

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 010 472**

51 Int. Cl.:

B29C 65/00 (2006.01)

B23K 13/02 (2006.01)

B29C 65/36 (2006.01)

H05B 6/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2020 E 20196295 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024 EP 3967437**

54 Título: **Soldadura por inducción de piezas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.04.2025

73 Titular/es:
**COREBON AB (100.00%)
Kantyxegatan 5
213 76 Malmö, SE**

72 Inventor/es:
FROGNER, KENNETH

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 3 010 472 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

Descripción

Soldadura por inducción de piezas

5

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un sistema para la soldadura por inducción controlada de al menos una zona de costura de soldadura de al menos dos superficies de al menos una pieza. La presente invención también se refiere a un método para soldar por inducción al menos dos superficies utilizando este sistema.

10

ANTECEDENTES

En los últimos años, ha habido un creciente interés en el uso de materiales ligeros, por ejemplo, en la industria de la automoción y aeroespacial, donde el objetivo principal ha sido reducir las emisiones de carbono durante el transporte. Por ejemplo, cada vez es más habitual que los componentes de vehículos o aeronaves estén fabricados con compuestos de fibra. Un cambio emergente de resinas termoendurecibles para matrices termoplásticas permite que las piezas se suelden entre sí, por ejemplo, mediante soldadura por inducción.

15

20

Existen varios problemas asociados con la soldadura por inducción de dichos materiales, particularmente cuando se trata de la medición y el control de la temperatura. Por ejemplo, es difícil controlar la dirección del calor hacia la zona de soldadura sin sobrecalentar o subcalentar partes de la pieza, así como saber cuándo finalizar el proceso de soldadura. Además, es difícil medir la temperatura de una zona de soldadura sin integrar sensores como termopares, termómetros de resistencia o sensores de fibra óptica, lo que interfiere y afecta el rendimiento térmico y/o mecánico del material. Los termopares en particular también pueden calentarse por inducción o verse perturbados por los campos electromagnéticos, lo que puede complicar la lectura precisa de la temperatura.

25

30

Se han realizado varios intentos para evitar este tipo de medidas interferentes, por ejemplo, la medición indirecta a partir de, por ejemplo, pirómetros u otros sensores de temperatura externos, todas ellas con inconvenientes como que resultan costosas, inexactas y requieren disposiciones geométricas complejas, sin garantizar la reproducibilidad en la fabricación. Se pueden encontrar ejemplos de técnica anterior, por ejemplo, en los documentos US5573613A, WO82/02593A1, EP1343355A2 y EP0852452A1. El documento WO2019/231327A1 (véase el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 13) describe un método y un dispositivo para unir piezas moldeadas mediante soldadura electromagnética, en el que primero se mueve un inductor de detección a lo largo de un plano de contacto de las piezas que se van a moldear, seguido de un inductor de unión que realiza la unión de las piezas.

35

40

Por ello, es evidente que existe una necesidad de desarrollar una nueva técnica de soldadura por inducción que pueda superar los problemas mencionados con anterioridad.

RESUMEN DE LA INVENCION

Un objeto de la presente invención es resolver o al menos mitigar los problemas relacionados con la técnica anterior. Este objeto se consigue por medio de la técnica expuesta en las reivindicaciones independientes adjuntas; las realizaciones preferidas que se definen en las reivindicaciones dependientes relacionadas.

45

50

Según un aspecto de la invención, se proporciona un sistema para la soldadura por inducción controlada de al menos una zona de costura de soldadura de al menos dos superficies de al menos una pieza. El sistema comprende un inductor configurado para estar dispuesto junto con la al menos una pieza, y unos medios de procesamiento configurados para generar un campo electromagnético al aplicar un voltaje alterno al inductor para calentar inductivamente la al menos una de las superficies de modo que el área de la costura de soldadura se suelde entre sí. Los medios de procesamiento también están configurados para medir simultáneamente al menos un parámetro de la al menos una pieza, al menos en función del campo electromagnético generado. Los medios de procesamiento están configurados además para detectar un cambio del al menos un parámetro y determinar una estimación de temperatura de la al menos una pieza, basándose en dicho cambio detectado.

55

60

Por lo tanto, el inductor actúa como dispositivo de soldadura y como dispositivo de detección. El inductor está configurado así tanto para calentar las piezas para provocar la soldadura como para actuar simultáneamente como sensor.

65

En una realización, los medios de procesamiento están configurados además para controlar, en función de la estimación de temperatura determinada, el funcionamiento del sistema.

ES 3 010 472 T3

En una realización, el control del funcionamiento del sistema comprende al menos alterar el voltaje y/o la frecuencia aplicados, y/o provocar un movimiento del inductor.

- 5 En una realización, el sistema comprende además un medio de movimiento configurado para provocar un movimiento del inductor, y en donde los medios de procesamiento están configurados además para controlar el movimiento del inductor.

- 10 En una realización, el sistema comprende unos medios de presión configurados para aplicar una presión al sistema, y en donde los medios de procesamiento están configurados además para controlar la presión aplicada.

En una realización, la presión se aplica en una dirección sensiblemente perpendicular al área de la costura de soldadura.

15

En una realización, el inductor y los medios de procesamiento están en comunicación operativa entre sí.

En una realización, los medios de procesamiento comprenden un convertidor de frecuencia.

- 20 En una realización, los medios de procesamientos están configurados además para proporcionar un voltaje/corriente con una determinada frecuencia al inductor.

- 25 En una realización, el al menos un parámetro medido por los medios de procesamiento es al menos uno de frecuencia, un ángulo de fase, un ciclo de trabajo, una resistencia, una inductancia, un valor pico, medio o raíz cuadrada media (RMS) de una corriente, una potencia y/o energía.

- 30 En una realización, la estimación de la temperatura se realiza utilizando al menos una red neuronal alimentada por el al menos un parámetro y/o utilizando al menos un modelo de transferencia alimentado por el al menos un parámetro y/o por al menos un modelo autorregresivo alimentado por al menos dos parámetros.

En una realización, la al menos una pieza está hecha de un material compuesto.

- 35 Preferiblemente, la matriz del compuesto es un material termoplástico o semicristalino. El material de la matriz también podría ser un metal. Por lo tanto, existe la posibilidad de que se vuelva a fundir. De esta forma, las piezas se pueden reparar cuando se dañan, aumentando la reciclabilidad y la vida útil de la pieza.

- 40 En una realización, al menos una de las piezas está hecha de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP). Una ventaja de utilizar compuestos de fibra de carbono es que están clasificados como materiales semiconductores. De esta forma, se pueden calentar directamente en todo el cuerpo de la pieza. La al menos una pieza también puede ser de compuestos de fibra de vidrio o de plásticos reforzados con fibra de vidrio, con una matriz termoplástica. La fibra de vidrio es generalmente más barata que la fibra de carbono. El refuerzo de fibra puede ser cualquier tipo de fibra técnica, como fibras de lino, aramida, polietileno de peso molecular ultraalto (UHMWPE). El compuesto también puede ser un material híbrido reforzado con fibra que
- 45 contiene más de un tipo de fibra, por ejemplo, fibra de vidrio y fibra de carbono. Las fibras pueden ser continuas o cortadas, capas simples o tejidas o fibras orientadas aleatoriamente. Los diferentes tipos de fibras y capas tienen sus ventajas particulares, como rigidez, densidad, costes, apariencia, impacto ambiental, propiedades dieléctricas, etc., obvias para una persona experta en la materia.

- 50 En una realización, el área de costura de soldadura está definida por una primera porción de una primera pieza dispuesta sobre o adyacente a y orientada hacia una segunda porción de una segunda pieza. Las piezas también podrían pertenecer a la misma parte, por ejemplo, en el caso de soldar un tubo.

- 55 Las ventajas de este sistema son que tiene un coste relativamente bajo y una configuración menos complicada que la técnica anterior. No es necesario integrar sensores de temperatura externos dentro del material para obtener la temperatura de la zona de soldadura, algo que no se veía en la técnica anterior. El sistema tiene un principio 2 en 1 donde el inductor actúa como sensor de temperatura y calentador. Los medios de procesamientos están configurados para generar un campo electromagnético y al mismo tiempo medir parámetros de al menos una de las piezas para determinar la temperatura. Incluso sin sensores de
- 60 temperatura externos, el sistema puede funcionar en circuito cerrado para garantizar que se alcance la temperatura adecuada, a diferencia del control de circuito abierto, donde el sistema se basa en configuraciones predeterminadas, lo que funciona muy bien en ciertos casos, pero con un gran riesgo de sobrecalentamiento o subcalentamiento de la soldadura.

Otra ventaja del sistema reivindicado es que se puede estimar una desviación de temperatura en la zona de soldadura durante la soldadura por inducción utilizando únicamente el propio inductor y unos medios de procesamiento, tal como un convertidor de frecuencia. No es necesario integrar, por ejemplo, termopares o rejillas de fibra Bragg en la estructura para supervisar el proceso de calentamiento/soldadura. En otras palabras, el sistema proporciona la medición de una capa oculta sin interferencia mecánica con el material. Esto conduce, por ejemplo, a una reducción de peso y a unos menores costes de producción durante la soldadura. El sistema está configurado para medir diferencias en señales o propiedades electromagnéticas en un inductor mientras que al mismo tiempo calienta los componentes a soldar, es decir, las piezas, mediante el mismo inductor. Por lo tanto, la medición de las propiedades electromagnéticas se puede realizar cuando las piezas están tanto en estado frío como en estado caliente. Las uniones soldadas proporcionan grandes ahorros en el peso de los componentes y en los costos de ensamblaje, pero sólo se puede aplicar si se puede garantizar un proceso fiable. Los compuestos de fibra pierden gran parte de su resistencia mecánica cuando se hacen agujeros, por lo que las piezas soldadas pueden hacerse significativamente más delgadas, manteniendo las propiedades mecánicas y reduciendo el riesgo de fatiga.

Además, el sistema permite un proceso controlado con tiempos de ciclo más cortos y garantiza una adhesión adecuada entre las dos piezas gracias a un mejor control de la temperatura y, por ejemplo, a los medios de presión y al tiempo de soldadura adecuados. El resultado es una soldadura de alta calidad con un riesgo reducido de sobrecalentamiento local del material en la zona de soldadura, ya que el proceso de soldadura es detenido por los medios de procesamiento antes de que las piezas se sobrecalienten. El sistema también reduce el riesgo de temperatura insuficiente.

