

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 455 241**

51 Int. Cl.:

**H05B 6/68** (2006.01)

**H05B 6/80** (2006.01)

**B01J 19/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2007 E 07019535 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2014 EP 2046093**

54 Título: **Método y dispositivo para calentar materiales de forma homogénea por medio de radiación electromagnética de alta frecuencia**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.04.2014**

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (50.0%)**

**Hansastrasse 27c**

**80686 München, DE y**

**AIMPLAS - ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE  
MATERIALES PLÁSTICOS Y CONEXAS (50.0%)**

72 Inventor/es:

**EMMERICH, RUDOLF, DR.;**

**LASIC, TOMAZ;**

**CHAMUDIS VARAN, LILIANA y**

**ROIG ASENSI, INMA**

74 Agente/Representante:

**MIR PLAJA, Mireia**

ES 2 455 241 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

Método y dispositivo para calentar materiales de forma homogénea por medio de radiación electromagnética de alta frecuencia

5

**[0001]** La presente invención se refiere a un método para calentar materiales que tienen la capacidad de absorber radiación electromagnética de alta frecuencia, en particular microondas, por medio de la irradiación de dichos materiales con radiación electromagnética de alta frecuencia, en donde la radiación electromagnética de alta frecuencia se acopla a dicho material en una pluralidad de áreas de radiación por medio de una pluralidad de antenas de microondas. Por otra parte, la presente invención va dirigida a un dispositivo para calentar materiales que tienen la capacidad de absorber radiación electromagnética de alta frecuencia, comprendiendo el dispositivo por lo menos una fuente de radiación con capacidad de generar radiación electromagnética de alta frecuencia, en particular microondas, estando conectada dicha fuente de radiación a por lo menos una antena de microondas que tiene la capacidad de efectuar un acoplamiento de introducción de la radiación electromagnética de alta frecuencia generada por dicha fuente de radiación en el material a calentar, en donde el dispositivo está provisto de una pluralidad de antenas de microondas.

10

15

**[0002]** Los dispositivos para la generación de radiación electromagnética de alta frecuencia son bien conocidos en la técnica para calentar diferentes tipos de materiales, por ejemplo, comidas y bebidas (hornos de microondas), polímeros que se deben plastificar (termoplásticos) o curar/reticular (plásticos termoestables, elastómeros), etcétera. Habitualmente, la frecuencia y la longitud de onda de la radiación generada se sitúan en la banda de las microondas, es decir, entre aproximadamente 300 MHz y 300 GHz y entre aproximadamente 1 mm y 1 m, de forma respectiva, aunque dichos parámetros pueden variar en un intervalo más amplio en función del material a calentar.

20

**[0003]** El documento FR 2 874 473 A1 describe un proceso para el tratamiento por calor de un material elástico. Dicho proceso comprende la etapa de hacer circular el material elástico sobre rodillos giratorios que son calentados desde el interior, en donde los rodillos se irradian con microondas desde varias fuentes de microondas que están separadas entre sí y dispuestas en torno a la circunferencia de cada rodillo. Los cilindros giratorios están provistos de un dispositivo de calentamiento interno así como de sensores de infrarrojos en sus paredes.

25

**[0004]** El documento WO 97/13136 A1 da a conocer un sistema de procesado por microondas para controlar simultáneamente una pluralidad de reacciones químicas en recipientes de reacción independientes, desde una única fuente de microondas. Aparte de que dicho dispositivo no está adaptado para calentar de manera uniforme exactamente el mismo material, no comprende antenas de microondas, sino que receptáculos que rodean los recipientes de reacción actúan como resonadores, produciendo así un campo de microondas difuso en cada recipiente de reacción.

30

35

**[0005]** Un problema básico del calentamiento por medio de radiación electromagnética de alta frecuencia, en particular microondas, consiste en que, en el material que se está calentando, se obtiene una distribución de temperatura bastante poco homogénea, en la medida en la que los medios de acoplamiento de introducción convencionales, por ejemplo, antenas de microondas en forma de guías de ondas sustancialmente rectangulares o cilíndricas, y similares, habitualmente emiten un "chorro" bastante agudo, en cuyo centro el material tiende a sobrecalentarse mientras que en el área circunferencial de este "chorro" no se produce un calentamiento significativo. Además, el propio campo de radiación generado por unos medios de acoplamiento de introducción, por ejemplo, una antena de microondas, de una fuente de radiación con capacidad de generar microondas, por ejemplo, un magnetrón, klystron o similares, tiende a ser bastante poco homogéneo. Por otra parte, debido a que el calentamiento de un material por medio de radiación electromagnética de alta frecuencia depende de sus propiedades materiales, por ejemplo, densidad, contenido de agua, tipo de material y especialmente capacidad de absorción para radiación electromagnética de alta frecuencia, es prácticamente imposible prever un calentamiento sustancialmente homogéneo del material por medio de radiación electromagnética de alta frecuencia, lo cual no solamente se aplica en relación con materiales a calentar que no son muy homogéneos.

