

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11) Número de publicación: **2 907 813**

21) Número de solicitud: 202290029

51) Int. Cl.:

B23K 9/32 (2006.01)

B23K 9/04 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22) Fecha de presentación:

24.09.2019

43) Fecha de publicación de la solicitud:

26.04.2022

88) Fecha de publicación diferida del informe sobre el estado de la técnica:

06.06.2022

Fecha de concesión:

04.10.2022

45) Fecha de publicación de la concesión:

11.10.2022

73) Titular/es:

LORTEK S.COOP. (100.0%)
Arranomendia Kalea 4A
20240 ORDIZIA (Gipuzkoa) ES

72) Inventor/es:

ÁLVAREZ MORO, Pedro;
VÁZQUEZ MARTÍNEZ, Lexuri y
RODRÍGUEZ RUBIO, Iker

74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

54) Título: **Sistema inteligente de protección local con control de temperatura para procesos de fabricación aditiva mediante arco e hilo**

57) Resumen:

Sistema inteligente de protección local con control de temperatura para procesos de fabricación aditiva mediante arco e hilo.

La presente invención se refiere a un sistema inteligente de protección con gas para la fabricación aditiva mediante arco e hilo, que comprende un hilo de soldadura (5); una antorcha de soldadura (3); una campana de protección local (1) rodeando el espacio donde se sitúa la pieza a fabricar; un sistema de alimentación de gas de protección (10); una electroválvula (9) para controlar el sistema de alimentación del gas de protección; un brazo robótico al que se acoplan la antorcha de soldadura (3) y la campana de protección local (1) y un sensor de temperatura (2), acoplado a la campana de protección local (1). Un controlador del brazo robótico (8) conectado a la electroválvula (9) y al sensor de temperatura (2) manda una señal a la electroválvula para parar el flujo de gas cuando la temperatura está por debajo de un valor predeterminado y mover la antorcha y la campana para proseguir con la fabricación. De esta manera se regula automáticamente el tiempo que el gas debe incidir en la pieza fabricada para evitar su oxidación, optimizando el tiempo de fabricación y reduciendo el consumo de gas de protección.

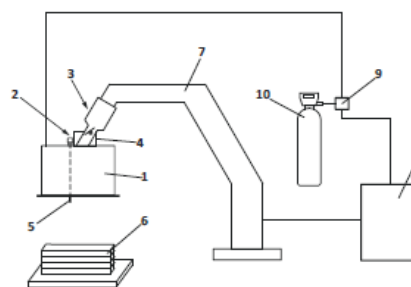


FIG. 2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 907 813 B2

DESCRIPCIÓN

Sistema inteligente de protección local con control de temperatura para procesos de fabricación aditiva mediante arco e hilo

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención se encuadra en el campo técnico de la fabricación aditiva mediante arco eléctrico e hilo; que técnicamente se denomina WAAM (Wire and Arc Additive Manufacturing por sus siglas en inglés). Más en particular, la invención reside en un sistema inteligente de protección local frente a la oxidación de materiales reactivos que integra un control de temperatura y regulación automática del paso del gas de protección. El sistema de protección local puede integrarse tanto en instalaciones robotizadas de soldadura como en máquinas de cinemática cartesiana, con control de trayectoria para operaciones de soldadura y fabricación aditiva mediante arco eléctrico e hilo.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La fabricación aditiva por arco eléctrico e hilo, también conocida como WAAM es una tecnología de fabricación aditiva donde se deposita una elevada cantidad de material provisto en forma de hilo que se funde mediante un arco eléctrico. Este proceso consigue altas tasas de deposición disminuyendo la cantidad de material de partida y la necesidad de mecanizado en comparación con procesos de fabricación exclusivamente sustractivos, lo que supone un ahorro significativo sobre todo en materiales de alto valor añadido y difíciles de mecanizar como es el caso de la aleación Ti-6Al-4V.

Esta aleación es ampliamente empleada en el sector aeroespacial debido principalmente a su elevada resistencia mecánica y excelente resistencia a corrosión. En contraposición, es habitual que, durante la fabricación aditiva con la aleación Ti-6Al-4V, la superficie del material depositado se oxide afectando a sus propiedades mecánicas, con lo que se reduce la calidad del material que formará parte de la pieza final. Según las normativas del sector aeronáutico, la cantidad de oxígeno en pieza final no debe superar en ningún caso las 2000 ppm.

