emplean varios gases y mezclas con propósitos específicos. Estos se dividen en dos categorías principales: inertes y oxidantes, dependiendo de su acción química. Por ejemplo, el helio se clasifica como un gas inerte y se utiliza comúnmente con la mayoría de los metales, excluyendo los aceros. Por otro lado, las mezclas de argón y oxígeno se emplean especialmente con aceros inoxidable o al carbono, siendo consideradas oxidantes. Además, el dióxido de carbono, otro gas oxidante, se utiliza en diversos procesos industriales, especialmente con diferentes tipos de aceros. Esta variedad de gases y mezclas juega un papel crucial en la manipulación y producción de materiales en la industria. (Tabla 1)

GAS O MEZCLA	ACCIÓN	MATERIALES
Argón	Inerte	Todos los metales excepto acero
Helio	Inerte	Al, Mg, Cu y aleaciones
Ar + He	Inerte	Al, Mg, Cu y aleaciones
Ar + O ₂ (1-2%)	Moderadamente oxidante	Aceros inoxidable y algunas aleaciones Cu
Ar + O ₂ (3-5%)	Oxidante	Aceros al carbono y algunos aceros de baja aleación
CO ₂	Oxidante	Aceros al carbono y algunos aceros de baja aleación
Ar + CO ₂	Oxidante	Distintos aceros
Ar + CO ₂ + O ₂	Oxidante	Distintos aceros

(Liquide, 2024)

Tabla 1 Aplicación de gases más comunes con sus respectivas mezclas

En la aplicación de materiales con gases protectores, ya sean inertes o activos, se emplea una herramienta esencial conocida como tobera o pistola. Esta herramienta facilita la aplicación precisa del gas protector en el proceso industrial. La tobera asegura una distribución uniforme del gas alrededor del material, proporcionando así la protección necesaria durante el proceso de fabricación. Esta técnica es fundamental para garantizar la calidad y la integridad de los productos finales en la industria. (Figura 4)



Figura 4 Tobera

(Quesada, 2023)

6.2. Sistema de desplazamiento automático

Se utilizó un sistema que es diseñado para realizar corte semi automático con oxiacetileno, el cual nos permite variar la velocidad de avance, la altura entre la pistola y material base, variar distancias horizontalmente. Este equipo lo podemos observar. Figura 5

6.2.1. Proceso de sistema de corte

en este proceso se usa una combinación de gas combustible y oxígeno para crear una llama de alta temperatura que se puede usar para soldar o cortar metal. Los gases combustibles que suelen utilizarse son: acetileno, propano o gas natural.

Básicamente, a la hora de cortar metales con el proceso de oxicorte, el gas combustible y el oxígeno se mezclan en una parte de la antorcha o la punta y luego se encienden. La llama resultante se dirige al metal que se está cortando, lo que hace que el metal se caliente y forme una capa de óxido. Luego, el oxígeno produce una reacción química con el óxido de metal, liberando calor adicional y derritiendo el metal.

A medida que el metal se derrite, el soplete de corte se mueve a lo largo de la ruta de corte deseada, lo que permite que el metal fundido fluya fuera del corte y divida el metal en dos partes.

El corte con oxicorte se usa comúnmente en aplicaciones industriales, como en la construcción de grandes estructuras metálicas o en la construcción naval. Se puede usar para cortar placas de metal gruesas o para hacer cortes complicados con cierto grado de precisión, dependiendo de la experiencia del operador. Sin embargo, el corte con oxicorte suele ser más lento que el corte con plasma y solo se puede usar en ciertos tipos de metales.

como se muestra en la Figura 6 el equipo cuenta con las especificaciones técnicas, la cual nos permite observar, el modelo, las unidades en las que realiza la velocidad de corte, el espesor del corte, el voltaje necesario para su funcionamiento y su número de serial.