Según un segundo aspecto, se proporciona un método para soldar por inducción al menos dos superficies de al menos una pieza utilizando el sistema descrito con anterioridad. El método comprende las etapas de proporcionar un inductor configurado para estar dispuesto junto con la al menos una pieza, proporcionar unos medios de procesamiento, generar un campo electromagnético al aplicar un voltaje alterno al inductor para calentar inductivamente al menos una de las superficies de modo que el área de la costura de soldadura se suelde entre sí, y medir simultáneamente al menos un parámetro de la al menos una pieza al menos en función del campo electromagnético generado. El método comprende además detectar un cambio del al menos un parámetro y determinar una estimación de temperatura de la al menos una pieza en función de dicho cambio detectado. En este contexto, junto con se define como acoplado electromagnéticamente.

En una realización, el método comprende además controlar el funcionamiento del sistema en función de dicha estimación de temperatura.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A modo de ejemplo, se describirán ahora realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 es una vista en perspectiva de una parte del sistema según una realización,
- La figura 2a muestra la soldadura de dos superficies de dos piezas con un inductor según una realización,
- La figura 2b muestra la soldadura de dos superficies de dos piezas con un inductor según una realización,
- La figura 2c muestra la soldadura de dos superficies de dos piezas con un inductor según una realización,
- La figura 3a es una vista isométrica de la soldadura de dos superficies de una pieza según una realización.
- La figura 3b es una vista lateral de la soldadura de tres superficies de tres piezas según una realización,
- La figura 4 es una vista superior esquemática de un inductor según una realización.
- La figura 5 es una vista lateral del sistema según una realización,
- La figura 6 es un diagrama de bloques esquemático que muestra el sistema y sus elementos,
- La figura 7 es un diagrama de bloques esquemático que muestra partes del sistema,
- La figura 8 es un diagrama que muestra un ejemplo de la relación entre voltaje y corriente cuando el sistema está por encima de la resonancia,
- La figura 9a es una vista esquemática de un método para determinar una estimación de temperatura basada en una red neuronal según una realización.
- La figura 9b es una vista esquemática de un método para determinar una estimación de temperatura basada en modelos de transferencia según una realización.
- La figura 9c es una vista esquemática de un método para determinar una estimación de temperatura basada en un modelo autorregresivo con entrada de parámetros adicionales según una realización.
- La figura 10a es un diagrama de bloques esquemático de un método según una realización, y
- La figura 10b muestra un método realizado por unos medios de procesamiento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE MODALIDADES DE REALIZACIÓN

A continuación, se describirán realizaciones de la invención con referencia a los dibujos adjuntos. Sin embargo, la invención puede implementarse de muchas formas diferentes dentro del ámbito definido por las

reivindicaciones adjuntas y no debe interpretarse como una limitación a las realizaciones aquí establecidas; más bien, estas realizaciones se proporcionan para que esta divulgación sea exhaustiva y completa, y transmita plenamente el alcance de la invención a los expertos en la materia. La terminología utilizada en la descripción detallada de las realizaciones particulares ilustradas en los dibujos adjuntos no pretende limitar la invención. En los dibujos, los números iguales se refieren a elementos iguales.

La figura 1 ilustra una parte de un sistema 1 según la invención, donde un objeto es monitorear cambios en señales eléctricas para conseguir una temperatura de proceso suficiente para soldar al menos dos piezas 20, 21 sin sobrecalentar o subcalentar los materiales o piezas a soldar. Los cambios en las señales eléctricas se caracterizan mediante medición inductiva. La potencia inductiva 2 es generada por un inductor 10 que induce una corriente en la al menos una pieza 20, 21, como se describirá con más detalle a continuación.

En una realización, al menos dos superficies de al menos dos piezas 20, 21 se deben soldar entre sí. Las al menos dos piezas 20, 21 están configuradas para ser soldadas inductivamente en un área de costura de soldadura A. El área de costura de soldadura A está definida por una primera porción 20' de la primera pieza 20 dispuesta sobre o adyacente, y orientada hacia, una segunda porción 21' de la segunda pieza 21. El inductor 10 está dispuesto junto con, o cerca de al menos una de las dos piezas 20, 21. En una realización, las dos piezas 20, 21 están dispuestas junto con el inductor estando en contacto directo entre sí. En otra realización, las dos piezas 20, 21 están dispuestas junto con el inductor 10 sin estar en contacto directo entre sí. Por lo tanto, la al menos una pieza 20, 21 puede estar en contacto directo o en contacto indirecto con el inductor 10. En una realización, el inductor 10 está a una distancia predeterminada de la al menos una pieza 10, 20.

El inductor 10 induce una corriente en las piezas 20, 21 que son susceptibles al calentamiento electromagnético. Se calientan por inducción en la zona de la costura de soldadura A y se funden o fusionan entre sí cuando alcanzan una temperatura de fusión o procesamiento predeterminada que corresponde a las propiedades del material de las piezas 20, 21. El tiempo necesario para fundir las piezas 20, 21 en la zona de la costura de soldadura A está determinado por las propiedades del material y la geometría de las respectivas piezas.

En la realización mostrada en la figura 1, las piezas 20, 21 se deben soldar cuando se disponen una sobre otra. Aquí, la segunda pieza 21 se coloca encima de la primera pieza 20 y la costura de soldadura se genera en el área de costura de soldadura A en dos respectivas porciones finales de modo que las dos piezas 20, 21 son soldadas en una configuración de lado a lado. Hay varias variaciones de esta disposición. Por ejemplo, la segunda pieza 21 puede estar dispuesta lateralmente en paralelo con la primera pieza 20 de modo que estén soldadas en una configuración de borde a borde. Otras posibilidades son, por ejemplo, una configuración de lado a borde (no se muestra).

En la realización mostrada en la figura 1, las piezas 20, 21 tienen forma rectangular. Sin embargo, como entenderá un experto en la materia, pueden tener cualquier forma. Por ejemplo, pueden ser una viga y un revestimiento de un componente de una aeronave. El espesor puede variar desde submilímetros hasta décimas de milímetros y las piezas a soldar pueden tener geometrías complejas.

Las piezas 20, 21 son susceptores, lo que significa que tienen la capacidad de absorber energía electromagnética y convertirla en calor. Por lo general, se trata de materiales compuestos de fibra de carbono, como plásticos reforzados con fibra de carbono (CFRP). El refuerzo de fibra puede ser cualquier tipo de fibra técnica, como fibras de lino, aramida, polietileno de peso molecular ultraalto (UHMWPE). El compuesto también puede ser un material reforzado con fibra híbrida, que contenga más de un tipo de fibra, por ejemplo, fibra de vidrio y fibra de carbono. Las fibras pueden ser continuas o cortadas, capas simples o tejidas o fibras orientadas aleatoriamente. Los diferentes tipos de fibras y capas tienen sus ventajas particulares, como rigidez, densidad, costo, apariencia, impacto ambiental, propiedades dieléctricas, etc., obvias para una persona experta en la materia.

Las piezas 20, 21 pueden estar hechas, por ejemplo, de laminados unidireccionales donde cada capa está dispuesta con un ángulo diferente con respecto a las capas adyacentes. A modo de ejemplo no limitativo, cada pieza puede contener, por ejemplo, 10 capas de fibras de carbono incrustadas en una matriz termoplástica. Como alternativa, las piezas 20, 21 están hechas de una red tejida de fibras de carbono, por ejemplo, fibras de carbono cortadas, organizadas u orientadas aleatoriamente. Opcionalmente la red es no tejida. La matriz puede ser por ejemplo polipropileno (PP), poliamida (PA), policarbonato (PC) o puede ser un material termoplástico semicristalino como polifenilensulfuro (PPS) o polieteretercetona (PEEK) etc., pero también puede ser un metal como aluminio o titanio. Los compuestos de fibra de carbono generalmente se clasifican como semiconductores y pueden calentarse directamente para distribuir el calor de manera eficiente en todo el espesor del material. Gracias a la matriz termoplástica es posible fundir las piezas 20, 21 y crear así una costura de soldadura en un área de costura de soldadura A compartida por las dos piezas 20, 21.

Las piezas 20, 21 también pueden ser de materiales compuestos de fibra de vidrio. Las fibras también pueden ser de cualquier otro textil técnico, como fibras de lino, aramida, polietileno de ultra alto peso molecular, etc. Como ejemplo no limitativo, se pueden utilizar fibras de vidrio como agente de refuerzo en una matriz a base de polipropileno. Si las piezas 20, 21 a soldar son compuestos de fibra de vidrio, puede ser necesario introducir una capa adicional (no mostrada) en una interfaz entre las dos piezas. Esto se debe a las propiedades aislantes de la fibra de vidrio. La capa adicional colocada en la interfaz también puede llamarse susceptible. Este susceptible puede ser, por ejemplo, una red tejida de metal o fibra de carbono. Las redes que constituyen la capa adicional también pueden ser no tejidas. También puede ser que la capa adicional sea algo más que una red. Por ejemplo, la capa adicional puede estar formada por fibras de carbono orientadas aleatoriamente aplicadas a la superficie de una o ambas piezas 20, 21 que se van a soldar.

Se debe tener en cuenta que las dos piezas 20, 21 pueden ser de diferente material. Por lo tanto, la primera pieza 20,21 puede ser de un primer material y la segunda pieza puede ser de un segundo material. En la realización descrita con anterioridad, una pieza puede estar hecha de un material compuesto de fibra de vidrio y la otra pieza es un susceptible. Los materiales compuestos también pueden construirse mediante refuerzo de fibras híbridas, por ejemplo, fibra de vidrio y fibra de carbono, normalmente con la fibra de carbono al menos en la superficie o cerca de la superficie del material. Esto se muestra en la figura 3b.

En la figura 1, se aplica una presión a las piezas 20, 21 para asegurar un buen contacto entre las dos piezas que se van a unir. La presión se puede aplicar a través de unos medios de presión 50, como se muestra y expone más en relación con las figuras 5 y 6.

Las figuras 2a-c ilustran tres situaciones diferentes en las que el inductor 10 se mueve en relación con las piezas 20, 21. Las flechas indican el movimiento direccional. En la Fig. 2a, la segunda pieza 21 está dispuesta encima de la primera pieza 20 y la costura de soldadura se genera en el área de costura de soldadura A definida por el área entre las dos piezas en la que se superponen, es decir, donde una primera porción 20' de la primera pieza 20 está enfrentada a una segunda porción 21' de la segunda pieza 21. Aquí, las piezas se sueldan en una configuración de lado a lado.