40

45

50

**[0006]** Los hornos convencionales de microondas intentan hacer frente a este problema haciendo girar el material a calentar con el fin de obtener, por un lado, un área más amplia que quede expuesta a las microondas y, por otro lado, para evitar que áreas discretas del material se sobrecalienten debido a que queden expuestas a las microondas durante un periodo de tiempo demasiado prolongado. Por lo que respecta al uso de radiación electromagnética de alta frecuencia en el campo del procesado de plásticos, por ejemplo, con el fin de curar o reticular resinas o polímeros curables o reticulables, el problema anterior se afronta también convencionalmente moviendo o haciendo girar un molde, que se llena con la resina o polímero, con respecto a uno o más medios o antenas de acoplamiento de introducción de microondas, o viceversa.

55

**[0007]** No obstante, aunque el mero movimiento del material a calentar con respecto a un campo de radiación de microondas que es generado por antenas de microondas apropiadas de una fuente de radiación de microondas podría evitar en gran medida el sobrecalentamiento del material en ciertas áreas que están más expuestas al campo de radiación, es evidente que, con esto, no se puede lograr un calentamiento sustancialmente homogéneo del material, ni

60

siquiera si, en el material a calentar, se añaden aditivos de absorción de microondas con el fin de potenciar su capacidad de absorción de microondas.

5 **[0008]** Adicionalmente, en particular en el campo del procesado de plásticos, de manera especial en relación con el curado o reticulación de resinas o polímeros o, hablando en términos generales, monómeros, dímeros, oligómeros o polímeros, con frecuencia se requiere observar unas condiciones de procesado muy estrictas debido a la necesidad de disponer de un curado, reticulación o polimerización reproducible, lo cual incluso puede hacer que sea necesario formular la resina por lotes mediante preparación manual, según el caso junto con material fibroso para su refuerzo. En la medida en la que las antenas de microondas convencionales no pueden proporcionar un calentamiento  
10 sustancialmente homogéneo y reproducible en el caso de un curado o reticulación posterior de la resina, esta última habitualmente se calienta por convección.

15 **[0009]** En el caso de componentes o productos de escala bastante grande, tales como barcos o cascos de barco, palas de molinos de viento, tubos y similares que se fabrican habitualmente mediante infusión de resina usando una herramienta o molde de forma apropiada, frecuentemente la formulación incluso se debe curar a temperatura ambiente durante un periodo de tiempo prolongado, puesto que no existe ninguna solución atractiva desde el punto de vista económico y medioambiental para una tecnología de calentamiento homogénea y reproducible. Por lo tanto, el fabricante de dichas piezas debe personalizar una formulación de resina para el procesado (mezclado de los componentes de la resina, aditivos, fibras de refuerzo, etcétera) así como para el curado a temperatura ambiente. No obstante, aunque, para el procesado, una viscosidad bastante baja de la resina es beneficiosa (moléculas pequeñas, longitud de cadena corta, sustancialmente sin reticulación) con el fin de proporcionar una mezcla homogénea y una impregnación completa de fibras de refuerzo, para el posterior curado o reticulación resulta ventajosa una polimerización rápida de la resina, lo cual induce un aumento notable de la viscosidad, y, por lo tanto, las propiedades de impregnación así como las propiedades de mezclado disminuyen drásticamente. Por consiguiente, si no se pueden efectuar cambios en las condiciones límite, por ejemplo, temperatura, entre el proceso de llenado del molde y el proceso de curado o reticulación, la formulación de la resina debe cumplir condiciones en conflicto.

20 **[0010]** El documento US 5 459 301 A describe un método y un aparato de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones independientes 1 y 19 las cuales están destinadas al tratamiento con microondas de prendas de vestir tratadas químicamente. De acuerdo con dicho documento, se proporciona una pluralidad de generadores de microondas en una cámara de microondas que está provista además de un sensor de temperatura con el fin de detectar la temperatura global de las prendas de vestir. En función de esta temperatura, se proporciona un controlador para controlar los generadores de microondas con el fin de mantener la temperatura deseada.

30 **[0011]** Es por lo tanto un objetivo de la presente invención proporcionar un método y un dispositivo para calentar materiales con capacidad de absorber radiación electromagnética de alta frecuencia, por medio de una radiación tal del tipo mencionado a título de introducción, donde los inconvenientes anteriores se eliminan en su totalidad o al menos parcialmente, y que son aplicables preferentemente para calentar y curar o reticular de manera sustancialmente homogénea y reproducible resinas o polímeros.

35 **[0012]** Por un lado, este objetivo se logra a través de un método según se ha definido a título de introducción, estando caracterizado el método porque las antenas de microondas están dispuestas sustancialmente en una relación en paralelo y los centros de dichas áreas de radiación están separados entre sí, en donde la temperatura del material se mide en cada una de dicha pluralidad de áreas de radiación, y la dosis de radiación proporcionada por cada una de dicha pluralidad de antenas de microondas se controla, en función de la temperatura respectiva del área de radiación respectiva, de tal manera que se obtiene una temperatura del material sustancialmente uniforme en la totalidad de dicha pluralidad de áreas de radiación.

