

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 778**

51 Int. Cl.:

**B29C 65/36** (2006.01)

**B29K 105/06** (2006.01)

**B29K 307/04** (2006.01)

**B29K 507/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.05.2014** **E 14167453 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016** **EP 2801472**

54 Título: **Máquina de inducción para unir materiales compuestos conductores de matriz polimérica y método de unión para dicha máquina**

30 Prioridad:

**07.05.2013 IT TO20130367**

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

**05.07.2017**

73 Titular/es:

**CENTRO DI PROGETTAZIONE DESIGN &  
TECNOLOGIE DEI MATERIALI (100.0%)  
S.S. 7 Appia KM 706+030 Cittadella della Ricerca  
Brindisi, IT**

72 Inventor/es:

**PAPPADÀ, SILVIO y  
SALOMI, ANDREA**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 621 778 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

Máquina de inducción para unir materiales compuestos conductores de matriz polimérica y método de unión para dicha máquina

5 La presente invención se refiere a una máquina de inducción para unir elementos de materiales compuestos de matriz polimérica eléctricamente conductores.

10 A menudo, el factor clave para aumentar el uso de materiales compuestos de matriz polimérica en numerosos sectores de alto valor añadido, tales como el aeroespacial o de transportes, está relacionado con la posibilidad de mejorar el nivel de automatización del proceso de unión, la resistencia mecánica de la junta y la calidad del acabado de la superficie de los elementos unidos, o bien de manera individual o bien en combinación. Preferiblemente, en los sectores de transportes o aeroespacial, por ejemplo, es necesario maximizar los indicadores de rendimiento para las diversas áreas mencionadas anteriormente. En particular, algunos controles de calidad contemplan realizar exámenes ópticos del producto unido y, en el caso de imperfecciones de superficie, se prevé un análisis en profundidad, que en el mejor de los casos genera costes relacionados con el procedimiento de comprobación y en el peor de los casos aumenta adicionalmente los costes porque se rechaza la pieza defectuosa.

15 El procedimiento de soldadura por inducción es un procedimiento de unión que no contempla necesariamente el uso de material de relleno y, en el caso más simple, se realiza solapando dos bordes de unas piezas primera y segunda que van a soldarse (también denominadas adherendos) mantenidos en contacto entre sí. En un procedimiento de soldadura por inducción, la matriz (termoplástica o sensible al calor) de uno o de ambos adherendos se lleva hasta una temperatura de fusión o reblandecimiento para inducir a una unión de naturaleza mecánica y/o química entre los  
20 dos adherendos y sucesivamente se enfría para hacer que la adhesión sea permanente. En la figura 4 se muestran ejemplos de juntas que se crean habitualmente, lo que incluye conformación.

25 En esta tecnología, el campo electromagnético variable generado por un inductor provoca la inducción de corrientes parásitas en el material compuesto conductor, lo que, debido al efecto Joule, calienta la matriz hasta las condiciones de reblandecimiento o fusión. A continuación, una vez que se llevan los adherendos hasta la temperatura que se considera ideal, puede aplicarse presión mecánica, conocida como presión de consolidación, para inducir a la adhesión de los adherendos. La acción de un sistema compactador presenta una importancia fundamental para la creación de la junta soldada. Por consiguiente, la acción del inductor se asocia normalmente con la acción del sistema compactador.

30 El modo de crear la junta puede ser estático o dinámico, dependiendo de si la bobina y/o el sistema de compactación pueden asumir diferentes posiciones en el tiempo con respecto al material que va a soldarse.

35 Normalmente, el sistema de compactación consiste en un pistón de metal que puede tener diferentes formas según el procedimiento de funcionamiento y/o la geometría de la pieza. Las formas habituales de un pistón de compactación son de rodillo cilíndrico, esférico o plano, etc. El pistón compactador puede incluir un circuito de enfriamiento interno. Por tanto, este pistón tiene la doble función de aplicar la presión de consolidación y de enfriar el material.

40 En sistemas de soldadura por inducción convencionales, teniendo en cuenta la dependencia del cuadrado de la distancia desde la bobina, la acción de calentamiento debido a corrientes parásitas tiende a concentrarse en la superficie expuesta directamente al inductor. Por consiguiente, se genera un gradiente de temperatura muy alto, que induce a la fusión de la matriz de superficie en lugar de en la zona de adhesión de los adherendos: esto tiene un impacto negativo sobre la calidad de la soldadura y las características mecánicas de la junta obtenida de este modo. Además, la dirección de este gradiente de temperatura, a través del grosor, da como resultado una temperatura máxima en la superficie orientada hacia la bobina y una temperatura mínima en la superficie de junta. Por tanto, para alcanzar la temperatura ideal en la superficie de los adherendos, la temperatura en las zonas más exteriores será excesiva y esto puede provocar la degradación de la matriz del material compuesto. Por tanto, la presencia de este gradiente limita significativamente el posible grosor de los adherendos. De manera similar, existe una alta concentración de corriente en los bordes de las piezas que van a soldarse, creándose por consiguiente gradientes de temperatura en los mismos que, a menudo, son inaceptables y que, de nuevo, pueden conducir a la degradación del material. Para evitar este inconveniente, es posible realizar la soldadura lejos de los bordes de la pieza de material compuesto, pero, debido a la soldadura incompleta de la junta, esto implica una disminución de la  
45 resistencia mecánica del producto acabado y/o la creación de zonas en las que se facilita el inicio de grietas. Alternativamente, es posible usar un susceptor de metal, por ejemplo una red tal como se da a conocer en el documento WO-A1-2009047010, en la superficie de contacto de soldadura para concentrar la acción de las corrientes de Foucault en el área de interés. Sin embargo, en este caso, el área de soldadura comprende un cuerpo extraño y esto tiene un efecto negativo sobre la resistencia mecánica de la junta soldada. En particular, el documento WO-A1-2009047010 da a conocer un dispositivo de enfriamiento que se alimenta con potencia después de desenergizar el inductor. Otro problema relacionado con los sistemas de soldadura convencionales radica en el hecho de que debido al gradiente de temperatura no optimizado, el pistón de compactación debe mantenerse muy cerca del inductor: de hecho, es necesario aplicar la presión de consolidación antes de que la temperatura de la matriz en la zona de junta disminuya por debajo de la temperatura de fusión. La cercanía del cilindro de metal a la  
50  
55

5 bobina de inducción provoca una perturbación del campo electromagnético que es difícil de controlar, con una consiguiente pérdida de eficiencia de calentamiento por inducción dentro del material compuesto y una necesidad de llevar a cabo numerosas pruebas preliminares antes de conseguir una soldadura de buena calidad. Las pruebas preliminares pueden llevarse a cabo por medio de herramientas de cálculo, incluyendo cálculo de elementos finitos y/o pruebas de laboratorio.