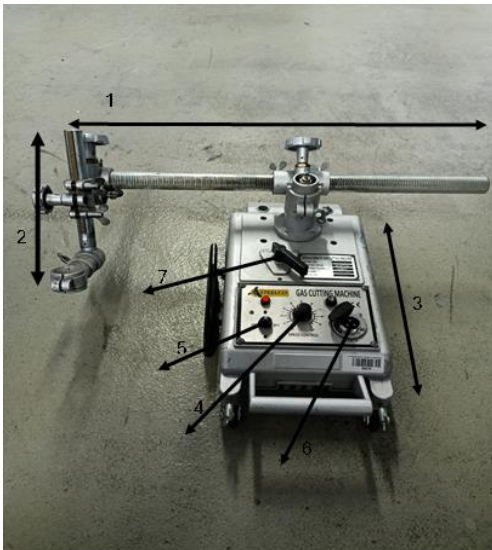


Figura 5. Sistema de desplazamiento automático para equipo de corte por oxiacetileno

1. longitud del eje de desplazamiento principal 60cm. Permite el desplazamiento horizontal del brazo sujetador en este caso de la pistola de soldadura.
2. Longitud del (tubo) de 16 cm el cual nos permite la variación de altura para la aplicación de la soldadura.
3. Dimensión de la tortuga o cortadora 44cm
4. Variador de velocidad de avance en mm/min.
5. Interruptor de avance hacia adelante o hacia atrás.

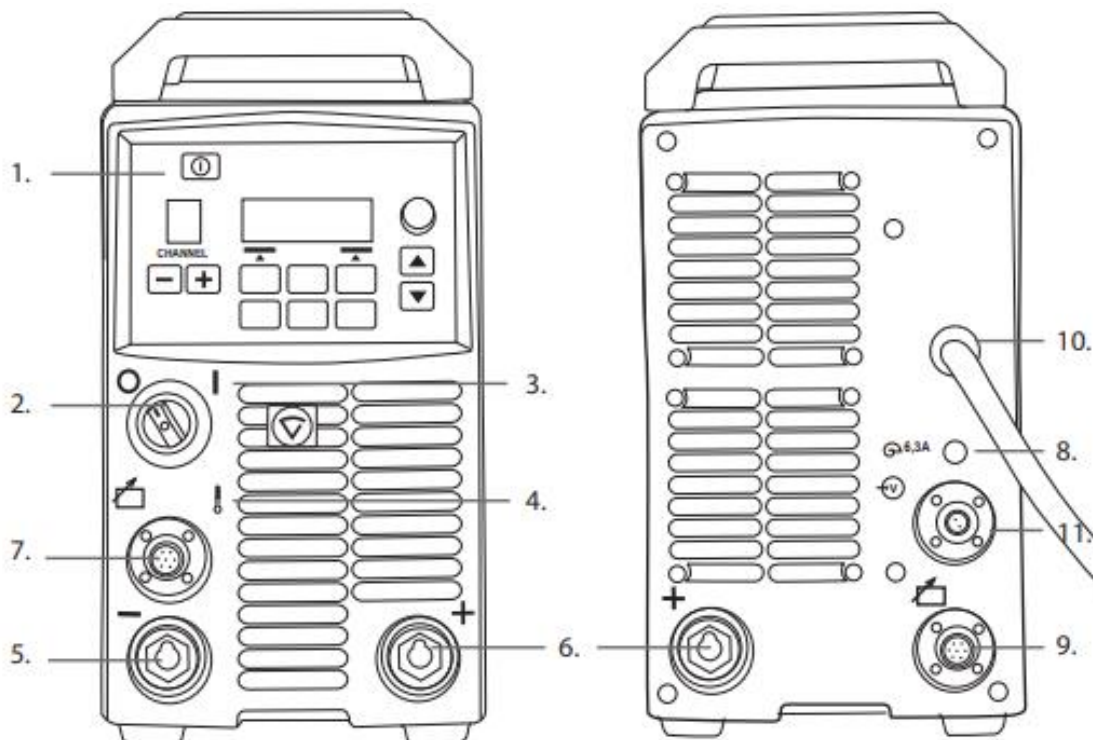
6. Alimentación de energía Ac 110v.

7. Apagado de emergencia.



Figura 6. Placa de especificaciones técnicas del equipo semi automático para corte