Actualmente, para evitar la oxidación de este material durante el proceso de WAAM se emplean cámaras o sistemas cerrados repletos de un gas protector, por ejemplo, argón.

Muchos de estos sistemas requieren un flujo constante de ese gas. Su principal desventaja es que restringen el espacio o volumen de la pieza a fabricar. En otros casos se emplean sistemas de protección local que proporcionan un flujo constante de gas, lo que supone un consumo considerable, baja eficiencia y limitaciones para conseguir protección homogénea en la pieza.

5

El empleo de gas durante un intervalo de tiempo constante tras la deposición de material (lo que se conoce en la técnica como tiempo de post-gas) genera un gasto de gas innecesario en algunos puntos y por el contrario un déficit de protección en otros, obteniendo piezas con gradientes en el contenido de oxígeno y por tanto con propiedades mecánicas heterogéneas. Así mismo, si el tiempo de post-gas es excesivamente corto se puede producir la oxidación del material, particularmente cuando se han depositado un elevado número de capas y la pieza está más caliente.

10

Hay que considerar también las grandes dimensiones de las piezas objetivo de esta tecnología, que habitualmente oscilan entre 0,25 y varios metros. Durante la fabricación de éstas, la temperatura de la pieza o de partes concretas va aumentando considerablemente, lo que aumenta también el riesgo de oxidación.

15

Se conocen en el actual estado de la técnica diferentes sistemas para la protección frente a la oxidación de materiales reactivos durante los procesos de soldadura, tales como cámaras cerradas (rígidas o flexibles) o sistemas de protección de arrastre (trailing). Por ejemplo, la publicación "Development of a laminar flow local shielding device for wire + arc additive manufacture" (J. Ding et al., Cranfield University, 2015) describe un dispositivo de protección local para materiales reactivos durante el proceso de WAAM. Otros trabajos de los mismos autores aseguran aplicar un tiempo fijo cada vez que acaban la deposición de material ("Residual stress and texture control in Ti-6Al-4V wire + arc additive manufactured intersections by stress relief and rolling", J. R. Hönnige et al., Cranfield University, 2018). En la patente EP3184226 se emplea una cámara cerrada que permite dimensiones de pieza máximas de 900 x 600 x 300 mm y donde se trabaja en una atmósfera de gas inerte para evitar la oxidación de la aleación Ti-6Al-4V.

20

25

30

Existe sin embargo la necesidad de disponer de dispositivos que permitan optimizar la protección local de los materiales reactivos depositados mediante fabricación aditiva por arco e hilo de forma precisa y eficiente en el uso del gas de protección, para conseguir una pieza

35

con un porcentaje mínimo de oxígeno (<0,2 % en peso para el grado 5) y evitando heterogeneidades.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

5

El objeto de la invención es proporcionar un sistema inteligente de protección local frente a la oxidación para la fabricación mediante WAAM de componentes de grandes dimensiones de materiales reactivos. El sistema dispone de un control de temperatura y regulación automática del flujo de gas que permite optimizar el tiempo y el volumen de gas de protección de forma que se eviten gradientes de oxígeno y por lo tanto, heterogeneidades en las propiedades mecánicas de la pieza final.

10

El sistema inteligente para la protección local frente a la oxidación de materiales reactivos durante la fabricación aditiva mediante arco eléctrico e hilo, comprende:

15

- una antorcha de soldadura;
- un hilo de soldadura provisto en forma de bobina que sale a través de la antorcha de soldadura y se funde mediante el arco eléctrico formando cordones de soldadura. Éstos son lo que formarán la pieza mediante la deposición de unos sobre otros.

20

- una campana de protección local para cubrir la antorcha de soldadura y la pieza que se va formando por WAAM;
- un circuito del gas protector para transportar el gas desde un sistema de alimentación hasta la campana de protección;

25

- una válvula electrónica para el control del flujo de gas de protección;
- un mecanismo de sujeción de la campana a la antorcha de soldadura,
- un brazo robótico para mover de forma solidaria la campana con la antorcha de soldadura y fabricar la pieza mediante WAAM;

30

- un sensor de temperatura sin contacto para la medida de temperatura en el punto de soldadura situado justo debajo de la antorcha, en la zona más próxima a la pieza;
- un controlador del brazo robótico para recibir los datos de las medidas de temperatura y dar la orden de cierre a la electroválvula y de movimiento al brazo robótico para continuar con la fabricación.