10 Además, en sistemas convencionales en los que la fusión de la matriz de la superficie expuesta a la bobina de inducción depende de la superficie de contacto que va a soldarse (a menos que se usen susceptores), es posible que el pistón de compactación deje una marca en la superficie de la junta expuesta directamente a la bobina de inducción, con consiguientes efectos negativos en el caso en el que las comprobaciones de calidad contemplen un examen óptico de la zona soldada.

Por las razones mencionadas anteriormente, los métodos de soldadura por inducción convencionales tienen requisitos de control que hacen que el nivel automatización de la línea de producción sea bastante bajo.

15 El objeto de la presente invención es proporcionar una máquina de inducción para unir, consolidar y/o reparar materiales compuestos de matriz polimérica que esté desprovista de los inconvenientes mencionados anteriormente y permita un alto nivel de automatización de línea de producción.

El objeto de la presente invención se logra por medio de una máquina de unión por inducción según la reivindicación 1 y por medio de un método de unión por inducción según la reivindicación 11.

Ahora se describirá la invención con referencia a los dibujos adjuntos, que ilustran realizaciones no limitativas, y se refieren a:

20 - figura 1: una vista en perspectiva de una máquina de unión por inducción según la presente invención: por motivos de simplicidad, se muestra el diseño de una máquina móvil a lo largo de ejes cartesianos;

- figuras 2 y 3: gráficas comparativas de lecturas de temperatura tomadas de una pieza unida con y sin la máquina de soldadura, respectivamente, según la presente invención;

25 - figura 4: ejemplos de soldadura que pueden llevarse a cabo por medio de una máquina de inducción en piezas de materiales compuestos conductores de matriz polimérica;

- figura 5: muestra una comparación entre la distribución de temperatura que puede lograrse según la presente invención (izquierda) y según las enseñanzas del estado de la técnica; y

- figura 6: muestra una vista en perspectiva ampliada de un detalle de construcción de la invención.

30 La figura 1 muestra una máquina de soldadura por inducción, indicada en conjunto por el número de referencia 1, que comprende una base 2 y un cabezal de soldadura 3 móvil a lo largo de tres ejes cartesianos con respecto a la base 2 de manera conocida y una unidad alimentada con potencia (que no se muestra en más detalle) para mover el cabezal de soldadura 3. En el caso más complejo, el cabezal de soldadura puede montarse en un brazo robótico. En particular, el cabezal de soldadura 3 tiene de tres a seis grados de libertad.

35 La máquina de soldadura 1 también comprende un dispositivo de enfriamiento de flujo de gas 4 y un sensor de temperatura 5, que preferiblemente están montados integrados en el cabezal de soldadura 3.

40 Según la presente invención, el dispositivo de enfriamiento de flujo de gas 4 se controla basándose en una señal recibida desde el sensor de temperatura 5 para enviar un flujo de gas sobre un área de una primera pieza que va a soldarse que, en uso, se calienta mediante un inductor 6 del cabezal de soldadura 3. El inductor 6 es de tipo conocido y tiene una parte de extremo formada, por ejemplo, por una bobina sencilla, doble, helicoidal o en doble T. La tasa de flujo y/o velocidad y/o temperatura del flujo de gas del dispositivo de enfriamiento 4 puede controlarse basándose en la señal del sensor de temperatura 5. Preferiblemente, la tasa de flujo puede controlarse a través de la regulación automática o manual de un generador 7 (o fuente externa) de un flujo de gas u otro fluido (cualquier tipo de compresor, ventilador, cualquier tipo de bomba o cualquier tipo de línea). La temperatura del flujo de gas puede controlarse mediante un elemento de enfriamiento o calentamiento dispuesto aguas arriba del punto de descarga y un sensor de temperatura colocado en el flujo de gas en el punto de descarga servirá para proporcionar datos de entrada para controlar la temperatura. El dispositivo de enfriamiento de flujo de gas 4 comprende un conducto 8 conectado al generador de flujo de gas 7 que tiene una o más boquillas de extremo 9 que tienen una posición ajustable con respecto al cabezal de soldadura 3, para dirigir el flujo de gas en la dirección más apropiada según las etapas de soldadura y/o la forma de la soldadura y/o la geometría del producto que va a soldarse y/o el tamaño y forma de la bobina del inductor 6. Durante la soldadura, la boquilla de extremo 9 puede ser sustancialmente fija con respecto al inductor 6 o fija con respecto a la base 2. Preferiblemente, el conducto 8 se porta en el cabezal de soldadura 3.

El sensor de temperatura 5 detecta una temperatura indicativa del calentamiento de una superficie 10 de la primera pieza que va a soldarse P1 orientada hacia una parte del inductor 6 que corresponde a un punto elegido como el

punto de referencia en la estructura laminada y opuesto a la superficie 11 de la primera pieza que va a soldarse P1 en el que comienza la soldadura a una segunda pieza que va a soldarse P2. El sensor de temperatura 5 puede ser un pirómetro cercano al cabezal o bobina 12 del inductor 6 para detectar una temperatura precisa indicativa de la de la superficie 10 o una cámara térmica de infrarrojos para detectar la temperatura de la superficie 10 en dos o tres dimensiones. Es posible usar otros sensores de temperatura en lugar de los mencionados para detectar el calentamiento de la superficie 10 durante la energización del inductor 6. El sensor 5 también puede moverse y ajustarse con respecto al inductor 6. Durante la soldadura, el sensor 5 puede ser sustancialmente fijo con respecto al inductor 6 o fijo con respecto a la base 2. Preferiblemente, el sensor 5 se porta en el cabezal de soldadura 3.