La primera pieza 20 comprende una primera superficie 20a y una segunda superficie 20b. La segunda pieza 21 comprende una primera superficie 21a y una segunda superficie 21b. En la realización mostrada en la figura 2a, la segunda pieza 21 está dispuesta encima de la primera pieza 20. La segunda superficie 21b de la segunda pieza 21 está dispuesta orientada hacia la primera superficie 20a de la primera pieza 20. El inductor 10 está dispuesto debajo de la segunda superficie 20b de la primera pieza 20 de manera que calienta indirectamente la primera superficie 20a de la primera pieza 20 y la segunda superficie 21b de la segunda pieza 21.

En la Fig. 2b, las piezas 20, 21 están soldadas en una configuración de lado a lado pero con el inductor dispuesto y moviéndose sobre la parte superior de la segunda pieza 21.

En la figura 2c, la segunda pieza 21 se dispone lateralmente en paralelo con la primera pieza 20 de modo que estén soldadas en una configuración de borde a borde. Aquí, el inductor 10 está dispuesto y configurado para moverse a lo largo de la primera pieza 20 y de la segunda pieza 21. Alternativamente, el inductor 10 puede colocarse en el lado opuesto (debajo) de las dos piezas 20, 21.

En todos los casos, las piezas 20, 21 pueden estar soportadas por un elemento de soporte (no mostrado). El elemento de soporte puede estar dispuesto opuesto a los medios de presión 50 de tal manera que las piezas 20, 21 queden intercaladas entre los medios de presión 50 y el elemento de soporte. Alternativamente, las piezas 20, 21 pueden ser soportadas principalmente por la fuerza de soporte generada por la presión procedente de los medios de presión 50 cuando actúan en una dirección hacia el inductor 10 en su alojamiento 11. En ese caso, el medio de soporte puede ser la carcasa del inductor 11.

Como se muestra en las figuras 2a-c, el movimiento de al menos una parte del inductor 10 puede ser en la dirección longitudinal ilustrada por la flecha M. La dirección puede ser, por ejemplo, a lo largo del eje x. Alternativamente, el movimiento se realiza en una dirección a lo largo de la longitud de las dos piezas 20, 21 mientras están apoyadas sobre una superficie o herramienta. Sin embargo, como debe entenderse, el movimiento del inductor 10 podría ser a lo largo del ancho de las dos piezas 20, 21 (solo se muestra una vista lateral en sección transversal en las figuras 2a-c) mientras están dispuestas sobre una superficie o herramienta. Aunque no se muestra, debe tenerse en cuenta que el movimiento también podría ser en múltiples direcciones en una única realización, siempre que el inductor 10 esté cerca de al menos una pieza 20, 21. Preferentemente, el movimiento de traslación del inductor 10 es accionado por un medio de movimiento 40. Esto se discutirá más detalladamente en relación con las figuras 5 y 6.

ES 3 010 472 T3

En las realizaciones descritas con anterioridad, la soldadura se ha descrito como la soldadura de dos superficies de dos piezas 20, 21. Sin embargo, como podrá comprender un experto en la materia, también se podrían soldar entre sí dos superficies de una misma pieza 20, 21. Esto se muestra en la figura 3a, donde las dos superficies 20', 20" de la pieza 20 se han soldado entre sí en un área de costura de soldadura A. En tal situación, la pieza puede haberse doblado para crear una forma donde se unen dos porciones de extremo 20', 20". La pieza 20, 21 puede ser doblada y soldada en forma de un perfil metálico con cuatro esquinas y tener una sección transversal cuadrática. También se pueden proporcionar otras formas, como por ejemplo una forma similar a una tubería con una sección transversal circular. En estos casos, la pieza 20, 21 tiene dos porciones finales, formando superficies 20', 20", donde la soldadura se crea en un área de costura de soldadura A entre dos porciones finales de la misma pieza en bruto. En otras palabras, se puede soldar una única pieza hecha de fibra de carbono y/o de un compuesto de fibra de vidrio.

La figura 3b muestra una realización en la que las superficies de tres piezas 20, 21, 22 están soldadas entre sí. Este puede ser el caso cuando las dos piezas 20, 21 son materiales compuestos de fibra de vidrio. Para soldar estas piezas 20, 21 entre sí, se introduce una pieza 22 adicional. Dicha pieza adicional 22 ha sido comentada anteriormente, donde se había denominada susceptor. La pieza adicional 22 puede ser del mismo tamaño que las piezas 20, 21 o puede ser más pequeña.

En esta configuración, se crean dos áreas de costura de soldadura A1, A2. Se crea una zona de costura de soldadura A1 entre la primera pieza 20 y la pieza adicional 22, y se crea una zona de costura de soldadura A2 entre la segunda pieza 21 y la pieza adicional 22.

La figura 4 es una vista superior ilustrativa de un inductor. El inductor 10 comprende al menos una bobina 12a, 12b. En una realización, el inductor 10 comprende al menos dos bobinas 12a, 13b. En esta configuración, una bobina puede estar designada para medir, mientras que una o más bobinas adicionales están configuradas para calentar. Si hay una pluralidad de bobinas en el inductor 10, las bobinas están electromagnéticamente acopladas entre sí.

En una realización alternativa, el inductor 10 comprende una sola bobina. La única bobina está configurada tanto para provocar el calentamiento de las piezas como para medir los parámetros del sistema.

El sistema 1 para la soldadura por inducción controlada de al menos una zona de costura de soldadura A de las al menos dos piezas 20, 21 se ilustra con más detalle en la figura 5. Aquí, la costura de soldadura creada en la zona de costura de soldadura A se muestra como una línea negra entre dos piezas 20, 21. El sistema 1 se ve desde una vista lateral. Se proporcionan unos medios de presión 50 para aplicar una presión al sistema 1, y más específicamente a las al menos dos piezas 20, 21 para asegurar un buen contacto entre las piezas durante la soldadura.

El inductor 10 puede estar dispuesto en una carcasa 11. Una finalidad de la carcasa 11 es proteger el inductor 10 de entrar en contacto con las piezas 20, 21 a soldar. Otra finalidad es proporcionar un terreno estable para que el inductor pueda apoyarse, por ejemplo, en una mesa en una zona de trabajo. Otra finalidad de la carcasa del inductor 11 es soportar las piezas 20, 21 durante la soldadura para que sufran un contacto adecuado entre los medios de presión 50 y el inductor 10. Esto garantiza un proceso de soldadura estable y controlado. La carcasa del inductor 11 también facilita el movimiento controlado y estabilizado del inductor 10 cuando se debe mover. La carcasa también puede evitar que la bobina caliente objetos no deseados que se encuentren cerca. Además de la unidad de bobina, otra palabra para el inductor 10 puede ser elemento calefactor.

El sistema 1 comprende también unos medios de procesamiento 30 que están configurados para generar un campo electromagnético al aplicar un voltaje alterno al inductor 10 para calentar inductivamente las dos piezas 20, 21 de manera que el área de costura de soldadura A se suelde entre sí. Simultáneamente, los medios de procesamiento 30 están configurados para medir al menos un parámetro P de al menos una de las dos piezas 20, 21 al menos en función del campo electromagnético generado. Los medios de procesamiento 30 están configurados para detectar un cambio del al menos un parámetro P. Con base en dicho cambio, los medios de procesamientos están configurados además para determinar una estimación de temperatura de la al menos una temperatura de la pieza 20, 21. La estimación de la temperatura se analizará con más detalle en referencia a las figuras 9a-c.

Preferiblemente, los medios de procesamiento 30 son o comprenden un convertidor de frecuencia 31. También puede ser una unidad de control. Los medios de procesamiento 30 pueden comprender además una unidad de visualización 32 para proporcionar a un operador o usuario información del proceso, y medios de acoplamiento 33 para que los medios de procesamiento 30 estén en comunicación operativa con el inductor 10. Dicho de otro modo, el inductor 10 y los medios de procesamiento 30 están en comunicación operativa entre sí a través del medio de acoplamiento 33. También se proporciona un medio de movimiento 40 y está acoplado operativamente tanto a los medios de procesamiento 30 como al inductor 10. El medio de

movimiento 40 está configurado para provocar un movimiento del inductor 10 en función de la información de proceso recibida y/o determinada por los medios de procesamiento 30. En otras palabras, los medios de procesamiento 30 están configurados para controlar el movimiento del inductor 10. Alternativamente, el inductor 10 es estacionario y el medio de movimiento 40 está configurado para mover las piezas 20, 21 en relación con el inductor 10.

Preferiblemente, los medios de procesamiento comprenden además una interfaz para transmitir los datos obtenidos por el inductor. La interfaz puede ser de cualquier tipo adecuado, incluido un cableado simple, una interfaz en serie como Ethernet, RS485, USB, una interfaz inalámbrica como Bluetooth o WiFi, etc.

Los medios de procesamiento pueden comprender un dispositivo programable, tal como un microcontrolador, una unidad central de procesamiento (CPU), un procesador de señal digital (DSP) o una matriz de puertas programables en campo (FPGA), un sintetizador digital discreto (DDS) con software y/o firmware apropiado, y/o hardware específico tal como un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC). Los medios de procesamiento 30 pueden estar conectados o comprender un medio de almacenamiento legible por ordenador, tal como un disco o una memoria. La memoria puede implementarse utilizando cualquier tecnología comúnmente conocida para memorias legibles por ordenador, como ROM, RAM, SRAM, DRAM, FLASH, DDR, SDRAM o alguna otra tecnología de memoria.

La figura 6 describe una realización del sistema 1. Aquí, el sistema 1 comprende un inductor 10 y unos medios de procesamiento 30 como se han descrito anteriormente. El sistema 1 puede comprender además uno o más de un medio de movimiento 40, unos medios de presión 50 y un medio de refrigeración 60.