6.2.2. Equipo MIG



1. **Interruptor principal ON/OFF (encendido/apagado):** Este interruptor controla la energía del dispositivo. Al encenderlo, se activa el funcionamiento del equipo.
2. **Lámpara piloto indicadora de encendido:** Esta luz indica si el dispositivo está encendido o no. Si está encendida, significa que el dispositivo está funcionando.
3. **Lámpara piloto indicadora de sobrecalentamiento:** Esta luz se enciende si el dispositivo se calienta demasiado. Es una advertencia importante para evitar daños o problemas.
4. **Conexión para cable de soldadura, polo negativo (-):** Aquí se conecta el cable de soldadura con el polo negativo. Es crucial para el proceso de soldadura.
5. **Conexión para cable de soldadura, polo positivo (+):** Similar al anterior, esta conexión es para el polo positivo del cable de soldadura.
6. **Conexión para cable de control:** La conexión para el cable de control de un equipo de soldadura Kemppi FastMig se refiere al método utilizado para conectar el cable que transmite las señales de control desde el sistema de control externo, como un panel de operador o un sistema de automatización, hacia el equipo de soldadura. Esta conexión suele ser una interfaz eléctrica que permite la comunicación bidireccional entre el equipo de soldadura y otros dispositivos, lo que permite ajustar parámetros como la corriente, el voltaje y la velocidad de alimentación del alambre de soldadura, entre otros, según las necesidades específicas de la aplicación o del proceso de soldadura. Dependiendo del modelo y las especificaciones del equipo de soldadura Kemppi FastMig, la conexión para el cable de control puede utilizar diferentes tipos de conectores eléctricos estándar, como conectores tipo D-sub, conectores M12 o conectores RJ45, entre otros. **Fusible (retardado, 6,3 A):** El fusible protege el dispositivo contra sobrecargas eléctricas. Si hay una corriente excesiva, el fusible se fundirá y desconectará el circuito.
7. **Cable de alimentación eléctrica:** Este cable suministra energía al dispositivo desde una fuente externa.
8. **Conexión para cable de medición:** Esta conexión podría estar relacionada con la medición de algún parámetro, como la corriente o la tensión.

En resumen, este diagrama proporciona información detallada sobre la estructura y función de cada parte del dispositivo.

6.3. Experimentos de soldadura

EXPERIMENTOS REALIZADOS				
Parámetros	Velocidad de alimentación	Voltaje (amperaje del equipo)	Velocidad de avance	Altura entre antorcha y material
1	2,5 m/min	18	2mm/min	4mm
2	2,5 m/min	22	2mm/min	4mm
3	2,5 m/min	18	5mm/min	4mm
4	2,5 m/min	22	5mm/min	5mm
5	4,5 m/min	22	5mm/min	5mm
6	4,5 m/min	18	2mm/min	6mm
7	4,5 m/min	22	5mm/min	6mm
8	4,5 m/min	18	5mm/min	6mm
9	4,5 m/min	22	2mm/min	6mm
10	5 m/min	21	5mm/min	5mm

Tabla 2 Experimentos realizados

7. Resultados

7.1. Desarrollo del sistema de automatización para el equipo de soldadura MIG

7.1.1. Investigar y seleccionar los componentes necesarios para la automatización del equipo de soldadura MIG.

Ante la falta de autonomía del equipo de soldadura Kemppi FastMig para la realización de cordones de soldadura, se reconoció la necesidad de buscar una solución. En respuesta, se decidió integrar un equipo semi automático de corte, la cortadora oxiacetilénica, para trabajar en conjunto y automatizar el proceso de soldadura. Para llevar a cabo esta integración, se realizaron diversos análisis para identificar las necesidades clave. Se concluyó que era fundamental fabricar un componente adicional, en este caso una rótula según lo mostrado en la figura (7), que permitiera una sujeción firme y estable de la pistola de soldadura a la cortadora de oxiacetileno. Esta rótula también debería posibilitar ajustes en el ángulo de suministro del material hacia el material base, mejorando así la versatilidad del proceso.

Además, para garantizar la autonomía completa del proceso, se intervino en las líneas de corriente y masa que controlan el suministro del material. Se implementó un interruptor sencillo de encendido y apagado, representado en la figura (8), para lograr el aporte automático del material y completar la automatización del proceso de soldadura.

Esta solución integrada se basa en un enfoque sistemático y detallado para abordar las limitaciones del equipo de soldadura inicial, permitiendo una mayor eficiencia y precisión en el proceso de soldadura, al tiempo que ofrece una mayor autonomía y flexibilidad en la operación.