El sensor de temperatura 5, el dispositivo de enfriamiento de flujo de gas 4 y el sistema accionado para mover el cabezal de soldadura 3 están conectados a una unidad de control 13 para el intercambio de señales de datos. En particular, la unidad de control 13 implementa un control de bucle cerrado para mantener la temperatura detectada por el sensor de temperatura 5 a un nivel predeterminado mediante el control del dispositivo de enfriamiento de flujo de gas 4. Preferiblemente, la unidad de control 13 controla el dispositivo de enfriamiento de flujo de gas 4 para disipar el calor que actúa en la superficie 10, mediante convección por ejemplo, de modo que la temperatura efectiva en la superficie 11 está por debajo de la temperatura de reblandecimiento o fusión de la matriz del material compuesto. De este modo, incluso después de haber llevado a cabo la soldadura, se conserva el acabado original de la superficie 10 de la primera pieza que va a soldarse, o más bien el acabado de la superficie 10 antes de realizar la soldadura.

Además, a través de la disipación de calor en la superficie 10 proporcionada por el dispositivo de enfriamiento de flujo de gas 4, puede alcanzarse la temperatura de fusión en la superficie 11 mientras se mantiene la temperatura de la superficie 10 relativamente baja. Por consiguiente, el gradiente de temperatura a lo largo del grosor de la primera pieza que va a soldarse puede controlarse de manera precisa, con ventajas consiguientes para la calidad final de la junta soldada, tal como se describió anteriormente. Opcionalmente, si es necesario, el gradiente de temperatura del adherendo inferior también puede controlarse mediante el uso de elementos de ayuda de enfriamiento/calentamiento basados en fluido/resistencia.

El control de gradiente de temperatura es un aspecto particularmente importante cuando aumenta el grosor entre las superficies 10 y 11. De hecho, es necesaria una gran cantidad de energía para calentar adecuadamente la superficie 11, lo que da como resultado un rápido aumento local de la temperatura en la superficie 10 hasta niveles incluso más altos que los de la temperatura de reblandecimiento o fusión. Al controlar el dispositivo de enfriamiento de flujo de gas 4, la temperatura de superficie 10 puede mantenerse a niveles no excesivos al tiempo que sigue permitiendo la fusión de la superficie 11 y una correcta ejecución de la junta soldada.

Además, la acción de convección del flujo de gas también reduce considerablemente el efecto negativo de la concentración de corrientes de Foucault y, por consiguiente, también los picos de temperatura que se producen en los bordes de extremo de los elementos que van a soldarse. De este modo, es posible realizar una soldadura de alta calidad, incluso cerca de los bordes de extremo de las piezas primera y/o segunda que van a soldarse. Preferiblemente, la máquina de soldadura 1 también comprende un elemento compactador 14 para presionar la primera pieza que va a soldarse sobre la segunda pieza que va a soldarse mientras el inductor 6 está funcionando y está realizándose la soldadura. El elemento compactador 14 puede comprender un rodillo 15 que puede estar orientado para moverse en contacto con la superficie 10 sin deslizarse significativamente o un pistón lineal que presiona hacia abajo y al mismo tiempo permanece fijo mientras el inductor 6 está funcionando para realizar la soldadura. El elemento compactador 14 puede comprender un dispositivo de agarre de modo que el elemento compactador 14 puede moverse a lo largo de la costura de soldadura durante la soldadura de manera rígida o independiente con respecto al cabezal de soldadura 3. También es posible que el elemento compactador 14 esté fijo mientras el cabezal de soldadura 3 está en movimiento. El elemento compactador 14 puede estar montado integrado en el cabezal de soldadura. Por medio del dispositivo de agarre, el movimiento vertical del elemento compactador 14 puede ser rígido o independiente con respecto al del inductor 6. El dispositivo de agarre del elemento compactador 14 puede accionarse y/o controlarse mediante la unidad de control 13.

Preferiblemente, el rodillo 15 o pistón lineal son de metal y comprenden un sistema de enfriamiento interno. Para garantizar una correcta solidificación después de la soldadura, el sistema de enfriamiento del rodillo 15 permite disipar el calor después de la fusión de la matriz debido a la acción del inductor 6. La disipación de calor mejora al tener un elemento compactador 14 que tiene un elemento de metal en contacto con la pieza P1. De este modo, la superficie 11 se enfría rápidamente y el elemento compactador 14 no se sobrecalienta excesivamente por la acción del inductor 6. La posición del elemento compactador 14 puede ajustarse con respecto al inductor 6 y la temperatura del elemento compactador puede ajustarse mediante la unidad de control 13.

Las figuras 2 y 3 se refieren a datos experimentales tomados en una primera pieza que va a soldarse, con instrumentación apropiada también proporcionada en la superficie 11. En la figura 3, la temperatura T1 de la superficie 10 está controlada y el dispositivo de generación de flujo de gas 4 está desactivado. Es evidente cómo la temperatura T2 en la superficie 11 permanece por debajo de la temperatura en la superficie 10. En la figura 2, cuando el dispositivo de generación de flujo de gas 4 está funcionando, es posible aumentar la temperatura T2 de la superficie 11 mientras se mantiene la temperatura T1 de la superficie 10 constante. De este modo, la energía absorbida desde el inductor 6 es tal como para hacer que la superficie 10 supere la temperatura de fusión, pero a

