

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 960 037**

51 Int. Cl.:

H05B 6/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2019** **E 19210031 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2023** **EP 3668273**

54 Título: **Sistema de calentamiento por inducción para moldear un artículo termoplástico y método para moldear un artículo termoplástico**

30 Prioridad:

12.12.2018 US 201816217276

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.02.2024

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
929 Long Bridge Drive
Arlington, VA 22202, US**

72 Inventor/es:

GRAY, EVERETTE D.

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 960 037 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

Sistema de calentamiento por inducción para moldear un artículo termoplástico y método para moldear un artículo termoplástico

5

Campo de la invención

La presente solicitud se refiere al campo del moldeo de artículos termoplásticos, particularmente el moldeo de artículos termoplásticos mediante calentamiento por inducción.

10

Antecedentes

Los métodos que permiten la fabricación rápida de artículos termoplásticos moldeados pueden ser deseables en algunas aplicaciones. La fabricación termoplástica convencional incluye el procesamiento en autoclave con calentamiento resistivo. La fabricación rápida utilizando la fabricación convencional puede ser un desafío.

15

Otro método utiliza el calentamiento por inducción de interfaces de herramientas con refrigeración por agua integral de las bobinas de inducción dentro de las herramientas. Sin embargo, la refrigeración por agua integral puede ser un desafío, especialmente cuando se moldean artículos termoplásticos que requieren altas temperaturas y altas presiones.

20

En consecuencia, los expertos en la materia continúan con la investigación y el desarrollo en el campo del moldeo de artículos termoplásticos.

De acuerdo con su resumen, US 6566635 B1 establece 'un dispositivo de calentamiento por inducción para la fabricación de una pieza calentando la pieza a una temperatura predeterminada. El dispositivo de calentamiento por inducción incluye una bobina de inducción conectada a una fuente de alimentación eléctrica para generar un campo de flujo electromagnético. Un susceptor inteligente del dispositivo de calentamiento se coloca en el campo de flujo electromagnético e incluye un material magnéticamente permeable soportado por una estructura de malla. El material magnéticamente permeable genera calor en respuesta al campo de flujo. La estructura de malla proporciona soporte para el material magnéticamente permeable y se ajusta estrechamente a la geometría exterior deseada de la pieza. El material magnéticamente permeable se puede aplicar como un polvo a la malla utilizando una pistola atomizadora caliente, permitiendo una estrecha conformidad del susceptor a la geometría de la pieza, evitando al mismo tiempo la formación de límites de los susceptores de chapa metálica.

25

30

35

Breve Descripción de la Invención

La invención se relaciona con un sistema de calentamiento por inducción de acuerdo con las reivindicaciones 1-9, y un método para moldear un artículo termoplástico de acuerdo con las reivindicaciones 10-15.

40

La presente divulgación también se refiere a un sistema de calentamiento por inducción para moldear un artículo termoplástico que incluye un primer molde y un segundo molde que define una cavidad del molde entre ellos para moldear el artículo termoplástico, un primer susceptor metálico como parte o adyacente al primer molde, una primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura cerca del primer susceptor metálico y un primer generador de inducción acoplado eléctricamente con la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura.

45

La presente divulgación se refiere a un método para moldear un artículo termoplástico que incluye el posicionamiento de un artículo termoplástico entre un primer molde que incluye un primer susceptor metálico y un segundo molde que incluye un segundo susceptor metálico, calentando inductivamente el primer susceptor metálico utilizando una primera frecuencia de inducción, detección de una histéresis magnética del primer susceptor metálico calentado inductivamente, ajuste de la primera frecuencia de inducción en función de la histéresis magnética del primer susceptor metálico calentado inductivamente, y presionar juntos el primer molde y el segundo molde.

50

La presente divulgación se refiere a un método para procesar un artículo termoplástico que incluye la generación de calor por inducción de coincidencia de frecuencia utilizando una bobina de inducción modular y refrigeración por aire de la bobina de inducción modular.

55

Además, la divulgación también comprende un sistema de calentamiento por inducción para moldear un artículo termoplástico, que comprende un primer molde y un segundo molde que define una cavidad del molde entre ellos para moldear el artículo termoplástico; un primer susceptor metálico como parte o adyacente al primer molde; una primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura cerca del primer susceptor metálico y un primer generador de inducción acoplado eléctricamente con la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura.

60

El molde puede comprender una pluralidad de primeras ranuras y la primera bobina de inducción con soporte de armadura comprende una pluralidad de primeros dedos posicionables dentro de la pluralidad de las primeras ranuras.

65

El sistema de calentamiento por inducción puede comprender además un primer detector de histéresis magnética

asociado con la primera disposición de bobinas de inducción con soporte armadura.

El sistema de calentamiento por inducción puede comprender además un segundo susceptor metálico como parte del segundo molde o adyacente al mismo.

5

El sistema de calentamiento por inducción puede, además, comprender una segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura cerca del segundo susceptor metálico.

El sistema de calentamiento por inducción puede incluir además un soporte de molde que soporte el segundo molde.

10

El soporte de molde puede comprender una pluralidad de segundas ranuras y la segunda matriz de bobinas de inducción con soporte de armadura puede comprender una pluralidad de segundos dedos posicionables dentro de la pluralidad de segundas ranuras.

15

El sistema de calentamiento por inducción puede comprender además un segundo detector de histéresis magnética asociado con la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura.

El sistema de calentamiento por inducción puede comprender además una placa de prensa para presionar juntos el primer molde y el segundo molde.

20

Al menos una porción del primer molde puede formar el primer susceptor metálico.

El primer susceptor metálico se puede colocar junto al primer molde.

25

Al menos una porción del segundo molde puede formar el segundo susceptor metálico.

El segundo susceptor metálico se puede colocar junto al segundo molde.

30

El primer susceptor metálico se puede formar a partir de un material de susceptor inteligente.

El segundo susceptor metálico se puede formar a partir de un material de susceptor inteligente.

35

La divulgación también se refiere a un método para moldear un artículo termoplástico, el método que comprende colocar un artículo termoplástico entre un primer molde que incluye un primer susceptor metálico y un segundo molde que incluye un segundo susceptor metálico; calentar inductivamente el primer susceptor metálico utilizando una primera frecuencia de inducción; detectar una histéresis magnética del primer susceptor metálico calentado inductivamente; ajustar la primera frecuencia de inducción en función de la histéresis magnética del primer susceptor metálico calentado inductivamente; y presionar juntos el primer molde y el segundo molde.

40

Cuando el primer susceptor metálico alcanza una temperatura predeterminada, se puede detener el calentamiento inductivo del primer susceptor metálico.

El primer molde se puede enfriar por aire.

45

El segundo susceptor metálico se puede calentar inductivamente utilizando una segunda frecuencia de inducción, de modo que se pueda detectar una histéresis magnética del segundo susceptor metálico calentado inductivamente, por lo que la segunda frecuencia de inducción se puede ajustar en función de la histéresis magnética del segundo susceptor metálico calentado inductivamente.

50

Cuando el segundo susceptor metálico alcanza una temperatura predeterminada, se puede detener el calentamiento inductivo del segundo susceptor metálico.

El segundo molde se puede enfriar por aire. La divulgación también puede comprender un método para procesar un artículo termoplástico, el método que comprende: generar calor por generación de inducción de coincidencia de frecuencia utilizando una bobina de inducción modular; y enfriar por aire la bobina de inducción modular.

55

La generación de calor por inducción de coincidencia de frecuencia con una bobina de inducción modular puede incluir el calentamiento inductivo de un susceptor metálico para calentar el artículo termoplástico utilizando una primera frecuencia de inducción; la detección de una histéresis magnética del susceptor metálico calentado inductivamente; y ajustar la primera frecuencia de inducción en función de la histéresis magnética del susceptor metálico calentado inductivamente.

60

La refrigeración por aire de la bobina de inducción modular puede incluir la extracción de la bobina de inducción modular de un molde que contiene el artículo termoplástico; y la refrigeración pasiva por aire de la bobina de inducción modular en aire ambiente.

65

Otros aspectos del sistema de calentamiento por inducción revelado y el método para moldear un artículo termoplástico

se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, los dibujos adjuntos y las afirmaciones anexas.

Breve Descripción de los Dibujos

- 5 La Figura 1 es una vista en perspectiva de un sistema de calentamiento por inducción en una condición ensamblada dispuesta entre los platos de prensa.
- La Figura 2 es una vista en perspectiva del sistema de calentamiento por inducción de la Figura 1 que muestra más adelante las disposiciones de bobinas de inducción con soporte de armadura retirados.
- La Figura 3 es una vista en perspectiva explosionada del sistema de calentamiento por inducción de la Figura 1 que muestra además los susceptores metálicos que forman parte de los moldes del sistema de calentamiento por inducción.
- 10 La Figura 4 es una vista en perspectiva explosionada de una variación del sistema de calentamiento por inducción de la Figura 3 que muestra además los susceptores metálicos que están adyacentes a los moldes del sistema de calentamiento por inducción.
- La Figura 5 es una primera vista en perspectiva de una disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura.
- 15 La Figura 6 es una segunda vista en perspectiva de la disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura de la figura 5.
- La Figura 7 es una tercera vista en perspectiva de la disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura de la figura 5.
- La Figura 8 es una vista lateral de un dedo de la disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura.
- 20 La Figura 9 es una primera vista en perspectiva del dedo de la Figura 8.
- La Figura 10 es una segunda vista en perspectiva del dedo de la Figura 8.
- La Figura 11 es un diagrama de flujo que representa un método para moldear un artículo termoplástico.
- La Figura 12 es un diagrama de flujo que representa un método para procesar un artículo termoplástico.
- La Figura 13 es un diagrama de flujo de una metodología de fabricación y servicio de aeronaves.
- 25 La Figura 14 es un diagrama de bloques de una aeronave.