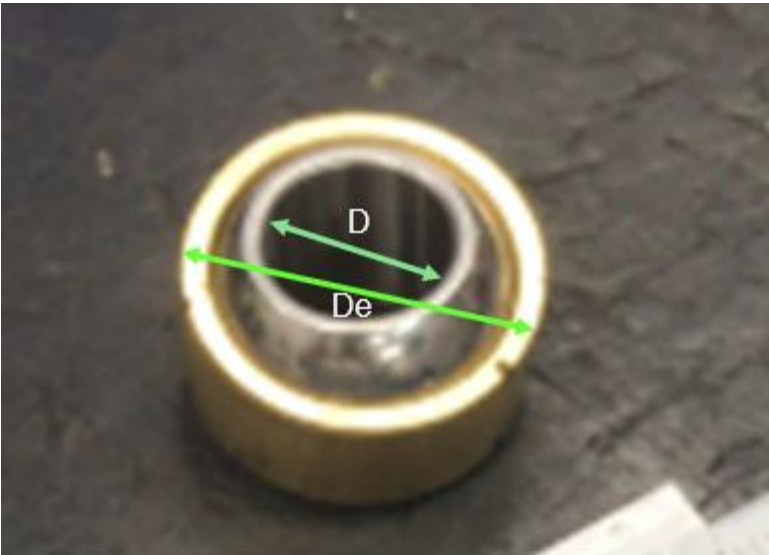


figura 7 Rotula

D_i = diámetro interno con referencia al diámetro del cuello de la pistola de soldadura.

D_e = diámetro externo con referencia al diámetro interno de la base de la estructura de la cortadora.

7.1.1. Adaptación de la antorcha de soldadura

Se ha implementado un interruptor de codo para automatizar el suministro de material en una pistola de soldadura. Este interruptor se ha instalado interviniendo las líneas de corriente y masa del sistema de accionamiento del aporte de material. La instalación del interruptor de codo permite crear un sistema independiente con funcionalidad de encendido y apagado, simplificando el control del suministro de material. Una vez activado el interruptor, se inicia automáticamente el suministro del material.

El interruptor de codo funciona de manera similar a un interruptor de palanca de encendido y apagado comúnmente utilizado en circuitos eléctricos. Al activar el interruptor, se cierra el circuito eléctrico, permitiendo que la corriente fluya y el material se suministre a la pistola de soldadura. Por otro lado, al desactivar el interruptor, se interrumpe el flujo de corriente, deteniendo el suministro del material. Este tipo de interruptor proporciona una solución simple y eficaz para automatizar procesos en la soldadura y otros sistemas industriales. (figura 8, 9)



figura 8 Suich complementario



figura 9 Suich de pistola estándar

A continuación, se presenta el sistema completo de soldadura automatizada en pleno funcionamiento, donde están en operación los dos equipos principales: la cortadora oxiacetilénica y el equipo de soldadura Kemppi Fastmig.

Esta combinación permite realizar de manera eficaz y coordinada todas las etapas del proceso de soldadura, desde el corte inicial hasta la unión de las piezas mediante soldadura. La sincronización entre la cortadora oxiacetilénica y el equipo Kemppi Fastmig asegura una ejecución suave de las tareas asignadas, lo que garantiza una producción continua y sin interrupciones.

Esta configuración integral proporciona una solución completa para aplicaciones industriales que requieren tanto operaciones de corte como de soldadura en un mismo flujo de trabajo.

La interacción sinérgica entre estos dos equipos automatizados garantiza resultados finales de alta precisión y calidad. Esto se traduce en una mejora notable en la eficiencia y la productividad del proceso de fabricación.

En resumen, la observación del sistema de soldadura automatizada con la cortadora oxiacetilénica y el equipo de soldadura Kemppi Fastmig revela una solución avanzada y versátil para las necesidades de soldadura en entornos industriales.



figura 10 Robot semiautomatizado de soldadura

7.1.2. Diseñar e implementar el sistema de control que permita el funcionamiento autónomo del equipo de soldadura.

El diseño de la automatización para los dos equipos, la cortadora oxiacetilénica y el equipo de soldadura MIG, se centró en la fabricación de dos piezas específicas según las necesidades identificadas por los operarios de ambos equipos. En primer lugar, se buscaba lograr una sujeción adecuada de la pistola de aporte de material a la cortadora, permitiendo además la variación del ángulo de posición mediante un mecanismo o rótula, como se ilustra en la figura (7). En segundo lugar, se desarrolló un interruptor simple de encendido y apagado para automatizar el accionamiento de la pistola, como se muestra en la figura (8), con el objetivo de facilitar el suministro automático del material de aporte al material base y asegurar una soldadura de alta calidad.