40 **[0013]** Por otro lado, el objetivo anterior se logra por medio de un dispositivo según se ha definido a título de introducción, estando caracterizado dispositivo porque dichas antenas de microondas están dispuestas sustancialmente en filas paralelas de manera que se obtienen áreas de radiación cuyos centros están separados entre sí, en donde, a cada antena de microondas, se le asignan unos medios de medición de temperatura con capacidad de medir la temperatura de cada área de radiación, y en donde la dosis de radiación proporcionada por cada antena de microondas es controlable, en función de la temperatura de su área de radiación medida por los medios respectivos de medición de temperatura, de tal manera que se obtiene una temperatura sustancialmente uniforme del material a calentar, en las áreas de radiación de todas las antenas de microondas, respectivamente.

45 **[0014]** La invención combina la ventaja principal del calentamiento convencional de materiales por medio de radiación electromagnética de alta frecuencia, que es comparativamente rápida y económica debido a una efectividad comparativamente elevada, con la ventaja adicional y esencial de poder proporcionar un calentamiento sustancialmente homogéneo y reproducible del material de una manera efectiva y económica debido a la posibilidad de controlar la dosis de radiación proporcionada por cada una de la pluralidad de antenas de microondas que están separadas entre sí, en función de la temperatura del área de radiación respectiva del material que se está irradiando desde la antena de microondas respectiva. De esta manera, se evitan de forma fiable uso de calentamiento local del material ("puntos  
50  
55  
60

calientes”) así como gradientes de temperatura más o menos importantes en el material, lo cual permite que la invención se aplique en particular a procesos de procesado de plásticos, por ejemplo, curado o reticulación de resinas o polímeros reticulables para piezas perfiladas de cualquier tamaño y, especialmente también, para piezas perfiladas relativamente de gran escala según se describe más adelante de forma más detalla. No obstante, resulta evidente para los expertos en la materia que la presente invención puede resultar útil para calentar cualquier material que tenga la capacidad de absorber radiación electromagnética de alta frecuencia por lo menos parcialmente y, por lo tanto, la invención no debe considerarse como limitada al calentamiento de materiales plásticos.

**[0015]** En una realización de la invención, la temperatura del material que se está calentando se mide por lo menos en la región central de cada área que se está irradiando, por ejemplo, en el punto central del campo de radiación que se está emitiendo desde la antena de microondas respectiva. Por este motivo, los medios de medición de temperatura pueden estar dispuestos de tal manera que tengan la capacidad de medir la temperatura de por lo menos la región central del área de radiación de la antena respectiva de microondas, por ejemplo, en la región central de cada antena de microondas y, por lo tanto, en alineamiento con el foco de esta última.

**[0016]** Para proporcionar un control sustancialmente continuo del perfil de temperatura en el material a calentar por la pluralidad de antenas de microondas, preferentemente la temperatura se mide de forma sustancialmente continua, especialmente en tiempo real y en intervalos de tiempo de, por ejemplo, entre 0,01 s y 1 s, respectivamente. En este caso, los medios de medición de temperatura están adaptados para medir la temperatura del área de radiación respectiva de manera sustancialmente continua, en donde se pueden proporcionar unos medios de procesado de datos en forma de una unidad de procesado central (CPU) o similar, para procesar los datos de temperatura que se suministran desde todos los medios de medición de temperatura y para controlar la dosis de radiación que se está emitiendo desde la antena respectiva de microondas en función de la temperatura real, respectivamente.

**[0017]** Aunque la temperatura del material que se está irradiando por medio de la pluralidad de antenas de microondas se puede medir básicamente a través de cualesquiera medios adecuados de medición de temperatura, la medición de temperatura tiene lugar preferentemente sin contacto de los medios de medición con el material a calentar, en particular por medio de sensores de infrarrojos.

**[0018]** En relación con el control de la dosis de radiación proporcionada por cada antena de microondas en función de la temperatura del área de radiación respectiva del material a calentar, puede resultar preferible que cada antena de microondas esté conectada a una fuente individual de radiación con capacidad de generar radiación electromagnética de alta frecuencia, por ejemplo, un magnetrón, un klystron, un máser o similares. En este caso, la dosis de radiación proporcionada por cada antena de microondas se puede controlar por medio del control individual de la eficiencia de radiación, en particular la amplitud de la radiación electromagnética de alta frecuencia, de su fuente respectiva de radiación. De manera alternativa o adicional, la dosis de radiación proporcionada por cada antena de microondas se puede controlar por medio del control individual de la duración en la que se genera radiación de su fuente respectiva de radiación, por ejemplo, la fuente de radiación puede ser pulsada con el fin de generar impulsos discretos de radiación que se transmitan a la antena respectiva de microondas, controlándose la duración y/o la frecuencia de los impulsos en función de la temperatura medida en el área respectiva de radiación. De esta manera, la potencia de radiación, en particular la amplitud de la radiación electromagnética de alta frecuencia, de cada fuente de radiación, se puede mantener en un nivel sustancialmente constante, preferentemente en un nivel ajustable o, evidentemente, de manera adicional se puede hacer variar.