Descripción Detallada de la Invención

- 30 La Figura 1 es una vista en perspectiva de un sistema de calentamiento por inducción en una condición ensamblada dispuesta entre los platos de prensa. La Figura 2 es una vista en perspectiva del sistema de calentamiento por inducción de la Figura 1 que muestra más adelante las disposiciones de bobinas de inducción con armadura extraídas. La Figura 3 es una vista en perspectiva explosionada del sistema de calentamiento por inducción de la Figura 1 que muestra además los susceptores metálicos que forman parte de los moldes del sistema de calentamiento por inducción. La Figura 4 es una vista en perspectiva explosionada de una variación del sistema de calentamiento por inducción de la Figura 3 que muestra además los susceptores metálicos que están adyacentes a los moldes del sistema de calentamiento por inducción.
- 35 La Figura 5 es una primera vista en perspectiva de una disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura. La Figura 6 es una segunda vista en perspectiva de la disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura de la Figura 5. La Figura 7 es una tercera vista en perspectiva de la disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura de la figura 5. La Figura 8 es una vista lateral de un dedo de la disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura. La Figura 9 es una primera vista en perspectiva del dedo de la Figura 8. La Figura 10 es una segunda vista en perspectiva del dedo de la Figura 8.

45 En referencia a las Figuras 1 a 3, existe un sistema de calentamiento por inducción 2. El sistema de calentamiento por inducción 2 incluye un primer molde 4 y un segundo molde 6 que define una cavidad del molde entre ellos, un primer susceptor metálico 8 como parte del primer molde 4, una primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 en proximidad al primer susceptor metálico 8, y un primer generador de inducción 12 acoplado eléctricamente con la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10. La Figura 4 es una variación de la Figura 3 en la cual el primer susceptor metálico 8 es adyacente al primer molde 4. Al proporcionar estas combinaciones de características, independientemente de si el primer susceptor metálico 8 es parte o adyacente al primer molde 4, el sistema de calentamiento por inducción 2 facilita el uso del sistema de calentamiento por inducción 2 para calentar y moldear un artículo termoplástico A.

55 Aunque el primer molde 4 y el segundo molde 6 se ilustran como proporcionando una cavidad de molde de forma simple entre sí, la presente descripción facilita el moldeo de artículos complejos contorneados.

60 Refiriéndose a la Figura 1 a 3, el primer molde 4 incluye una pluralidad de las primeras ranuras 14. Refiriéndose a las Figuras 5 a 10, la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 se muestra como una bobina de inducción modular que comprende una pluralidad de primeros dedos 16 posicionables dentro de la pluralidad de las primeras ranuras 14. En consecuencia, al proporcionar la pluralidad de las primeras ranuras 14 en el primer molde 4 y la pluralidad de los primeros dedos 16 en la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10, el sistema de calentamiento por inducción 2 facilita la extracción de la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 del primer molde 4. En un aspecto, la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 puede incluir una capa 15 que soporte la pluralidad de los primeros dedos 16.

65 Al retirar la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 del primer molde 4, el sistema de calentamiento por inducción 2 facilita la refrigeración por aire, por ejemplo, la refrigeración por aire pasiva, del artículo

termoplástico A y de la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10. Además, la estructura separada de los dedos de la primera disposición de bobinas de inducción 10 con armadura facilita una refrigeración por aire más rápida al permitir la convección del área entre cada una de las pluralidades de los primeros dedos 16.

5 Además, al proporcionar una disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 extraíble, la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 se puede extraer y colocar en otra herramienta según sea necesario. Este modularidad redujo el costo total y la complejidad de la herramienta de moldeo. Además, al crear la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 como un primer dedo de pluralidad 16, la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 puede moldearse para aproximarse mejor al contorno de la superficie más baja 5 del primer molde 4 para un acoplamiento inductivo más eficiente.

10 Refiriéndose a la Figura 1 a 3, el sistema de calentamiento por inducción 2 incluye un primer detector de histéresis magnética 18 asociado con la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10. Al proporcionar el primer detector de histéresis magnética 18, se puede detectar una histéresis magnética del primer susceptor metálico calentado inductivamente 8. Al detectar una histéresis magnética del primer susceptor metálico calentado inductivamente 8, se puede ajustar una frecuencia generada por el primer generador de inducción 12 para minimizar el calentamiento de la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10. El ajuste de la frecuencia generada por el primer generador de inducción 12 puede coincidir con la frecuencia de la histéresis magnética del primer susceptor metálico calentado inductivamente 8. El calentamiento del primer susceptor metálico 8 mediante esta generación de inducción de coincidencia de frecuencia puede minimizar el calor generado en la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10. El ajuste de la frecuencia generada por el primer generador de inducción 12 puede realizarse, por ejemplo, utilizando un controlador (no mostrado), que puede ser un dispositivo de hardware informático. El controlador puede acoplarse comunicativamente al primer detector de histéresis magnética 18 y al primer generador de inducción 12.

25 Al minimizar el calentamiento de la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10, se puede evitar la refrigeración por agua de la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10.

30 La característica descrita anteriormente del primer detector de histéresis magnética 18 puede emplearse en combinación con la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 que tiene la pluralidad de los primeros dedos 16.

35 Refiriéndose a la Figura 1 a 3, el sistema de calentamiento por inducción 2 incluye un segundo susceptor metálico 20 como parte del segundo molde 6. La Figura 4 es una variación de la Figura 3 en la cual el segundo susceptor metálico 20 es adyacente al segundo molde 6. Proporcionando el segundo susceptor metálico 20, independientemente de si el segundo susceptor metálico 20 es parte o adyacente al segundo molde 6, el sistema de calentamiento por inducción 2 facilita el uso del sistema de calentamiento por inducción 2 para calentar el artículo termoplástico A desde ambos lados del artículo termoplástico A. En otra variación, el primer susceptor metálico 8 forma parte del primer molde 4, mientras que el segundo susceptor metálico 20 es adyacente al segundo molde 6. En otra variación, el primer susceptor metálico 8 es adyacente al primer molde 4, mientras que el segundo susceptor metálico 20 es parte del segundo molde 6.

La característica descrita anteriormente del segundo susceptor metálico puede emplearse en combinación con la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 que tiene la pluralidad de los primeros dedos 16.

45 Refiriéndose a la Figura 1 a 3, el sistema de calentamiento por inducción 2 incluye una segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 que se muestra como una bobina de inducción modular cerca del segundo susceptor metálico 20. Al proporcionar la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22, el calentamiento del segundo susceptor metálico 20 por la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 puede controlarse de forma independiente del calentamiento del primer susceptor metálico 8 por la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10.

50 El primer generador de inducción 12 se puede acoplar eléctricamente con la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22. En una variación, el sistema de calentamiento por inducción 2 puede incluir un segundo generador de inducción (no se muestra) y el segundo generador de inducción puede acoplarse eléctricamente con la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22.

55 Refiriéndose a la Figura 1 a 3, el sistema de calentamiento por inducción 2 incluye un soporte de molde 24 que soporta el segundo molde 6. Al proporcionar el soporte de molde 24, el segundo molde 6 puede tener un tamaño total pequeño. En una variación, el soporte de molde 24 puede, en cambio, soportar el primer molde 4. En otra variación, puede haber dos soportes de molde, cada soporte de molde soporta uno de los primeros moldes 4 y segundo molde 6. En otra variación, puede que no haya soportes de molde, y el segundo molde 6 puede ser sustancialmente similar al primer molde 4.

60 En referencia a las Figuras 1 a 3, el soporte de molde 24 incluye una pluralidad de segundas ranuras 26. En referencia a las Figuras 5 a 10, la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 incluye una pluralidad de segundos dedos 28 posicionables dentro de la pluralidad de las segundas ranuras 26. En consecuencia, al proporcionar la pluralidad de las segundas ranuras 26 en el soporte de molde 24 y la pluralidad de los segundos dedos 28 en la segunda

disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22, el sistema de calentamiento por inducción 2 facilita la extracción de la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 del soporte de molde 24. En un aspecto, la disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 puede incluir un segundo extremo 27 que soporte la pluralidad de los segundos dedos 28.

Al retirar la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 del soporte de molde 24, el sistema de calentamiento por inducción 2 facilita la refrigeración por aire, por ejemplo, la refrigeración por aire pasiva, del artículo termoplástico A y de la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22. Además, la estructura separada de los dedos de la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 facilita una refrigeración por aire más rápida al permitir la convección del área entre cada una de las pluralidades de los segundos dedos 28.

Además, al proporcionar una segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura extraíble 22, la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 se puede extraer y colocar en otra herramienta según sea necesario. Esta modularidad redujo el costo total y la complejidad de la herramienta de moldeo. Además, al hacer la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 como una pluralidad de segundos dedos 28, la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 puede moldearse para aproximarse mejor al contorno de la superficie superior 7 del segundo molde 6 para un acoplamiento inductivo más eficiente.