35

Preferentemente, la campana de protección está provista de una estructura de láminas en su interior para la generación de un flujo laminar del gas.

Previo al inicio de la deposición por soldadura de cada cordón de soldadura, se debe aplicar durante un tiempo un flujo de gas que se denomina tiempo de pre-gas. El flujo de gas continúa durante la soldadura y una vez terminada la deposición del material en cada tramo, la protección debe continuar durante un tiempo denominado post-gas. Ese tiempo depende de la velocidad de enfriamiento del material hasta una temperatura suficientemente baja como para asegurar una cinética de oxidación lenta. En el caso de la aleación Ti-6Al-4V esta temperatura debe ser inferior 300 - 400 °C de temperatura (D. Poquillon et al., Oxidation and Oxygen Diffusion in Ti – 6Al – 4V Alloy : Improving Measurements During Sims Analysis by Rotating the Sample. Oxid. Met, 2013).

10

El método y sistema de medida y control de la temperatura del material depositado según la invención se fundamenta en la medición de la temperatura del material depositado en la zona más caliente, esto es, en el final del cordón de soldadura depositado en último lugar, en la parte más próxima a la pieza. El sistema dispone de un sensor electrónico y sin contacto de alta temperatura (micropirómetro u otro tipo de pirómetro), integrado en la campana de protección local. El sensor mide la temperatura y la traslada al controlador de un brazo robótico que decide cuándo puede moverse a la siguiente capa o cordón una vez completado el tiempo de post-gas requerido. Así mismo, el controlador del brazo robótico regula el funcionamiento de la válvula electrónica que activa y desactiva el paso de gas de protección hasta la campana protectora. De esta manera se regula automáticamente el tiempo que el gas debe incidir para evitar su oxidación, optimizando el tiempo de fabricación y reduciendo el consumo de gas de protección.

20

El sensor de temperatura se acopla a la parte externa de la campana de protección local asegurando de manera precisa la medida justo debajo de la antorcha de soldadura, esto es, en el punto más caliente de cada cordón de soldadura. De manera opcional, el espacio que va desde el sensor de temperatura colocado en la parte externa de la campana, hasta la parte justamente debajo de la antorcha de soldadura, se puede aislar mediante un tubo cilíndrico para evitar la interacción con el gas de protección o con los humos provenientes de la soldadura.

25

Los pasos para trabajar con el sistema inteligente de protección local descrito comprenden:

- colocación de la campana de protección local en la antorcha de soldadura;
- conexión del sistema de alimentación del gas de protección a través de la electroválvula;
- regulación de la posición de enfoque del sensor de temperatura para asegurar su alineamiento con el punto de medida requerido;
- encendido de componentes: brazo robótico, equipo soldadura, sensor, electroválvula;

35

- programación de trayectorias del brazo robótico y secuencia de operaciones para la fabricación de la pieza mediante la deposición de cordones de soldadura, bien de forma manual o con herramientas CAM, se emplea un tiempo de pre-gas constante, mientras que el tiempo de post-gas tras cada soldadura se regula a través del controlador del brazo robótico.

5 El controlador del brazo robótico recibe constantemente el valor de temperatura medido por el sensor y una vez que este valor baja del límite impuesto, el controlador del brazo robótico da la orden del cierre de la válvula de gas e inmediatamente después la de movimiento al brazo robótico;

- inicio de la fabricación mediante WAAM.

10 El sistema trabaja de forma autónoma durante el proceso de fabricación y al final del proceso se desconectan los componentes.

El registro de temperatura durante el proceso no sólo sirve para evitar la oxidación del material depositado, sino que también es útil para diseñar estrategias de fabricación que conlleven una menor acumulación de calor, con el fin de optimizar los tiempos de fabricación reduciendo los tiempos de espera o enfriamiento y garantizando de esta manera la calidad mecánica de la misma. Asimismo, el control de temperatura permite evitar colapsos, crecimiento de grano excesivos y con formas de grano alargadas debido a la elevada temperatura, así como la aparición de martensita debido a elevados gradientes de temperatura. De esta manera es posible alcanzar unas propiedades mecánicas mejores y homogéneas en las piezas.