El medio de movimiento 40 está configurado para mover el inductor 10 con relación a las piezas 20, 21 a soldar. El medio de movimiento 40 puede estar en comunicación operativa con la unidad de procesamiento 30 y en comunicación operativa con una unidad de accionamiento 70 que provoca el movimiento del inductor 10. La unidad de accionamiento 70 puede ser parte del medio de movimiento 40, o estar dispuesta externamente al medio de movimiento. La unidad de accionamiento 70 puede ser un motor tal como un motor eléctrico o un actuador neumático o similar. Alternativamente, la unidad de accionamiento 70 puede ser un motor eléctrico de CC sin escobillas. El motor eléctrico de CC sin escobillas puede ser un motor paso a paso. Un motor de pasos divide una rotación completa en un número de pasos iguales. Una ventaja de un motor de pasos es que es posible moverlo y mantenerlo en uno de estos pasos sin tener un sensor de posición para recibir retroalimentación. La unidad de accionamiento también podría ser cualquier tipo de servomotor.

Los medios de procesamiento 30 pueden ordenar a la unidad de accionamiento 70 que mueva el inductor 10 a lo largo de una trayectoria predeterminada en pequeños pasos. Los pasos están preferiblemente en la escala submilimétrica. La unidad de accionamiento 70 puede ser controlada de forma inalámbrica por los medios de procesamiento 30 o por cable o fibra óptica. La unidad de accionamiento 70 puede estar configurada para seguir un protocolo predefinido almacenado en una memoria asociada a los medios de procesamiento 30, y/o la unidad de accionamiento 70 está configurada para seguir instrucciones dadas por un usuario de los medios de procesamiento 30. La unidad de accionamiento 70 puede estar dispuesta como parte del sistema 1 o como una parte externa separada, estando en comunicación operativa con el sistema 1.

Opcionalmente, el medio de movimiento 40 puede formar parte de los medios de procesamiento 30, o estar dispuesto externamente a la unidad de procesamiento 30.

El medio de movimiento 40 puede comprender, por ejemplo, una pista, un marco, una varilla o una disposición similar que permita controlar el movimiento de manera precisa. El medio de movimiento 40 puede ser además un brazo robótico, un robot cinemático paralelo o un pórtico. Preferiblemente, el medio de movimiento 40 puede moverse en pasos incrementales para controlar mejor el proceso de soldadura. El medio de movimiento 40 también puede moverse continuamente. El medio de movimiento 40 también puede accionarse manualmente. Por ejemplo, el medio de movimiento 40 puede estar dispuesto en una carcasa, por ejemplo, una disposición longitudinal a lo largo de la cual puede moverse, no mostrada) para permitir el movimiento del inductor 10.

El medio de movimiento 40 puede, en una realización, comprender un brazo telescópico que sea capaz de alargarse o acortarse durante la soldadura para permitir diferentes posiciones del inductor 10.

Como se ha indicado anteriormente, el sistema 1 puede comprender medios de enfriamiento 60 configurados para enfriar el sistema 1. El medio de enfriamiento 60 está configurado para enfriar las piezas 20, 21 durante y/o después de haber alcanzado la temperatura de procesamiento y se ha formado la soldadura. El enfriamiento puede ser controlado por los medios de procesamiento 30. Si por ejemplo el proceso de soldadura es continuo, el sistema 1 puede comprender un rodillo o cilindro de enfriamiento configurado para enfriar el área soldada. Este rodillo o cilindro de enfriamiento puede entonces disponerse detrás del inductor 10 a medida que se mueve a través de las piezas 20, 21. Alternativamente, el inductor 10 puede enfriar el

ES 3 010 472 T3

área recién soldada a través de un proceso llamado conducción térmica. En ese caso, puede haber, por ejemplo, un elemento de succión dispuesto junto con el sistema 1 para recuperar la pérdida de energía asociada con el proceso de enfriamiento.

5 El sistema 1 comprende además unos medios de presión 50 configurados para aplicar una presión a las piezas 20, 21. En la figura 5, el inductor 10 está dispuesto debajo de las dos piezas 20, 21 y las piezas están intercaladas entre los medios de presión 50 y el inductor 10. En general, los medios de presión 50 y el inductor 10 están dispuestos en respectivos lados de las dos piezas 20, 21 a soldar y siguen cada una de ellas a través de las áreas a soldar. El inductor 10 y los medios de presión 50 también pueden estar
10 dispuestos en lados opuestos. Esto se muestra en las figuras 2b y 2c, donde el inductor 10 está dispuesto encima de la segunda pieza 21 y los medios de presión 50 están dispuestos para entrar en contacto con la primera pieza 20.

15 Los medios de procesamiento 30 están configurados para controlar la presión aplicada. Normalmente, la presión se aplica en una dirección sensiblemente perpendicular al área de la costura de soldadura A de las al menos dos piezas 20, 21. Esto se ilustra en las figuras 1 y 3.

Ahora volviendo a la figura 7, que ilustra otras partes del sistema 1. En la figura 7 se muestra una parte del proceso de medición de al menos un parámetro P. Aquí, una frecuencia F, una corriente I y una tensión V
20 sirven como entrada al inductor que a su vez entrega un parámetro P de las al menos dos piezas 20, 21 como salida al medio de procesamiento 30. La frecuencia F, la corriente I y el voltaje V son todos ejemplos de señales proporcionadas inicialmente como entrada por los medios de procesamiento 30.

25 Durante el funcionamiento, las piezas 20, 21 se calientan de forma inductiva mediante el inductor 10, que recibe como entrada determinadas señales electromagnéticas procedentes de los medios de procesamiento 30 en forma de tensión V/corriente I con una determinada frecuencia F. La frecuencia de al menos una de estas señales (potencia de salida) puede ser constante o aumentada. Al mismo tiempo, a medida que el inductor 10 calienta las piezas 20, 21 para soldarlas en un área de costura de soldadura A, el inductor 10 detecta señales electromagnéticas, o parámetros P, de las piezas 20, 21. Los parámetros P se transmiten de
30 nuevo al medio de procesamiento 30 a través del inductor 10. Los medios de procesamiento 30 están configurados para medir el al menos un parámetro P y detectar/evaluar un cambio en el al menos un parámetro P. Dicho de otra manera, los medios de procesamiento 30 están configurados para evaluar el al menos un parámetro P comparándolo con valores de referencia predeterminados.

35 Los valores de referencia predeterminados pueden obtenerse mediante el modelado/identificación del sistema o a partir de un modelo de IA. Los valores normalmente se calculan a partir de datos de entrada anteriores. Los valores de referencia predeterminados pueden ser, por ejemplo, características de los materiales de las piezas 20, 21 que se van a soldar.

40 Los medios de procesamiento 30 también están configurados para controlar el funcionamiento del sistema 1 basándose en esta evaluación de cambios en al menos un parámetro P. Cuando los medios de procesamiento 30 determinan, basándose en los parámetros medidos P, que se ha alcanzado la temperatura de soldadura adecuada en el área de la costura de soldadura A, se cambia el proceso de soldadura. El proceso de soldadura se puede cambiar deteniendo o alterando el proceso de soldadura, por ejemplo,
45 manteniendo la temperatura o moviendo el inductor 10 a través del medio de movimiento 40 y/o enfriando el área de la costura de soldadura A a través del medio de enfriamiento 60. Otros ejemplos son, por ejemplo, alterar el voltaje y/o la frecuencia aplicados o la presión aplicada dada por los medios de presión 50. Todas estas acciones/eventos son determinados preferentemente por los medios de procesamiento 30.

50 En otras palabras, el sistema 1 funciona de la siguiente manera. El medio de movimiento 40 que mueve las piezas 20, 21 o el inductor 10 se controla, a través de los medios de procesamiento 30, en función de la salida del inductor 10. Esta salida se presenta en forma de señales electromagnéticas o parámetros P resultantes de cambios en las características del material de las piezas 20, 21 a soldar. Además, los medios de presión 50 se controlan, a través de los medios de procesamiento 30, en función de la salida del inductor
55 10. Además, el medio de enfriamiento 60 se controla, nuevamente a través de los medios de procesamiento 30, en función de la salida del inductor 10. Por último, la salida, o directivas, procedentes de los medios de procesamiento 30 se determinan a su vez en función de la salida del inductor 10. Se puede ver esta interacción como un tipo de sistema de retroalimentación.

60 Tal como se ha mencionado con anterioridad, los medios de procesamiento 30 están configurados para generar un campo electromagnético aplicando señales de entrada al inductor 10 en términos de un voltaje V/corriente I con una cierta frecuencia F. Estas señales pueden ser, por ejemplo, una frecuencia F, una corriente I o un voltaje de entrada V, como se ilustra en la figura 7. A medida que las piezas 20, 21 se calientan inductivamente y se alteran las propiedades electromagnéticas de las piezas, el inductor 10
65 experimentará un cambio en las señales electromagnéticas en comparación con los valores de entrada