Como se explicó anteriormente, las variaciones incluyen que el soporte de molde 24 en su lugar soporta el primer molde 4, que puede haber dos soportes de molde 24, cada soporte de molde 24 apoyando uno de los primeros moldes 4 y segundo molde 6, y que puede ser que no haya soportes de molde 24, y el segundo molde 6 puede ser sustancialmente similar al primer molde 4. En el caso de la presencia de soportes de molde 24 para el primer molde 4 y/o el segundo molde 6, la presente descripción incluye la posibilidad de que uno de los soportes de molde 24 pueda incluir la pluralidad de las primeras ranuras 14 y de tal manera que la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 incluya una pluralidad de primeros dedos 16 posicionables dentro de la pluralidad de las primeras ranuras 14, y que el otro de los soportes de molde 24 puede incluir la pluralidad de las segundas ranuras 26 y de tal manera que la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 incluya una pluralidad de segundos dedos 28 posicionables dentro de la pluralidad de segundas ranuras 26.

En referencia a las figuras 1 a 3, el sistema de calentamiento por inducción 2 incluye un segundo detector de histéresis magnética 30 asociado con la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22. Al proporcionar el segundo detector de histéresis magnética 30, se puede detectar una histéresis magnética del segundo susceptor metálico calentado inductivamente 20. Al detectar una histéresis magnética del segundo susceptor metálico calentado inductivamente 20, se puede ajustar una frecuencia generada por el primer generador de inducción 12 para minimizar el calentamiento de la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22. El ajuste de la frecuencia generada por el primer generador de inducción 12 puede coincidir con la frecuencia de la histéresis magnética del segundo susceptor metálico calentado inductivamente 20. El calentamiento del segundo susceptor metálico 20 mediante esta generación de inducción de coincidencia de frecuencia puede minimizar el calor generado en la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22. El ajuste de la frecuencia generada por el primer generador de inducción 12 puede realizarse, por ejemplo, utilizando un controlador (no mostrado), que puede ser un dispositivo de hardware informático. El controlador puede acoplarse comunicativamente al segundo detector de histéresis magnética 30 y al primer generador de inducción 12. Al minimizar el calentamiento de la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22, se puede evitar la refrigeración por agua de la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22.

El primer generador de inducción 12 se puede acoplar eléctricamente con la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22. En una variación, el sistema de calentamiento por inducción 2 puede incluir un segundo generador de inducción (no se muestra) y el segundo generador de inducción puede acoplarse eléctricamente con la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22. Por lo tanto, al detectar una histéresis magnética del segundo susceptor metálico calentado inductivamente 20, se puede ajustar una frecuencia generada por el segundo generador de inducción para minimizar el calentamiento de la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22.

La característica descrita anteriormente del segundo detector de histéresis magnética 30 puede utilizarse en combinación con cualquiera de las características del sistema de calentamiento por inducción 2 descritas anteriormente.

Refiriéndose a la Figura 1, el sistema de calentamiento por inducción 2 incluye un plato de prensa 32 para presionar juntos el primer molde 4 y el soporte de molde 24 apoyando el segundo molde 6 (no se muestra en la Figura 1). El plato de prensa ilustrado 32 es simplemente una ilustración representativa. Se entenderá que cualquier plato de prensa 32 puede emplearse para presionar juntos el primer molde 4 y el segundo molde 6, independientemente de que uno o ambos del primer molde 4 y el segundo molde 6 estén soportados por soportes de molde 24. Al proporcionar el plato de prensa 32, el sistema de calentamiento por inducción 2 facilita la consolidación del artículo termoplástico A durante un proceso de moldeo del artículo termoplástico A.

La característica descrita anteriormente de la plancha de prensa 32 puede utilizarse en combinación con cualquiera de las características del sistema de calentamiento por inducción 2 descritas anteriormente.

5 Refiriéndose a la Figura 3, en un ejemplo, al menos una porción del primer molde 4 forma el primer susceptor metálico 8. La superficie más baja 5 del primer molde 4 forma preferiblemente el primer susceptor metálico 8. Al proporcionar el primer susceptor metálico 8 como al menos una porción del primer molde 4, se puede simplificar un proceso de montaje del sistema de calentamiento por inducción 2 para moldear el artículo termoplástico A.

10 Refiriéndose a la Figura 4, en un ejemplo, el primer susceptor metálico 8 se coloca adyacente al primer molde 4. Al proporcionar el primer susceptor metálico 8 como colocado adyacente al primer molde 4, se puede simplificar un proceso de fabricación del primer molde 4 y del primer susceptor metálico 8. Además, el primer molde 4 puede estar hecho completamente de materiales no conductores.

15 Refiriéndose a la Figura 3, en un ejemplo, al menos una porción del segundo molde 6 forma el segundo susceptor metálico 20 y la superficie superior 7 del segundo molde 6 forma preferiblemente el segundo susceptor metálico 20. Al proporcionar preferentemente el segundo susceptor metálico 20 como mínimo una porción del segundo molde 6, se puede simplificar un proceso de montaje del sistema de calentamiento por inducción 2 para el moldeo del artículo termoplástico A.

20 Refiriéndose a la Figura 4, en un ejemplo, el segundo susceptor metálico 20 se coloca adyacente al segundo molde 6. Al proporcionar el segundo susceptor metálico 20 como colocado adyacente al segundo molde 6, se puede simplificar un proceso de fabricación del segundo molde 6 y del segundo susceptor metálico 20. Además, el segundo molde 6 puede estar hecho completamente de materiales no conductores.

25 Una variación del sistema de calentamiento por inducción 2 incluye que al menos una porción del primer molde 4 forma el primer susceptor metálico 8 mientras que al menos una porción del segundo molde 6 forma el segundo susceptor metálico 20. Otra variación del sistema de calentamiento por inducción 2 incluye que al menos una porción del primer molde 4 forma el primer susceptor metálico 8 mientras que el segundo susceptor metálico 20 se coloca adyacente al segundo molde 6. Otra variación del sistema de calentamiento por inducción 2 incluye que el primer susceptor metálico 8 se coloca adyacente al primer molde 4 mientras que al menos una porción del segundo molde 6 forma el segundo susceptor metálico 20. Otra variación del sistema de calentamiento por inducción 2 incluye que el primer susceptor metálico 8 se coloca adyacente al primer molde 4 mientras que el segundo susceptor metálico 20 se coloca adyacente al segundo molde 6.

35 Las características descritas anteriormente del primer susceptor metálico 8 y del segundo susceptor metálico 20, de acuerdo con cualquiera de las variaciones, pueden emplearse en combinación con cualquiera de las características del sistema de calentamiento 2 de inducción descritas anteriormente.

40 En un aspecto, el primer susceptor metálico 8 se forma a partir de un material de susceptor inteligente. En otro aspecto, el segundo susceptor metálico 20 se forma a partir de un material de susceptor inteligente. En otro aspecto, tanto el primer susceptor metálico 8 como el segundo susceptor metálico 20 se forman a partir de materiales de susceptor inteligente.

45 Un material de susceptor inteligente es un material que tiene un punto Curie predeterminado que causa una reducción de las propiedades magnéticas del material a medida que el material se acerca al punto Curie. Por lo tanto, el material de susceptor inteligente facilita una temperatura límite a la que el material puede calentarse inductivamente. A modo de ejemplo, el material de susceptor inteligente del primer susceptor metálico 8 y el segundo susceptor metálico 20 incluye aleaciones de níquel-hierro.

50 Al proporcionar el primer susceptor metálico 8 y/o el segundo susceptor metálico 20 como un material de susceptor inteligente, la temperatura a la que se puede calentar el primer susceptor metálico 8 y/o el segundo susceptor metálico 20 es limitada, evitando así el sobrecalentamiento del artículo termoplástico A.

55 Los materiales de susceptor inteligentes descritos anteriormente del primer susceptor metálico 8 y del segundo susceptor metálico 20, de acuerdo con cualquiera de las variaciones, pueden emplearse en combinación con cualquiera de las características del sistema de calentamiento por inducción 2 descritas anteriormente.

60 La Figura 11 es un diagrama de flujo que representa un método 100 para moldear un artículo termoplástico A, como un artículo compuesto termoplástico. El método 100 incluye colocar 110 un artículo termoplástico A entre un primer molde 4 que incluye un primer susceptor metálico 8 y un segundo molde 6 que incluye un segundo susceptor metálico 20, calentando inductivamente 120 el primer susceptor metálico 8 usando una primera frecuencia de inducción, detectar una histéresis magnética 130 desde el primer susceptor metálico calentado inductivamente 8, ajustar la primera frecuencia de inducción 140 en función de la histéresis magnética del primer susceptor metálico calentado inductivamente 8, y presionar juntos 160 el primer molde 4 y el segundo molde 6. La Figura 11 incluye además los pasos opcionales que se muestran en líneas discontinuas.

65 Por esto el método 100, los pasos de posicionamiento, calentamiento inductivo, y el prensado del artículo termoplástico A entre el primer molde 4 y el segundo molde 6 efectúan el proceso de moldeo del artículo termoplástico A mientras que

los pasos de detección de la histéresis magnética y ajuste de la primera frecuencia de inducción evitan la necesidad de refrigeración por agua del primero molde 4.

5 El método 100 descrito anteriormente se puede utilizar en combinación con cualquiera de las características del sistema de calentamiento 2 de inducción como se describe anteriormente.