**[0019]** Como alternativa o de manera adicional al control de la dosis de radiación proporcionada por las antenas de microondas al modificar la potencia de radiación de su fuente respectiva de radiación, también es posible, evidentemente, modificar la dosis de radiación proporcionada por cada antena de microondas influyendo directamente en sus propiedades de emisión. Esto proporciona la posibilidad de reducir el número de fuentes de radiación, tales como magnetrones, klystrones, etcétera, en la medida en la que todas o por lo menos algunas antenas de microondas – controlables – pueden estar conectadas a exactamente la misma fuente de radiación. Con este fin, según una realización de la invención, la dosis de radiación proporcionada por cada antena de microondas se controla influyendo individualmente en las propiedades de emisión de la antena respectiva de microondas, en donde la dosis de radiación proporcionada por cada antena de microondas se controla preferentemente haciendo variar un campo magnético que afecta a la antena respectiva de microondas.

**[0020]** Por consiguiente, una realización de un dispositivo según la invención se puede diseñar de tal manera que la dosis de radiación proporcionada por cada antena de microondas sea controlable por medio de la interferencia individual de las propiedades de emisión de la antena respectiva de microondas. En relación con esto, de acuerdo con una realización preferida, las propiedades de emisión de cada antena de microondas del dispositivo pueden ser controlables por medio de un imán que se asigna a cada antena de microondas, en donde el imán tiene un campo magnético variable y está dispuesto de tal modo que se permite que su campo magnético influya en la potencia de radiación de la radiación electromagnética de alta frecuencia emitida desde la antena respectiva de microondas. Preferentemente, el imán que tiene un campo magnético variable se presenta en forma de un electroimán el cual se asigna a cada antena de microondas.

5 [0021] El electroimán se presenta adecuadamente en forma de una bobina cuyos devanados rodean la antena respectiva de microondas, en donde la bobina está conectada a una unidad de fuente de alimentación tal como un generador de voltaje o de corriente, cuya potencia se controla en función de la temperatura medida por los medios respectivos de medición de temperatura, por ejemplo, por medio de una CPU tal como se ha indicado anteriormente.

10 [0022] Según una realización preferida de la presente invención, la pluralidad de antenas de microondas puede estar dispuesta de tal manera que sus áreas de radiación se solapen parcialmente para que las áreas circunferenciales de cada área de radiación generada por la pluralidad de antenas de microondas (en las cuales la dosis de radiación se reduce en comparación con su área central y, por lo tanto, se obtiene una capacidad de calentamiento inferior) puedan ser irradiadas por más de una antena de microondas, por ejemplo, por dos antenas de microondas que estén posicionadas de forma adyacente. Esto puede contribuir a un calentamiento muy homogéneo del material evitando en el mismo cualquier gradiente de temperatura importante.

15 [0023] La pluralidad de antenas de microondas se puede disponer, por ejemplo, en una matriz, en donde dicha matriz puede comprender preferentemente varias filas de antena de microondas, estando dispuestas sustancialmente las filas en una relación en paralelo. Con el fin de proporcionar un campo de radiación global homogéneo en la medida de lo posible y, preferentemente, para obtener un solapamiento periférico de los campos de radiación individuales que se emiten desde cada antena de microondas, las antenas de microondas de por lo menos algunas filas, en particular de  
20 filas adyacentes, se pueden disponer en una relación al tresbolillo, en donde la desviación de filas diferentes o adyacentes se puede corresponder con el valor recíproco del número de filas multiplicado por la distancia de antenas de microondas o su área de radiación en una fila, respectivamente.

25 [0024] En una realización de la invención, la pluralidad de antenas de microondas está dispuesta sobre unos medios de soporte, en donde las antenas de microondas son móviles con respecto a dichos medios de soporte y/o dichos medios de soporte se pueden montar de forma móvil sobre el suelo. El desplazamiento de la matriz de antenas de microondas con respecto a los medios de soporte o el desplazamiento de estos últimos con respecto al suelo se puede garantizar, por ejemplo, proporcionando carriles de guía, grúas de tipo pórtico, robots o similares. A través de estos  
30 medios, es posible, por ejemplo, mover la matriz de antenas de microondas por una pieza perfilada o por un molde que esté siendo llenado con una resina curable con el fin de proporcionar un curado o reticulación sustancialmente homogéneos de la misma, que se inicia mediante calentamiento por medio de radiación electromagnética de alta frecuencia.