- generados por los medios de procesamiento 30. Estos cambios en las señales electromagnéticas, o parámetros P, que surgen debido al calentamiento de las piezas, se transmiten a través del inductor 10 y son detectados por los medios de procesamiento 30. Por ejemplo, el al menos un parámetro P medido por los medios de procesamiento 30, o convertidor de frecuencia, es al menos uno de frecuencia, un ángulo de fase
- 5 entre un voltaje y una corriente, un ciclo, una resistencia, una inductancia, un valor pico, media o una raíz cuadrada media (RMS) o similar de una corriente, una potencia y/o energía. Una alternativa a la medición del ángulo de fase es medir otras señales eléctricas que dan lugar al mismo cambio de fase, por ejemplo, el cambio en la frecuencia de resonancia.
- 10 Durante la soldadura, la impedancia del inductor cambia debido a cambios en las propiedades eléctricas, o parámetros P, en las piezas 20, 21. Al medir una diferencia, por ejemplo, en la resistencia y la inductancia en presencia y ausencia de la pieza, respectivamente, se puede obtener una indicación de una variación de temperatura en el área de la costura de soldadura A. El circuito eléctrico provisto en el sistema 1 puede tener un comportamiento oscilante que se pronuncia a una cierta frecuencia de resonancia, en la que la impedancia
- 15 es puramente resistiva. El ángulo de fase se puede describir como el cambio entre un voltaje y una corriente. En resonancia, el ángulo de fase es cero. En la figura 8, se ilustra la salida del convertidor de frecuencia a medida que el sistema 1 se acerca a la resonancia. Como se puede ver, el voltaje de salida es similar a una onda cuadrada modificada. Por el contrario, en resonancia la corriente se asemeja a una sinusoidal.
- 20 La presión aplicada por los medios de presión 50 a las piezas 20, 21 para asegurar un contacto adecuado entre las dos piezas 20, 21 durante la soldadura afecta tanto a la resistencia como a la inductancia que experimenta la bobina.
- Además de detectar cambios en el al menos un parámetro P, los medios de procesamiento 30 están
- 25 configurados para evaluar el al menos un parámetro P comparándolo con valores de referencia predeterminados, que pueden ser, por ejemplo, valores de entrada que se han determinado previamente, basándose en datos simulados, modelado del sistema o AI, como se describirá en detalle a continuación. El valor podría depender de valores anteriores. Además, los medios de procesamiento 30 están configurados para controlar el funcionamiento del sistema 1 basándose en esta evaluación, por ejemplo, alterando el
- 30 voltaje aplicado y/o provocando un movimiento del inductor 10. Además de aplicar un voltaje alterno, los medios de procesamiento 30 están configurados además para proporcionar una corriente I y/o una frecuencia F al inductor 10 como señal de entrada.
- Conociendo, por ejemplo, el ángulo de fase y la frecuencia de salida, se puede estimar la temperatura en el
- 35 área de la costura de soldadura A comparando los valores detectados por el inductor 10 con valores de referencia predeterminados obtenidos utilizando un modelo de sistema o AI. Los parámetros P, o señales eléctricas, mencionados con anterioridad son detectados y medidos por el convertidor de frecuencia para poder estimar la temperatura en el área de la costura de soldadura A, es decir, una zona de soldadura. Los valores iniciales pueden variar dependiendo de las propiedades del material local, la geometría, el espesor, etc., pero la fusión del material de la matriz generalmente causa un cambio en la respuesta, posible de
- 40 detectar, lo que es beneficioso para modelar con precisión la temperatura cercana y alrededor de la temperatura objetivo/de procesamiento.
- Al medir estos parámetros P y estimar la temperatura, se puede controlar el proceso de soldadura ya que el
- 45 sistema 1 sabrá cuando se ha alcanzado la temperatura de proceso apropiada en el área de la costura de soldadura A, es decir, en una interfaz entre las piezas 20, 21. Cuando se haya alcanzado la temperatura del proceso, una indicación de que las piezas 20, 21 se han fundido lo suficiente llegará a los medios de procesamiento 30. El medio de movimiento 40 recibirá una señal de entrada de los medios de procesamiento 30 para moverse en relación con el área de costura de soldadura actual A de las al menos dos piezas 20, 21.
- 50 Los medios de presión 50 pueden seguir el movimiento del inductor 10. El tiempo de permanencia potencial también se puede integrar en los medios de control si es necesario.
- En una realización alternativa, el inductor 10 y los medios de presión 50 se mantienen estacionarios y las
- 55 piezas 20, 21 se mueven en su lugar. Además, la presión se puede variar en función de los parámetros medidos P. Cuando el sistema 1 ha determinado que las piezas 20, 21 se han soldado adecuadamente en un área determinada, los medios de presión 50 reciben información de los medios de procesamiento 30 que controlan los medios de presión 50, lo que indica si los medios de presión 50 pueden dejar de aplicar presión o no.
- 60 Las figuras 9a-c ilustran formas alternativas de estimar la temperatura. Los medios de procesamiento 30 están configurados para determinar una estimación de temperatura basada en el cambio detectado en el parámetro o parámetros. La estimación de temperatura puede basarse en una red neuronal, una o más funciones de transferencia y/o modelos autorregresivos. La estimación de la temperatura se basa en la evaluación de los cambios en al menos un parámetro.
- 65

La estimación de la temperatura puede ser realizada por una red neuronal, alimentada por al menos un parámetro P. La red neuronal necesita ser entrenada con una gran cantidad de datos para poder estimar la temperatura con precisión. La red neuronal es una buena manera de implementar un algoritmo de autoaprendizaje en los medios de procesamiento. La estimación de la temperatura en la zona de soldadura se puede determinar alternativamente utilizando un modelo de función de transferencia de cualquier tipo, alimentado por al menos un parámetro P. Otra alternativa para estimar la temperatura se puede realizar utilizando un modelo autorregresivo de cualquier tipo, alimentado con al menos un parámetro adicional P. Todos los métodos se determinan mediante datos registrados previamente en combinación con cambios en al menos uno de los parámetros P.

La figura 9a es una vista esquemática de una red neuronal. En una realización, la estimación de la temperatura de la al menos una superficie se obtiene a través de una red neuronal, donde al menos uno de los parámetros P se introduce en el modelo. Los parámetros específicos del modelo o red neuronal pueden cambiar con el tiempo a través de algoritmos de autoaprendizaje asociados a este tipo de modelos.

La figura 9b es una vista esquemática de una estructura de modelo de transferencia. En una realización, la estimación de la temperatura de la al menos una superficie se obtiene a través de uno o varios modelos de transferencia, alimentados por al menos un parámetro P, típicamente se necesita al menos una función no lineal para resultados precisos.

La figura 9c es una vista esquemática del modelo regresivo. En una realización, la estimación de la temperatura de la al menos una superficie se obtiene a través de un modelo autorregresivo, alimentado con al menos un parámetro adicional P, típicamente se necesita al menos una función no lineal para obtener resultados precisos. En esta realización, el modelo regresivo es un modelo ARX no lineal. La estructura de dichos modelos permite crear modelos de comportamiento no lineal complejos utilizando funciones no lineales flexibles, como redes de ondas pequeñas y sigmoidales. Un modelo ARX no lineal consta de regresores de modelo y un estimador de no linealidad. El estimador de no linealidad comprende preferiblemente funciones lineales y no lineales que actúan sobre los regresores del modelo para proporcionar la salida del modelo.

La figura 10a ilustra un método 100 para soldar por inducción al menos dos piezas 20, 21 utilizando el sistema 1 como se ha descrito con anterioridad. El método empieza proporcionando 105 un inductor 10 configurado para estar dispuesto junto con de al menos una de las piezas 20, 21. También se proporciona 110 unos medios de procesamiento 30. Se aplica un voltaje alterno al inductor 10 mediante los medios de procesamiento 30 y de ese modo se genera un campo electromagnético. El objetivo es calentar por inducción las al menos dos piezas 20, 21 de modo que se cree una costura de soldadura en una zona de costura de soldadura A entre las dos piezas 20, 21. El voltaje alterno V es una señal de entrada al inductor 10 y se aplica a través de los medios de procesamiento 30. Sin embargo, el método no se limita a aplicar únicamente un voltaje de entrada al inductor 10. También son aplicables otras señales electromagnéticas, tales como una corriente I o una frecuencia F. Simultáneamente mientras el inductor 10 calienta las piezas 20, 21 a través del campo electromagnético generado, el inductor 10 detecta y los medios de procesamiento 30 miden 120 al menos un parámetro P de al menos una de las dos piezas 20, 21 al menos en función del campo electromagnético generado. El parámetro P (una señal electromagnética) se modifica cuando las piezas 20, 21 se someten al campo electromagnético. Esto se debe a cambios en las características del material de las piezas 20, 21 durante la soldadura. Los medios de procesamiento 30 están configurados para detectar 125 un cambio del al menos un parámetro. Una vez que se detecta un cambio en el parámetro, los medios de procesamiento 30 están configurados para determinar 130 una estimación de temperatura de la al menos una pieza en función de dicho cambio. Por lo tanto, los medios de procesamiento 30 están configurados para determinar una estimación de temperatura de la al menos una pieza 20, 21 midiendo un cambio de al menos un parámetro P de la al menos una pieza 20, 21 provocado por el campo electromagnético generado.

La figura 10b ilustra la participación y el funcionamiento particulares de los medios de procesamiento 30 en el sistema 1 como se describió con anterioridad. Como ya se ha mencionado, los medios de procesamiento 30 generan 115 un campo electromagnético en las piezas 20, 21 por medio del inductor 10. Simultáneamente, a medida que se genera el campo electromagnético y se calientan las piezas 20, 21 en el área de costura de soldadura A donde se crea una costura de soldadura, los medios de procesamiento 30 miden 120 al menos un parámetro P de al menos una de la(s) pieza(s) 20, 21. Debido a los cambios en las características del material de las piezas 20, 21 durante la soldadura, el parámetro P se altera cuando las piezas 20, 21 se someten al campo electromagnético (la corriente inducida del inductor 10).

El inductor 10 afecta al parámetro P y transmite una o más señales a los medios de procesamiento 30. Los medios de procesamiento 30 detectan 125 un cambio del al menos un parámetro P y evalúan este al menos un parámetro P, o señal. El cambio de parámetro(s) detectado se utiliza para determinar 130 una estimación de temperatura de la temperatura de al menos una pieza 20, 21.

ES 3 010 472 T3

- Con base en la estimación de temperatura 130 determinada, los medios de procesamiento 30 controlan 135 el funcionamiento del sistema 1. Esto puede hacerse de una o más de las siguientes maneras: alterando 136 el voltaje aplicado V, provocando un movimiento 137 del inductor 10 a través del medio de movimiento 40, alterando la presión aplicada 138 a través de los medios de presión 50, y alterando 139 el enfriamiento aplicado a través del medio de refrigeración 60, o una combinación de los mismos. En una realización, la corriente se modifica en función de la temperatura estimada. Si los medios de procesamiento 30 determinan que la temperatura está aumentando, se reduce la corriente. Por el contrario, si se determina que la temperatura disminuye, la corriente aumenta.
- 5
- 10 El tiempo necesario para alcanzar la temperatura de proceso adecuada puede variar entre diferentes materiales, geometrías y/o su espesor. La temperatura del proceso puede estar, por ejemplo, en el rango de 180°C y 440°C, pero también puede ser mayor. Por lo tanto, la retroalimentación se puede utilizar para proporcionar una estimación precisa de la temperatura de la zona de soldadura. Además, el perfil de temperatura de las piezas 20, 21 puede ser útil para evitar la degradación térmica del polímero en las capas más cercanas al inductor 10. El proceso de soldadura puede realizarse, por ejemplo, mediante soldadura por puntos, donde las piezas 20, 21 se presionan y calientan momentáneamente. Alternativamente, el método de soldadura puede realizarse mediante un proceso continuo o mediante un proceso estático escalonado. En el último caso, la costura de soldadura de la zona A podría tener una longitud de, por ejemplo, 200 mm, seguido de un movimiento del inductor de unos 180 mm antes de crear la siguiente costura de soldadura de 200 mm.
- 15
- 20 En este caso, habría cierta superposición entre las costuras de soldadura.