La incorporación de estos diseños específicos permitió mejorar significativamente la eficiencia y la precisión en las operaciones de soldadura y corte, al tiempo que proporcionaba una mayor comodidad y control para los operarios. Esto representa un avance importante en la automatización de los procesos industriales, mejorando tanto la productividad como la calidad del trabajo realizado.

7.1.3. Realizar pruebas y ajustes para asegurar la precisión y fiabilidad del sistema automatizado.

Después de haber ensamblado y sincronizado los dos equipos, se llevan a cabo una serie de pruebas exhaustivas donde se ajustan y modifican todos los factores posibles, teniendo en cuenta el funcionamiento conjunto de ambos dispositivos.

Estos factores incluyen el voltaje de alimentación, el ajuste del voltaje del equipo de soldadura (que determina el amperaje), la velocidad de avance de la cortadora y la altura entre la boquilla de suministro de material y el material base.

Las variaciones de los parámetros se registran detalladamente en la (tabla 2).

7.2. Optimización de parámetros de soldadura autónoma:

La optimización de los parámetros de soldadura se centra primordialmente en satisfacer las demandas específicas del trabajo a realizar. Este proceso implica identificar y ajustar cuidadosamente una serie de variables clave para lograr los resultados deseados en términos de calidad, resistencia y eficiencia del proceso. En esencia, se trata de adaptar las condiciones de soldadura a las características particulares de la tarea a resolver, lo que puede implicar variaciones en el tipo de material, el espesor, la geometría de la junta y otros factores relevantes.

Una vez que se comprenden plenamente los requisitos del trabajo a resolver, se procede a analizar y determinar los parámetros óptimos de soldadura. Esto implica realizar pruebas y experimentos para evaluar cómo diferentes configuraciones afectan el rendimiento y la calidad de la soldadura. Se exploran diversas combinaciones de corriente, voltaje, velocidad de alimentación de alambre y otros factores para encontrar la configuración más adecuada que garantice un resultado óptimo.

Es crucial tener en cuenta que la optimización de los parámetros de soldadura es un proceso iterativo y continuo. A medida que se avanza en el trabajo y se adquiere más experiencia, se pueden realizar ajustes adicionales para mejorar aún más la eficacia y la calidad de la soldadura. Esto puede implicar refinamientos en los parámetros existentes o la introducción de nuevas estrategias y técnicas en función de las necesidades específicas del proyecto.

En última instancia, la optimización de los parámetros de soldadura no solo busca cumplir con los requisitos del trabajo a resolver, sino también maximizar la eficiencia del proceso y minimizar los costos asociados. Esto se logra encontrando el equilibrio adecuado entre la calidad del resultado final y la optimización de los recursos disponibles, lo que contribuye a una ejecución más eficaz y rentable del trabajo de soldadura.

7.3. Comparación de soldaduras autónomas y manuales:

Los cordones producidos mediante el equipo semi automático exhiben cualidades superiores en comparación con los cordones realizados de manera manual. Se observa una notable mejora en la continuidad de los cordones, los cuales se presentan sin interrupciones significativas a lo largo de su extensión. Además, se ha evidenciado una ausencia de porosidades en estos cordones, lo que indica una mayor integridad estructural y resistencia.

En contraste, los cordones realizados de forma manual muestran una serie de deficiencias. Se aprecia una falta de uniformidad en su formación, con cordones ligeramente desviados y una calidad general inferior. Se han detectado irregularidades en su apariencia, así como la presencia de porosidades e incrustaciones, lo que compromete su resistencia y durabilidad.

Esta comparación destaca la ventaja significativa que ofrece el uso del equipo semi automático en términos de la calidad y consistencia de los cordones de soldadura producidos. La implementación de esta tecnología no solo mejora la eficiencia del proceso, sino que también garantiza la fiabilidad y seguridad de las soldaduras, lo que resulta en una mayor satisfacción del cliente y una reducción de costos asociados con el retrabajo y las reparaciones.

7.3.1. Soldaduras manuales

En las pruebas manuales realizadas, se observa un modo de transferencia globular, donde el material de soldadura se transfiere en forma de gotas grandes. Esto resulta en una falta de uniformidad en los cordones de soldadura, con deposición de material concentrado en ciertas áreas y ligeras salpicaduras. Además, se nota una velocidad de soldadura variable, lo que causa que en algunas zonas el cordón quede sin suficiente material.