35 [0025] En cualquier caso, el material que se está calentando se puede seleccionar de un grupo que comprende monómeros, dímeros, oligómeros y polímeros curables y/o reticulables.

40 [0026] Tal como se ha indicado anteriormente, la invención es especialmente aplicable a un curado térmicamente iniciable de resinas o una reticulación de polímeros o, hablando en términos generales, al curado y/o reticulación de monómeros, dímeros, oligómeros y/o polímeros curables y/o reticulables, que se pueden calentar a una temperatura suficiente con el fin de curar y/o reticular de manera sustancialmente homogénea dichos monómeros, dímeros, oligómeros y polímeros al menos parcialmente, en donde, en el proceso de curado/reticulación, se puede influir, evidentemente, a través de medidas ya conocidas, tales como la provisión de aditivos en forma de agentes de reticulación, aceleradores, promotores, endurecedores (por ejemplo, sustancias que tengan la capacidad de descomponerse en radicales tales como peróxidos, etcétera), aditivos con capacidad de potenciar la capacidad de absorción de microondas (tales como glicoles, ftalatos, aminos, etcétera) y otros.  
45

50 [0027] En la práctica, los monómeros, dímeros, oligómeros, y polímeros curables y/o reticulables estarán dispuestos en un molde, en donde las antenas de microondas se mueven sustancialmente por todo el molde con el fin de lograr un curado y/o reticulación sustancialmente homogéneo de los monómeros, dímeros, oligómeros y/o polímeros curables y/o reticulables, obteniendo así un moldeo curado y/o reticulado. Por este motivo, el dispositivo según la presente invención puede comprender además un molde con capacidad de alojar monómeros, dímeros, oligómeros y/o polímeros curables y/o reticulables, siendo móviles las antenas de microondas sustancialmente por todo el molde con el fin de lograr un curado y/o reticulado sustancialmente homogéneo de los monómeros, dímeros, oligómeros y/o polímeros curables y/o reticulables, obteniendo así una pieza perfilada o moldeo curado y/o reticulado.  
55

[0028] A continuación se describirá la invención de forma más detallada por medio de una realización preferida de un dispositivo para calentar materiales con capacidad de absorber radiación electromagnética de alta frecuencia según la presente invención y en referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales

60 la fig.1 es una vista en perspectiva de una realización de un dispositivo para calentar materiales por medio de microondas según la presente invención; y

la fig. 2 es una vista superior en planta y esquemática de una matriz de antenas de microondas del dispositivo que se muestra en la fig. 1.

5 [0029] En referencia a la fig. 1, una realización de un dispositivo 1 para calentar materiales con capacidad de absorber radiación electromagnética de alta frecuencia tales como microondas, comprende una pluralidad de medios de acoplamiento de introducción en forma de antenas 2 de microondas que pueden estar compuestas, por ejemplo, por guías de ondas huecas, guías de ondas coaxiales o similares. Cada antena 2 de microondas está conectada a una fuente individual de radiación 3 que tiene la capacidad de generar microondas, tal como magnetrones. Las antenas 2 de microondas están dispuestas en una matriz que, en la presente realización, comprende dos filas paralelas  $R_1$ ,  $R_2$  de antenas 2 de microondas que están posicionadas de manera equidistante y en una relación al tresbolillo, en donde la desviación de las antenas 2 de la primera fila  $R_1$  y de la segunda fila  $R_2$  es aproximadamente la mitad de la distancia de las antenas 2 en la primera y la segunda filas  $R_1$ ,  $R_2$ , respectivamente, con el fin de proporcionar un campo de radiación global sustancialmente homogéneo, superponiéndose mutuamente el campo de radiación de las antenas individuales 2 de manera periférica (véase también la fig. 2).

15 [0030] En referencia nuevamente a la fig. 1, la matriz de antenas 2 de microondas y sus fuentes de radiación o magnetrones 3 están dispuestas sobre unos medios 4 de soporte en forma de un armazón, en donde la matriz de antenas 2 de microondas es móvil con respecto al armazón 4. Por este motivo, la matriz se puede posicionar, por ejemplo, sobre una deslizadora 5 que está montada de forma guiable sobre carriles 6 de guía que están montados de forma fija en el armazón 4 con el fin de que se puedan desplazar por lo menos en movimiento de traslación por las guías 6. Evidentemente, la matriz de antenas 2 ó la deslizadora 5 puede ser además desplazable en una dirección sustancialmente perpendicular a la de las guías, y/o puede estar montada de forma giratoria con respecto a un eje vertical (no mostrado), si así fuera necesario.