- Una ventaja del sistema reivindicado en este concepto inventivo es que no es invasivo en el sentido de que no deja residuos del proceso de calentamiento dentro del área de la costura de soldadura A. Dichos residuos pueden ser termopares o rejillas de Bragg de fibra para la medición de temperatura. Cuando el calentamiento se realiza en el área de la costura de soldadura, esta se compone únicamente de material termoplástico fundido procedente de la matriz que rodea las fibras de carbono.
- 25

ES 3 010 472 T3

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para la soldadura por inducción controlada de al menos un área de costura de soldadura (A) de al menos dos superficies de al menos una pieza (20, 21, 22), hecha de un material compuesto de fibra de carbono o de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP), comprendiendo el sistema:
- 5 un inductor (10) configurado para ser dispuesto junto con la al menos una pieza (20, 21, 22) de modo que el inductor (10) está electromagnéticamente acoplado al menos a una pieza (20, 21, 22),
unos medios de procesamiento (30) configurados para:
- 10 generar un campo electromagnético mediante la aplicación de un voltaje alterno al inductor (10) de manera que caliente inductivamente al menos una de las superficies de modo que el área de costura de soldadura (A; A1, A2) se suelde entre sí, caracterizado por el hecho de que
- 15 los medios de procesamiento (30) también están configurados para simultáneamente, mientras el inductor (10) calienta la al menos una pieza (20, 21, 22) a una temperatura de proceso a través del campo electromagnético generado, mesura al menos un parámetro (P) de la al menos una pieza (20, 21, 22) al menos en base al campo electromagnético generado, detectar un cambio del al menos un parámetro (P), y determinar una estimación de temperatura de la al menos una pieza (20, 21, 22) en base a dicho cambio detectado del al menos un parámetro (P).
- 20
2. El sistema según la reivindicación 1, en el que los medios de procesamiento (30) están configurados además para controlar, en base a dicha estimación de temperatura determinada, el funcionamiento del sistema.
- 25
3. El sistema según la reivindicación 2, en el que el control del funcionamiento del sistema comprende al menos alterar el voltaje aplicado, alterar la frecuencia y/o provocar un movimiento del inductor (10).
4. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema comprende además un medio de movimiento (40) configurado para provocar un movimiento del inductor (10), y en el que los medios de procesamiento (30) están configurados además para controlar el movimiento del inductor (10).
- 30
5. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además unos medios de presión (50) configurados para aplicar una presión al sistema, y en donde los medios de procesamiento (30) están configurados además para controlar la presión aplicada.
- 35
6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de procesamiento (30) están configurados para determinar la estimación de la temperatura al:
- 40 utilizar al menos una red neuronal que se alimenta con al menos un parámetro (P), y/o utilizar al menos un modelo de función de transferencia que se alimenta con al menos un parámetro (P), y/o utilizar al menos un modelo autorregresivo que se alimenta con al menos dos parámetros (P).
7. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de procesamiento (30) están en comunicación operativa con el inductor (10).
- 45
8. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de procesamiento (30) comprenden un convertidor de frecuencia (31).
9. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios de procesamiento (30) están configurado además para proporcionar un voltaje/corriente con una cierta frecuencia al inductor (10).
- 50
10. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un parámetro (P) medido por los medios de procesamiento (30) es al menos uno de frecuencia, un ángulo de fase, un ciclo de servicio, una resistencia, una inductancia, un pico, de una media o un valor de una raíz cuadrada media (RMS) de una corriente, una potencia y/o energía.
- 55
11. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el inductor (10) comprende una sola bobina.
- 60
12. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que el inductor (10) comprende una pluralidad de bobinas acopladas electromagnéticamente entre sí.
13. Un método (100) para soldar por inducción al menos dos superficies de al menos una pieza (20, 21, 22) utilizando el sistema como se define en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las etapas de:
- 65

ES 3 010 472 T3

proporcionar (105) un inductor (10) configurado para ser dispuesto junto con la al menos una pieza (20, 21, 22) de modo que el inductor (10) está eléctricamente acoplado al menos a una pieza (20, 21, 22),
proporcionar (110) un medio de procesamiento (30),
5 generar (115) un campo electromagnético mediante la aplicación de un voltaje alterno al inductor (10) de manera que se caliente por inducción al menos una de las superficies de manera que el área de la costura de soldadura (A; A1, A2) se suelde entre sí, y se caracteriza por el hecho de que simultáneamente a medida que el inductor (10) calienta la al menos una pieza (20, 21, 22) a una temperatura de proceso a través del campo electromagnético generado, medir (120) un cambio de al menos un parámetro (P) de la al menos una pieza (20, 21, 22) al menos en función del campo electromagnético generado,
10 detectar un cambio del al menos un parámetro (P), y determinar una estimación de temperatura de la al menos una pieza (20, 21, 22) en función de dicho cambio detectado,
en donde al menos una pieza (20, 21, 22) está hecha de un material compuesto de fibra de carbono o de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP)
15

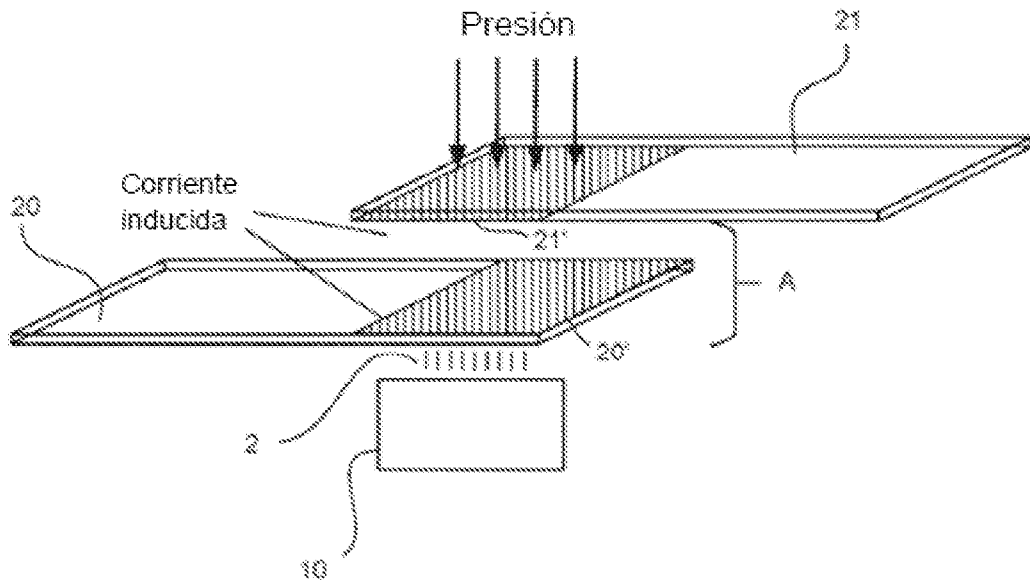
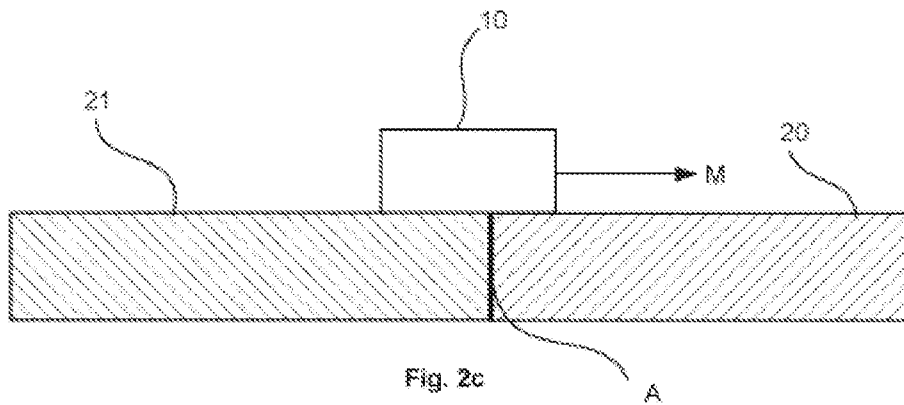
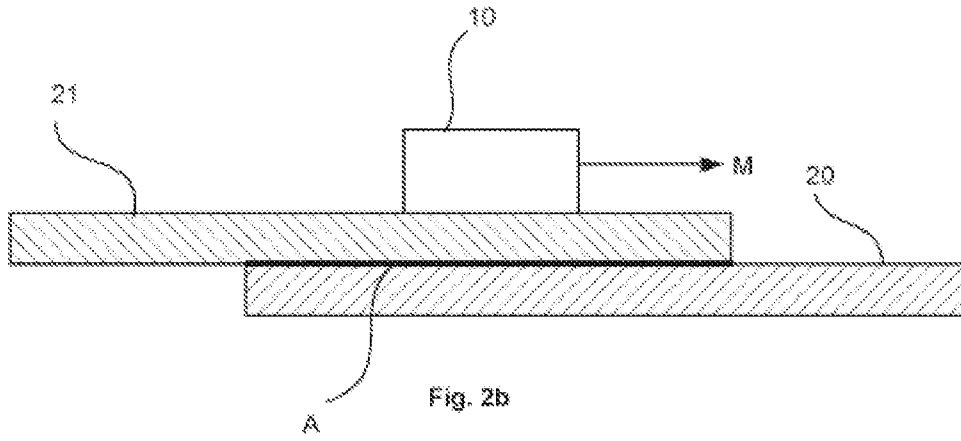
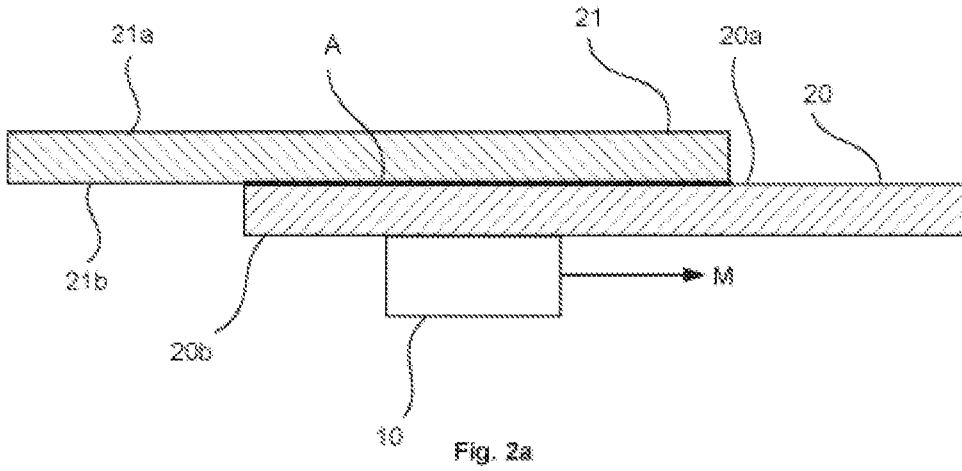