Estas observaciones resaltan la necesidad de ajustar y optimizar los parámetros de soldadura para mejorar la calidad y la consistencia del cordón. Se puede considerar cambiar el modo de transferencia del arco, así como ajustar la velocidad de soldadura para asegurar una deposición uniforme del material a lo largo de la junta. Además, puede ser útil revisar la configuración de la pistola de soldadura y realizar un mantenimiento para evitar salpicaduras y garantizar un suministro constante de material.

Realizar pruebas adicionales con diferentes configuraciones de parámetros y técnicas de soldadura permitirá identificar la combinación óptima que produzca resultados más satisfactorios. Además, es importante brindar capacitación adicional al personal de soldadura para mejorar la ejecución y la consistencia del proceso manual. Mediante un enfoque de mejora continua, se puede lograr una soldadura de mayor calidad y consistencia en el trabajo manual.



figura 11 Cordón manual 1



figura 12 Cordón manual 2

7.3.2. Soldaduras semiautomáticas

Aquí se presentan visualmente los resultados obtenidos de los cordones de soldadura generados mediante la combinación de los dos equipos mencionados previamente: el equipo de soldadura MIG y la tortuga de oxicorte.

Estos resultados se basan en los parámetros especificados anteriormente para el proceso de soldadura. La Figura 6 proporciona una tabla con las especificaciones de cada parámetro utilizado, lo que permite evaluar la calidad y la eficacia de cada cordón de soldadura producido por la fusión de estos dos equipos en conjunto.

Estos resultados visuales son fundamentales para determinar la efectividad del proceso de soldadura automatizado y para identificar posibles áreas de mejora o ajuste en los parámetros utilizados. Además, proporcionan una referencia visual importante para comparar diferentes configuraciones y ajustes de los equipos con el fin de optimizar aún más el proceso de soldadura y garantizar la calidad del producto final.

7.3.3. Clasificación de cordones Automatizados

Los parámetros 1, 2 y 3 han sido configurados para emplear el modo de transferencia por corto circuito, caracterizado por su baja penetración en el material base y su eficaz control en la zona afectada por el calor. Este modo de transferencia implica la interrupción recurrente del arco eléctrico debido al contacto entre el electrodo y el material base. Como resultado, se logra una deposición de material más controlada y una menor penetración en comparación con otros métodos de transferencia de soldadura.

Aunque la baja penetración puede limitar su aplicación en materiales más gruesos o de mayor resistencia, ofrece ventajas notables en términos de control sobre la forma y el tamaño del cordón de soldadura. Este aspecto es particularmente valioso en situaciones

donde se requiere una soldadura precisa y se busca minimizar la distorsión o deformación del material base, como en la unión de componentes delgados o en trabajos de fabricación delicados.

Es importante tener en cuenta que, si bien este modo de transferencia es efectivo en ciertos escenarios, puede no ser la opción más adecuada para todas las aplicaciones de soldadura. Por lo tanto, se debe evaluar cuidadosamente las exigencias específicas de cada tarea antes de seleccionar este método. En casos donde se necesite mayor penetración o una mayor velocidad de deposición, puede ser necesario explorar alternativas de transferencia de soldadura.

Los parámetros 4 y 5 se han ajustado para utilizar una combinación de modos de transferencia entre globular y corto circuito. Esta combinación ofrece un control más preciso de la temperatura en la zona afectada térmicamente, al mismo tiempo que permite una mayor penetración en comparación con un modo exclusivamente de corto circuito.

Al alternar entre los modos de transferencia globular y corto circuito, se logra un equilibrio entre la deposición controlada de material y una penetración más profunda en el material base. Esto es especialmente útil en situaciones donde se necesita un mayor grado de fusión y penetración, pero también se requiere mantener un control adecuado sobre la temperatura y la forma del cordón de soldadura.

Esta combinación de modos de transferencia ofrece una mayor versatilidad en el proceso de soldadura, permitiendo adaptarse a una variedad de materiales y condiciones de trabajo. Sin embargo, es importante ajustar cuidadosamente los parámetros para optimizar el equilibrio entre la penetración y el control de la zona afectada térmicamente, garantizando así la calidad y la integridad de las soldaduras realizadas.

Los parámetros 6, 7 y 8 están configurados para utilizar el modo de transferencia globular, caracterizado por una afectación térmica moderada, bajos niveles de inclusiones y salpicaduras, así como la formación de cordones de soldadura uniformes y con una buena penetración.