25 [0031] Tal como se muestra en la fig. 2, unos medios de medición de temperatura, tales como un sensor 7 de infrarrojos, que preferentemente están adaptados para entregar señales de medición con respecto a la temperatura de manera sustancialmente continua o en tiempo real, están asignados a cada antena 2 de microondas con el fin de medir la temperatura del material a calentar (no mostrado) en un área de radiación del material que se está irradiando desde la antena respectiva 2. Los sensores 7 de infrarrojos pueden estar dispuestos en la región central de cada antena 2 ó su área de radiación, respectivamente, aunque, evidentemente, se puede asignar más de un sensor a cada una de las antenas 2 con el fin de medir la temperatura del material irradiado en más de un punto del área de radiación respectiva. Se proporcionan unos medios de control, tales como una unidad de CPU (tampoco mostrada), con el fin de recibir la información con respecto a la temperatura de todos los sensores 7 de infrarrojos, y controlar las antenas 2 de microondas, en función de la temperatura respectiva, de tal manera que, en las áreas de radiación de todas las antenas 2, se obtiene una temperatura sustancialmente uniforme del material a calentar. Con este fin, la potencia de radiación correspondiente a la radiación de los magnetrones respectivos 2 y/o la duración/frecuencia de impulsos discretos de radiación que es generada por los magnetrones respectivos 3, puede ser controlable en función de la temperatura medida en el área de radiación respectiva.

40 [0032] En una realización particularmente preferida, el dispositivo 1 está provisto además de un molde (no mostrado) que está posicionado por debajo de la deslizadora 5 portadora de la matriz de antenas 2 de microondas, de manera que se puede efectuar un acoplamiento de introducción de las microondas directamente en el molde. La anchura del molde se debería corresponder aproximadamente con la anchura de la matriz de las antenas 2 de microondas, mientras que la longitud del molde no debería superar la longitud de los carriles 6 de guía, de manera que es posible irradiar el molde sustancialmente por toda su proyección al mover la matriz de antenas 2 de microondas por los carriles 6 de guía. En cualquier caso, el molde debería ser posicionable con respecto a las antenas 2 de microondas, de tal manera que esté habilitado para ser irradiado por la matriz de antenas 2 de microondas de forma sustancialmente completa, por ejemplo, por debajo de la matriz que está montada en la deslizadora 5 la cual está montada de forma móvil en los carriles 6 de guía. El molde sirve para alojar sistemas de polímeros o resinas curable y/o reticulables, tales como anhídridos, alcoholes, isocianatos, ácidos bi o multifuncionales, etcétera, si fuera necesario junto con aditivos adecuados, fibras de refuerzos y otros, siendo curable o reticulable el sistema de resina por medio de su irradiación con microondas.

50 [0033] De este manera, se pueden producir moldeos o piezas perfiladas, en particular moldeos también a gran escala y/o bastante complejos, tales como palas de molinos de viento, cascos de barco, etcétera, bajo condiciones de curado preajustables, reproducibles y homogéneas, y de una manera económica y ahorrando tiempo, por ejemplo, en comparación con un curado a temperatura ambiente o un curado que utilice un calentamiento por convección.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para calentar materiales que tienen la capacidad de absorber radiación electromagnética de alta frecuencia, en particular microondas, por medio de la irradiación de dichos materiales con radiación electromagnética de alta frecuencia, en donde la radiación electromagnética de alta frecuencia se acopla a dicho material en una pluralidad de áreas de radiación por medio de una pluralidad de antenas (2) de microondas, caracterizado porque las antenas (2) de microondas están dispuestas sustancialmente en filas paralelas y los centros de dichas áreas de radiación están separados entre sí, en donde la temperatura del material se mide en cada una de dicha pluralidad de áreas de radiación, y la dosis de radiación proporcionada por cada una de dicha pluralidad de antenas (2) de microondas se controla, en función de la temperatura respectiva del área de radiación respectiva, de tal manera que se obtiene una temperatura del material sustancialmente uniforme en la totalidad de dicha pluralidad de áreas de radiación.
- 15 2. Método según la reivindicación 1, en el que la temperatura del material que se está calentando se mide por lo menos en la región central de cada área que se está irradiando.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que la temperatura se mide de forma sustancialmente continua.
- 20 4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la temperatura se mide por medio de sensores de infrarrojos.
5. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que cada antena (2) de microondas se conecta a una fuente individual de radiación (3) con capacidad de generar radiación electromagnética de alta frecuencia.
- 25 6. Método según la reivindicación 5, en el que la dosis de radiación proporcionada por cada antena (2) de microondas se controla por medio del control individual de la potencia de radiación, en particular la amplitud de la radiación electromagnética de alta frecuencia, de su fuente de radiación (3).
- 30 7. Método según la reivindicación 5, en el que la dosis de radiación proporcionada por cada antena (2) de microondas se controla por medio del control individual de la duración de generación de radiación de su fuente de radiación (3).
8. Método según la reivindicación 7, en el que la potencia de radiación, en particular la amplitud de la radiación electromagnética de alta frecuencia, de cada fuente de radiación (3) se mantiene en un nivel sustancialmente constante.
- 35 9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la dosis de radiación proporcionada por cada antena (2) de microondas se controla por medio de influir individualmente en las propiedades de emisión de la antena respectiva (2) de microondas.
- 40 10. Método según la reivindicación 9, en el que la dosis de radiación proporcionada por las antenas (2) de microondas se controla por medio de la variación de un campo magnético que influye en la antena respectiva (2) de microondas.
- 45 11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la pluralidad de antenas (2) de microondas se dispone de tal manera que las áreas de radiación de las mismas se solapan parcialmente.
- 50 12. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que la pluralidad de antenas (2) de microondas se dispone en una matriz.
13. Método según la reivindicación 12, en el que la matriz comprende varias filas ( $R_1$ ,  $R_2$ ) de antenas (2) de microondas, estando dispuestas sustancialmente las filas ( $R_1$ ,  $R_2$ ) en una relación en paralelo.
- 55 14. Método según la reivindicación 13, en el que las antenas (2) de microondas de por lo menos algunas filas ( $R_1$ ,  $R_2$ ), en particular de filas adyacentes ( $R_1$ ,  $R_2$ ), se disponen en una relación al tresbolillo.
- 60 15. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en el que la pluralidad de antenas (2) de microondas se dispone en unos medios (4) de soporte, en donde las antenas (2) de microondas son móviles con respecto a dichos medios (4) de soporte y/o dichos medios (4) de soporte se pueden montar de forma móvil en el suelo.
16. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en el que el material que se está calentando se selecciona de un grupo que comprende resinas, monómeros, dímeros, oligómeros y polímeros curables y/o reticulables.