10 Refiriéndose a la Figura 11, el método 100 incluye, cuando el primer susceptor metálico 8 alcanza una temperatura predeterminada, detener el calentamiento inductivo 150 del primer susceptor metálico 8. A modo de ejemplo, la detención del calentamiento inductivo 150 del primer susceptor metálico 8 puede facilitarse formando el primer susceptor metálico 8 a partir de un material de susceptor inteligente. Al detener el calentamiento inductivo 150 del primer susceptor metálico 8, se limita la temperatura a la que puede calentarse el primer susceptor metálico 8, evitando así el sobrecalentamiento del artículo termoplástico A. En un ejemplo, la temperatura predeterminada a la que se detiene el calentamiento inductivo del primer susceptor metálico 8 está por encima de la temperatura de curado del artículo termoplástico A.

15 El paso para detener el calentamiento inductivo 150 del primer susceptor metálico 8 puede emplearse en combinación con cualquiera de las características del sistema de calentamiento por inducción 2 como se ha descrito anteriormente.

20 Refiriéndose a la Figura 11, el método 100 incluye, refrigeración por aire 170 del primer molde 4. A modo de ejemplo, la refrigeración por aire 170 del primer molde 4 puede facilitarse proporcionando una primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10, que se puede extraer del primer molde 4. Al retirar la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 del primer molde 4, la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 se puede enfriar fácilmente por aire en el aire ambiente que rodea al primer conjunto de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 retirado. Además de facilitar la refrigeración por aire del primer molde 4, se puede facilitar la refrigeración por aire del artículo termoplástico A y de la primera disposición de bobinas de inducción con armadura 10.

25 El paso de refrigeración por aire 170 del primer molde 4 puede emplearse en combinación con el paso de detener el calentamiento inductivo 150 del primer susceptor metálico 8 y puede combinarse con cualquiera de las características del sistema de calentamiento por inducción 2 como se describió anteriormente.

30 Refiriéndose a la Figura 11, el método 100 incluye, calentar inductivamente 122 el segundo susceptor metálico 20 usando una segunda frecuencia de inducción, detectando una histéresis magnética 132 del segundo susceptor metálico calentado inductivamente 20, y ajustar la segunda frecuencia de inducción 142 en función de la histéresis magnética del segundo susceptor metálico calentado inductivamente 20. Al proporcionar los pasos, el método 100 facilita el calentamiento del artículo termoplástico A desde ambos lados del artículo termoplástico A y evita la necesidad de refrigeración por agua del segundo molde 6.

35 Estos pasos de calentamiento inductivo 122 el segundo susceptor metálico 20 usando una segunda frecuencia de inducción, detectando una histéresis magnética 132 del segundo susceptor metálico calentado inductivamente 20, y el ajuste de la segunda frecuencia de inducción 142 en función de la histéresis magnética del segundo susceptor metálico calentado inductivamente 20 se puede emplear en combinación con el paso de detener el calentamiento inductivo 150 del primer susceptor metálico 8 y/o con refrigeración por aire 170 del primer molde 4 y puede combinarse con cualquiera de las características del sistema de calentamiento por inducción 2 como se describe anteriormente.

40 Refiriéndose a la Figura 11, el método 100 incluye, cuando el segundo susceptor metálico 20 alcanza una temperatura predeterminada, detener el calentamiento inductivo 152 del segundo susceptor metálico 20. A modo de ejemplo, la detención del calentamiento inductivo 152 del segundo susceptor metálico 20 puede facilitarse formando el segundo susceptor metálico 20 a partir de un material de susceptor inteligente. Al detener el calentamiento inductivo 152 del segundo susceptor metálico 20, se limita la temperatura a la que puede calentarse el segundo susceptor metálico 20, evitando así el sobrecalentamiento del artículo termoplástico A. En un ejemplo, la temperatura predeterminada a la que se detiene el calentamiento inductivo del primer susceptor metálico 8 está por encima de la temperatura de curado del artículo termoplástico A.

45 El paso de detener el calentamiento inductivo 152 del segundo susceptor metálico 20 puede emplearse en combinación con cualquiera de los pasos descritos anteriormente del método 100 y con cualquiera de las características del sistema de calentamiento por inducción 2 como se describió anteriormente.

50 Refiriéndose a la Figura 11, el método 100 incluye, refrigeración por aire 172 del segundo molde 6. A modo de ejemplo, la refrigeración por aire 172 del segundo molde 6 puede facilitarse proporcionando un segundo conjunto de bobinas de inducción soportadas por inducido 22, que se puede extraer del segundo molde 6. Al retirar la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 del segundo molde 6, la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 puede enfriarse fácilmente por aire en el aire ambiente que rodea la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22 retirado. Además de facilitar la refrigeración por aire del segundo molde 6, se puede facilitar la refrigeración por aire del artículo termoplástico A y de la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22.

El paso de refrigeración por aire 172 del segundo molde 6 se puede emplear en combinación con cualquiera de los pasos descritos anteriormente del método 100 y con cualquiera de las características del sistema de calentamiento por inducción 2 como se describió anteriormente.

5 La Figura 12 es un diagrama de flujo que representa un método 200 para procesar un artículo termoplástico 200, como un artículo compuesto termoplástico. El método incluye la generación de calor 210 por la generación de inducción de coincidencia de frecuencia utilizando una bobina de inducción modular y refrigeración por aire 220 de la bobina de inducción modular. La Figura 12 incluye además los pasos opcionales que se muestran en líneas discontinuas.

10 Refiriéndose a la Figura 12, el paso de generar calor 210 por la frecuencia que coincide con la generación de la inducción usando una bobina modular de la inducción incluye el calentamiento inductivo 211 un susceptor metálico para calentar el artículo termoplástico usando una primera frecuencia de la inducción, detectando 212 una histéresis magnética del susceptor metálico calentado inductivamente, y ajustar 213 la primera frecuencia de inducción basada en la histéresis magnética del susceptor metálico calentado inductivamente.

15 Refiriéndose a la Figura 12, el paso de la refrigeración por aire 220 de la bobina de inducción modular incluye quitar 221 la bobina de inducción modular de un molde que contiene el artículo termoplástico, y la refrigeración por aire pasiva 222 de la bobina de inducción modular removida en el aire ambiente.

20 En un aspecto, la bobina de inducción modular puede tomar la forma de la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 10 o la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura 22. En otro aspecto, el susceptor metálico puede tomar la forma del primer susceptor metálico 8 o el segundo susceptor metálico 20. En otro aspecto, la detección de una histéresis magnética del susceptor metálico calentado inductivamente 212 puede ser realizada por el primer detector de histéresis magnética 18 o el segundo detector de histéresis magnética 30. En otro
25 aspecto, el ajuste de la primera frecuencia de inducción basada en la histéresis magnética del susceptor metálico calentado inductivamente 213 puede realizarse utilizando un controlador (no se muestra), que puede ser un dispositivo de hardware informático.

30 Pueden describirse ejemplos de la presente divulgación en el contexto de un método de fabricación y servicio de aeronaves 1000, como se muestra en la Figura 13, y una aeronave 1002, como se muestra en la Figura 14. Durante la preproducción, el método de fabricación y servicio de aeronaves 1000 puede incluir la especificación y el diseño 1004 de la aeronave 1002 y la adquisición de materiales 1006. Durante la producción, se lleva a cabo la fabricación de componentes/subconjuntos 1008 y la integración del sistema 1010 de la aeronave 1002. A partir de entonces, la aeronave 1002 podrá pasar por la certificación y entrega 1012 para ser puesta en servicio 1014. Mientras esté en servicio por un
35 cliente, la aeronave 1002 está programada para el mantenimiento rutinario y el servicio 1016, que también puede incluir modificación, reconfiguración, renovación y similares.

Cada uno de los procesos del método 1000 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistemas, un tercero y/o un operador (por ejemplo, un cliente). A los efectos de esta descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin
40 limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una compañía de arrendamiento, una entidad militar, una organización de servicios, y así sucesivamente.

45 El sistema de calentamiento por inducción revelado y el método para moldear un artículo termoplástico de la presente divulgación podrán emplearse durante cualquiera de las etapas del método de fabricación y servicio de aeronaves 1000, incluida la fabricación de componentes/subconjuntos 1008, la integración del sistema 1010 y el mantenimiento y servicio rutinarios 1016.

50 Como se muestra en la figura 13, la aeronave 1002 producida por el método de ejemplo 1000 puede incluir un fuselaje 1018 con una pluralidad de sistemas 1020 y un interior 1022. Como se muestra en la Figura 13, la aeronave 1002 producida por el método de ejemplo 1000 puede incluir un fuselaje 1018 con una pluralidad de sistemas 1020 y un interior 1022. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. El sistema de calentamiento por inducción revelado y el método para moldear un artículo termoplástico de la presente divulgación pueden emplearse para cualquiera de los sistemas de la aeronave 1002, incluidos al menos el fuselaje 1018 y el interior 1022.