El sistema inteligente de protección local para WAAM propuesto supone una solución robusta, económica y fiable para optimizar los tiempos de espera adaptándose automáticamente a la geometría de cada pieza a fabricar y evitando operaciones de prueba y error.

25 El contenido en oxígeno final en las piezas de Ti-6Al-4V fabricadas mediante este proceso es inferior a 2000 ppm (en cumplimiento con las normas ASTM E1409 y AMS 2249).

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

30 Para complementar la descripción del sistema inteligente de protección para WAAM y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, unas figuras en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figuras 1a y 1b.- Muestran una vista esquemática del sistema inteligente de protección local, en la que se aprecian sus principales componentes: sensor de temperatura (2), campana protectora (1), antorcha de soldadura (3), mecanismo de sujeción (4), hilo de soldadura (5).

5 Figura 2.- Muestra una vista esquemática de las conexiones del funcionamiento del sistema inteligente de protección local, en la que se aprecian sus principales componentes: pieza fabricada (6), campana protectora (1), antorcha de soldadura (3), mecanismo de sujeción (4), hilo de soldadura (5), brazo (7), sensor de temperatura (2), controlador del brazo robótico (8), electroválvula (9), botella de gas (10).

10

Figura 3.- Esquema del controlador del brazo robótico que regula el funcionamiento de la electroválvula y el paso de gas de protección y los tiempos de post-gas.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

15

Seguidamente se proporciona, con ayuda de las figuras anteriormente referidas, una explicación detallada de un ejemplo de realización preferente del objeto de la presente invención.

20

El sistema inteligente de protección local para WAAM con control de temperatura que se describe está destinado a la optimización de los tiempos de post-gas necesarios para asegurar una correcta protección del material depositado en cualquier geometría de pieza concreta. De esta manera es posible evitar la oxidación de aleaciones muy reactivas (por ejemplo, aleaciones de titanio o aluminio) optimizando los consumos de gas y reduciendo los tiempos de fabricación.

25

El equipo de WAAM permite depositar capa a capa cordones de soldadura generando una pieza con una geometría muy cercana a la final. Para ello se emplean robots o equipos CNC equipados con fuentes de soldadura al arco (MIG-MAG, TIG o plasma).

30

El dispositivo de protección, mostrado esquemáticamente en la figura 1, comprende un sensor de temperatura (2), acoplado a la campana de protección local (1) por la que fluirá el gas de protección, la cual se une de forma solidaria a la antorcha de soldadura (3) mediante un mecanismo de sujeción (4) rodeándola. A través de la antorcha sale el hilo de soldadura (5) que se funde formando cordones de soldadura que pasan a formar parte de la pieza. En la realización preferente aquí descrita y como muestra la figura 2, el dispositivo comprende adicionalmente una

35

electroválvula que regula el paso de gas (9) a través del circuito y que está conectada al sistema

de alimentación del gas (10), a la campana (1), y al controlador del brazo robótico (8) que enviará la orden al brazo robótico para desplazar la antorcha junto con la campana y continuar con la fabricación. La campana presenta una estructura de láminas en su interior para la generación de un flujo de gas laminar.

5

Como se resume en la figura 3, el sensor sin contacto para alta temperatura (2) se acopla a la campana protección local (1) instalada en el equipo de WAAM y mide la temperatura del material depositado al final de cada cordón de soldadura hasta que la temperatura registrada desciende a una temperatura previamente fijada y que evita la oxidación del material. Una vez cumplida esta condición, el controlador del brazo robótico da la orden de cerrar el gas y seguidamente de movimiento al brazo (7) o sistema de ejes CNC para continuar con la deposición de capas.

10

El reducido tamaño del dispositivo de medición de temperatura permite un diseño de acople al dispositivo de protección compacto, sin un aumento de peso significativo e integrable en robots de soldadura y WAAM convencionales.