través del enfriamiento de gas, la temperatura de esta superficie se controla para permanecer aproximadamente igual a o menor que la temperatura de fusión, mientras la energía que alcanza la superficie 11 provoca el calentamiento apropiado, por ejemplo el de fusión, en esa zona. Por tanto, es posible superar la temperatura de fusión de la matriz en la superficie 11 sin fundir la matriz en la superficie 10. Dicho de otro modo, la temperatura de la superficie 10 puede controlarse y mantenerse permanentemente por debajo de la alcanzada en la superficie 11 a través de la acción del dispositivo de generación de flujo de gas 4. La diferencia de temperatura entre las dos superficies 10 y 11 puede superar 20°. Las tendencias de la temperatura en las figuras 2 y 3 se obtuvieron en una prueba de soldadura de junta realizada en dos laminas simétricas y equilibradas de PPS-carbono, con un grosor de 2,48 mm cada una (nombre comercial CETEX® PPS, fabricadas y distribuidas por TENCATE), con un nivel de potencia de 3 kWh y una distancia de 2 mm desde la superficie de la pieza que va a soldarse hasta la bobina.

La figura 5 se refiere a una simulación experimental comparativa con respecto a la soldadura de un componente que tiene una matriz que comprende PPS (poli(sulfuro de fenileno) - temperatura de fusión de 280°) y relleno de fibra de carbono de aproximadamente 2,5 mm de grosor. Al ser su potencia y otros parámetros de soldadura iguales, es evidente cómo, después de establecer la temperatura de superficie a 200°, el enfriamiento de la superficie según la presente invención es eficaz y permite lograr un pico de temperatura en la superficie de contacto de soldadura. En cambio, a la derecha, se muestra una simulación según la tecnología conocida, en la que es evidente cómo la zona de alta temperatura es muy amplia y, en particular, tal como también reblandecer y/o fundir la superficie de la pieza.

Las ventajas que pueden lograrse con la máquina de unión por inducción según la presente invención son las siguientes.

Con piezas del mismo grosor que van a soldarse, es posible controlar de manera fiable el gradiente térmico a lo largo del grosor.

Según la presente invención, es posible obtener un gradiente de temperatura optimizado y controlado en el interior del material compuesto que va a calentarse, que puede incluso invertirse para maximizar la temperatura en la superficie de junta de los adherendos y minimizarla en la superficie exterior. Además, con la presente invención, este gradiente puede controlarse y modificarse en tiempo real durante la soldadura. Con respecto a sistemas convencionales, esta invención permite por tanto tener una mayor uniformidad en propiedades mecánicas y físicas a lo largo del grosor de la junta, mejorando las propiedades estéticas y la uniformidad de superficie de la superficie exterior adyacente a la junta.

La superficie 10 orientada hacia inductor 6 puede mantenerse a una temperatura inferior a la de fusión, reduciendo significativamente el riesgo de generar defectos de superficie. Es posible controlar los efectos de sobrecalentamiento en los bordes y los puntos críticos al comienzo y al final de la junta a través de la acción de un sistema de enfriamiento ajustable.

También es posible extender la aplicabilidad de la soldadura por inducción a grosores más grandes con respecto a los usados hasta ahora. Por ejemplo, es posible superar fácilmente un grosor de 3 mm para el elemento que define las superficies 10 y 11.

Además, dado que es posible calentar la superficie 11 considerablemente más con respecto a la superficie 10, el tiempo antes de que la temperatura de la superficie 11 disminuya por debajo de la temperatura de solidificación tiende a aumentar. Por este motivo, el elemento compactador de metal 14 puede colocarse, en un plano horizontal, a una distancia del inductor 6 de más de 1,5 cm, preferiblemente más de 3,5 cm, para no interferir excesivamente con el campo magnético generado por el inductor y todavía poder contribuir a la solidificación controlada de la soldadura. De este modo, el campo electromagnético generado por el inductor 6 solo se ve perturbado marginalmente por el elemento compactador de metal 14 y el calentamiento de la primera pieza que va a soldarse puede controlarse de manera más precisa: la soldadura tiene características mecánicas mejoradas.

La máquina de inducción 1 es completamente automatizable y es adecuada para establecer líneas de soldadura continuas.

Al usar una máquina de soldadura según la presente invención, fue posible realizar juntas soldadas solapadas que tenían unas propiedades máximas de resistencia según las notificadas en la bibliografía para tecnología de juntas que contemplan la fusión de la matriz (soldadura por inducción, soldadura por fricción, soldadura por ultrasonidos, etc.) o para métodos de unión que contemplan el uso de adhesivos estructurales.

Con la presente invención, también es posible unir materiales compuestos termoendurecibles ya vulcanizados o curados interponiendo capas de material no vulcanizado entre las estructuras laminadas ya vulcanizadas. En este caso, el calentamiento se concentraría solamente en la zona en la que está presente el material no curado, dejando el resto de la junta a una temperatura por debajo de la de curado.

Según la presente invención, es posible una amplia libertad en la elección de las bobinas, ya que la optimización del campo electromagnético no solamente está ligada a la elección de la geometría de la bobina, como en las máquinas convencionales. De hecho, en la nueva máquina es posible elegir una bobina según los requisitos establecidos por la geometría y otras características físico-mecánicas de la junta que va a realizarse, y después optimizar la

distribución de temperatura en el interior de la junta con el sistema de control y enfriamiento de la presente invención.

5 Cuando la temperatura del elemento P2 que va a unirse también está controlada a través de conducción o convección con una fuente fría o caliente, la comprobación de la superficie exterior de la pieza final obtenida después de la unión mejora adicionalmente.

El uso de un gas o cualquier otro elemento aeriforme dirigido sobre la superficie 10 por una o más boquillas permite mantener la superficie 10 siempre visible. De este modo, la temperatura puede monitorizarse de manera sencilla.