Este modo de transferencia globular ofrece un equilibrio óptimo entre la fusión del material y el control de la temperatura en la zona afectada térmicamente. Esto contribuye a minimizar los efectos negativos asociados con la alta temperatura en el material base, como la deformación o la distorsión. Además, la baja presencia de inclusiones y salpicaduras garantiza una mayor calidad en el cordón de soldadura y reduce la necesidad de limpieza y retrabajo posterior.

La uniformidad y la buena penetración de los cordones de soldadura obtenidos con este modo de transferencia son fundamentales para garantizar la integridad estructural y la resistencia de las uniones soldadas. Esto resulta especialmente beneficioso en aplicaciones

donde se requiere una alta fiabilidad y durabilidad de las soldaduras, como en la industria de la construcción, la fabricación de maquinaria o la producción de componentes para la industria automotriz.

En resumen, la elección del modo de transferencia globular para los parámetros 6, 7 y 8 proporciona resultados consistentes y de alta calidad en el proceso de soldadura, contribuyendo así a la eficiencia y la fiabilidad de las operaciones de fabricación.

El parámetro 9 se ha configurado para utilizar una combinación de modos de transferencia globular y spray, lo que resulta en una alta afectación térmica durante el proceso de soldadura. A pesar de esta alta afectación térmica, se logra una buena penetración en el material base y los cordones de soldadura resultantes son uniformes en su apariencia y calidad.

Esta combinación de modos de transferencia ofrece un equilibrio entre la fusión del material y la penetración en el material base. Aunque la alta afectación térmica puede generar preocupaciones sobre la deformación o la distorsión del material, la buena penetración asegura una unión sólida y duradera entre las piezas soldadas. Los cordones uniformes indican una distribución consistente del material de soldadura a lo largo de la junta, lo que contribuye a la integridad estructural y la resistencia de la unión.

Es importante tener en cuenta que el modo de transferencia combinado globular y spray puede ser adecuado para aplicaciones específicas donde se requiere una penetración profunda y una fusión completa del material, a pesar de la alta afectación térmica. Sin embargo, se deben realizar pruebas y ajustes adicionales para optimizar los parámetros y garantizar un resultado óptimo en términos de calidad y rendimiento de la soldadura.



Parámetro 1

Parámetro 2

Parámetro 3

Parámetro 4

Parámetro 5

Parámetro 6

Parámetro 7

Parámetro 8

Parámetro 9

7.3.4. Pared de soldadura

La pared de soldadura se formó utilizando una velocidad de alimentación de 5 metros por minuto, un amperaje proporcionado por el equipo de soldadura de 21 voltios, una velocidad de avance de 5 milímetros por minuto y una altura variable de la antorcha con respecto al material base de 5 milímetros. Durante el proceso, se observó un crecimiento vertical uniforme con cordones consistentes a lo largo de la superficie de la soldadura, sin acumulaciones de material en ningún punto específico y sin evidencia de sobrefusión de los cordones.

Esta configuración de parámetros resultó en una soldadura homogénea y de alta calidad. La velocidad de alimentación controlada garantizó un suministro constante de material de soldadura, mientras que el amperaje proporcionado mantuvo una temperatura adecuada para la fusión y unión de las piezas. La velocidad de avance y la altura ajustable de la antorcha permitieron un control preciso sobre la deposición del material y la forma de los cordones de soldadura.

La ausencia de acumulaciones de material y sobrefusión indica una distribución uniforme del calor y una ejecución precisa del proceso de soldadura. Esto es fundamental para evitar defectos como porosidad, falta de penetración o fisuras, y garantizar la integridad estructural de la soldadura. En resumen, la combinación de parámetros utilizados demostró ser efectiva para lograr una soldadura de calidad sin imperfecciones significativas.



Parámetro 10

8. Conclusiones

8.1. Conclusión 1

Después de una exhaustiva investigación y selección de los componentes necesarios, se ha logrado configurar un equipo que funciona de manera semi automática de forma efectiva. Esta selección de componentes se realizó con el objetivo de permitir un control autónomo y un desempeño óptimo del equipo durante el proceso de soldadura.

A lo largo del proceso de diseño y configuración, se desarrollaron elementos específicos para facilitar el control y mejorar el rendimiento autónomo del equipo. Estos elementos fueron sometidos a pruebas rigurosas donde se observaron sus diferentes comportamientos. Estas pruebas fueron fundamentales para identificar y ajustar los parámetros necesarios, asegurando así la obtención de cordones de soldadura adecuados para cada proceso requerido.