15

El procedimiento de optimización de la protección local durante la fabricación aditiva mediante WAAM, asociado al dispositivo anteriormente descrito, comprende las siguientes etapas:

- colocación de la campana de protección local (1) en la antorcha de soldadura (3);
- regulación de la posición de enfoque del sensor de temperatura (2) para asegurar su alineamiento con el punto de medida requerido (6)
- conexión del sistema de alimentación del gas de protección (10) a través de la electroválvula (9);
- conexión de la electroválvula (9) y sensor de temperatura (2) al controlador del brazo robótico (8);
- programación de trayectorias y secuencia de operaciones, bien de forma manual o con herramientas CAM, se emplea un tiempo de pre-gas constante, mientras que el tiempo de post-gas tras cada soldadura se regula a través del controlador del brazo robótico;
- inicio de las operaciones de soldadura y fabricación mediante WAAM.

25

30

REIVINDICACIONES

1. Sistema inteligente de protección local con gas para procesos de fabricación aditiva mediante arco e hilo, que comprende los siguientes elementos:
- 5 un hilo de soldadura (5) provisto en forma de bobina que se funde mediante el arco eléctrico formando cordones de soldadura;
- una antorcha de soldadura (3);
- una campana de protección local (1) rodeando el espacio donde se sitúa la pieza a fabricar;
- un sistema de alimentación de gas de protección (10);
- 10 una electroválvula (9) para controlar el sistema de alimentación del gas de protección;
- un brazo robótico al que se acoplan la antorcha de soldadura (3) y la campana de protección local (1);
- caracterizado por que el sistema incluye además:
- un sensor de temperatura sin contacto (2) acoplado a la campana de protección local (1) para
- 15 medir la temperatura en el punto de soldadura ubicado justo debajo de la antorcha (3);
- un controlador del brazo robótico (8) conectado a la electroválvula (9) y al sensor de temperatura (2) de manera que el controlador del brazo robótico está programado para mandar una señal a la electroválvula para parar el flujo de gas cuando la temperatura está por
- debajo de un valor predeterminado y mover la antorcha y la campana para proseguir con la
- 20 fabricación.
2. Sistema inteligente de protección local según la reivindicación 1 caracterizado porque la campana de protección local (1) está provista en su interior de lamelas para producir un flujo de gas laminar.
- 25
3. Sistema inteligente de protección local según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la campana está unida de forma solidaria a la antorcha de soldadura (3) mediante un mecanismo de sujeción (4).
- 30
4. Procedimiento de fabricación aditiva mediante arco e hilo con un sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores caracterizado porque comprende los siguientes pasos:
- colocación de la campana de protección local en la antorcha de soldadura;
- conexión del sistema de alimentación del gas de protección controlado a través de la
- 35 electroválvula;

- colocación del sensor de temperatura sin contacto en la campana para la medición de la temperatura en el punto de soldadura justo debajo de la antorcha y comprobación de la ubicación del punto de medida;
- encendido del brazo robótico, controlador del brazo robótico, sensor de temperatura y electroválvula;
- 5 -programación de trayectorias del brazo robótico y secuencia de operaciones para la fabricación de la pieza mediante la deposición de cordones de soldadura;
- apertura la electroválvula para la aplicación del gas;
- deposición del cordón de soldadura según la secuencia de fabricación programada;
- 10 - donde el brazo robótico y la electroválvula reciben una señal del controlador del brazo robótico para parar el flujo de gas cuando la temperatura está por debajo de un valor predeterminado detectado por el sensor de temperatura y mover la antorcha y la campana para proseguir con la fabricación.