10 Finalmente, es evidente que pueden aplicarse modificaciones o realizarse variantes de la máquina de soldadura por inducción expuesta en el presente documento sin apartarse del alcance tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

15 La máquina de inducción 1 puede usarse para soldar cualquier material compuesto con una matriz termoplástica que contiene partículas o fibras eléctricamente conductoras, tales como fibras de carbono por ejemplo. También puede usarse para realizar juntas adheridas con materiales compuestos termoendurecibles sin curar o parcialmente curados: en este caso, la temperatura de curación del material termoendurecible en la superficie de las juntas debe superarse usando tecnología de calentamiento por inducción. Cuando la máquina 1 se usa para unir materiales compuestos de matriz termoplástica, el elemento compactador 14 es opcional.

El dispositivo de enfriamiento 4 puede generar un flujo de aire u otros gases adecuados de manera dependiente, por ejemplo, del material que va a unirse.

20 La regulación de la temperatura en la superficie 10 mediante la unidad de control 13 puede tener lugar a través de una combinación de: control de la temperatura y/o flujo de gas desde la boquilla 8 y/o un control de la potencia eléctrica del inductor 6 y/o un control de la distancia del inductor 6 desde la superficie 10.

25 La figura 6 muestra una boquilla según una realización preferida de la presente invención. En particular, se ha verificado que un flujo de enfriamiento laminar y/o transitorio generado por la boquilla 9 está particularmente adaptado para controlar de manera eficaz la temperatura monitorizada en la superficie de la junta. Este flujo puede obtenerse, en combinación con el control de la tasa de flujo del fluido de enfriamiento (en el caso de un gas, desde 1 hasta 500 l/min), o bien por la generación de un flujo de enfriamiento que tiene una dirección sustancialmente paralela a la superficie que va a soldarse y/o mediante una boquilla que tiene un orificio de salida con un factor de forma alargado, por ejemplo 10:1 o más y una guía de flujo G que es recta y/o tiene lados paralelos entre sí de manera que la sección transversal de la guía de flujo es la misma que el orificio de salida de la boquilla y tiene una longitud igual a o mayor que 'L', en el que 'L' es la anchura máxima del orificio de salida de la boquilla 9 (figura 6). Según el ejemplo en la figura 6, la razón de forma es de 17. El flujo laminar y/o transitorio puede identificarse a través de simulaciones de dinámica de fluidos de la zona de soldadura en dos o tres dimensiones. Un flujo se considera laminar o transitorio, es decir, no turbulento, basándose en tablas o gráficos que indican el número de Reynolds.

35

**REIVINDICACIONES**

1. Máquina de inducción para unir materiales compuestos de matriz polimérica eléctricamente conductores que comprende un inductor de bobina móvil (6), un sensor de temperatura (5) configurado para detectar la temperatura de la superficie del material compuesto durante la energización del inductor de bobina (6) y una unidad de control (13) para controlar dicho inductor de bobina (6) basándose en la señal recibida desde dicho sensor de temperatura (5), y que comprende al menos uno o más dispositivos (9) para dirigir un flujo de un gas o fluido de enfriamiento en intercambio de calor de superficie con una zona calentada (10) orientada hacia dicho inductor de bobina (6) de un elemento que va a unirse (P1), caracterizada por que dicho flujo se controla basándose en una señal recibida por el sensor de temperatura (5).
2. Máquina de inducción según la reivindicación 1, caracterizada por que comprende un elemento compactador (14) que tiene una parte de metal (15) móvil a una posición de contacto con una pieza que va a unirse y que tiene un circuito de enfriamiento para enfriar dicha parte de metal (15), estando dicha parte de metal (15) dispuesta además a una distancia mayor de 1,5 cm con respecto a dicho inductor de bobina (6).
3. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que dicha unidad de control (13) puede programarse para energizar dicho inductor de bobina (6) con suficiente energía para superar una de las temperaturas de fusión, reblandecimiento o curado de la matriz polimérica en una superficie (10) de dicho elemento que va a unirse (P1) orientada hacia una parte de extremo de dicho inductor de bobina (6), siendo dicho flujo de gas tal como para mantener dicha superficie (10) aproximadamente a dicha temperatura o por debajo de ella.
4. Máquina según la reivindicación 3, caracterizada por que dicha unidad de control (13) está programada para controlar, basándose en la señal de dicho sensor (5), al menos una de una posición vertical y/o potencia de dicho inductor de bobina (6), y una velocidad y/o una temperatura de dicho flujo de fluido o gas.
5. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que comprende un sistema para mover dicho inductor de bobina (6) y dicho dispositivo (9), controlando dicha unidad de control (13) el movimiento hacia delante de dicho inductor de bobina (6) y controlando dicho flujo de fluido y/o dicho dispositivo (9) para obtener una unión continua.
6. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que dicho inductor de bobina (6) y dicho dispositivo (9) están portados por el mismo cabezal de mecanizado móvil (3).
7. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que comprende un soporte (8) para dicho dispositivo (9) configurado para ajustar la posición de dicho dispositivo (9) con respecto a dicho inductor de bobina (6).
8. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que dicho dispositivo (9) comprende una boquilla.
9. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que comprende un generador de flujo de fluido o gas (7) controlado por dicha unidad de control (13).
10. Máquina según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el dispositivo (9) está configurado para generar un flujo laminar o transitorio de gas o fluido de enfriamiento en la zona calentada (10).
11. Método de unión para componentes de material compuesto de matriz polimérica eléctricamente conductor, caracterizado por que se aplica por medio de una máquina de inducción según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
12. Método de unión según la reivindicación 11, caracterizado por que dicho flujo de enfriamiento se aplica en una cara (10) de dicho elemento que va a unirse (10) orientada hacia dicho inductor de bobina (6), y por que la temperatura se controla a través de conducción y/o convección de un elemento adicional que va a unirse (P2) que está en contacto con dicho elemento que va a unirse (P1).
13. Método de unión según una de las reivindicaciones 11 ó 12, caracterizado por que comprende la etapa de generar un flujo de salida laminar o transitorio desde el dispositivo (9) de gas o fluido de enfriamiento sobre la zona calentada (10).