En última instancia, este proceso de investigación, diseño, pruebas y ajustes nos ha llevado a establecer los parámetros correctos para obtener resultados óptimos en el proceso de soldadura. La capacidad de control y desempeño autónomo del equipo semi automático proporciona una solución eficiente y confiable para una variedad de aplicaciones industriales que requieren soldaduras de alta calidad y consistentes. Este enfoque integral no solo garantiza la eficacia en la producción, sino que también abre nuevas posibilidades para la optimización continua y el desarrollo futuro del proceso de soldadura semi automático.

8.2. Conclusión 2

Tras llevar a cabo un exhaustivo proceso de pruebas, se logró identificar los parámetros cruciales para obtener cordones de soldadura óptimos, adaptados a las necesidades específicas de cada aplicación. Durante estas pruebas, se experimentó con una amplia gama de factores, como el voltaje, la velocidad de alimentación y la velocidad de avance, entre otros. Estas pruebas se realizaron aprovechando las variaciones posibles gracias a la integración de ambos equipos, lo que permitió una mayor flexibilidad en la configuración y ajuste de los parámetros.

El análisis detallado de los resultados obtenidos en estas pruebas permitió identificar las combinaciones de parámetros más efectivas para lograr cordones de soldadura de alta calidad y rendimiento. Se pudo observar que la colaboración entre los equipos de soldadura MIG y la cortadora oxiacetilénica facilitó la optimización de los parámetros, ya que cada equipo aportó sus capacidades particulares para obtener resultados más precisos y consistentes.

En resumen, este proceso de pruebas y ajustes ha sido fundamental para establecer los parámetros óptimos de soldadura que garantizan la máxima eficiencia y calidad en la producción de cordones de soldadura. La capacidad de variar y ajustar estos parámetros según las necesidades específicas de cada aplicación brinda una versatilidad invaluable y confiere al proceso de soldadura una mayor capacidad de adaptación a diferentes escenarios y requisitos de trabajo. Este enfoque sistemático y riguroso sienta las bases para una soldadura más eficiente, precisa y confiable en el contexto industrial.

8.3. Conclusión 3

Tras llevar a cabo pruebas exhaustivas tanto con el equipo automatizado como con procesos manuales bajo condiciones controladas, se ha llegado a la conclusión de que el proceso semi automático es considerablemente más eficaz. Durante estas pruebas, se evaluaron diversos criterios y características de los cordones de soldadura obtenidos en cada método.

Los resultados obtenidos revelaron que el proceso semi automático ofrece ventajas significativas en términos de calidad y consistencia de los cordones de soldadura. Se observó una mejora notable en la uniformidad, la integridad estructural y la ausencia de defectos en los cordones producidos mediante el equipo automatizado en comparación con los procesos manuales.

Estos hallazgos respaldan la idea de que la automatización del proceso de soldadura proporciona beneficios tangibles en términos de eficiencia y calidad. La capacidad de controlar de manera precisa los parámetros de soldadura y la ejecución consistente del proceso contribuyen a una producción más eficiente y confiable.

9. Bibliografía

- Arccaptain. (12 de 12 de 2023). *Arccaptain*. Obtenido de <https://www.arccaptain.com/es/blogs/article/welding-carbon-steel>
- Arco, W. (s.f.). Obtenido de https://esab.com/co/sam_es/esab-university/blogs/mig-welding-techniques-advantages-and-applications/#:~:text=La%20soldadura%20MIG%2C%20tambi%C3%A9n%20conocida,para%20soldar%20piezas%20de%20trabajo
- asteco, I. (2022). Obtenido de <https://institutoasteco.com/asteco/metodos-de-transferencia-en-el-proceso-gmaw/#:~:text=Corto%20circuito%3A&text=Ideal%20para%20soldar%20chapas%20de,de%20alambre%20y%20voltajes%20bajos>.
- Codinter. (Mayo de 2024). *Codinter*. Obtenido de <https://www.codinter.com/es/soldadura-mig-una-guia-completa/>
- Quesada, J. R. (2023). Manufactura aditiva CNC con deposición de alambre de electrodo (proceso MIG/MAG). En J. R. Quesada, *Metodología para impresión de piezas metálicas mediante manufactura aditiva* (pág. 30). México.