Fig. 1



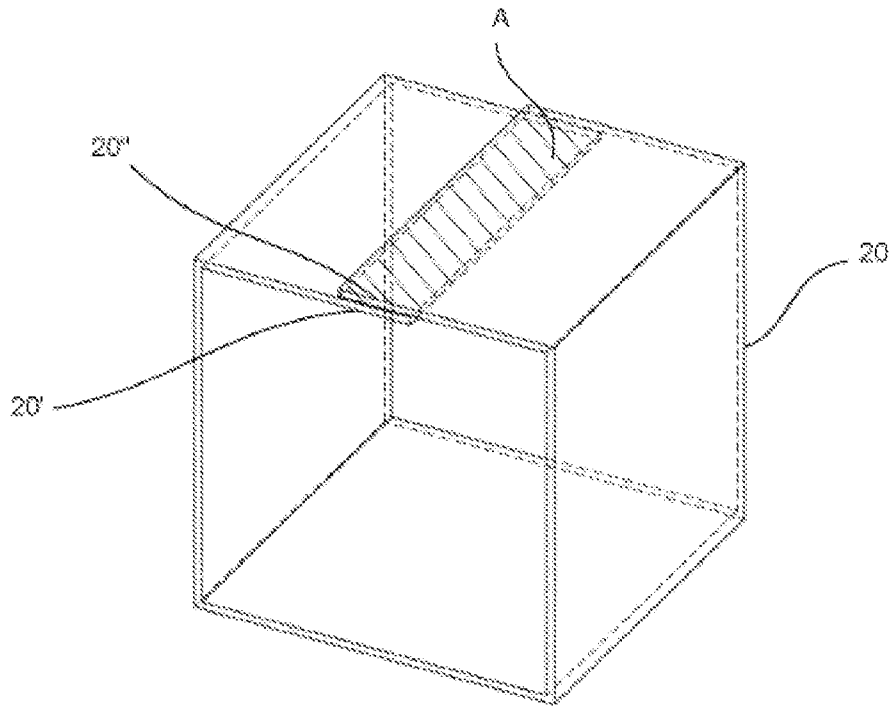


Fig. 3a

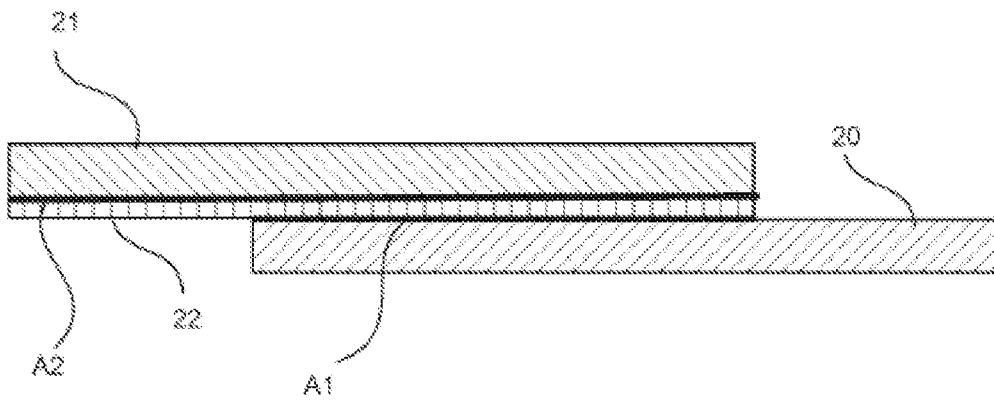


Fig. 3b

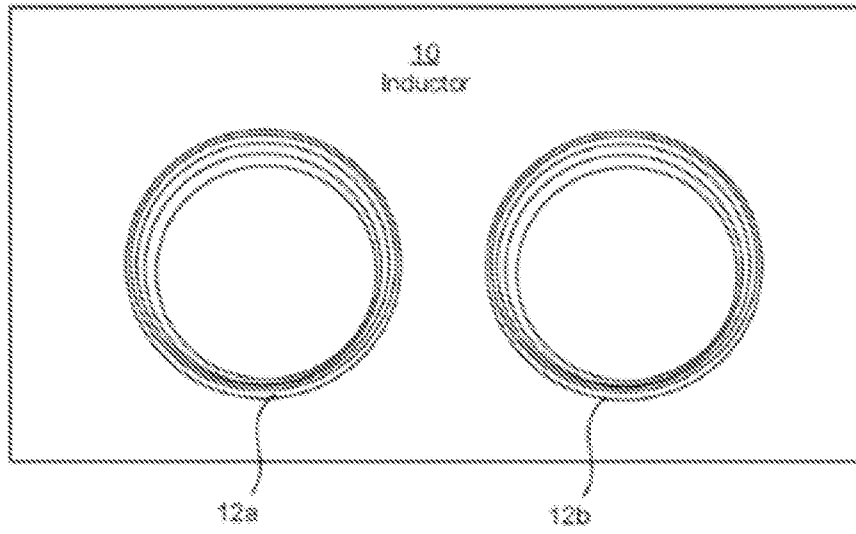


Fig. 4

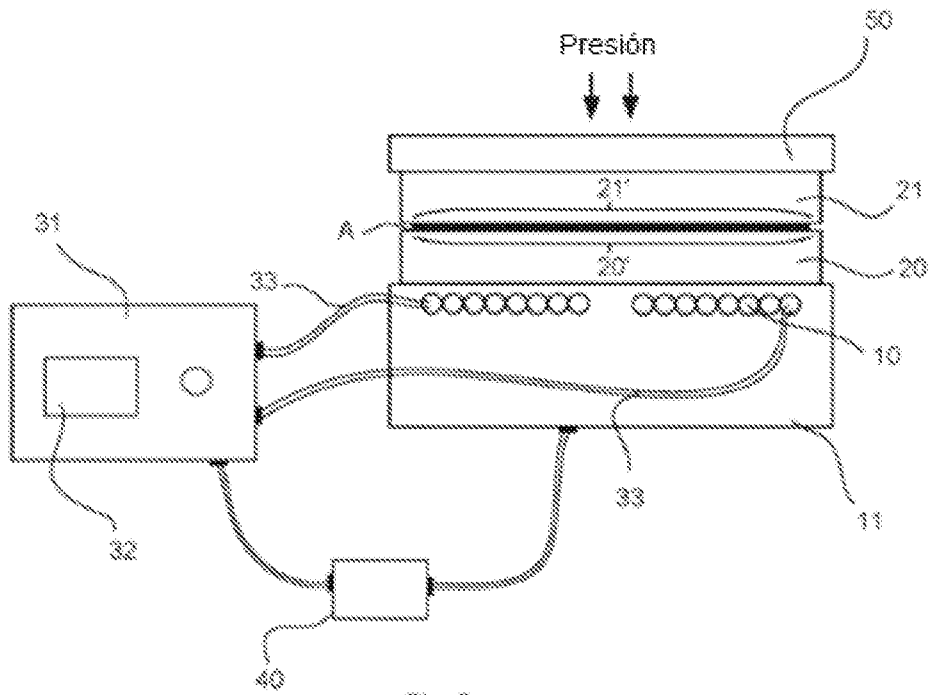


Fig. 5

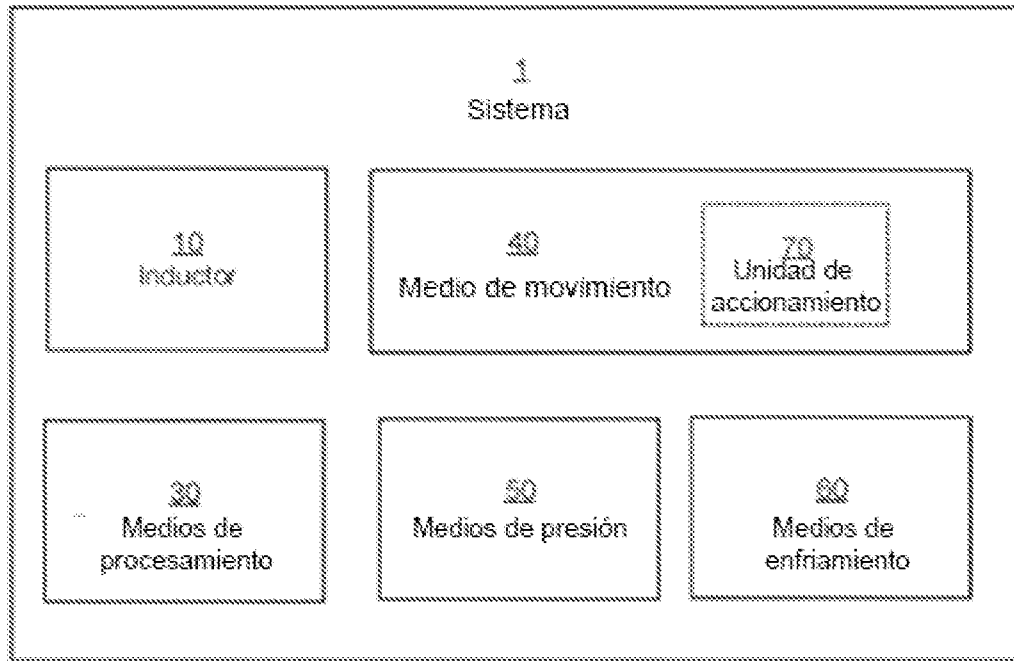


Fig. 6

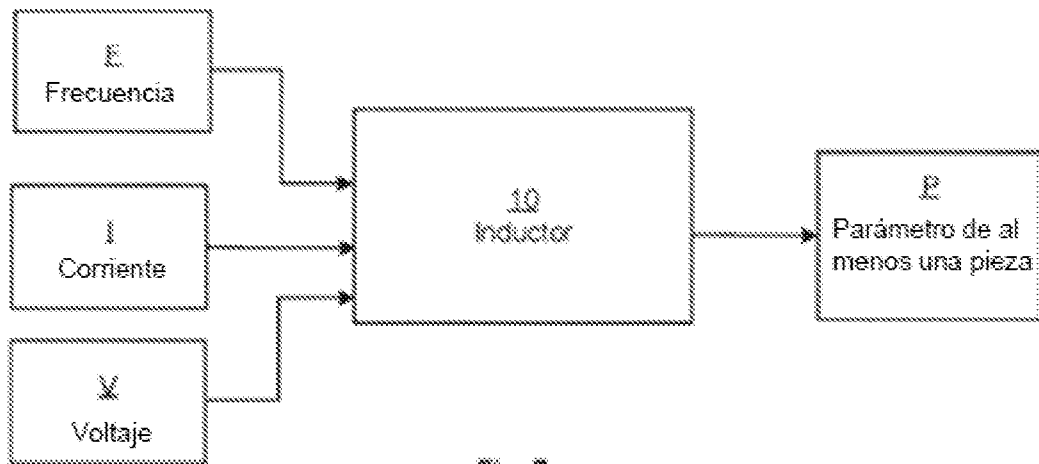


Fig. 7