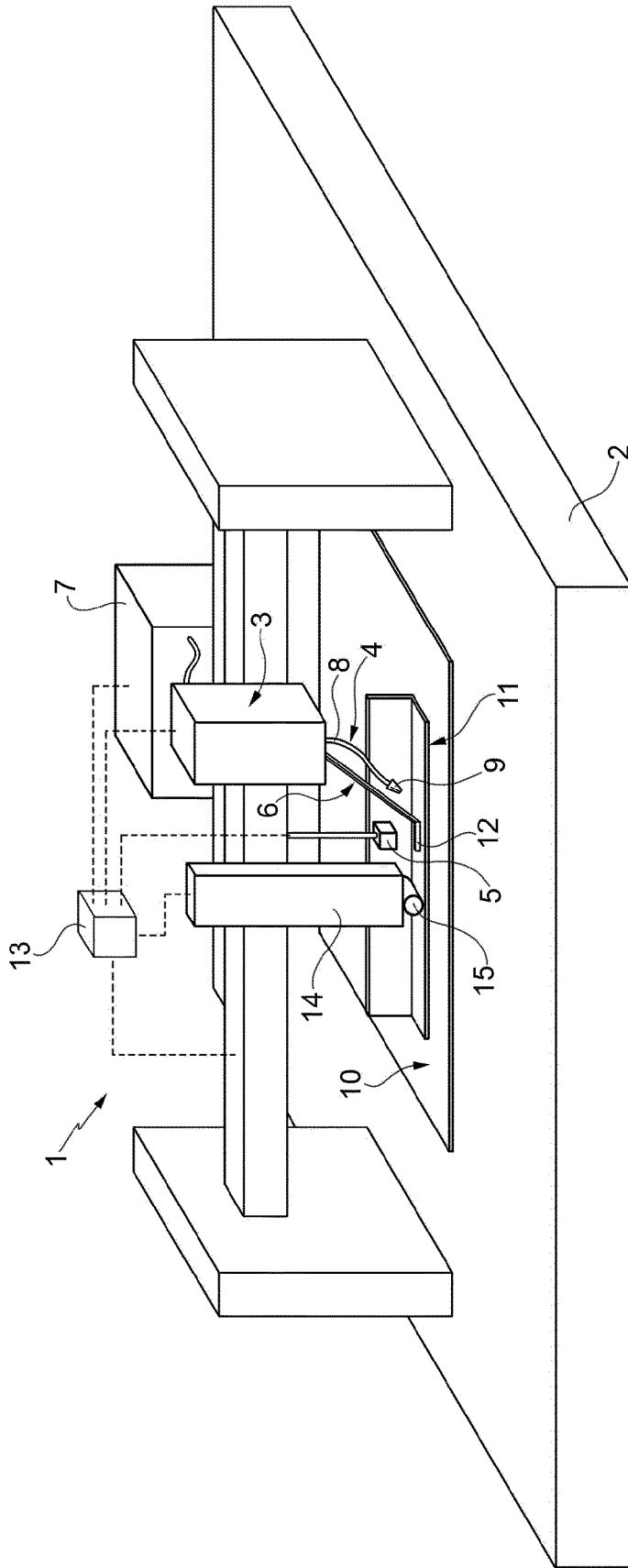


FIG. 1



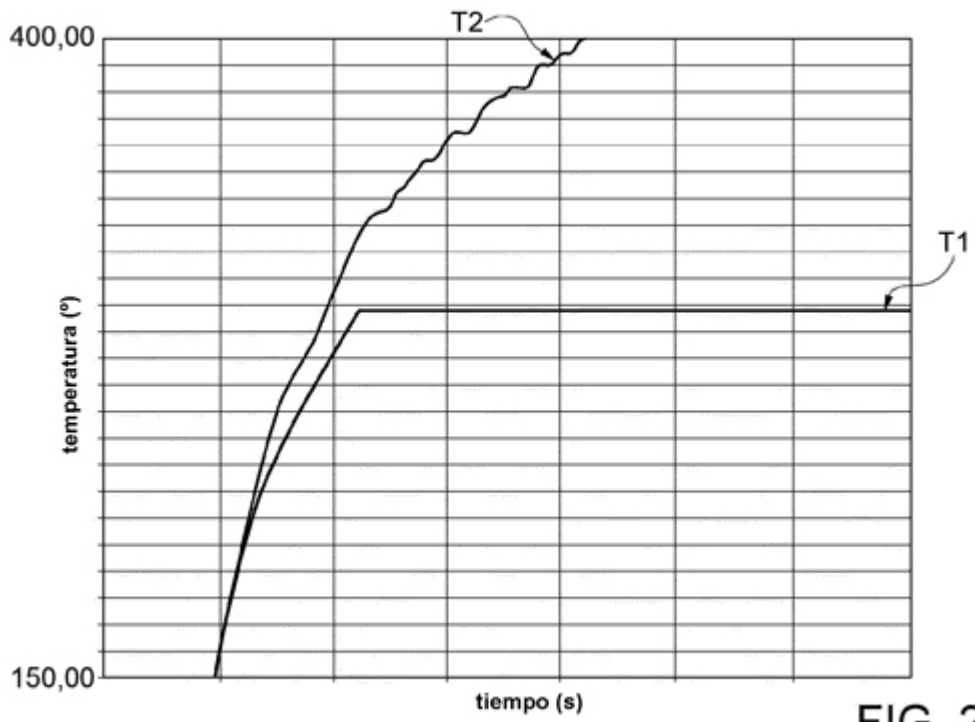


FIG. 2