17. Método según la reivindicación 16, en el que las resinas, monómeros, dímeros, oligómeros y/o polímeros curables y/o reticulables se calientan a una temperatura suficiente con el fin de curar y/o reticular de forma sustancialmente homogénea dichas resinas, monómeros, dímeros, oligómeros y polímeros por lo menos parcialmente.
- 5 18. Método según la reivindicación 16 ó 17, en el que las resinas, monómeros, dímeros, oligómeros y polímeros curables y/o reticulables están dispuestos en un molde, en donde las antenas (2) de microondas se mueven por sustancialmente todo el molde con el fin de lograr un curado y/o reticulación sustancialmente homogéneo de las resinas, monómeros, dímeros, oligómeros y/o polímeros curables y/o reticulables, obteniendo así un moldeo curado y/o reticulado.
- 10 19. Dispositivo (1) para calentar materiales que tienen la capacidad de absorber radiación electromagnética de alta frecuencia, comprendiendo el dispositivo (1) por lo menos una fuente de radiación (3) con capacidad de generar radiación electromagnética de alta frecuencia, en particular microondas, estando conectada dicha fuente de radiación (3) a por lo menos una antena (2) de microondas que tiene la capacidad de efectuar un acoplamiento de introducción de la radiación electromagnética de alta frecuencia generada por dicha fuente de radiación (3) en el material a calentar, en donde el dispositivo (1) está provisto de una pluralidad de antenas (2) de microondas, caracterizado porque dichas antenas (2) de microondas están dispuestas sustancialmente en una relación en paralelo de manera que se obtienen áreas de radiación cuyos centros están separados entre sí, en donde, a cada antena (2) de microondas, se le asignan unos medios (7) de medición de temperatura con capacidad de medir la temperatura de cada área de radiación, y en donde la dosis de radiación proporcionada por cada antena (2) de microondas es controlable, en función de la temperatura de su área de radiación medida por los medios (7) respectivos de medición de temperatura, de tal manera que se obtiene una temperatura sustancialmente uniforme del material a calentar, en las áreas de radiación de todas las antenas (2) de microondas, respectivamente.
- 15 20. Dispositivo según la reivindicación 19, en el que los medios (7) de medición de temperatura están dispuestos en la región central de cada antena (2) de microondas, de manera que disponen de la capacidad de medir la temperatura de por lo menos la región central del área de radiación de la antena respectiva (2) de microondas.
- 20 21. Dispositivo según la reivindicación 19 ó 20, en el que los medios (7) de medición de temperatura están compuestos por un sensor de infrarrojos.
- 25 22. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 21, en el que el dispositivo (1) comprende una pluralidad de fuentes de radiación (3) con capacidad de generar radiación electromagnética de alta frecuencia, estando conectada cada fuente de radiación (3) a una antena individual (2) de microondas.
- 30 23. Dispositivo según la reivindicación 22, en el que la potencia de radiación, en particular la amplitud de la radiación electromagnética de alta frecuencia, de la fuente de radiación (3) de cada antena (2) de microondas es controlable individualmente.
- 35 24. Dispositivo según la reivindicación 22, en el que la duración de generación de radiación de la fuente de radiación (3) de cada antena (2) de microondas es controlable individualmente.
- 40 25. Dispositivo según la reivindicación 24, en el que la potencia de radiación, en particular la amplitud de la radiación electromagnética de alta frecuencia, de cada fuente de radiación (3) es ajustable en un nivel constante.
- 45 26. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 25, en el que las propiedades de emisión de cada antena (2) de microondas son controlables por medio de un imán que está asignado a cada antena (2) de microondas, en donde el imán tiene un campo magnético variable y está dispuesto de tal manera que se permite que su campo magnético influya en la potencia de radiación correspondiente a la radiación electromagnética de alta frecuencia emitida desde la antena respectiva (2) de microondas.
- 50 27. Dispositivo según la reivindicación 26, en el que el imán es un electroimán.
- 55 28. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 27, en el que la pluralidad de antenas (2) de microondas está dispuesta en una matriz.
29. Dispositivo según la reivindicación 28, en el que la matriz comprende varias filas ( $R_1$ ,  $R_2$ ) de antenas (2) de microondas, estando dispuestas las filas ( $R_1$ ,  $R_2$ ) en una relación sustancialmente en paralelo.
- 60 30. Dispositivo según la reivindicación 29, en el que las antenas (2) de microondas de por lo menos algunas filas ( $R_1$ ,  $R_2$ ), en particular de filas adyacentes, están dispuestas en una relación al tresbolillo.
31. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 30, en el que la pluralidad de antenas (2) de microondas está dispuesta en unos medios (4) de soporte, en donde las antenas (2) de microondas son movibles