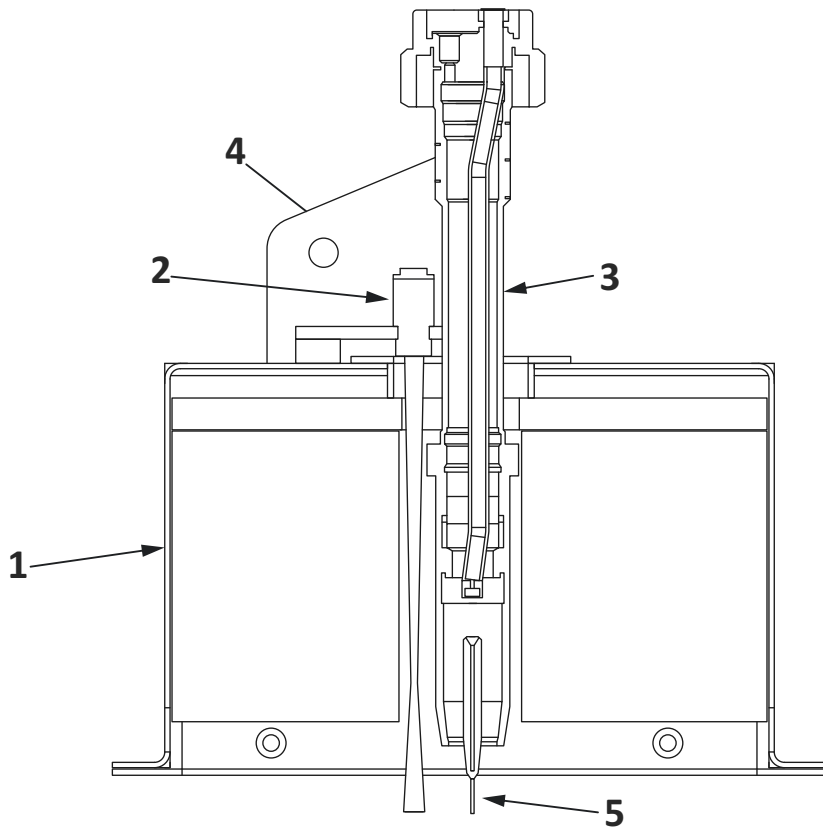


FIG. 1A

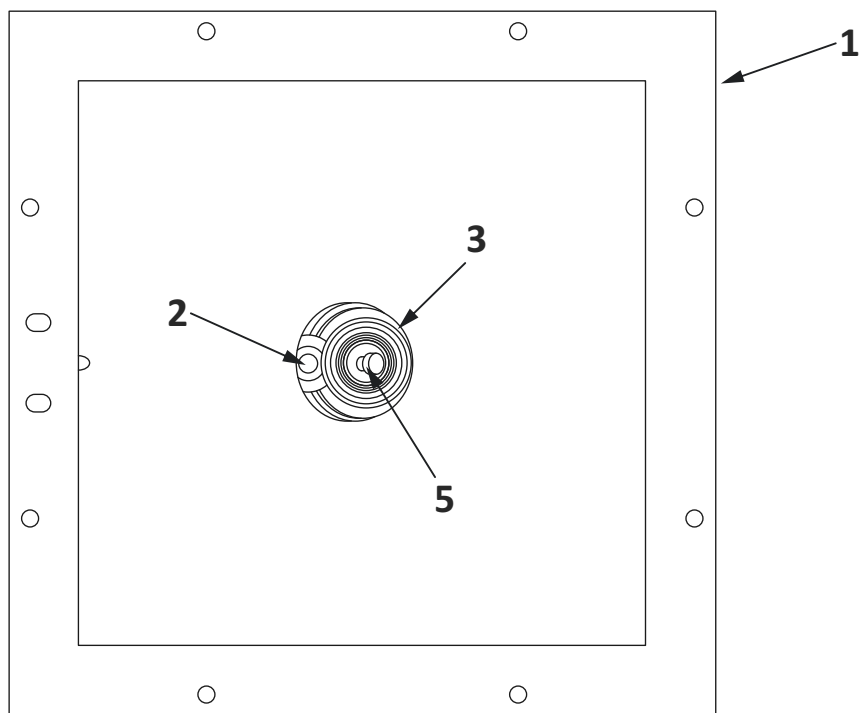


FIG. 1B