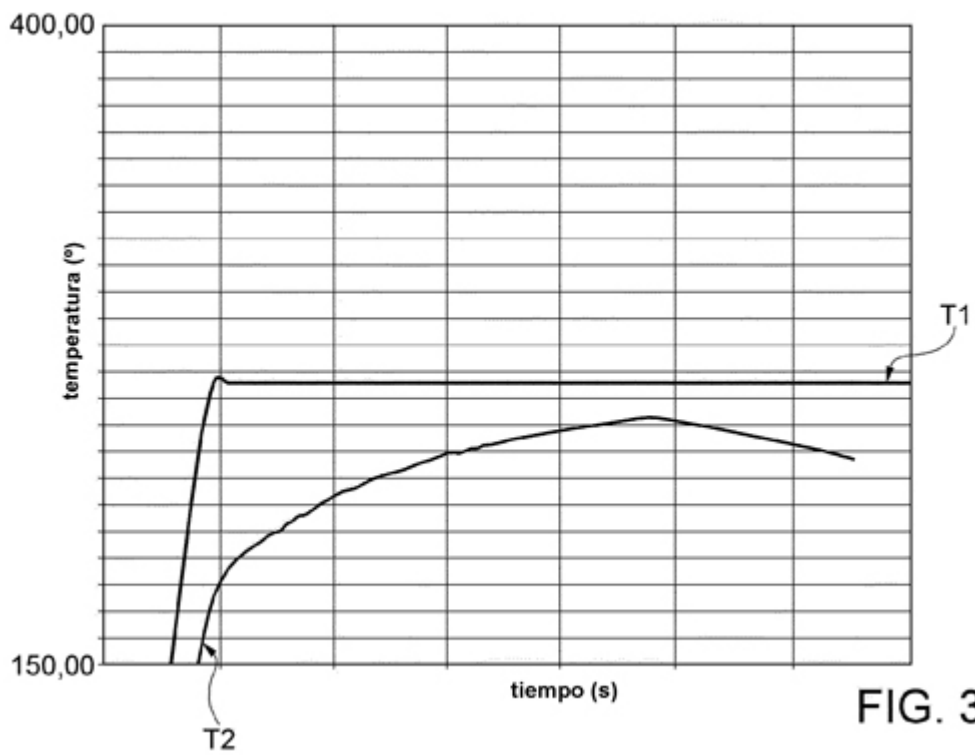


FIG. 3

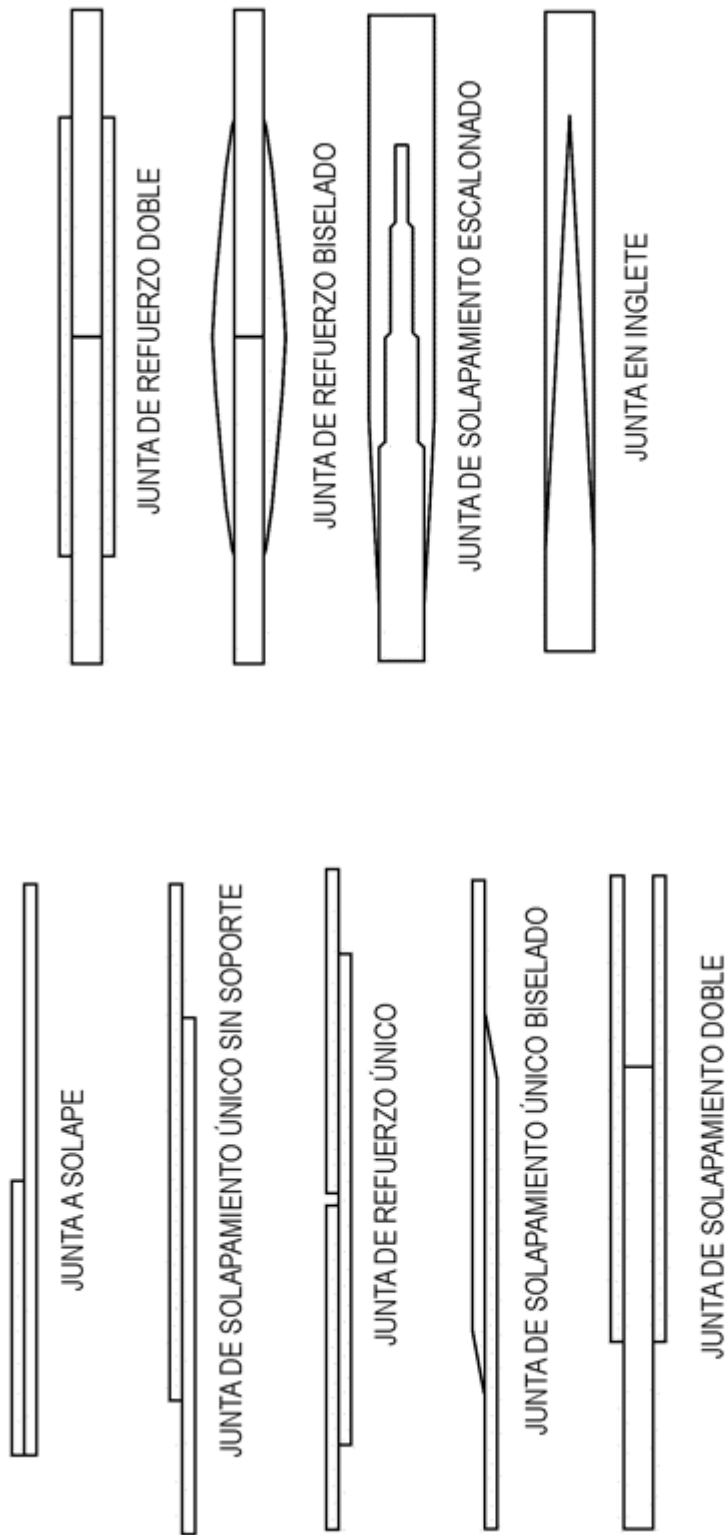


FIG. 4