55 Aunque se han mostrado y descrito varios ejemplos del sistema de calentamiento por inducción divulgado y del método para moldear un artículo termoplástico, pueden producirse modificaciones para los expertos en la materia al leer la especificación. La presente solicitud incluye tales modificaciones y está limitada solo por el alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de calentamiento por inducción (2) para moldear un artículo termoplástico (A), que comprende:
- 5 un primer molde (4) y un segundo molde (6) que definen una cavidad de molde entre ellas para moldear el artículo termoplástico (A);
un primer susceptor metálico (8) como parte o adyacente al primer molde (4);
una primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura (10) cerca del primer susceptor metálico (8); y
10 un primer generador de inducción (12) acoplado eléctricamente con la primera disposición de bobinas de inducción con armadura (10).
2. El sistema de calentamiento por inducción (2) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el primer molde (4) comprende una pluralidad de primeras ranuras (14) y la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura (10) comprende una pluralidad de primeros dedos (16) posicionables dentro de la pluralidad de primeras ranuras (14).
- 15 3. El sistema de calentamiento por inducción (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, que comprende además un primer detector de histéresis magnética (18) asociado con la primera disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura (10).
- 20 4. El sistema de calentamiento por inducción (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende además un segundo susceptor metálico (20) como parte o adyacente al segundo molde (6).
- 25 5. El sistema de calentamiento por inducción (2) de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además una segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura (22) en proximidad al segundo susceptor metálico (20).
6. El sistema de calentamiento por inducción (2) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un soporte de molde (24) que soporta el segundo molde (6).
- 30 7. El sistema de calentamiento por inducción (2) de acuerdo con la reivindicación 6, en donde el soporte de molde (24) comprende una pluralidad de segundas ranuras (26) y la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura (22) comprende una pluralidad de segundos dedos (28) posicionables dentro de la pluralidad de segundas ranuras (26).
- 35 8. El sistema de calentamiento por inducción (2) de cualquiera de las reivindicaciones 5 -7, que comprende además un segundo detector de histéresis magnética (30) asociado con la segunda disposición de bobinas de inducción con soporte de armadura (22).
- 40 9. El sistema de calentamiento por inducción (2) de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, que comprende además un plato de prensa (32) para presionar juntos el primer molde (4) y el segundo molde (6).
10. Un método para moldear un artículo termoplástico, utilizando un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, el método que comprende:
- 45 colocar un artículo termoplástico entre el primer molde (4) y el segundo molde (6) calentando inductivamente el primer susceptor metálico utilizando una primera frecuencia de inducción;
detectar una histéresis magnética del primer susceptor metálico calentado inductivamente;
ajustar la primera frecuencia de inducción en función de la histéresis magnética del primer susceptor metálico calentado inductivamente; y
50 presionar juntos el primer molde (4) y el segundo molde (6).
11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, que comprende:
cuando el primer susceptor metálico alcanza una temperatura predeterminada, se detiene el calentamiento inductivo del primer susceptor metálico.
- 55 12. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-11, que comprende además:
refrigeración por aire del primer molde.
- 60 13. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10-12, que comprende además:
calentamiento inductivo del segundo susceptor metálico utilizando una segunda frecuencia de inducción;
detección de una histéresis magnética del segundo susceptor metálico calentado inductivamente; y
ajuste de la segunda frecuencia de inducción en función de la histéresis magnética del segundo susceptor metálico calentado inductivamente.
- 65 14. El método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende:

cuando el segundo susceptor metálico alcanza una temperatura predeterminada, se detiene el calentamiento inductivo del segundo susceptor metálico.

- 5 15. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13-14, que comprende, además:
refrigeración por aire del segundo molde.