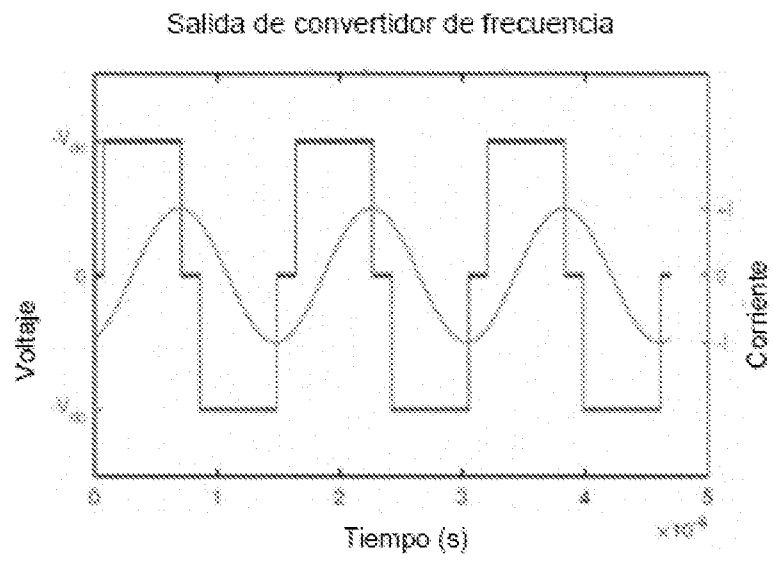


Fig. 8

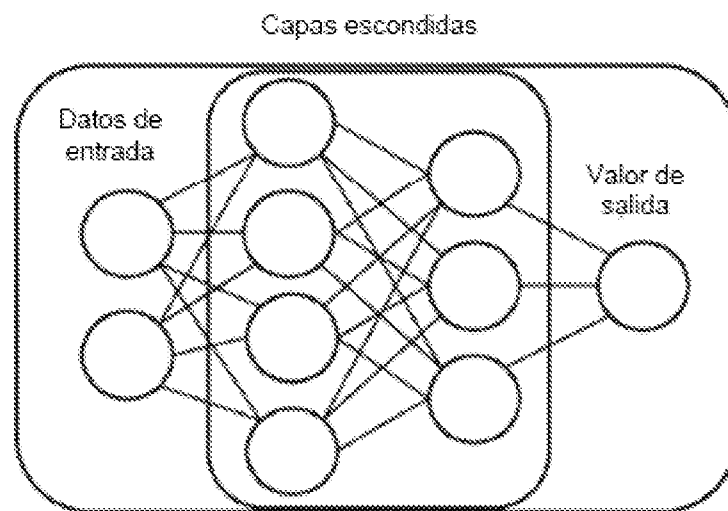


Fig. 8a

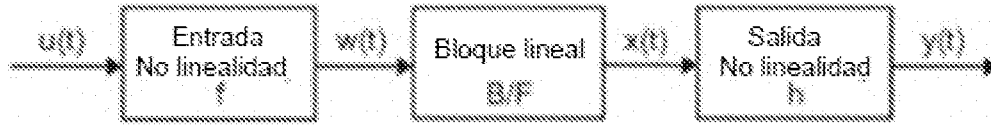


Fig. 9b

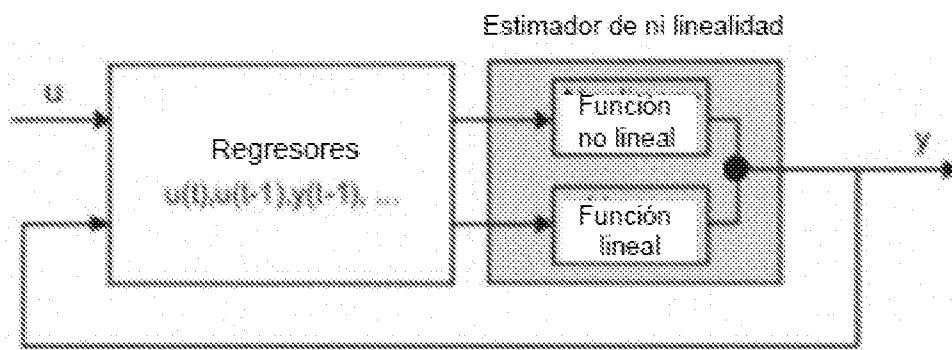


Fig. 9c

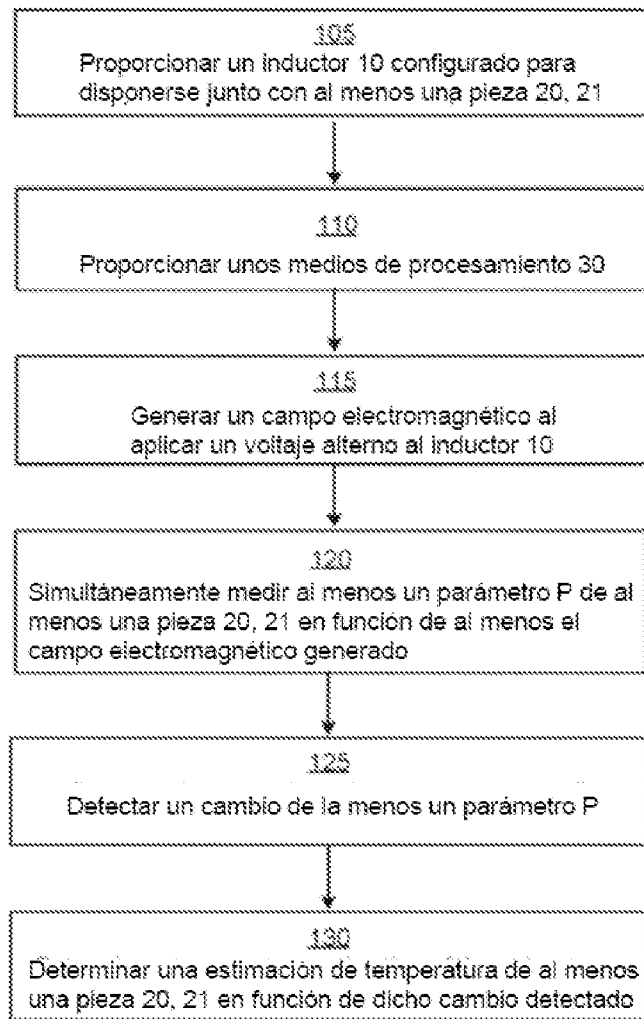


Fig. 10a

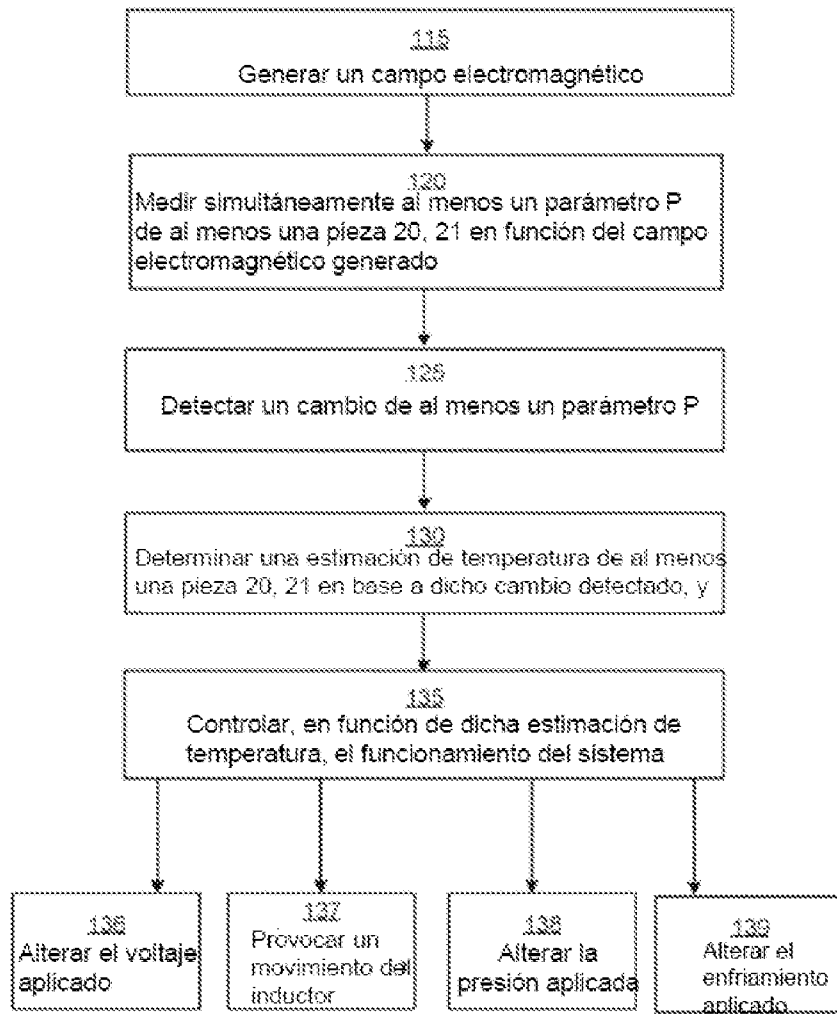


Fig. 10b