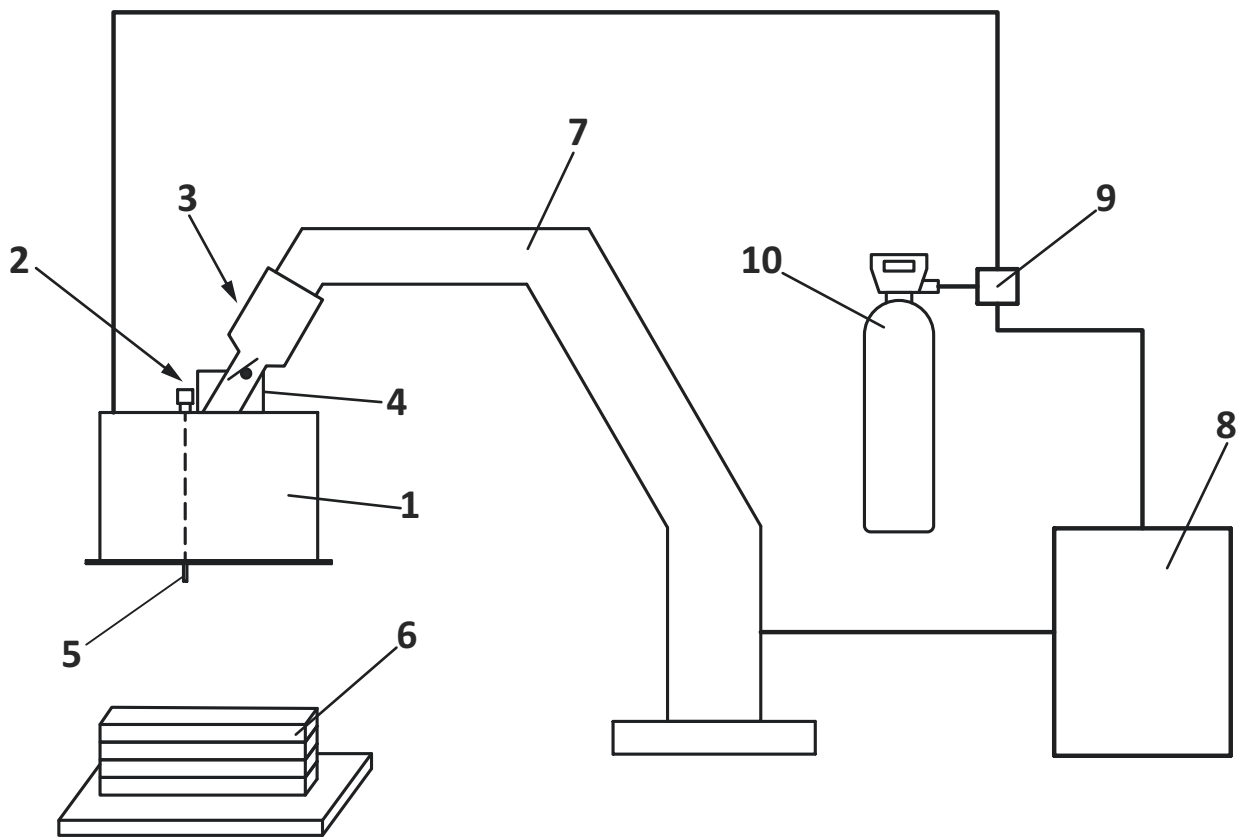


FIG. 2

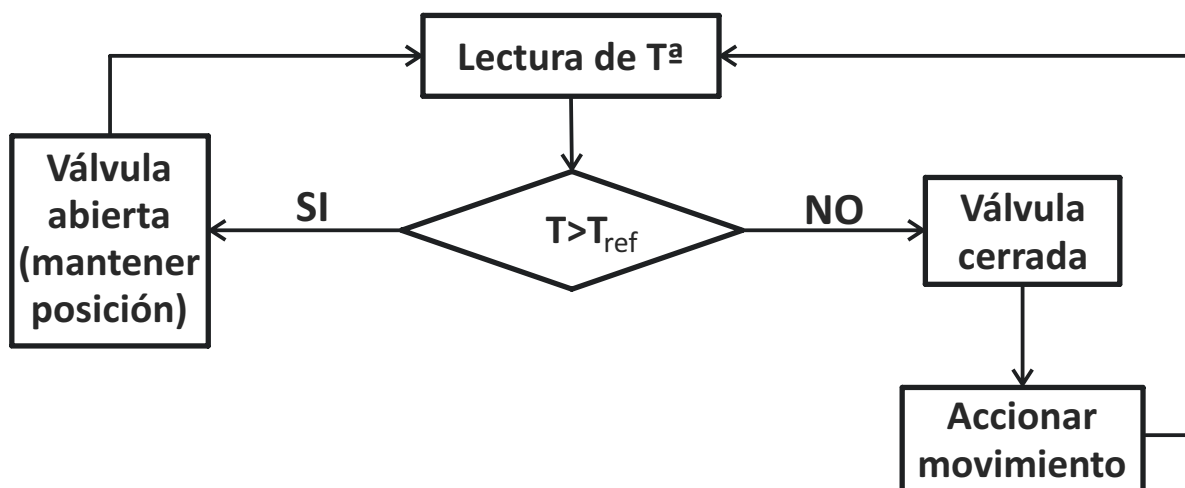


FIG. 3