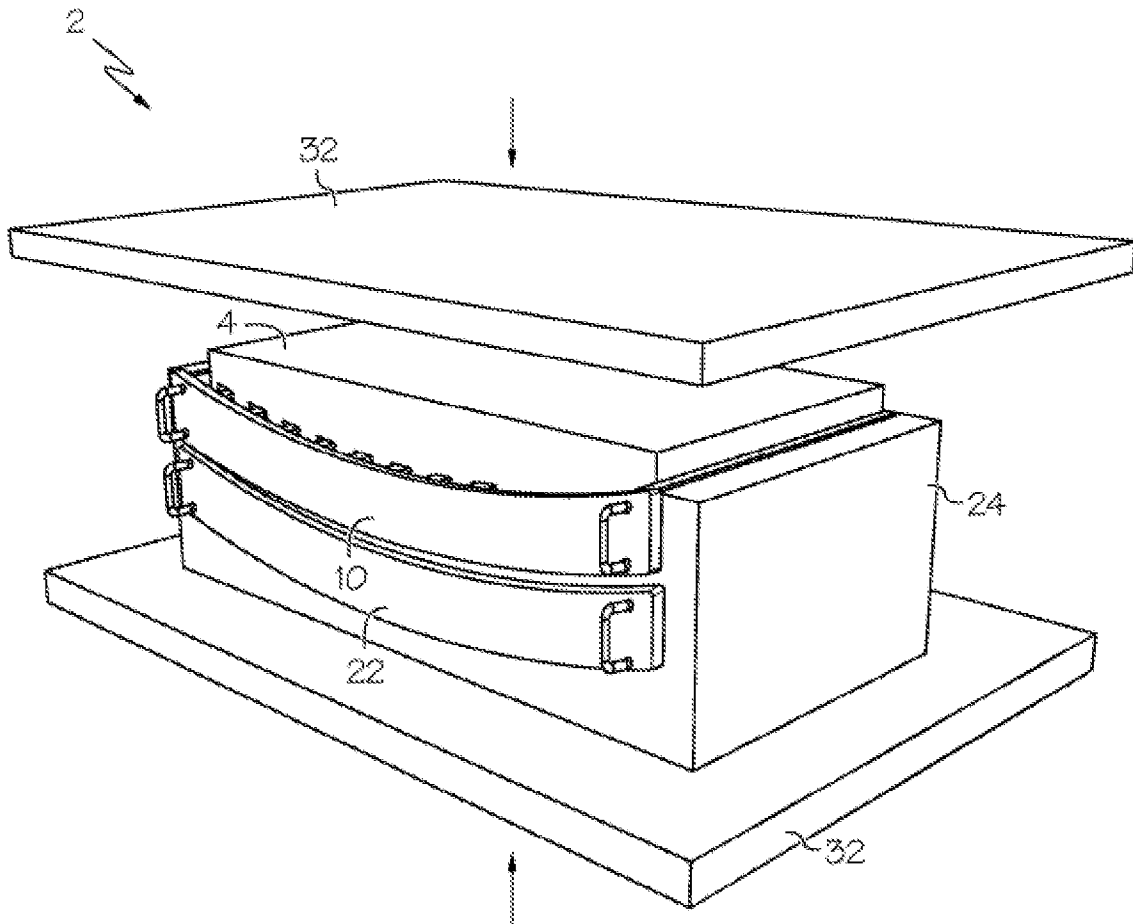


FIG. 1

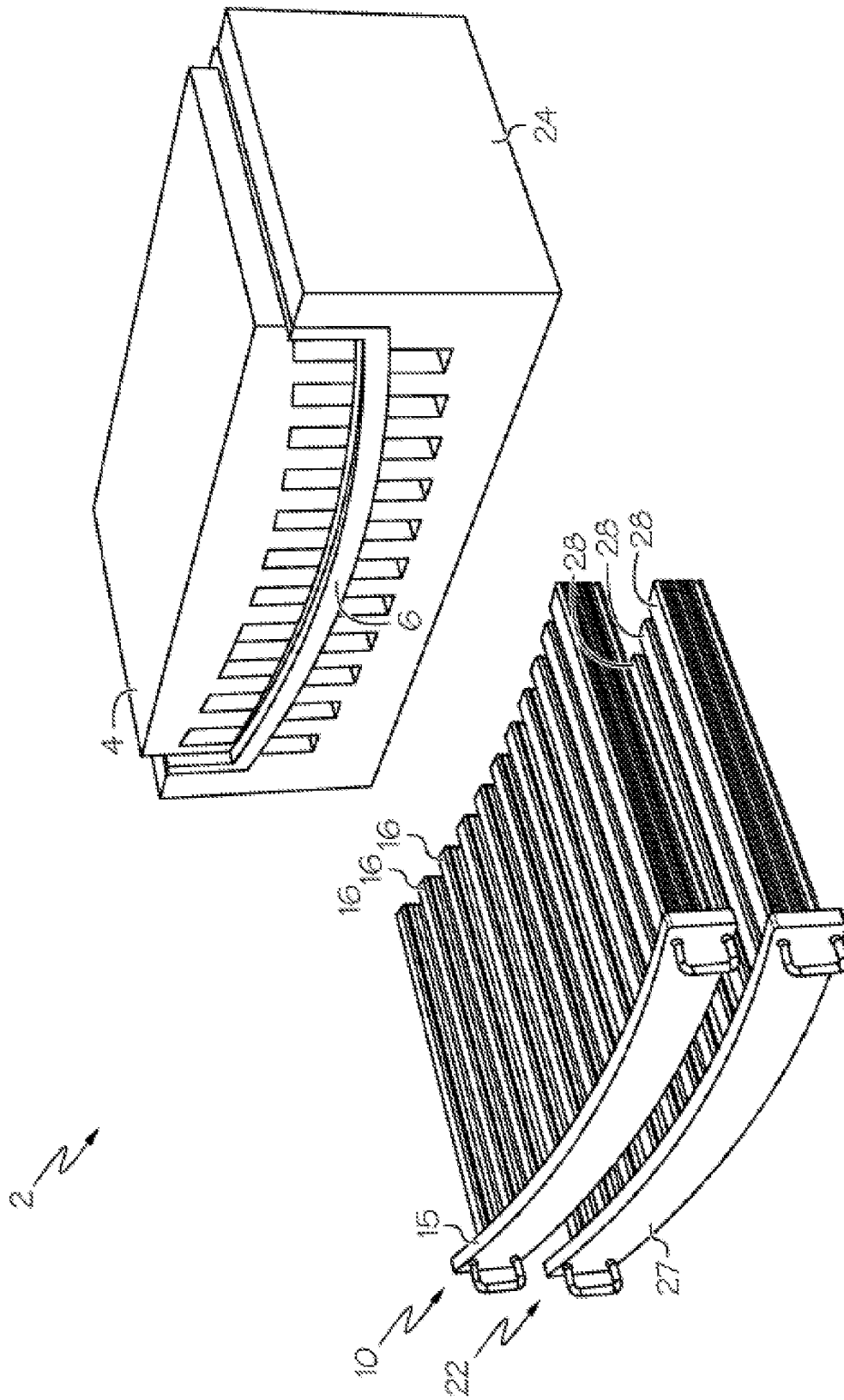
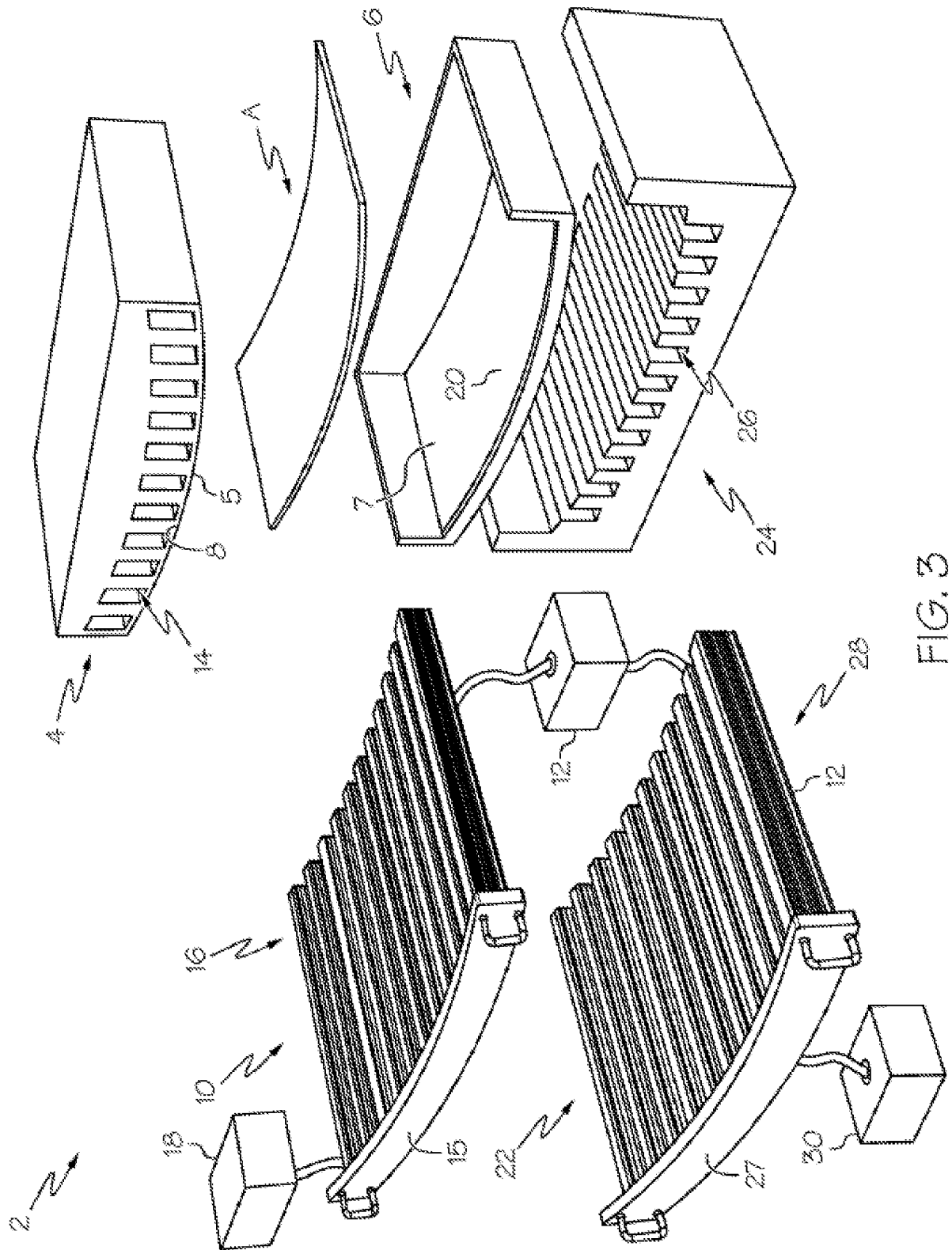