con respecto a dichos medios (4) de soporte y/o dichos medios (4) de soporte se pueden montar de forma móvil en el suelo.

- 5 32. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 31, en donde el mismo comprende además un molde con capacidad de alojar resinas, monómeros, dímeros, oligómeros y/o polímeros curables y/o reticulables, siendo móviles las antenas (2) de microondas sustancialmente por todo el molde con el fin de lograr un curado y/o reticulación sustancialmente homogéneo de las resinas, monómeros, dímeros, oligómeros, y/o polímeros curables y/o reticulables, obteniendo así un moldeo curado y/o reticulado.

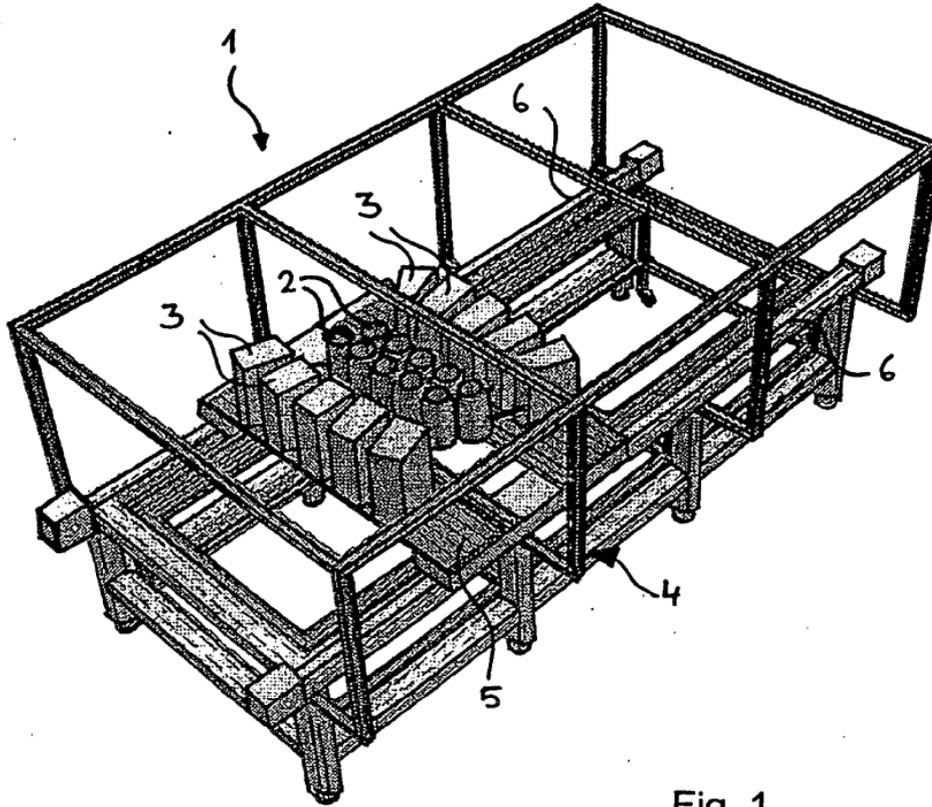


Fig. 1

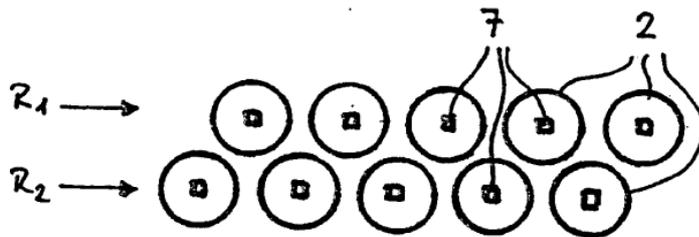


Fig. 2