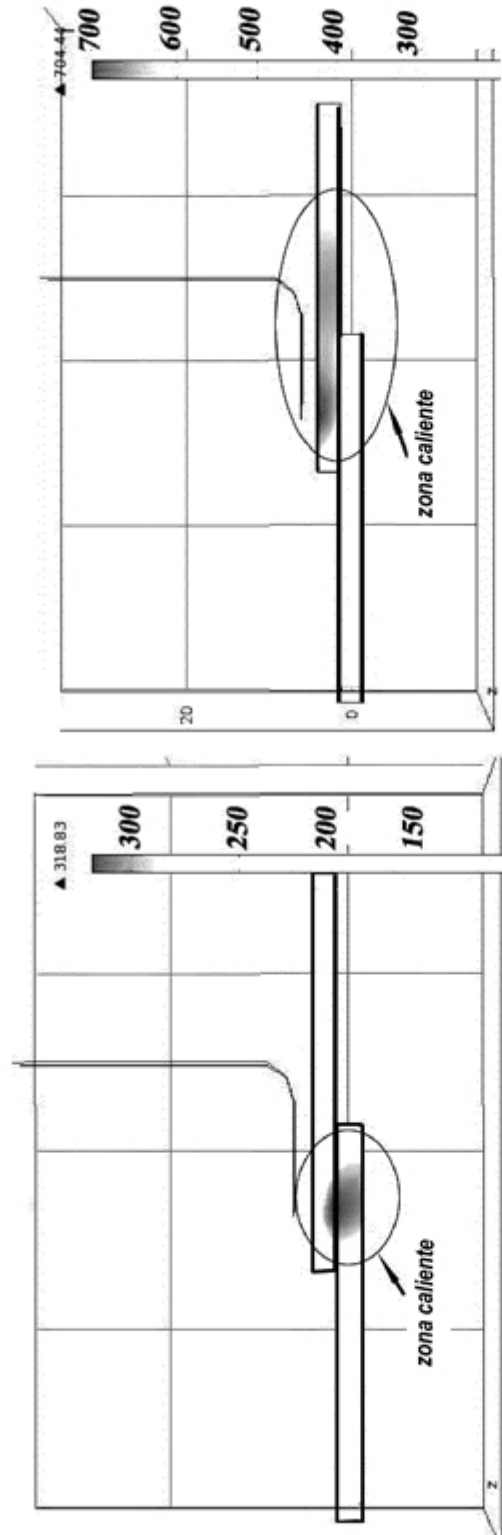


FIG. 5

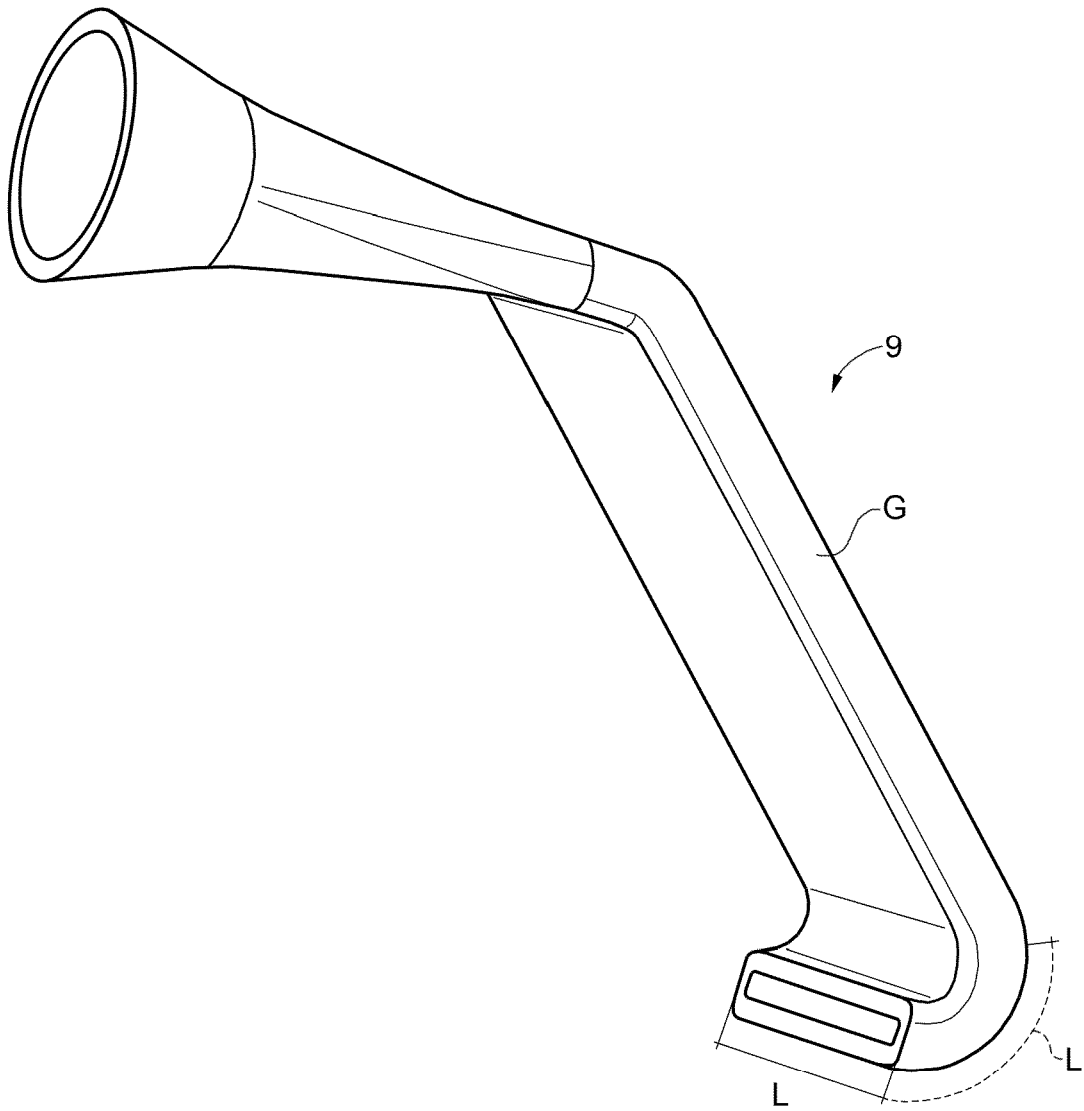


FIG. 6