FIG. 2



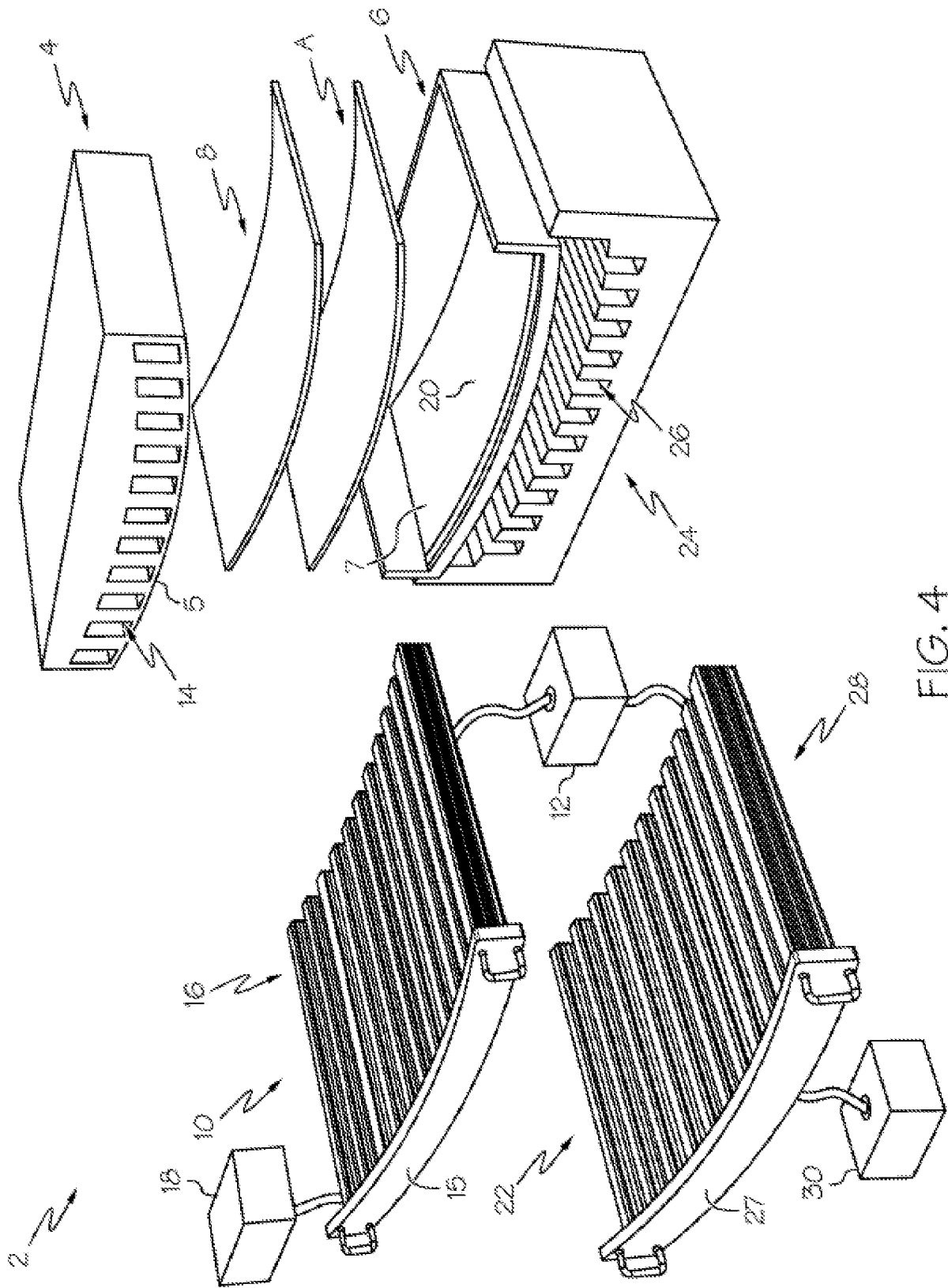


FIG. 4

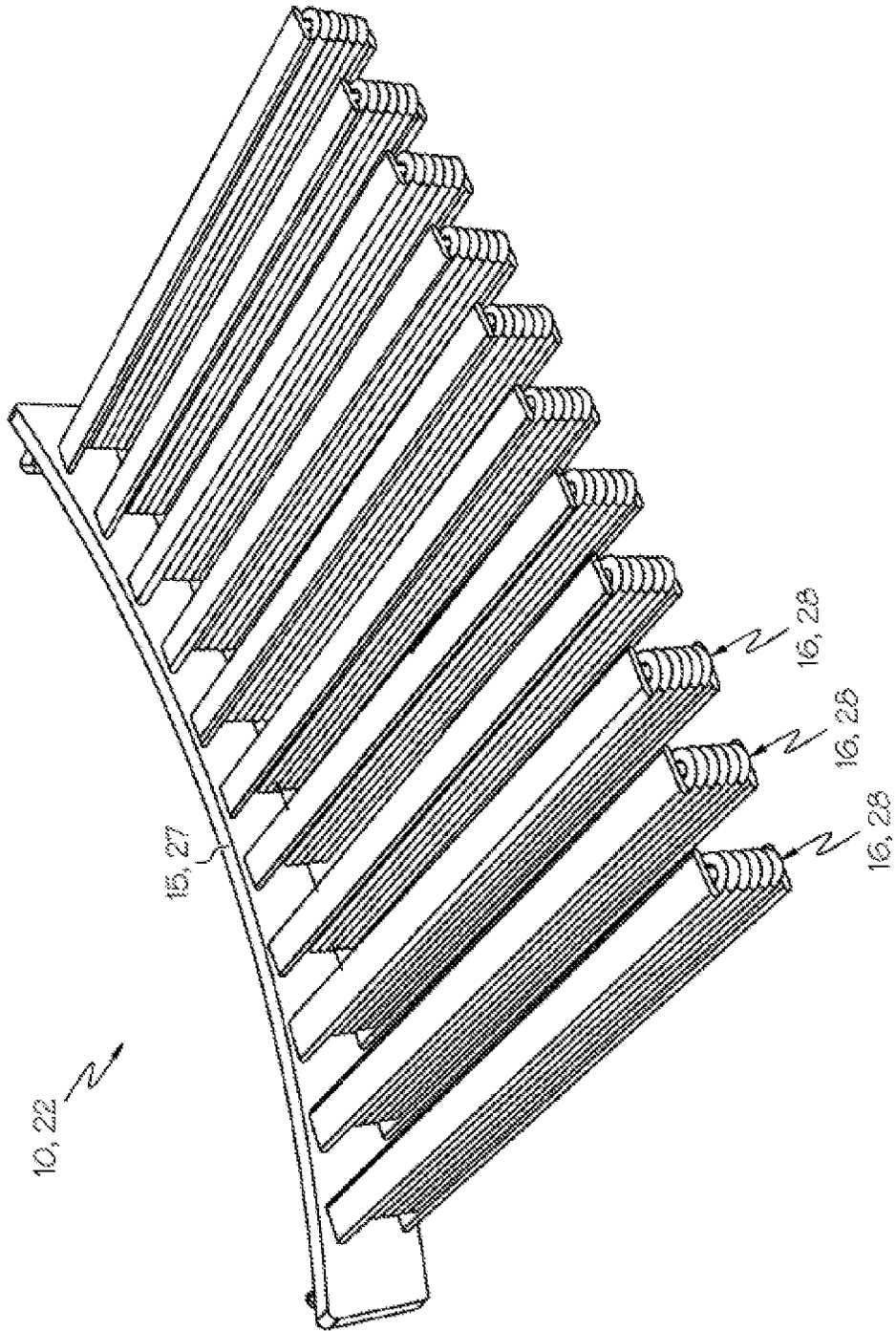


FIG. 5

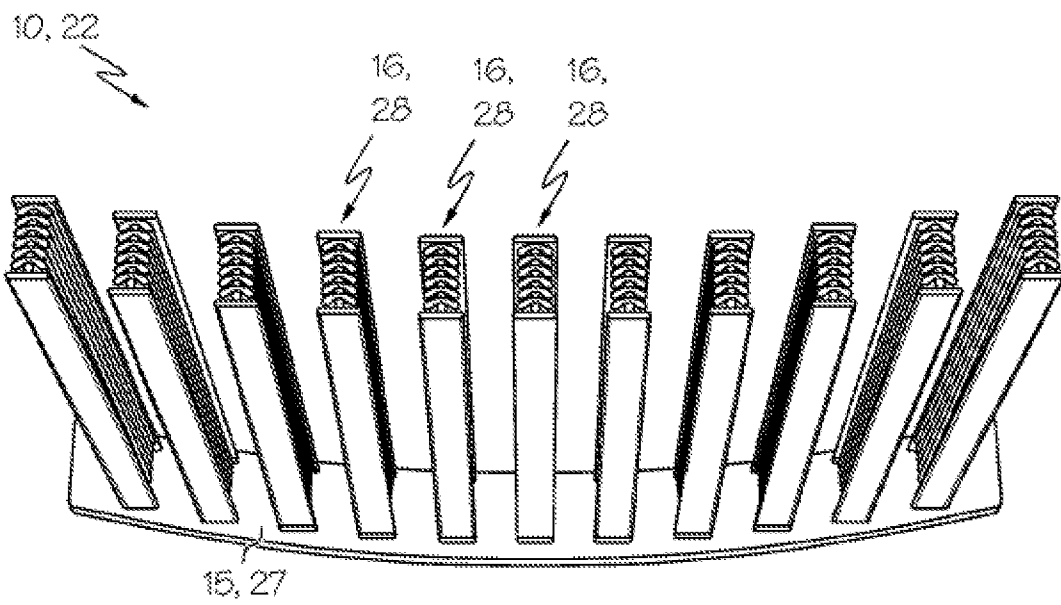


FIG. 6

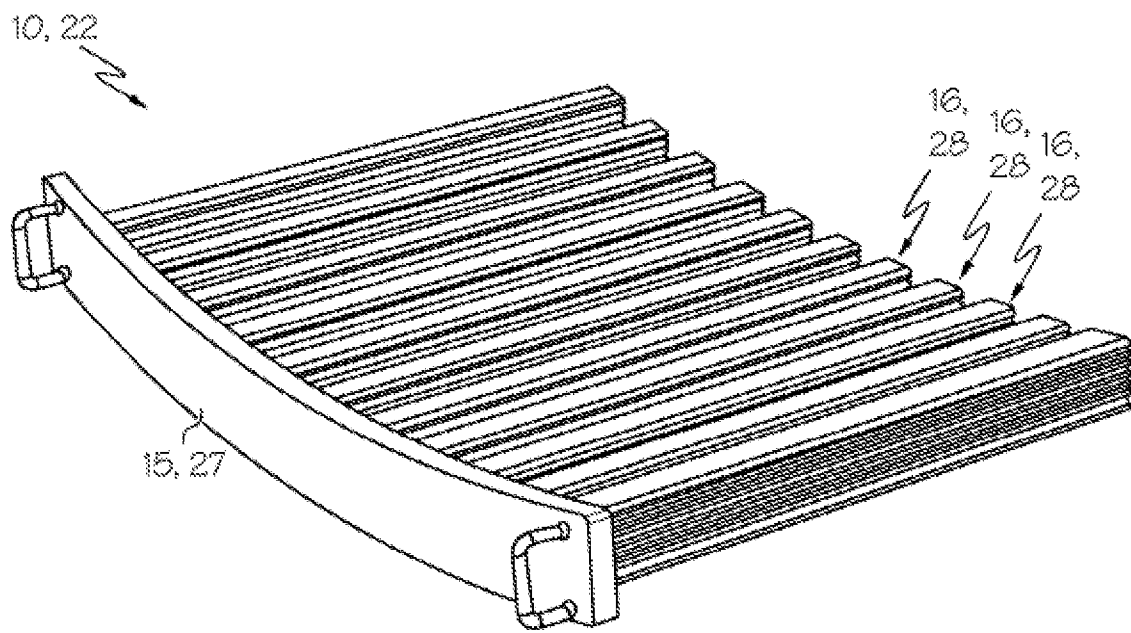


FIG. 7



FIG. 8



FIG. 9

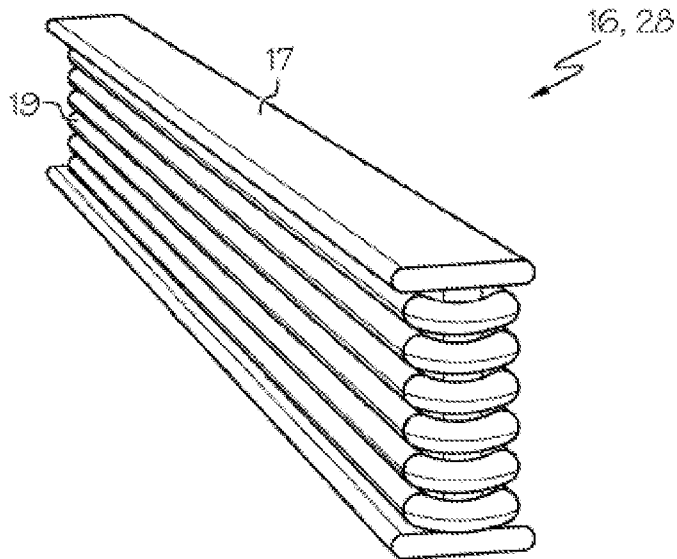


FIG. 10

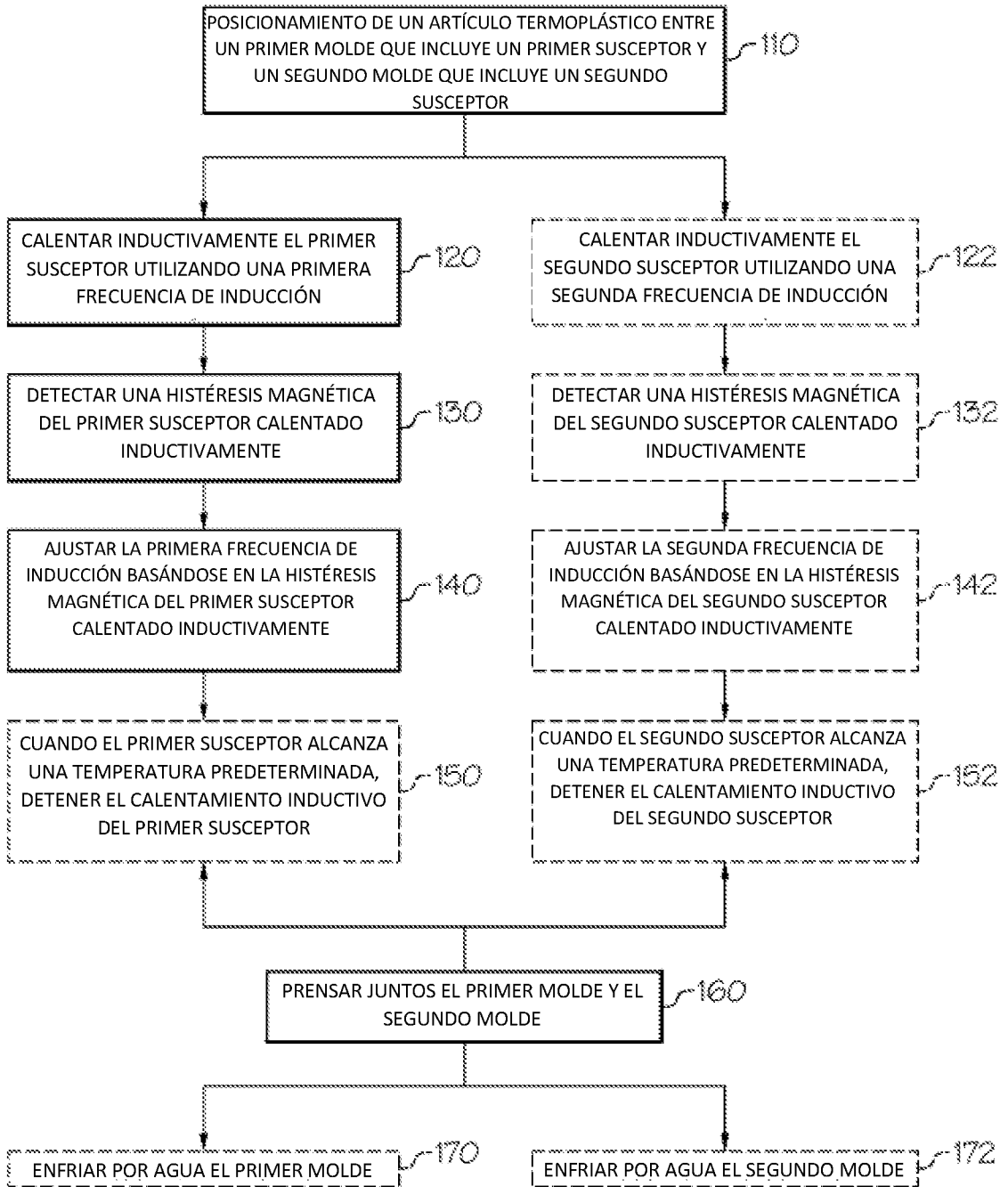


FIG. 11

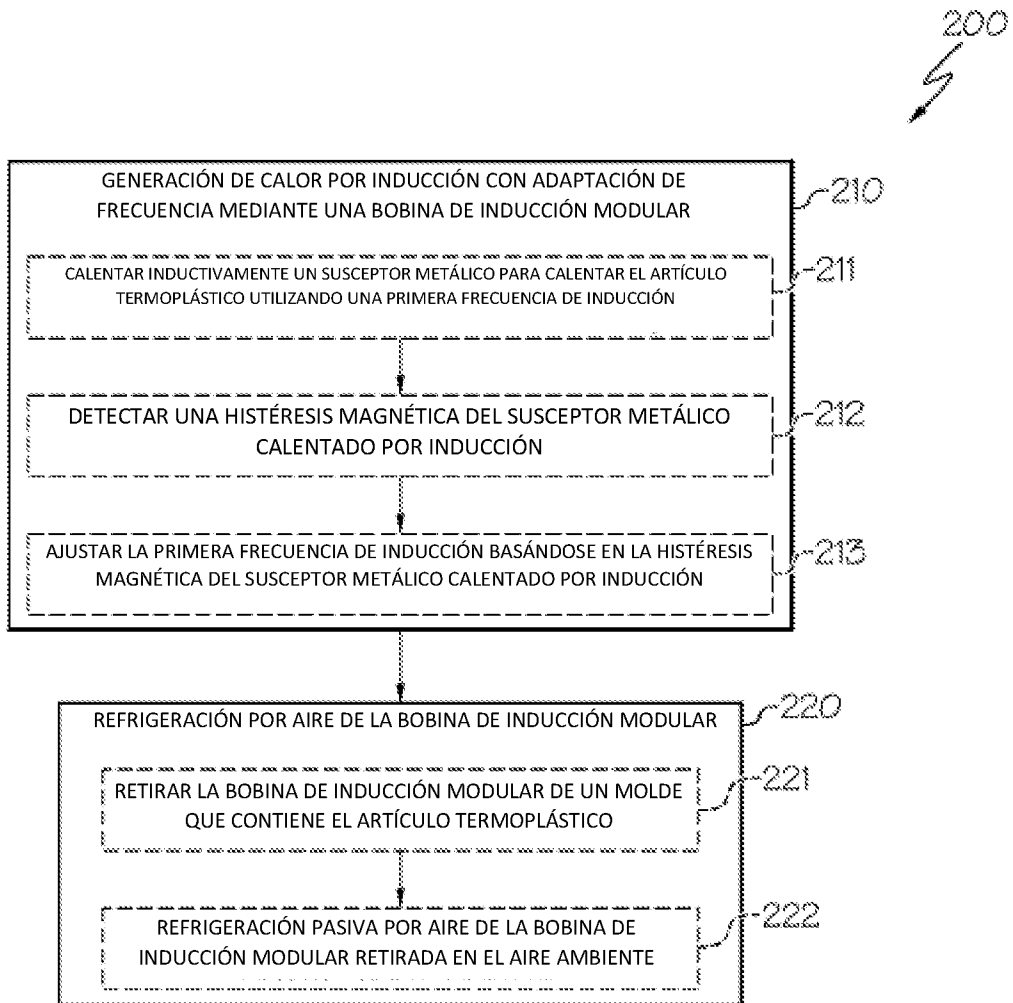


FIG. 12

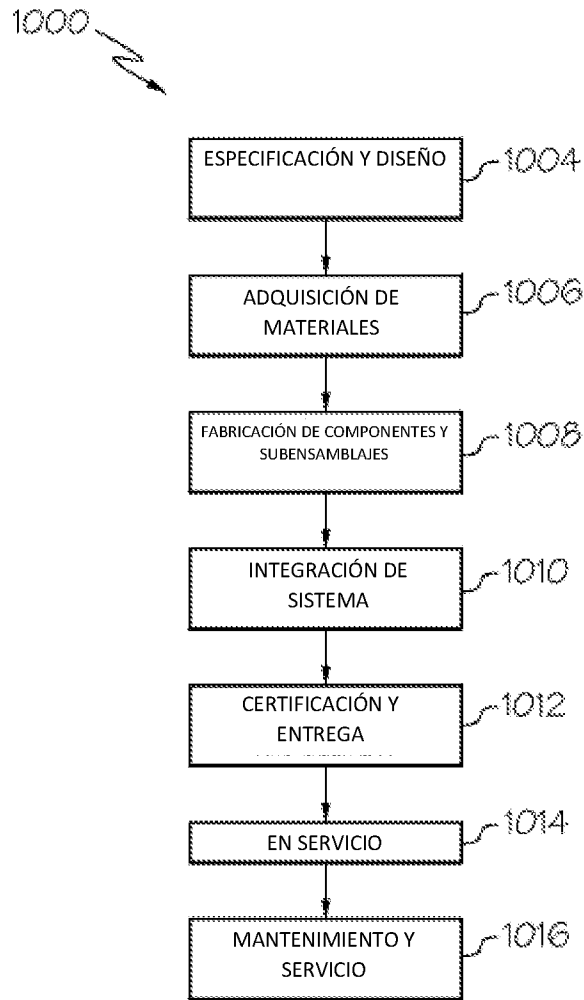


FIG. 13

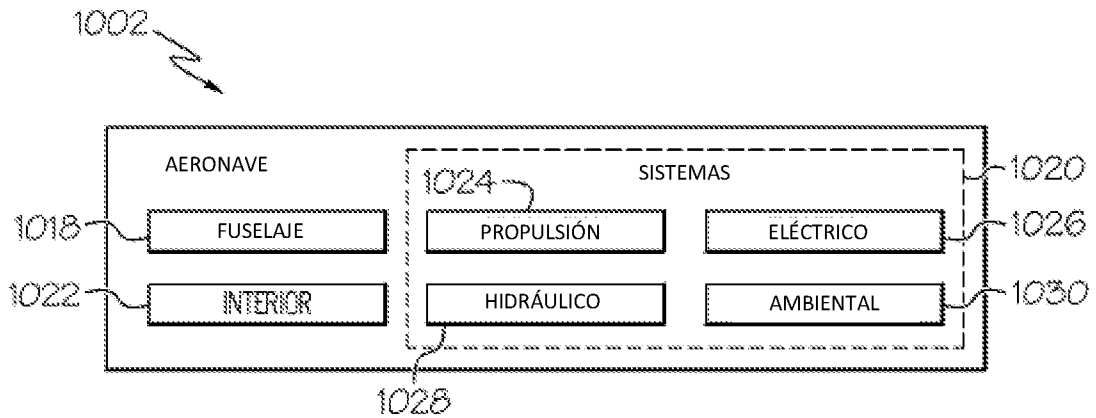


FIG. 14